

2. Топливо подается в камеру сгорания, и образующаяся в смесительном устройстве камеры сгорания топливовоздушная смесь зажигается при помощи запального устройства (плазменного зажигателя).

3. При дальнейшем увеличении расхода топлива турбоагрегат разворачивается газовой турбиной до достижения номинальной частоты вращения, затем производится синхронизация электрического генератора с сетью и включение его в сеть.

Таким образом турбоагрегат выводится в режим холостого хода.

На тепловых электростанциях ГТУ применяются в качестве пиковых, полупиковых и базовых агрегатов, резервных двигателей и, в частности, для покрытия собственных нужд станции. Наибольшее развитие в последние годы приобретает применение ГТУ в комплекте с паротурбинными установками, а также для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ.

Совершенствование ГТУ, в первую очередь освоение высоких температур газа (до 1300–1500 °С) и повышение единичной мощности (250–300 МВт и выше), позволяет рассматривать ГТУ как весьма перспективный двигатель для тепловых электростанций. КПД собственно ГТУ пока не достигает значений КПД, полученных на крупных современных паротурбинных электростанциях, однако в сочетании с паротурбинной установкой ГТУ образует парогазотурбинную установку (парогазовую установку), которая может быть реализована во многих вариантах, и некоторые типы таких комбинированных установок достигают рекордных значений КПД среди всех тепловых двигателей. В настоящее время наиболее экономичные типы ПГУ имеют КПД выше 58 % и создаются также ПГУ с КПД, составляющим более 60 %. Все сказанное относится к ТЭС, использующим газообразное или жидкое (преимущественно газообразное) топливо в качестве основного и резервного.

Литература

1. Гиршфельд, В.Я., Морозов, Г.Н. Тепловые электрические станции. – М.: Энергия, 1973.
2. Теплотехника / Под ред. А.П. Баскова. – М.: Энергоиздат, 1982.

УДК 621.311.002.51

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ БЕЗ ВЫВОДА ЕГО ИЗ РАБОТЫ

Задруцкий Д.В., Белясов Н.В., Потачиц Я.В.
Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Профилактические испытания не дают необходимых данных для прогнозирования отказов оборудования, ибо до сих пор не выявлена связь между значениями контролируемых параметров и вероятностью потери работоспособности соответствующих элементов оборудования. Поэтому действующая система контроля является системой оценки текущего состояния объекта. Степень ухудшения состояния объекта определяется по отклонению контролируемых параметров от их исходных значений. Предполагается, что, чем меньше такое отклонение, тем выше надежность данного объекта.

Стремление к поддержанию практически неизменного состояния объекта приводит к жестким нормам отбраковки, к необходимости частых испытаний. При таком подходе возможности повышения эффективности контроля и снижения трудозатрат на его проведение при применении традиционных методов испытаний практически уже исчерпаны. Нормы отбраковки, особенно для изоляции оборудования высших классов напряжения, в ряде случаев ужесточены до потери их технического смысла [1].

Частые испытания с выводом оборудования из работы неприемлемы по условиям нормального ведения эксплуатации. Необходимость подготовки объекта к испытаниям приводит к дополнительным операциям коммутационной аппаратурой, к созданию временных схем энергоснабжения, не всегда имеющих должную надежность. Необходимы также трудоемкие работы по расшировке оборудования, сборке испытательных схем. Требуются грузоподъемные механизмы и в ряде случаев принятие мер по биоащите персонала, работающего в больших напряженностях электрических полей.

Известно, что контроль под рабочим напряжением лишен этих недостатков. Методы, позволяющие организовать такой контроль, могут быть разделены на две группы. К первой группе относятся методы измерения параметров объекта при рабочем напряжении на нем; ко второй – методы, основанные на анализе проб изолирующих и охлаждающих сред. Взятие проб производится на работающем оборудовании или при кратковременном его отключении.

