

**КОНТРОЛЬ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

**А.А. Печагина, Н.М. Космынина**

*Научный руководитель доцент Н. М. Космынина*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Изменение температурного режима активных частей турбогенератора может произойти вследствие изменения условий выделения теплоты или условий отвода теплоты. Потери энергии в турбогенераторах складываются из электромагнитных и механических потерь. Электромагнитные потери состоят из потерь в стали статора от перемагничивания и потерь в обмотке статора и ротора. Значение этих потерь зависит от значений активной и реактивной нагрузки. Механические потери связаны с потерями на трение ротора о газ, на циркуляцию охлаждающей среды в машине, на трение в подшипниках и т. д. Они пропорциональны плотности охлаждающего газа. Охлаждение турбогенератора зависит от свойств охлаждающей среды и интенсивности отвода тепла с охлаждаемой поверхности. При этом существенное значение имеют давление водорода, расход дистиллята в обмотке статора, температура и расход охлаждающей воды в теплообменниках и газоохладителях.

Промышленность выпускает оборудование с различными системами охлаждения конструктивных элементов. Так находятся в эксплуатации турбогенераторы с использованием газовой среды для охлаждения (воздух или водород); мощные машины имеют охлаждение с использованием жидкости (воды - дистиллят или масла); эксплуатируются агрегаты также с комбинированным охлаждением [1].

В зависимости от применяемой охлаждающей среды различают турбогенераторы с газовым (воздушным или водородным), с жидкостным (водяным или масляным) и смешанным охлаждением. По принципу охлаждения различают турбогенераторы с непосредственным охлаждением проводников обмотки, с косвенным (поверхностным), когда теплота отводится через основную изоляцию, и со смешанным, когда обмотка возбуждения имеет непосредственное охлаждение проводников, а обмотка статора - косвенное. Примеры описания систем охлаждения современных турбогенераторов представлены в таблице 1[5].

**Таблица 1**

**Описание систем охлаждения обмоток турбогенераторов**

Серия турбогенератора	Описание
Т	Воздух, косвенно
ТВ	Водород, косвенно
ТВФ	Водород, непосредственно - обмотка ротора Водород, косвенно – статорная обмотка
ТГВ	Водород, непосредственно
ТВВ	Водород, непосредственно - обмотка возбуждения Вода, непосредственно - обмотка статора
ТЗВ	Вода, непосредственно

Турбогенераторы всегда имеют замкнутую систему охлаждения, в соответствии с производственными и экологическими требованиями к окружающей среде. Внутри замкнутого объема машины циркулирует один и тот же объем охлаждающего агента, для охлаждения которого требуются теплообменники. Примеры описания конструктивных элементов современных турбогенераторов представлены в таблице 2 [4]

**Таблица 2**

**Описание охлаждения конструктивных элементов турбогенераторов**

Тип турбогенератора	Описание по каталогу охлаждения			
	Обмотки ротора	Бочки ротора	Обмотки статора	Сердечника статора
ТВФ-110-2ЕУЗ	Водородом непосредственное	Водородом	Водородом косвенное	Водородом
ТЗВ-220-2УЗ	Дистиллятом непосредственное	Водой	Дистиллятом непосредственное	Водой
ТВФ-63-3600 УЗ	Водородом непосредственное	Водородом	Водородом косвенное	Водородом
Т – 6– 2УЗ, Т – 16– 2УЗ, Т – 25– 2УЗ	Воздухом непосредственное	Воздухом)	Воздухом косвенное	Воздухом
ТФ - 220 - 2УЗ	Воздухом непосредственное	Воздухом	Воздухом косвенное	Воздухом
ТВМ - 500 –2УЗ	Дистиллятом непосредственное	Дистиллятом	Маслом непосредственное	Маслом
ТВВ-1000-4УЗ	Водородом непосредственное	Водородом	Дистиллятом непосредственное	Водородом
ТГВ – 500 – 2УЗ	Водородом непосредственное	Водородом	Водяное непосредственное	Водородом
ТВН-320-2УЗ	Дистиллятом непосредственное	Дистиллятом	Масляное непосредственное	Масляное

Контроль теплового состояния основных узлов и системы охлаждения турбогенератора производится с помощью термопреобразователей сопротивления, которые подключаются к контролирующим приборам. Термопреобразователи сопротивления, контролирующие температуру обмотки статора, устанавливаются между стержнями в трех поперечных сечениях турбогенератора. Термопреобразователи сопротивления, контролирующие температуру сердечника статора, устанавливаются на дне пазов и также в трех сечениях.

