

## **ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

**Докт. техн. наук СОПЬЯНИК В. Х.,  
инженеры ГРИНЕВИЧ А. М., ЖАМОЙДИН А. А.**

*Научно-исследовательское и проектное республиканское  
унитарное предприятие «БелТЭИ»*

**Инж. КАКУРО А. В.**

*Минская ТЭЦ-4*

Традиционные системы эксплуатационного контроля мощных турбогенераторов и устройств возбуждения и охлаждения включают подсистемы контроля и регистрации параметров, характеризующих тепловое и электрическое состояния турбогенераторов, а также устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) как в установившихся, так и переходных режимах, и подсистему виброконтроля.

В основном эти подсистемы выполнены с использованием традиционных измерительных средств (показывающие и самопишущие приборы, световые табло, указательные реле), установки централизованного контроля А701-03 (АСКР), предназначенной для автоматического сбора, обработки и регистрации температурных параметров турбогенераторов, и электронно-лучевых осциллографов – для осциллографирования токов и напряжений аварийных режимов и регистрации действий РЗА.

В соответствии с должностными обязанностями на электростанциях все операции по эксплуатационному контролю турбогенераторов и их систем возбуждения и охлаждения выполняет оперативный персонал группового щита управления энергоблоком (турбоагрегатом). Квалифицированное и качественное выполнение этих операций возможно в условиях обеспечения персонала оптимальным объемом достоверной информации о работе турбогенератора и его вспомогательного оборудования, что трудно осуществимо при действующих системах контроля и управления турбогенератором, выполненных на традиционных технических средствах.

Территориальная рассредоточенность средств контроля за турбогенератором не позволяет осуществить визуальную связь между технологическими и режимными параметрами работы турбогенератора и его систем охлаждения и возбуждения. На машиниста турбоагрегата возлагаются функции по принятию решения, которые в условиях недостаточного объема информации затрудняют оценку и прогнозирование работоспособности контролируемого оборудования и могут привести к ошибочным действиям. Так, заводские требования по контролю за температурой стержней обмотки статора генератора при охлаждении их дистиллятом нормируют не только предельно допустимые длительные

значения температуры по показаниям термометров сопротивлений, но и разницу между максимальным и минимальным показаниями, которая для турбогенераторов мощностью 300, 500 МВт не должна превышать 20 °С. При этом контролируется температура порядка 48 или 54 стержней обмотки статора генератора. Чтобы проанализировать и выявить максимальные и минимальные показания значений температур и рассчитать разницу между ними, необходимы время и отвлечение оперативного персонала от технологического процесса, а ведь нагрев активных частей является основным ограничивающим фактором при работе генератора с нагрузками, близкими к предельным. Аналогичные трудности возникают при определении тока обратной последовательности статора, температуры обмотки ротора генератора. Промышленное освоение средств измерения, контроля и управления на основе цифровых технологий открывает принципиально новые возможности в организации интегрированной автоматизированной системы технологического контроля (ИАСТК) за работой турбогенераторов и их систем возбуждения и охлаждения.

Основное назначение разрабатываемой ИАСТК турбогенераторов – повышение эксплуатационной надежности технологического процесса, систем возбуждения и охлаждения путем автоматического сбора и анализа информации, обеспечивающей раннее диагностирование неисправностей, информирование персонала о состоянии и режимах работы оборудования и выдача рекомендаций, направленных на корректировку режима работы турбогенератора [1].

В основу концепции, разрабатываемой ИАСТК турбогенераторов и их систем возбуждения и охлаждения, входят следующие подсистемы:

- контроля, регистрации, накопления, анализа и диагностики параметров, характеризующих тепловое состояние турбогенераторов и их систем возбуждения и охлаждения;
- контроля электрических параметров, расчета допустимых нагрузок, выявления и регистрации аномальных и аварийных режимов, событий РЗА (РАС);
- виброконтроля и диагностики;
- отображения и документирования.

ИАСТК турбогенераторов включает технические средства и специальное программное обеспечение. Структурная схема ИАСТК представлена на рис. 1. Источниками информации являются датчики аналоговых и дискретных параметров, а также система централизованного контроля А701-03 (при наличии на генераторе), контролирующая тепловое и электрическое состояние турбогенераторов, их систем возбуждения и охлаждения.

Для выявления и регистрации аварийных режимов в электрической части турбогенераторов, систем возбуждения, собственных нужд устанавливается подсистема цифрового осциллографирования токов, напряжений, действий защиты и автоматики. В качестве такой подсистемы может быть использован регистратор РАС-ИТМ, разработанный АНК ИТМО НАН Республики Беларусь по заданию концерна «Белэнерго».