Повышение эффективности контроля при рабочем напряжении обеспечивается как за счет увеличения частоты измерений и повышения их точности, так и за счет того, что в ряде случаев изоляция находится в более тяжелых условиях, чем при обычных испытаниях. Кроме того, возможно применение новых методов контроля, использующих наличие рабочего напряжения на объекте (например, измерение частичных разрядов). С сокращением периода контроля повышается вероятность своевременного выявления дефектов, а также создается возможность расширения допускаемых пределов изменения контролируемых параметров. Снижение трудоемкости обеспечивается применением стационарных схем измерений и отсутствием необходимости в подготовке объекта.

Дальнейшие возможности повышения эффективности контроля связаны с автоматизацией измерений путем передачи персональной ЭВМ или специальному информационно-измерительному устройству функций первичной обработки данных и выработки сигнала о достижении предельных значений контролируемых параметров, т. е. функций собственно контроля.

Для того чтобы метод контроля оборудования без его отключения мог применяться в эксплуатации, он должен обеспечивать возможность измерения необходимого параметра с достаточной точностью и быть безопасным. Должны быть также разработаны и проверены в реальных условиях необходимые измерительные устройства и приспособления.

Из методов контроля, основанных на анализах проб изоляционных и охлаждающих сред, широко применяются определение физико-химических показателей изоляционного масла, измерение содержания газов и влаги, а также анализ растворенных в масле газов с целью обнаружения продуктов разложения изоляции.

Анализ причин отказов подстанционного оборудования высокого напряжения, а также оценка возможностей выявления дефектов при помощи перечисленных методов показывают, что в межремонтном периоде (между капитальными ремонтами) путем контроля без вывода из эксплуатации можно обнаружить значительное число видов повреждений (таблица 1). Контролируются основные параметры изоляции, наличие перегревов, а также, разгерметизация конструкции (для разрядников). Не контролируются в основном механические характеристики оборудования.

Без отключения объекта некоторые параметры его изоляции измерить нельзя. Не всегда ясен вопрос об эквивалентности различных методов испытаний и о возможности отказа от ряда из них.

Наиболее гибкой и эффективной представляется комплексная система контроля, в которой методы измерений и анализов, проводимых без отключения объекта, используются для текущего контроля, а окончательная оценка работоспособности электро-

оборудования дается на основании всех возможных испытаний в том числе и с отключением оборудования.

Таблица 1. Контроль изоляции оборудования без вывода из эксплуатации

Оборудование	Элементы	
	контролируемые	неконтролируемые
Автотрансформаторы и реакторы	главная изоляция (термическое и электрическое разрушение); масло (увлажнение, изменение физико-химических показателей); магнитопровод; переключатель (перегревы)	продольная изоляция; переключатель (механические повреждения)
Вводы и трансформаторы тока с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа	главная изоляция (значительное увлажнение, развивающийся пробой); масло (в негерметизированных конструкциях: увлажнение, изменение физико-химических показателей)	наружные слои изоляции
Трансформаторы напряжения	витковая изоляция и емкость делителей (для НДЕ); масло (в негерметизированных конструкциях)	главная изоляция
Разрядники	шунтирующие и рабочие элементы (увлажнение)	
Выключатели воздушные	токоведущие части (перегревы)	гасительные камеры, отделители, привод, опорная изоляция
Разъединители, сборные шины и соединения	токоведущие части (перегревы); изоляционные элементы многоэлементной опорной конструкции	конструктивные элементы разъединителей (механические повреждения)

Комплексная и в значительном объеме автоматизированная система контроля состояния оборудования высокого напряжения позволяет от плановопредупредительных проверок с выводом оборудования из работы перейти к непрерывному (частому) контролю с устранением выявленных неисправностей. Такая стратегия контроля будет, по-видимому, технически и экономически целесообразной для основных видов оборудования высших классов напряжения.

Выбор контролируемых параметров и методов их измерения зависит от особенностей конструкции объекта, а также от экономической или технической целесообразности, определяемой надежностью данного вида оборудования и основными причинами его отказов.

