

Особенности оценки технического состояния гидрогенераторов в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55260.2.2-2023

Кузьмичев В. А.¹, к.т.н., доцент (Филиал АО “Институт Гидропроект” — “НИИЭС”),
Рубин О. Д.², д.т.н., доцент
(НИУ “Московский государственный строительный университет”),
Холщева Н. В.³, главный специалист
(Филиал АО “Институт Гидропроект” — “НИИЭС”)

Приведена информация об основных нормах и требованиях ГОСТ Р 55260.2.2-2023 Гидроэлектростанции. Часть 2-2. Гидрогенераторы. Методики оценки технического состояния.

Ключевые слова: оценка технического состояния, методики оценки технического состояния, гидрогенератор.

Peculiarities hydrogenerators technical condition assessment in accordance with the requirements of GOST R 55260.2.2-2023

Kuzmichev V. A.¹, Candidate of Technical Sciences
(Branch of JSC “Institute Hydroproekt” — “NIIES”), Associate Professor,
Rubin O. D.², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
(National Research University “Moscow State University of Civil Engineering”);
Kholshcheva N. V.³, Chief Specialist (Branch of JSC “Institute Hydroproekt” — “NIIES”)

Information on the basic norms and requirements of GOST R 55260.2.2-2023 Hydroelectric Power Plants is provided. Part 2-2. Hydrogenerators. Procedures for assessing the technical condition.

Keywords: evaluation of technical condition, methods of evaluation of technical condition, hydrogenerator.

Актуальность разработки Стандарта. В соответствии с Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 26 июля 2017 г. № 676 субъекты электроэнергетики должны проводить оценку технического состояния основного оборудования на основе результатов испытаний. Основным документом, регламентирующим испытания электрооборудования объектов электроэнергетики при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, является РД 153.34.45-51.300-97 “Объём и нормы испытаний электрооборудования”. С момента выхода этого руководящего документа прошло более 25 лет. При его пересмотре в формате стандарта организации ПАО “Россети” в 2017 г. [1] раздел, посвященный испытаниям генераторов, не пересматривался. С учётом этого у организаций, осуществляющих эксплуатацию гидрогенераторов, имелась насущная потребность в разработке нормативно-технического документа по оценке технического состояния данного вида основного оборудования гидроэлектростанций, отвечающего современ-

ными требованиям к организации эксплуатации, современному уровню развития техники и методов её технического диагностирования.

В период с 2022 по 2023 г. Филиал АО “Институт Гидропроект” — “НИИЭС” по заказу Ассоциации “Гидроэнергетика России” разработал ГОСТ Р 55260.2.2-2023 “Гидроэлектростанции. Часть 2-2. Гидрогенераторы. Методики оценки технического состояния” (далее - Стандарт). Инициатором разработки стандарта выступило ПАО “РусГидро”. Стандарт утверждён и введен в действие Приказом Росстандарта № 1304-ст. от 31 октября 2023 г. С введением его в действие указанная выше потребность была удовлетворена. В настоящей статье приведена общая информация о Стандарте.

Область применения Стандарта. Стандарт устанавливает требования к объёму, периодичности и методикам проведения оценки технического состояния вертикальных синхронных явнополюсных гидрогенераторов и генератор-двигателей частотой 50 Гц, предназначенных для соединения непосредственно или через ускоряющую передачу с гидравлическими турбинами и изготовленных для нужд электроэнергетики.

¹ v.kuzmichev@hydroprojekt.ru

² o.rubin@hydroprojekt.ru

³ n.holsheva@hydroproject.ru

Стандарт предназначен для применения гидроэнергетическими компаниями, а также специализированными организациями, выполняющими работы по монтажу, наладке, испытаниям, ремонту и техническому обслуживанию гидрогенераторов.

Содержание Стандарта. Стандарт определяет:

– требования к организации оценки технического состояния гидрогенераторов;

– виды и периодичность их испытания;

– методики проведения испытаний.

Стандарт предписывает проводить оценку технического состояния гидрогенераторов при:

– вводе в эксплуатацию;

– периодических осмотрах;

– испытаниях во время ремонтов и в межремонтный период;

– завершении ремонтов;

– комплексных диагностических обследований;

– расчёте индексов технического состояния в соответствии с требованиями [2];

– технических освидетельствованиях, требования к которым определены в [3].

Виды и периодичность испытаний по большей части соответствуют требованиям, приведённым в РД 153.34.45-51.300-97.

Методики испытаний определены их описанием в основном теле Стандарта или его приложениях, а также ссылками на стандарты с их описанием при наличии таковых.

Особенностью Стандарта является определение норм и требований проведения осмотров гидрогенераторов. Периодичность и программа периодических осмотров должны быть установлены локальным нормативным актом ГЭС. Результаты осмотров необходимо фиксировать в специальном журнале, протоколе или акте осмотра. Рекомендуемая программа осмотра, выполняемого на остановленном гидрогенераторе, приведена в приложении “А” Стандарта.