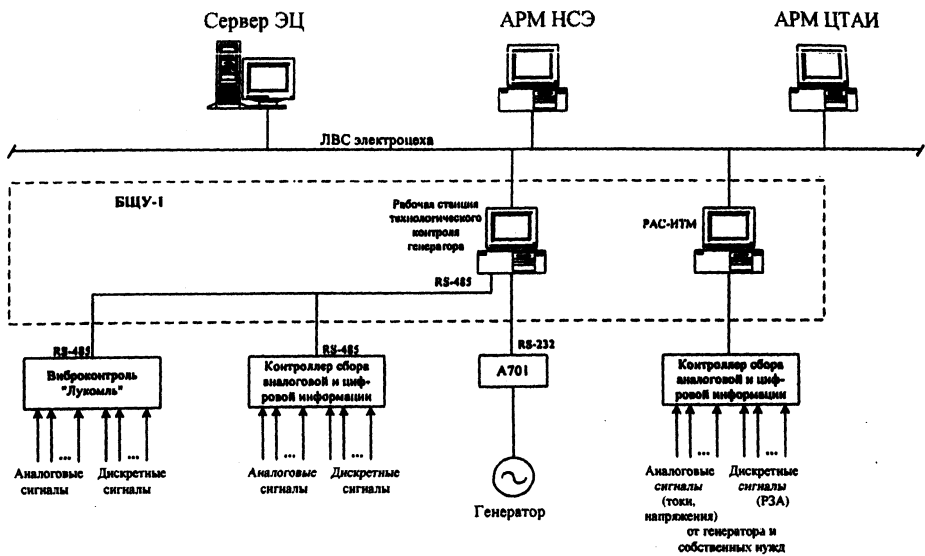


Рис. 1. Структура технических средств автоматизированной системы технологического контроля турбогенератора

Подсистема виброконтроля предназначена для непрерывного измерения, регистрации, анализа и диагностирования вибрации опорных подшипников турбоагрегата. В качестве ее может быть использована система виброконтроля и защиты «Лукомль», разработанная Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники.

Технические средства ИАСТК турбогенераторов осуществляют централизованный сбор аналоговой и дискретной информации, характеризующей режимное и тепловое состояние турбогенераторов с циклом, не превышающим 1(2) с. Собранная информация подлежит предварительной обработке и контролю общесистемными программными средствами. По их результатам формируется ведомость недостоверных параметров, которые не участвуют в реализуемых функциях, а на экране дисплея на мнемосхемах отображаются серым цветом с надписью «н/д».

Источниками входной информации подсистемы непрерывного теплового контроля являются:

- датчики температур в обмотках и сердечниках статора генератора, возбудителя, во вкладышах и уплотнениях подшипников, газоохладителях, воздухоохладителях, теплообменниках, тиристорных преобразователях и в системе маслосмазки (схема расположения датчиков теплового контроля турбогенератора ТВВ-320-2 приведена на рис. 2 [2]);
- датчики давления масла на уплотнения, водорода в корпусе генератора, охлаждающей воды, дистиллята на входе и выходе из обмотки статора генератора, датчики перепада давления масло-водород;
- датчики расхода дистиллята на обмотку статора генератора, масла на уплотнения и подшипники, холодной воды на охлаждение газоохладителей, теплообменники, воздухоохладители;
- датчики чистоты водорода в корпусе генератора и удельного сопротивления дистиллята;

- датчики действующих трехфазных токов и напряжений статора генератора, позволяющие осуществлять расчет и контроль несимметрии токов и токов обратной последовательности;
- датчики постоянного тока и напряжения ротора генератора, значения которых используются в автоматизированной системе для расчета и контроля температуры обмотки ротора генератора.

