



**ГРУБОЙ А.П.**, гл. конструктор,  
**ШОФУЛ А.К.**, зав. отделом, **БЕРЧЕНКО Ю.Н.**, зам. зав. отделом  
**ЛОГВИНОВ В.П.**, зав. лабораторией, **БАРАНОВ И.В.**, вед. инженер,  
**ГУГЛЯ Е.Д.**, вед. инженер,  
 ГП завод "Электротяжмаш", г. Харьков.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СТАТОРОВ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

**В** последние годы в области оценки состояния электрической изоляции нашел широкое применение метод измерения частичных разрядов (ЧР). Современные достижения в области измерительной и компьютерной техники позволили создать аппаратуру, которая фиксирует характеристики частичных разрядов, появляющихся под действием разности потенциалов в электрической изоляции высоковольтного оборудования. Подобное оборудование выпускается рядом наиболее известных компаний: "IRIS Power – Qualitrol", "Doble-Lemke", "TechImp", "IPEC", "Omicron" – дальнего зарубежья и российскими – "DIACS", "DIMRUS".

ГП завод "Электротяжмаш" для выполнения всех условий заказчиков приобрел комплект аппаратуры производства компании "IRIS Power" (Канада), позволяющий измерять уровень частичных разрядов в обмотке статоров крупных электрических машин. Данный выбор был не случаен – компания "IRIS Power" (Канада) занимает одно из ведущих мест в данном сегменте рынка диагностической аппаратуры, легко идет на сотрудничество, имеет свои наработки в анализе результатов измерений и значительное число установленного своего оборудования по всему миру. В комплект аппаратуры входит прибор TGA-B для направленного способа установки датчиков (Рис. 1), комплект высокочастотных датчиков емкостного типа на номинальное напряжение 25 кВ типа EMC (80 пФ), датчик для измерений в низкочастотном диапазоне, комплект соединительных кабелей и прибор для нахождения места с дефектом – PPM 97.

В соответствии с нормами международного стандарта IEEE 1434-2000 [1] прибор TGA-B позволяет определить такие характеристики ЧР в электрической изоляции:

- амплитуда положительных и отрицательных импульсов при частоте их следования 10 имп/сек,  $Q_m$ ;
- общая активность NQN (Normalized Quantity Number);
- положение импульсов ЧР относительно фазы приложенного напряжения.

За время эксплуатации указанной аппаратуры нами был выработан следующий порядок проверки качества электрической изоляции в процессе производства методом измерения ЧР:

- первым этапом является контроль уровня ЧР в отдельных стержнях обмотки статора: измерение ЧР производится после всех технологических операций перед отправкой на участок обмотки;

- на втором этапе измеряется уровень ЧР в обмотке статора в сборе в режимах "off-line" и "on-line" для турбогенераторов и посекторно – для гидрогенераторов.

Вышеизложенная процедура контроля\* позволяет на ранних стадиях производства выявить "слабое звено" и принять соответствующие меры. Из-за того, что пока нет четко установленных норм для оценки качества, мы исходим из объема проведенных нами измерений и если данные какого-либо измерения не попадают в диапазон большей массы измерений, то производятся более тщательные испытания объекта и по каждому случаю выносятся отдельные решения.

На предприятии ведется статистика уровня ЧР для каждого типа машин. В настоящее время проведены измерения более 5000 отдельных стержней турбогенераторов и гидрогенераторов, а



Рис. 1. прибор TGA-B с датчиками емкостного типа EMC (80 пФ) компании IRIS Power



также более десятка обмоток статоров в сборе. Из полученных данных определили, что уровень  $Q_m$  отдельных стержней турбогенераторов с номинальным рабочим напряжением 20 кВ лежит в пределах 30 мВ, для обмотки статоров турбогенераторов при испытаниях с водородным охлаждением в режиме холостого хода при давлении 3 кг/см на стенде завода уровень  $Q_m$  достигал всего 77 мВ, для стержней всех типов гидрогенераторов с воздушным охлаждением  $Q_m$  находится в пределах 20 мВ, для секторов гидрогенератора с воздушным охлаждением и номинальным напряжением 15,75 кВ наибольшее значение составило 61 мВ. Данные распределения  $Q_m$  компании "IRIS Power" для направленного способа установки датчиков за 2009 [2] приведены в Табл. 1 и 2.

**Таблица 1.** Для машин с водородным охлаждением, рабочим напряжением более 19 кВ и давлении 2,2–3,5 кг/см

процент полученных результатов измерений	$Q_m$ , мВ
25%	18
50%	45
75%	98
90%	152
95%	201

Из этого следует, что 75% результатов, полученных при измерениях уровня ЧР в крупных электрических машинах с номинальным рабочим напряжением более 19кВ и водородным охлаждением при давлении 2,2–3,5 кг/см, имеют значения менее 98 мВ.

**Таблица 2.** Для электрических машин с воздушным охлаждением и рабочим напряжением 13–15 кВ

процент полученных результатов измерений	$Q_m$ , мВ
25%	53
50%	119
75%	242
90%	254
95%	701

т. е. 75% результатов измерений, полученных при измерениях уровня ЧР в крупных электрических машинах с воздушным охлаждением и номи-

нальным рабочим напряжением 13–15 кВ, имеют значения менее 242 мВ.

В этом году сотрудники нашего предприятия посетили тренинг в компании "IRIS Power", Канада. В ходе тренинга наши специалисты смогли расширить свои представления о физике процессов, вызывающих ЧР в изоляции, и ухудшающих ее диэлектрические свойства. Итогом обучения стало сертифицирование наших специалистов, удостоверяющее право квалифицированного проведения измерений на оборудовании "IRIS Power".

В заключение можно сказать, что по опыту измерений ЧР наибольшую сложность представляет интерпретация получаемых данных, поэтому следует обращать внимание на все мелочи сопутствующие измерениям и накапливать базу данных. В будущем, данный метод должен стать неотъемлемой частью оперативной диагностики электрических машин, таким как вибродиагностика, а может и заменить нецелесообразные в некоторых случаях методы, ведущие к разрушению изоляции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Std 1434-2000 "Trial Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery"
2. IRMC 2010, V. Warren, Partial Discharge Testing: A Progress Report.

