

---

Российское открытое акционерное общество энергетики и электрификации  
"ЕЭС России"

---



**СТАНДАРТ  
ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО РАО «ЕЭС  
РОССИИ»**

**СТО  
17330282.27.140.001 -  
2006**

---

**МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Книга 2.  
ПРИЛОЖЕНИЯ «А» – «Ш»**

Издание официальное

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен,  
тиражирован и распространен в качестве официального издания  
без разрешения ОАО РАО «ЕЭС России»

ОАО РАО «ЕЭС России» – 2006

## Книга 2. Приложения. Содержание

<b>Приложение А (обязательное)</b> Методические указания по эксплуатационным энергетическим испытаниям гидроагрегатов.....	3
<b>Приложение Б (рекомендуемое)</b> Методические указания по техническому обследованию узлов гидроагрегатов при их повреждениях.....	35
<b>Приложение В (обязательное)</b> Рекомендации по освидетельствованию гидроэнергетического оборудования при реконструкции и техническом перевооружении.....	44
<b>Приложение Г (обязательное)</b> Контроль металла рабочих колес гидротурбин.....	59
<b>Приложение Д (справочное)</b> Методические указания по контролю линии вала вертикальных гидроагрегатов.....	64
<b>Приложение Е (обязательное)</b> Методика проверки геометрической формы и размеров проточной части гидротурбин .....	78
<b>Приложение Ж (обязательное)</b> Методические указания по испытаниям системы регулирования гидротурбин .....	93
<b>Приложение И (обязательное)</b> Методические указания по эксплуатационному контролю вибрационного состояния конструктивных узлов гидроагрегатов .....	159
<b>Приложение К (справочное)</b> Конструктивные нормы и допуски в узлах гидроагрегатов, подлежащие проверке при эксплуатационном контроле .....	170
<b>Приложение Л (рекомендуемое)</b> Нормы контроля технического состояния гидрогенераторов .....	177
<b>Приложение М (обязательное)</b> Методические указания по проведению осмотров гидрогенераторов .....	194
<b>Приложение Н (обязательное)</b> Методические указания по контролю нагрева паяных соединений лобовых частей обмоток статоров гидрогенераторов с помощью термоиндикаторных этикеток .....	203
<b>Приложение П (обязательное)</b> Методические указания по проведению эксплуатационных испытаний гидрогенераторов на нагревание при штатных режимах.....	208
<b>Приложение Р (обязательное)</b> Методика измерения уровня частичных разрядов в обмотке статора гидрогенератора.....	223
<b>Приложение С (обязательное)</b> Методика измерения уровня частичных разрядов в обмотке статора гидрогенератора под нагрузкой .....	225
<b>Приложение Т (обязательное)</b> Методические указания по контролю состояния прессовки сердечника статора гидрогенератора и ее восстановлению .....	227
<b>Приложение У (обязательное)</b> Методика определения очагов опасного замыкания активной стали сердечника статора гидрогенератора .....	232
<b>Приложение Ф (обязательное)</b> Методические указания по определению форм ротора и статора гидрогенераторов и оценке симметрии воздушного зазора .....	235
<b>Приложение Х (обязательное)</b> Методика оценки технического состояния щеточно-контактного аппаратов гидрогенераторов .....	241
<b>Приложение Ц (обязательное)</b> Методические указания по контролю технического состояния подпятников вертикальных гидроагрегатов .....	245
<b>Приложение Ш (обязательное)</b> Методические указания по контролю состояния системы перевода гидроагрегатов в режим синхронного компенсатора .....	269

## Приложение Р (обязательное)

### Методика измерения уровня частичных разрядов в обмотке статора гидрогенератора

#### Р.1 Введение

В процессе эксплуатации изоляция обмоток статоров гидрогенераторов подвергается электрическому, тепловому, механическому и химическому воздействиям, вследствие чего происходит ее постепенное разрушение. В толще корпусной изоляции стержней (катушек) образуются пустоты и расслоения, на ее внешней и внутренней поверхностях – локальные истирания и каверны, происходит проникновение турбинного масла и воды. Если гидрогенератор выработал свой нормативный ресурс, технический менеджмент должен принимать решение о продлении срока его эксплуатации или о его замене, которая не всегда технически и экономически целесообразна

Для обоснованного принятия решения о возможности продления срока службы или о необходимости замены гидрогенераторов требуется квалифицированная оценка их технического состояния, в частности, оценка состояния изоляции.

