

С ростом температуры разложение происходит более полно, индивидуальные черты материала исчезают, а состав продуктов разложения становится более простым.

Состав газов, которые выделяются при воздействии электрической дуги на систему «масло – твёрдая изоляция», приведен в таблице 2.

Таблица 2. Состав продуктов разложения системы «масло – твёрдая изоляция» при воздействии электрической дуги (%)

	H ₂	C ₂ H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄ и галогены	CO	CO ₂	N ₂	O ₂
Картон в масле	41–53	14–21	1–10	1–11	13–24	1–2	2–3	4–7
Гетинакс в масле	41–54	4–11	2–9	0–3	24–35	0–2	1–3	2–6

В таблице приведены максимальные и минимальные значения для большого количества опытов при разных токах дуги. Состав газов получен при исследовании на моделях и не менялся в зависимости от тока и материала электродов.

При развитии частичных интенсивных зарядов газовыделение связано с присутствием газовой фазы. Воздействие на масло ионизированной среды приводит к газавыделению в зависимости от состава масла (процента ароматических соединений), напряжённости поля, температуры и газовой среды. При уверенном количестве ароматики, что справедливо для трансформаторного масла, газ, как правило, выделяется. При разложении только масло выделяется преимущественно водород и углеводороды. В присутствии целлюлозных материалов появляется также CO и CO₂.

В некоторых редких случаях газовыделение может быть не связано с наличием дефектов. При нормальной работе трансформатора в масле может содержаться количество CO. Присутствие воды может привести к газовыделению за счёт электролиза при этом отношение H₂ и O₂ должны быть в отношении 2 к 1. Взаимодействие слабых органических кислот с металлом так же может привести к газовыделению. Всё это надо иметь ввиду при диагностике повреждений.

Для оценки характера и размера повреждений важно установить скорость газообразования. Данные испытаний говорят о том, что если скорость газообразования возрастает, то это указывает на прогрессирующий дефект. Есть указания, что крупные трансформаторы можно оставлять в работе, если газовыделение не превышает 200 см³/час.

Литература

1. Определение состояния внутренней изоляции силовых трансформаторов путем анализа выделяющихся масла и растворенных в масле газов / НИР № 71050306. Руководитель к.т.н. Степанчук К.Ф. – Минск; НИС БПИ, 1971. – 108 с.

УДК 621.316.5

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГТУ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Барбук Е.А., Макаревич А.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент МАЗУРКЕВИЧ В.Н.

Газотурбинной установкой (ГТУ) называют тепловой двигатель, состоящий из трех основных элементов: воздушного компрессора, камеры сгорания и газовой турбины. Принцип действия ГТУ сводится к следующему. Из атмосферы воздух забирают

компрессором, после чего при повышенном давлении его подают в камеру сгорания, куда одновременно подводят жидкое топливо топливным насосом или газообразное топливо от газового компрессора. В камере сгорания воздух разделяется на два потока: один поток в количестве, необходимом для сгорания топлива, поступает внутрь жаровой трубы, второй – обтекает жаровую трубу снаружи и подмешивается к продуктам сгорания для понижения их температуры. Процесс сгорания в камере происходит при почти постоянном давлении.

В отличие от паротурбинной установки (ПТУ) полезная мощность ГТУ составляет только 30–50 % мощности турбины. Долю полезной мощности можно увеличить, повысив температуру газа перед турбиной или снизив температуру воздуха, засасываемого компрессором. В первом случае возрастает работа расширения газа в турбине, во втором – уменьшается работа, затрачиваемая на сжатие воздуха в компрессоре. Оба способа приводят к увеличению доли полезной мощности. Полезная мощность ГТУ зависит также от аэродинамических показателей проточных частей турбины и компрессора: чем меньше аэродинамические потери в турбине и компрессоре, тем большая доля мощности газовой турбины становится полезной.

Эффективность ГТУ в сравнении с другими тепловыми двигателями обнаруживается только при высокой температуре газа и высокой экономичности турбины и компрессора. Поэтому простой по принципу действия газотурбинный двигатель стали применять в промышленности позднее других тепловых двигателей, после того как был достигнут прогресс в технологии получения жаропрочных материалов и накоплены необходимые знания в области аэродинамики турбомашин.

В стационарной энергетике на тепловых электрических станциях применяются газотурбинные установки различного типа и назначения. ГТУ пикового назначения работают в периоды максимума потребления электрической энергии (обычно менее 2 000 ч в год). Резервные ГТУ обеспечивают собственные нужды ТЭС в период, когда основное оборудование не эксплуатируется.

Наивысшая экономичность при минимальной удельной стоимости среди всех тепловых двигателей достигнута в комбинированных парогазотурбинных установках (ПГУ). ПГУ представляет собой сочетание газотурбинных и паротурбинных установок: отходящие от ГТУ газы подаются в котел-утилизатор, где вырабатывается водяной пар, подаваемый в паровую турбину, которая дает дополнительную мощность, составляющую примерно половину мощности ГТУ. Подобные ПГУ получили название утилизационных ПГУ, или ПГУ-У. Лучшие из работающих ПГУ-У имеют КПД свыше 55 %, и существует тенденция дополнительного повышения их экономичности до 60 % и более.

По принципу действия газовая турбина аналогична паровой. Ступень газовой турбины состоит из неподвижного соплового аппарата и ряда рабочих лопаток, расположенных на вращающемся колесе. По особенностям течения среды различают несколько типов ступеней: осевые, радиальные и т. п. В газовых турбинах больших мощностей, в частности в энергетических турбинах, применяют только осевые ступени.

Пуск ГТУ. В отличие от паровой турбины, пуск которой производится паром от котла, для запуска в работу ГТУ необходимо пусковым устройством привести во вращение ротор турбокомпрессора, воздух от компрессора одновременно с топливом подать в камеру сгорания для ее зажигания и для выполнения дальнейших операций по пуску ГТУ.

Пуск простой одновальной ГТУ состоит из следующих операций:

1. Ротор раскручивается пусковым устройством (ПУ). В качестве ПУ могут быть использованы различные средства: электродвигатель, паровая или газовая (воздушная) турбина с соответствующими источниками пара или сжатого газа (воздуха), двигатель внутреннего сгорания.

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].