В современных условиях турбогенераторы эксплуатируются в разных эксплуатационных режимах. Одни работают на предельных режимах, другие, после проведения модернизации и восстановления ресурса — в новых для себя эксплуатационных режимах, третьи эксплуатируются с увеличенными межремонтными периодами. Такие условия накладывают повышенные требования к силовому электрооборудованию и требуют особого отношения к контролю режимов его работы и диагностике его состояния. [2]. Используемые в отечественной электроэнергетике установки температурного контроля турбогенератора к настоящему времени устарели и физически, и морально, их ресурс фактически исчерпан. Замена таких установок на аналогичные системы теплоконтроля, даже построенные на современной элементной базе, не позволяет решить проблему контроля других технологических параметров турбогенератора, имеющих разную физическую природу, не говоря о том, что такая система не способна участвовать в решении диагностических задач.

С 2005 года начали внедряться автоматизированные системы контроля и диагностирования технического состояния турбогенератора «НЕВА-АСКДГ», разработанные ЗАО «НПФ «ЭНЕРГОСОЮЗ» (г. Санкт-Петербург). Первые такие комплексы появились на турбогенераторах типа ТВВ-500-2УЗ Курской АЭС. Они не только осуществляли стандартный температурный контроль, но и выполняли диагностические функции, изложенные в методических указаниях РД ЭО 0305-01 по контролю теплового состояния турбогенераторов типа ТВВ-500-2УЗ [2], а именно:

- оценку теплового состояния активных частей генератора;
- оценку эффективности и стабильности работы систем охлаждения генератора;
- выявление на ранних стадиях развития термических дефектов в активных частях генератора;
- выявление неисправностей в системе теплового контроля генератора.

Для информационного обеспечения диагностических процедур требовались не только измеренные значения температуры, но и сведения о параметрах текущих электрических режимов турбогенератора. Для этого АСКДГ комплектовалась соответствующими измерительными входами и преобразователями.

Актуальной проблемой на сегодняшний день является отсутствие технических требований к системам контроля и диагностики со стороны эксплуатирующих организаций, которые дополняли бы требования заводоизготовителей генераторов. Для создания таких технических требований необходимо опираться на достижения науки и на последние разработки программно-технических средств, а так же на контролепригодность генераторов, которая определяется комплектом штатных датчиков и возможностью установки дополнительных измерительных преобразователей без вмешательства в конструкцию генератора. [3].

Внедрение АСКДГ позволяет серьезно модернизировать и усовершенствовать существующие системы контроля и диагностирования генераторного оборудования, особенно на генераторах:

- используемых для работы на мощности выше номинальной;
- получивших дополнительный срок эксплуатации после проведенных работ в рамках продления срока эксплуатации;
- при замене установок теплового контроля, выработавших свой ресурс.

Включение в систему контроля генераторов алгоритмов диагностирования позволяет выявлять дефекты генератора и его вспомогательных систем на ранних стадиях до возникновения неисправности.

Гибкая конфигурация АСКДГ позволяет проектировать структуру системы под конкретный объект с определенными функциями и задачами и дополнять в перспективе новыми подсистемами и функциями с учетом достижений науки и техники, применять устройства преобразования сложных физических процессов, разрабатываемых как фирмой «НПФ «ЭНЕРГОСОЮЗ», так и другими специализированными организациями, имеющими успешные внедрения [2].

Изготовители генераторов постоянно ведут работу по улучшению и совершенствованию контролепригодности выпускаемого оборудования, поэтому современные программно-технические комплексы должны иметь возможность гибко менять конфигурацию системы, наращивать количество и интерфейсы входных и выходных сигналов, а также изменять алгоритмы обработки данных при создании новых математических моделей диагностирования или по требованию заказчика.

#### Литература

1. ГОСТ 533-2000 (МЭК 34-3-88) Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. - 24 с.
2. Контроль и диагностика оборудования [Электронный ресурс] // Научно-производственная фирма «Энергосоюз»: офиц. сайт. - Режим доступа: <http://www.energsoyuz.spb.ru/content/контроль-и-диагностика-оборудования/>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
3. Новости ЭлектроТехники. [Электронный ресурс] // ЗАО «Новости Электротехники»: офиц. сайт. - Режим доступа: Режим доступа: [http://www.news.elteh.ru/arh/2015/94/01\\_3.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2015/94/01_3.php) /, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
4. Указатель «Каталоги и справочники по электротехнике» 01.01.2010 г.
5. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина. — Москва: Изд-во МЭИ, 2015. — 296 с.: ил.