Надежным методом оценки ухудшения структуры изоляции обмоток статоров гидрогенераторов и высоковольтных электродвигателей является метод измерения частичных разрядов (ЧР), интенсивность которых возрастает по мере старения изоляции. По многочисленным практическим данным интенсивность ЧР в изношенной изоляции в 10 и более раз превышает интенсивность ЧР в изоляции хорошего состояния. Такой метод успешно применяется более 20 лет

Для оценки состояния изоляции наиболее информативным является измерение ЧР в каждом стержне (катушке) обмотки, поскольку это позволяет не только оценить общее ухудшение состояния изоляции, но и выявить наиболее изношенные стержни и при необходимости заменить их новыми.

#### Р.2 Описание метода измерения ЧР.

Суть метода состоит в измерении ЧР по пазам статора гидрогенератора, остановленного для ремонта, при этом вывод ротора не обязателен. На обмотку статора пофазно подается от постороннего источника напряжение частоты 50 Гц, величиной не более  $U_{\phi}$ . Для измерений используются два датчика, которые устанавливаются по концам каждого проверяемого паза и вследствие дифференциальной схемы включения их приемных катушек реагируют только на ток ЧР в изоляции стержней данного паза.

Измерения проводят два оператора, один из которых, находясь в расточке статора или на ободу ротора устанавливает датчики на пазы, а второй – руководитель работ фиксирует показания измерительной аппаратуры и наблюдает на экране осциллографа характеристики ЧР. Опытный оператор по осциллограммам может определить природу ЧР, т.е. разрядный промежуток, который они пробивают: изоляция-изоляция, изоляция-металл, полупроводящее покрытие-металл, металл-металл. Метод позволяет также определить местонахождение ЧР. Для этого один из датчиков передвигается вдоль паза – в момент прохождения его над местом ЧР показания аппаратуры скачком снижаются до нуля.

Для ЧР в полостях корпусной изоляции (промежуток изоляция-изоляция или изоляция-медь) критерием опасного состояния является величина показаний измерительного прибора  $E > 150$  мкВ/м. Наличие ЧР такой удельной интенсивности означает, что произошло сильное расслоение изоляции или ее отслоение от меди, при этом электрическая и механическая прочность изоляции существенно снизились, ухудшилась теплоотдача меди. Кроме того, токоведущая часть получила возможность

вибрировать с резонансной частотой 100 Гц. Установленный выше критерий получен на основе опытных данных завода (Стандарт предприятия «Электросила», СТП БС-6-523-84).

ЧР в промежутке полупроводящее покрытие-металл означают или отслоение от меди, регулирующей поле подложки под корпусной изоляцией, или ослабление крепления стержня в пазу. В первом случае происходит разрушение полупроводящей подложки, рост напряженности поля на углах меди и увеличение вероятности пробоя изоляции. Во втором случае неизбежно возникновение пазового разряда большой мощности, повреждение этим разрядом изоляции, механическое повреждение изоляции и меди (истирание, трещины, излом) вследствие большой амплитуды вибрации.

ЧР в промежутке металл-металл может означать нарушение паяных и болтовых соединений токоведущих частей обмотки статора и выводных шин, нарушение контакта между регулирующими поле фольговыми подложками и медью.

Кроме перечисленных дефектов ЧР могут сопровождать и другие дефекты, например: трещины в проходных изоляторах, глубокие истирания изоляции лобовых частей, сильное поверхностное загрязнение или увлажнение изоляции лобовых частей, опорных и проходных изоляторов генераторного напряжения.

