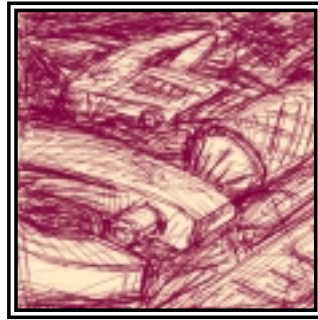




Устройство контроля изоляции обмотки статора генератора

Геннадий Безчастнов, Андрей Красильников, Тибор Нэмени, Юрий Филиппов

Описано диагностическое устройство контроля изоляции обмотки статора, позволяющее повысить надежность работы генераторов на электростанциях.

Введение

Обмотка статора генератора электростанции является одним из наиболее важных элементов его конструкции, поскольку повреждение ее изоляции обычно приводит к тяжелым авариям и длительным простоям генератора в ремонте. При этом наиболее трудным является обнаружение опасного понижения сопротивления изоляции обмотки относительно корпуса генератора («земли»). Поскольку обмотки статоров мощных генераторов имеют изолированную нейтраль, существенное понижение сопротивления изоляции (вплоть до замыкания на «землю») в каком-либо месте одной из фаз не вызывает больших токов. Однако при однофазном коротком замыкании на «землю» в месте повреждения может поддерживаться дуга, разрушающая активную сталь статора. Кроме того, своевременно не выявленные однофазные короткие замыкания могут переходить в очень опасные витковые, а иногда и в двухфазные короткие замыкания с последующей тяжелой аварией.

В связи с этим важно не только фиксировать факт короткого замыкания на «землю», но и получать информацию о состоянии изоляции для диагностики и для оперативного принятия необходимых мер при понижении сопротивления изоляции. Это особенно важно в связи с имеющим место физическим старением изоляции. Ос-

новными параметрами, характеризующими состояние изоляции обмотки, являются сопротивление изоляции, выраженное в мегаомах, и коэффициент абсорбции, определяющийся скоростью заряда частичных емкостей в изоляции.

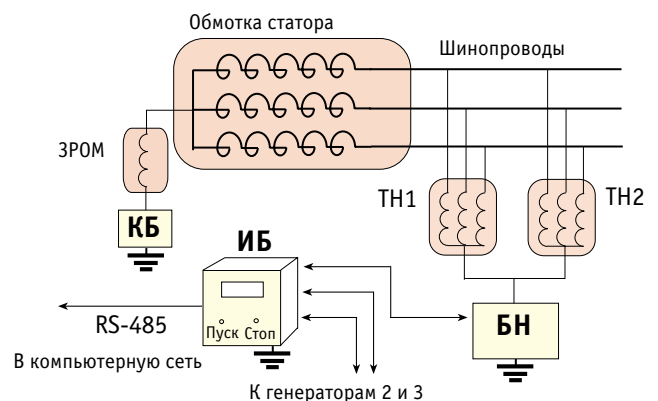
В настоящее время для контроля состояния изоляции обмотки статора широко применяются переносные портативные мегаомметры, которые для проведения измерений требуют остановки и выведения в ремонт гидро- или турбоагрегата, а в некоторых случаях и частичной его разборки. Кроме того, коэффициент абсорбции в этих измерениях определяется визуально. Существующие же устройства защиты от коротких замыканий на «землю» при работающем генераторе не предназначены для выполнения диагностических функций.

Разработанное в ОАО «НИИЭС» устройство контроля изоляции (УКИ) позволяет проводить измерения уровня сопротивления изоляции обмотки статора как на остановленном, так и на работа-

ющем и включенном в сеть генераторе и даже в таком сложном для измерения случае, как измерение в обмотке с водяным охлаждением.

Назначение

Устройство предназначено для полуавтоматического или автоматического измерения уровня сопротивления и коэффициента абсорбции изоляции обмотки статора генератора с газовым или водяным охлаждением, работающего в энергетическом блоке «генератор-трансформатор». Устройство изготавливается в



Условные обозначения:

КБ, ИБ, БН — блоки конденсаторный, измерительный, напряжения,
ТН — трансформаторы напряжения,
ЗРОМ — защитная реактивность.