Так, основным методом контроля под напряжением объектов с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа следует считать метод, основанный на контроле комплексной проводимости или $\text{tg } \delta$ и емкости изоляции. При этом для вводов, имеющих достаточно высокие показатели надежности, непрерывный (или частый) контроль будет целесообразен лишь в случае, если разрушение вводов влечет за собой значительные потери (вводы трансформаторов). Частый контроль необходим также для трансформаторов тока ТФКН-330, повреждения которых связаны с тепловым пробоем изоляции [2].

Измерение частичных разрядов представляется целесообразным и при испытаниях шунтирующих реакторов, где применение балансной схемы обеспечивает выявление разрядов малой интенсивности, находящихся под уровнем помех. Чувствительность этого метода при контроле автотрансформаторов напряжением 330–750 кВ ограничивается высоким уровнем неустраняемых помех от короны, поэтому в данном случае измерение частичных разрядов – метод, обеспечивающий при частом (непрерывном) контроле выявление процессов интенсивного разрушения изоляции.

Для автотрансформаторов основные методы контроля – испытание изоляционного масла и анализ растворенных в нем газов [1]. Поддерживая на необходимом уровне показатели масла и его влагосодержание, можно существенно замедлить процессы общего старения изоляции. Наличие местных дефектов магнитопровода и изоляции, а также перегретых зон выявляется при анализе растворенных газов.

Таким образом, контроль под рабочим напряжением обеспечивает возможность получения данных об отклонении состояния оборудования от нормы. Оценку работоспособности оборудования следует проводить на основании всего комплекса данных, в том числе полученных и при испытаниях отключенного оборудования.

Литература

1. Степанчук, К.Ф. Контроль и диагностика изоляции машин и аппаратов: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 10.01 и 10.04. – Минск: БГПА, 1995. – 72 с.
2. Сви, П.М. Контроль состояния оборудования высокого напряжения без вывода его из работы // Электрические станции. – 1983. – № 5. – С. 49–51.

УДК 621.316.925

ЦИФРОВЫЕ ТЕРМИНАЛЫ ЗАЩИТ

Радюк В.В., Пашкович Н.П.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТИШЕЧКИН А.А.

На сегодняшний день энергетика является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей промышленности. Это обусловлено осваиванием новых энергоемких методов производства, возросшим энергопотреблением среди населения, урбанизацией, электрификацией транспорта и т. д.

Износ оборудования на энергетических объектах Республики Беларусь составляет более 70 %, что, безусловно, много для стратегической отрасли промышленности. Высокая степень износа основных фондов энергетики является причиной перебоев в энергоснабжении потребителей, что, в свою очередь, влечет миллиардные потери финансовых средств. На сегодняшний день проводится комплекс мероприятий по повышению надежности электроснабжения. В программу развития отрасли на ближайшие несколько лет входит, в частности, замена отработавших свой срок эксплуатации электрических аппаратов, реконструкция подстанций, линий, электростанций и т. д.

В рамках данной программы предполагается сотрудничество, как с местными производителями электротехнической продукции, так и с зарубежными, такими, как ALSTOM, ABB, SIEMENS, Механотроника, General Electric и т. д.

Для обеспечения надежного электроснабжения потребителей необходима надежная защита электроустановок.

В настоящее время во всем мире на смену громоздким и устаревшим электромеханическим средствам РЗА пришли цифровые терминалы защит. Организация защиты объекта с их помощью стала намного легче. Так, один терминал может включать в себя несколько основных защит шин, резервную защиту шин, защиту трансформатора и несколько основных и резервных защит присоединения вкуче с различными средствами противоаварийной автоматики. При этом, его габариты несоизмеримо меньше габаритов шкафов аналогичной электромеханической и даже микроэлектронной защиты.

Любой цифровой терминал включает в себя модуль ЧМИ (человеко-машинного интерфейса). Это удобное средство «общения» оператора и терминала, может быть выполнено либо на простых LED (Light-emission diode, светодиод), либо с помощью высококачественных полноцветных ЖКИ устройствах. Кроме того, такие терминалы об-