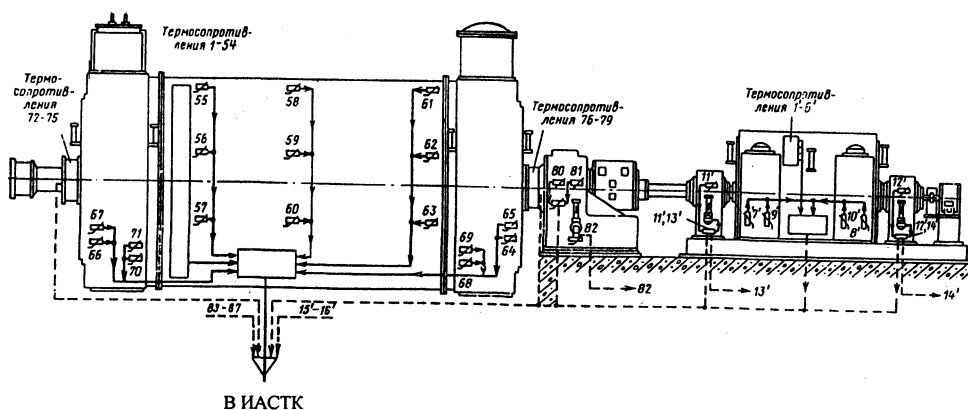


Рис. 2. Схема расположения температурных индикаторов теплового контроля турбогенератора типа ТВВ-320-2: 1-54 – под клином паза статора; 55-63 – на активной стали статора; 64-71 – в камере газоохладителей (холодный, нагретый газ); 72-79 – в баббите уплотняющих подшипников; 80-81 – во вкладышах подшипников генератора; 82 – в масле, сливающемся из подшипников; 83 – в воде на входе в газоохладитель; 84-86 – в дистилляте на входе и выходе из обмотки статора; 87 – в масле к уплотнениям; 1'-6' – на активной стали возбуждателя; 7'-10' – на холодном и нагретом воздухе возбуждателя; 11'-12' – во вкладышах подшипников возбуждателя; 13'-14' – в масле на сливе из подшипников; 15'-16' – на воздухе шкафов выпрямительной установки

По результатам измеренных текущих аналоговых параметров вычисляются расчетные (разница между максимальным и минимальным значениями температур меди статора генератора, разница токов в фазах, ток обратной последовательности, допустимое время и продолжительность работы генератора при аномальных режимах и др.), которые вместе с максимальными и минимальными значениями более полно отражают технологический процесс турбогенератора.

Программы ИАСТК турбогенераторов обеспечивают контроль аналоговых параметров по предупредительным и аварийным уставкам, содержащим верхние и нижние границы, выявление и регистрацию параметров, отклонившихся от нормы, расчет режимных характеристик. Обработанная информация в виде многослойных мнемосхем, таблиц, графиков, отражающих технологический процесс генератора, выводится на цветные графические дисплеи блочного щита управления и выдается в локальную вычислительную сеть для организации автоматизированных рабочих мест начальника смены электроцеха, специалистов цеха ТАИ.

Регистрируемая информация о работе генератора, его систем возбуждения и охлаждения накапливается на сервере, что позволяет осуществить ретроспективный просмотр технологического процесса в указанное время и за заданный промежуток времени. Заметим, что

функции ретроспективного просмотра позволяют графически представить любой параметр, проанализировать тенденцию его изменения и осуществить диагностический и прогностический контроль.

Предлагаемая интегрированная автоматизированная система контроля и диагностики турбогенераторов прошла опытную эксплуатацию и внедрена на энергоблоках 500 МВт Курской АЭС [3].

Следует заметить, что рассмотренная ИАСТК турбогенераторов может быть полностью изготовлена в Республике Беларусь, так как на сегодняшний день уже есть подсистемы (регистратор РАС-ИТМ, система виброконтроля «Лукомль»), которые производятся в Беларуси серийно. Что касается производства контроллеров для ввода и обработки информации от датчиков температуры (термосопротивления, термопары), давления, расхода, тока, напряжения, то в Республике Беларусь такие приборы выпускает ряд предприятий.

ИАСТК турбогенераторов представляет собой многоуровневую систему с распределенной подсистемой сбора входной аналоговой и дискретной информации, подсистемами технологической и алгоритмической обработки, что позволяет использовать при реализации отдельных подсистем ИАСТК технические средства как отечественного, так и зарубежного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Типовая инструкция по эксплуатации генераторов на электростанциях: РД 34.45.501-88. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1989. – 119 с.
2. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением / Под общ. ред. Л. С. Линдорфа и Л. Г. Мамиконянца. – М.: Энергия, 1972. – 352 с.
3. Сопьяник В. Х. Цифровой контроль, диагностика и регистрация ненормальных и аварийных режимов теплового состояния турбогенератора с водородным охлаждением и его систем охлаждения // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 2. – С. 6–9.

Поступила 6.03.2002

УДК 621.313

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38...10 кВ**

**Инж. ДОРОФЕЙЧИК А. Н.**

*РУП «Гродноэнерго»*

Воздушные распределительные электрические сети напряжением 0,38...10 кВ составляют около 90 % всего электротехнического хозяйства энергосистем. Поэтому весьма важно обеспечить надежность их работы. За семь лет эксплуатации столбовых трансформаторных подстанций (СТП) в