Рис. 1. Схема соединений УКИ на генераторах с газовым охлаждением обмотки статора

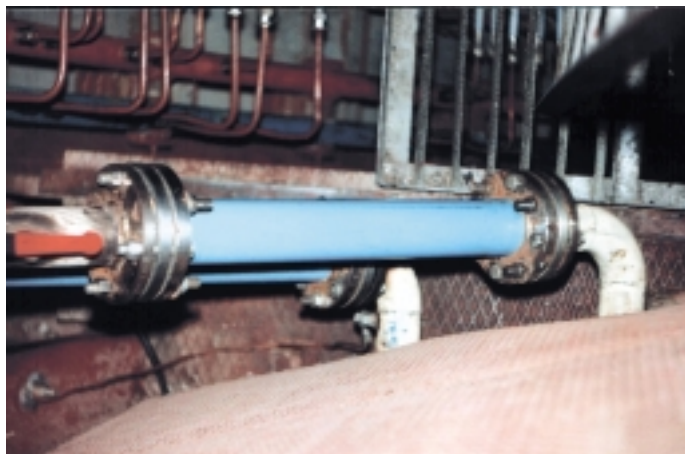


Рис. 2. Внешний вид изолирующей вставки в водоподводящей трубе охлаждения

стационарном исполнении и обеспечивает:

- дистанционное измерение уровня сопротивления и коэффициента абсорбции изоляции,
- измерение на остановленном и работающем генераторе,
- удобство и оперативность измерений при достаточной точности,
- автоматическое отключение подачи высокого измерительного напряжения в обмотку статора сразу после измерений,
- выдачу информации на цифровой индикатор,
- индикацию недопустимо низкого уровня сопротивления изоляции и ненормальных режимов работы устройства,
- запоминание полученной информации и вывод ее на экран дисплея (для работы в автономном режиме),
- возможность работы в сети с интерфейсом RS-485.

Устройство не нарушает работу штатных измерительных устройств и безопасно в эксплуатации.

Состав устройства

Устройство может изготавливаться в вариантах для обслуживания одного, двух или трех энергетических блоков «генератор-трансформатор» и состоит из следующих функциональных блоков:

- блок напряжения (БН);
- измерительный блок (ИБ);
- конденсаторный блок или блоки (КБ).

БН располагаются вблизи штатных измерительных трансформаторов напряжения (ТН) и подключаются к их нулевым выводам. При этом постоянное напряжение подается на входящий в состав блока конденсатор большой емкости, включенный между нулями ТН и «землей». Каждый БН имеет эквивалент-

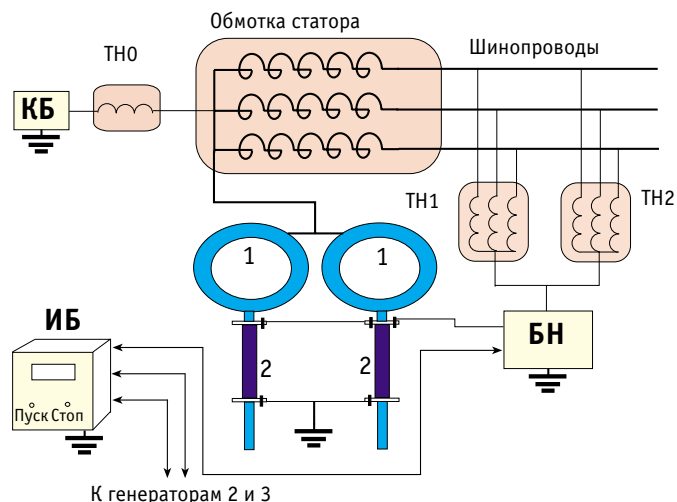
ное емкостное сопротивление току частотой 50 Гц не более 500 Ом.

ИБ изготавливаются на основе промышленного контроллера фирмы Octagon Systems, позволяющего оперативно изменять программу в соответствии с условиями эксплуатации. Он располагается в удобном для эксплуатации месте и соединяется с БН кабелями длиной не более 150 м.

Все упомянутые блоки конструктивно размещены в герметичных корпусах фирмы Schroff-Hoffman.

Установка БН на генераторах с газовым охлаждением обмотки статора требует на каждом энергетическом блоке «генератор-трансформатор» отсоединения от «земли» всех ТН, соединения их нулевых выводов между собой и подключения к БН, как показано на рис. 1. При наличии заземляющей реактивности типа ЗРОМ она также отсоединяется от «земли» и соединяется либо с нулевыми выводами ТН своего блока, либо с «землей» через конденсаторный блок емкостью порядка десяти микрофард.