Измерение ЧР, и особенно интерпретация результатов измерений, требуют высокой квалификации и большого практического опыта в этой области, такую работу могут специализированные организации или специально обученные работники электростанций.

### Р.3 Организация и техника безопасности проведения измерений ЧР.

Измерения проводятся при подаче на обмотку статора высокого, не менее 6кВ напряжения от постороннего источника. Допуск к работе должен осуществляться по наряду. Измерения ЧР желательно проводить сразу после высоковольтных испытаний изоляции обмотки статора, поскольку схема подачи напряжения для измерений полностью соответствует схеме испытаний. Под руководством производителя работ собирают схему измерений, по его команде производят все операции по подаче и снятию высокого напряжения, установку датчиков на пазы статора, другие необходимые операции.

Установку датчиков в гидрогенераторах производят с помощью изолирующих штанг. В генераторах большой мощности с большим диаметром расточки допускается размещение операторов в расточке и установка датчиков на пазы руками. При этом используются средства защиты – диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и каски. Вход и выход операторов из расточки разрешается только при снятом напряжении и заземленном высоковольтном выводе испытательного трансформатора. Находящиеся в расточке операторы не подвергаются опасности поражения током даже при пробое изоляции во время измерений, хотя такой пробой маловероятен, поскольку перед измерениями изоляция испытывается напряжением не ниже  $2,6 U_{\phi}$ . Операторы находятся на массивном заземленном сердечнике статора с удельным активным сопротивлением  $0,1-0,2 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ , при этом ток пробоя ограничивается релейной защитой испытательной установки и не может превышать 5А по высокой стороне по условиям не возникновения дуги и повреждения активной стали. Таким образом, на длине расточки 1м разность потенциалов активной составляющей тока не может превысить 10В. Благоприятным фактором является также то, что ток от места пробоя изоляции распространяется вдоль листов активной стали к стяжным призмам и на поверхность расточки не выходит.

## Приложение С (обязательное)

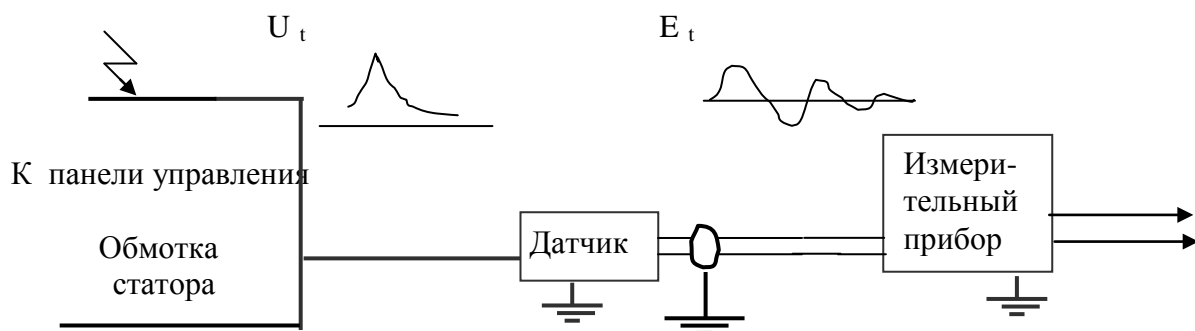
### Методика измерения уровня частичных разрядов в обмотке статора гидрогенератора под нагрузкой

#### С.1 Введение.

Частичные разряды, искрения и микродуги в гидрогенераторах сопровождают большинство дефектов изоляции и токоведущих частей. Зачастую эти дефекты развиваются быстро и могут привести к аварии гидрогенератора, поэтому непрерывный или достаточно частый периодический контроль разрядов, как дополнение к штатной релейной защите, необходим для генераторов большой мощности, авария которых влечет за собой значительный ущерб.