В Стандарте определены критерии проведения комплексного диагностического обследования. Комплексное диагностическое обследование гидрогенераторов проводится по решению технического руководителя ГЭС в следующих случаях:

– при проведении технического освидетельствования;

– когда анализ результатов мониторинга, регламентных измерений, выполняемых в соответствии с типовыми объёмами и нормами, не дают возможности определить причину неисправности или отказа.

В Стандарте впервые приведена норма по оценке технического состояния в соответствии с требованиями стандартов по надёжности [4] по критериям исправности и работоспособности (исправное

состояние, неисправное состояние работоспособное состояние, неработоспособное состояние).

Основные отличия требований Стандарта от требований РД 153.34.45-51.300-97. В основу Стандарта положено РД 153.34.45-51.300-97 “Объём и нормы испытаний электрооборудования”. Аналогично этому документу в Стандарте приведены:

– перечни испытаний гидрогенераторов, проводимых при вводе в эксплуатацию, капитальных и текущих ремонтах, в межремонтный период;

– указания по проведению испытаний (методики их проведения).

При этом в Стандарте введены следующие изменения требований к объёмам и методикам испытаний.

1. Установлены новые уровни испытательного напряжения промышленной частоты для проведения испытаний обмоток статоров.

Для вводимых в эксплуатацию гидрогенераторов:

– мощностью от 1 МВт и выше, номинальным напряжением свыше 3,3 кВ до 6,6 кВ включительно напряжение должно рассчитываться по формуле $0,8 \cdot (2U_{\text{ном}} + 1)$ вместо $0,8 \cdot 2,5U_{\text{ном}}$;

– мощностью от 1 МВт и выше, номинальным напряжением свыше 6,6 кВ до 20 кВ включительно напряжение должно рассчитываться по формуле $0,8 \cdot (2U_{\text{ном}} + 1)$ вместо $0,8 \cdot (2U_{\text{ном}} + 3)$.

Для испытания обмоток статоров вводимых в эксплуатацию гидрогенераторов, шихтовка или стыковка частей статора которых производится на месте монтажа, по окончании полной сборки обмотки и изолировки соединений испытательное напряжение должно определяться следующим образом:

– для гидрогенераторов мощностью от 1 МВт и выше, номинальным напряжением свыше 3,3 кВ до 6,6 кВ включительно испытательное напряжение определяется по формуле $2U_{\text{ном}} + 1$ вместо $2,5U_{\text{ном}}$;

– для гидрогенераторов мощностью от 1 МВт и выше, номинальным напряжением свыше 6,6 кВ до 20 кВ включительно испытательное напряжение определяется по формуле $2U_{\text{ном}} + 1$ вместо $2U_{\text{ном}} + 3$.

2. Согласно действующей нормативной документации при измерении сопротивления обмотки ротора гидрогенератора переменному току измерения проводятся при подводимом напряжении 3 В на виток, но не более 200 В. В Стандарте установлено требование проводить данное измерение при напряжении, рассчитываемом по формуле:

$$U_{\text{исп}} = 10U_{\text{ном.рот}}/2p,$$

где $U_{\text{ном.рот}}$ — номинальное напряжение ротора, $2p$ — число полюсов.

3. Установлены следующие новые граничные значения для оценки искажения форм ротора и статора:

для ротора:

$\Delta_{\text{рот.}} < 5\%$ — удовлетворительно;

$\Delta_{\text{рот.}} = 5 - 10\%$ — неудовлетворительно;

$\Delta_{\text{рот.}} > 10\%$ — недопустимо;

для статора:

$\Delta_{\text{ст}} < 8\%$ — удовлетворительно;

$\Delta_{\text{ст}} = 8 - 15\%$ — неудовлетворительно;

$\Delta_{\text{ст}} > 15\%$ — недопустимо.

4. В Стандарте обновлены рекомендации по дальнейшей эксплуатации гидрогенераторов в зависимости от результатов измерений форм статора и ротора, низкочастотной вибрации сердечника статора, нагрева сегментов направляющих подшипников. Новые рекомендации приведены в табл. 1 и 2.

5. В Стандарте предусмотрен контроль технического состояния гидрогенераторов мощностью 20 МВт и выше на основе измерений параметров

частичных разрядов, проводимыми в соответствии с требованиями, приведенными в [5].

Указанные выше изменения внесены на основе опыта эксплуатации гидрогенераторов и изменений требований нормативной документации. Они согласованы членами Ассоциации “Гидроэнергетика России”, ПАО “Силовые машины” и ТК 333 “Вращающие электрические машины”.

Выводы

1. Оценка технического состояния гидрогенераторов должна проводиться в соответствии с ГОСТ Р 55260.2.2-2023 “Гидроэлектростанции. Часть 2-2. Гидрогенераторы. Методики оценки технического состояния”, утвержденным и введенным в действие Приказом Росстандарта № 1304-ст. от 31 октября 2023 г.