Выполнение измерений на генераторах с водяным охлаждением обмотки статора затруднено тем, что вода, наполняющая шланги водоподвода к обмотке статора, сильно шунтирует сопротивление изоляции. В связи с этим для таких генераторов была разработана специальная схема измерений, позволяющая практиче-



Условные обозначения:
1 — сливной и напорный коллекторы,
2 — изолирующие вставки

Рис. 3. Схема соединений УКИ на генераторах с водяным охлаждением обмотки статора

ски полностью исключить шунтирующее влияние шлангов водоподвода на результаты измерений. В соответствии с этой схемой для генераторов с водяным охлаждением обмотки требуется отсоединение штатного заземления сливного и напорного коллекторов системы охлаждения, врезка в подводящий и сливной трубопроводы изолирующих вставок (рис. 2) длиной 300-600 мм и подключение БН между ними и обмоткой статора через дополнительный ТН (ТН0) в соответствии с рис. 3.

Разрез гидроагрегата Евфратской ГЭС в Сирии по оси, где красным цветом обозначена обмотка статора, приведен

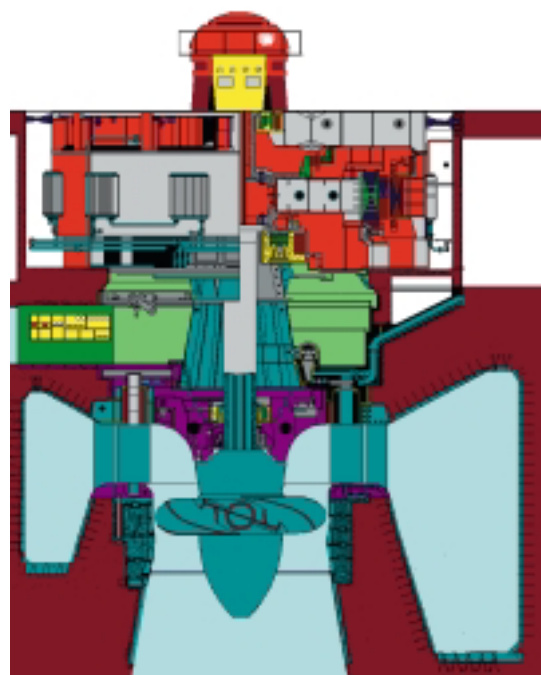


Рис. 4. Разрез гидроагрегата по оси (красным цветом показана обмотка статора)



Рис. 5. Внешний вид блока измерения устройства УКИ

на рис. 4. Внешний вид устройства, установленного на гидроагрегате ГЭС Аль-Баас Евфратского гидроузла, приведен на рис. 5, на рис. 6 изображен блок напряжения в ячейке шинопроводов.

Работа устройства

Принцип действия устройства основан на измерении токов утечки через изоляцию при подаче в обмотку статора постоянного измерительного напряжения. Постоянное напряжение формируется в блоке напряжения (БН) схемой формирования напряжения, представляющей собой высоковольтный стабилизатор 750 В. Постоянное измерительное напряжение от блока напряжения через нулевые точки трансформаторов напряжения (ТН) подается на обмотку статора (рис. 1, 3). Падение напряжения от тока утечки по цепи БН — ТН (изоляция обмотки статора — «земля») снимается с измерительного резистора, включенного последовательно в эту цепь и размещенного в БН, и подается на измерительный блок (ИБ).

Функциональная схема измерительного блока приведена на рис. 7. Основным элементом этого блока является микроконтроллер 5083 фирмы Octagon Systems с внутренним таймером, энергонезависимой памятью и жидкокристаллическим дисплеем. Микроконтроллер осуществляет управление процессом измерения, анализ и обработку данных измерений и выдачу информации на дисплей. При работе в полуавтоматическом режиме после нажатия кнопки «Пуск» производится включение контроллером блока напряжения БН, подача постоянного измерительного напряжения в обмотку статора в течение 1 минуты и отключение БН по истечении этого времени. Величина падения напряжения на измерительном резисторе фиксируется дважды: через 15 и 60 секунд после включения. На основании этих данных вычисляются сопро-