#### С.2 Описание аппаратуры.

Аппаратура состоит из датчика, измерительного прибора, кабелей присоединения датчика к прибору, проводов передачи сигнала на панели управления (главного или блочного щитов управления). Схема подключения аппаратуры приведена на рисунке.



От места возникновения разряда по обмотке статора распространяются импульсы напряжения  $U_t$ , которые принимаются датчиком и обрабатываются измерительным прибором. Емкостно-индуктивный датчик подключается к нейтрали обмотки статора (место подключения определяется конструкцией нейтрали) и преобразует импульсы напряжения  $U_t$  в затухающие колебания  $E_t$  с частотой 50 – 70 кГц. Конденсатор датчика служит для отстройки от рабочего напряжения; измерительным элементом является импульсный трансформатор, первичная обмотка которого включена последовательно с конденсатором. Измерительный прибор устанавливается в удобном для эксплуатации месте - укрепляется на "стакане" корпуса гидрогенератора, устанавливается в помещении серийного трансформатора, на блочном или главном щите управления. Подключение датчика к прибору осуществляется экранированным симметричным кабелем.

Датчик подключается непосредственно к токоведущим частям нейтрали обмотки статора, поэтому рабочее напряжение его конденсатора должно быть не ниже максимально возможного перенапряжения. С учетом переходного процесса максимальное перенапряжение в нейтрали не превышает  $3U_{\phi}$  при однофазном замыкании на линейном выводе. Величина емкости конденсатора выбирается с таким расчетом, чтобы не влиять на работу релейной защиты от однофазных замыканий в обмотке статора и лежит обычно в пределах 1000 - 2000 пФ. Величина индуктивности первичной обмотки импульсного трансформатора

ориентировочно равна 0,01-0,02 Гн. Измерительный элемент и, соответственно, вход измерительного прибора защищаются стандартным защитным разрядником типа Р – 350 и ОПН.

Измерительный прибор представляет собой узкополосный милливольтметр среднего выпрямленного напряжения сигнала датчика. Прибор имеет схему подавления систематической и случайной помехи, основу которой составляют стробирование и многократное интегрирование-сброс напряжения сигнала. Чувствительность прибора и уровень, на котором подавляется помеха, регулируются в зависимости от конкретных условий работы генератора. Показания прибора отображаются на четырехразрядном цифровом индикаторе. На передней панели прибора имеется светодиод, который загорается при величине сигнала выше критического значения. На выходе прибора имеется "сухой" контакт, посредством которого сигнал можно передавать на световое табло, звуковую или блинкерную сигнализацию на щите управления генератором. При этом можно использовать резервные цепи оперативной сигнализации.

Размеры и вес датчика ясны из их приведенных выше характеристик. Измерительный прибор смонтирован в стальном корпусе, ориентировочные размеры 15x20x40 см, вес около 6 кг, питание от сети 220 В.

### С.3 Работа аппаратуры.

Аппаратура устанавливается во время монтажа или ремонта гидрогенератора, в процессе установки производится ее градуировка. После пуска гидрогенератора в течение нескольких дней отслеживается уровень помехи, производится настройка схемы ее подавления и выбор оптимальной чувствительности измерительного прибора. Аппаратура сигнализирует о появлении дефекта тогда, когда величина сигнала датчика превышает выбранный уровень.

Аппаратура в настоящем исполнении самостоятельно не определяет характер и местонахождение дефекта, однако ее показания могут быть связаны с показаниями других каналов контроля состояния гидрогенератора. Кроме того, у каждого конкретного гидрогенератора имеются специфические слабости конструкции и, соответственно, наиболее вероятные дефекты. Например, если обмотка статора не уплотнена в пазах, то имеется вероятность повышенной вибрации стержней и появления пазовых разрядов, которые будут зарегистрированы аппаратурой. Появление сигнала требует остановки гидрогенератора в ближайшее время для внепланового обследования с целью обнаружения и устранения дефекта.