2. ГОСТ Р 55260.2.2-2023 разработан на основе актуализированных норм и требований к оценке технического состояния гидрогенераторов, приве-

Т а б л и ц а 1

Оценка формы ротора и рекомендуемые решения

Факторы, определяющие состояние генератора		Результаты осмотра	Оценка	Рекомендуемые решения
Степень искажения формы ротора (статической или динамической), $\Delta_{\text{рот.}}$, %	Размах низкочастотных виброперемещений сердечника статора на XX с возбуждением или при работе в сети, мкм			
< 5	< 80	Замечаний нет	“Удовлетворительно”	Эксплуатация без ограничений
5 – 10	< 80	Замечаний нет	“Неудовлетворительно”	Возможность эксплуатации без ограничений требуется согласовать с заводом-изготовителем
5 – 10	< 180	Повреждений узлов сердечника нет; ослабление распорных домкратов; контактная коррозия на спинке сердечника и клиньях корпуса; выползание отдельных штифтов фланца корпуса	“Неудовлетворительно”	Разрешается эксплуатация гидроагрегата. Одновременно разрабатывают рекомендации по устранению несимметрии ротора, которые должны быть выполнены в ближайший капитальный ремонт. До проведения ремонта проводить измерение формы ротора один раз в год.
> 10	> 180	Обильная контактная коррозия на спинке сердечника и клиньях корпуса; повреждения активной стали или узлов крепления сердечника; массовое выползание штифтов фланца корпуса; ослабление распорных домкратов (наличие всех перечисленных факторов одновременно необязательно)	“Недопустимо”	Немедленный вывод генератора в ремонт для устранения повреждений и причин недопустимого искажения формы ротора. Возможна эксплуатация генератора по разрешению технического руководителя ГЭС. До ремонта контрольные измерения формы ротора проводить один раз в полугодие

Оценка формы статора и рекомендуемые решения

Параметры, определяющие состояние генератора		Оценка	Рекомендуемые решения
Степень искажения формы статора (статической или динамической), $\Delta_{\text{сг}}$ %	Температура сегментов направляющих подшипников, °С		
< 8	< $\vartheta_{\text{пш.ном.}}$	“Удовлетворительно”	Эксплуатация без ограничений
8 – 15	< $\vartheta_{\text{пш.ном.}}$	“Неудовлетворительно”	Возможность эксплуатации без ограничений требуется согласовать с заводом-изготовителем
8 – 15	< ($\vartheta_{\text{пш.ном.}} + 5^\circ \text{C}$)	“Неудовлетворительно”	Разрешается эксплуатация гидроагрегата. Одновременно разрабатываются рекомендации по устранению несимметрии статора, которые должны быть выполнены в ближайший капитальный ремонт. До проведения ремонта проводить измерение формы статора один раз в год
> 15	> ($\vartheta_{\text{пш.ном.}} + 10^\circ \text{C}$)	“Недопустимо”	Немедленный вывод генератора в ремонт для исправления формы статора. Ревизия направляющих подшипников и при необходимости их ремонт

денных в РД 153.34.45-51.300-97 “Объём и нормы испытаний электрооборудования”.

Соблюдение этических норм

Вклад авторов: Кузьмичев В. А. определил структуру и содержание Стандарта, участвовал в разработке Стандарта, организовывал проведение согласования норм и требований Стандарта с заводами-изготовителями и эксплуатирующими организациями. Рубин О. Д. осуществлял общее руководство разработкой Стандарта. Холщева Н. В. участвовала в разработке Стандарта, подготовке к выпуску.

Финансирование: Стандарт разрабатывался по заказу Ассоциации “Гидроэнергетика России” по поручению ПАО “РусГидро”.

Конфликт интересов: от имени всех авторов автор-корреспондент заявляет, что конфликта интересов нет.

Список литературы

1. *Объём и нормы испытаний электрооборудования:* СТО ПАО “Россети” 34.01-23.1-001-2017: дата введ. 29.05.2017. — М.: ПАО “Россети”, 2017. — 262 с.

2. *Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей:* (с изм. на 17 марта 2020 г.): утв. приказом Мин-ва энергетики Рос. Федерации от 26 июля 2017 г. № 676. — URL: [https:// docs.cntd.ru / document / 456088008](https://docs.cntd.ru/document/456088008) (дата обращения: 29.04.2024).
3. *Правила проведения технического освидетельствования оборудования, зданий и сооружений объектов электроэнергетики:* утв. приказом Мин-ва энергетики Рос. Федерации от 14 мая 2019 г. № 465. — URL: <https:// docs.cntd.ru / document / 554715791> (дата обращения: 29.04.2024).
4. *Надёжность в технике. Надёжность объекта. Термины и определения:* нац. стандарт Рос. Федерации: ГОСТ Р 27.102.2021: дата введ. 2022-01-01. — URL: <https:// docs.cntd.ru / document / 1200181141> (дата обращения: 29.04.2024).
5. *Машины электрические вращающиеся Часть 27. Измерения частичного разряда на изоляции статорной обмотки отключенных от сети вращающихся электрических машин: межгос. стандарт:* ГОСТ IEC / TS 60034-27-2015: дата введ. 2017-03-01. — URL: <https:// docs.cntd.ru / document / 1200135561> (дата обращения: 29.04.2024).