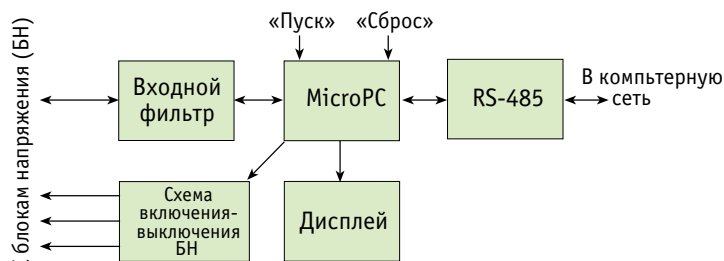


Рис. 7. Функциональная схема измерительного блока (ИБ)

тивления изоляции на моменты времени 15 и 60 секунд и коэффициент абсорбции как отношение второго из этих сопротивлений к первому. Результаты вычислений отображаются на дисплее измерительного блока. При работе устройства под управлением центрального компьютера (автоматический режим) команда на включение приходит по последовательному интерфейсу, а после измерения сопротивления изоляции микроконтроллер посылает компьютеру запрос на

прерывание и передает полученную информацию.

Технические параметры устройства приведены в таблице 1.

Следует особо отметить, что основной особенностью данного устройства является возможность измерения сопротивления изоляции на возбужденном генераторе, когда статор находится под рабочим напряжением и токи утечки определяются рабочим напряжением генератора (порядка, как правило, 6...12 кВ), а не только приложенным измерительным напряжением.

Итоги

Разработанное нами устройство типа УКИ нашло широкое применение в электроэнергетике. Первые устройства были установлены еще в 1989 г. на трех турбогенераторах с водородным охлаждением 120 МВт и турбогенераторе 200 МВт с водяным охлаждением на ГРЭС-3 им. Классона в Мосэнерго. В этих устройствах измерительный блок был выполнен на базе микропроцессора отечественного производства. В последующих устройствах измерительный блок выполнялся на базе микроконтроллера 5083, как описано ранее. С 1994 г. УКИ работают на восьми гидрогенераторах 100 МВт с воздушным охлаждением Евфратской ГЭС, а с 1995 г. — на трех капсульных гидрогенераторах 27 МВт с водяным охлаждением ГЭС Аль-Баас в Сирии. Все упомянутые устройства работают успешно с момента установки. В процессе их эксплуатации было несколько



Рис. 6. Блок напряжения в ячейке шинопроводов генератора

Таблица 1. Технические параметры устройства контроля изоляции (УКИ)

Величина напряжения, формируемого БН, В	750
Диапазон измерения сопротивления изоляции, МОм	1...2000
Диапазон измерения коэффициента абсорбции	1...10
Погрешность измерения сопротивления изоляции	
в диапазоне 1...300 МОм, %	± 5
в диапазоне 300...800 МОм, %	± 8
в диапазоне 800...2000 МОм, %	± 10
Погрешность измерения коэффициента абсорбции при уровне сопротивления изоляции до 300 МОм:	
в диапазоне 1...2 не более	± 0,05
в диапазоне 2...5 не более	± 0,15
в диапазоне 5...10 не более	± 0,25
Масса каждого блока, кг, не более	8



случаев выявления дефектов в изоляции обмотки статора. В дальнейшем предполагается изготовление и поставка этих устройств еще на ряд объектов с включением их в состав общей системы диагностики генераторов.

При использовании устройства возможно своевременное выявление дефектов изоляции обмотки в рабочем режиме и, как следствие, предотвращение аварии, связанной с пробоем обмотки. Это особенно важно в случае турбогенераторов с водяным охлаждением обмотки статора, работающих, как правило, длительное время без остановки.

В результате разработки, которая велась в течение 10 лет [1, 2, 3], получено современное, не имеющее аналогов, универсальное диагностическое устройство с изрядной наработкой в эксплуатации. ●

Литература

1. Нэмени Т.М., Пантелеев А.М., Красильников А.М., Гаврилина Е.А. Диагностическое микропроцессорное устройство защиты блока гидрогенератор — трансформатор от однофазного замыкания на «землю» // Гидротехническое строительство. — 1989. — № 9.
2. Нэмени Т.М., Филиппов Ю.А., Красильников А.М., Шакер Базау, Рашид Джах Джах. Устройство контроля изоляции обмотки статора генераторов с водяным охлаждением обмотки статора // Гидротехническое строительство. — 1996. — № 3.
3. Безчастнов Г.А., Дорогин М.В., Красильников А.М., Нэмени Т.М. Опыт эксплуатации устройств контроля изоляции обмотки статора генератора // Энергетик. — 1998. — № 11.