

ни для вычисления относительного значения фазового сдвига δ_{*n} , который преобразован по схеме Горнера и имеет вид

$$\delta_{*n} = y_n \left(y_n^2 (0,06045 y_n^2 - 0,01692) + 0,06523 + 0,31736 \right). \quad (9)$$

Приближенное вычисление функции $\arccos x_n$ обуславливает дополнительную погрешность определения δ_n . Однако, как показали исследования, эта погрешность не превышает $0,065^\circ$ и имеет наибольшее значение в области углов, близких к $\pm 180^\circ$.

ВЫВОД

Предложенный способ позволяет определять фазовые сдвиги сигналов с неодинаковыми частотами без погрешностей при их отклонении от номинальных значений и может использоваться в МСЗА электроустановок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2029962C1, МКИ 6 G01R 25/00. Способ определения разности фаз двух синусоидальных сигналов / Ф. А. Романюк, В. Ю. Румянцев, А. А. Тивоненко. — № 5023914/10; Заявл. 18.12.1991; Опубл. 27.02.1995 // Бюл. № 6.
2. Романюк Ф. А. Формирование ортогональных составляющих входных сигналов в микроконтроллерных защитах // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). — 1998. — № 3. — С. 17— 23.
3. Бронштейн М. И., Семендяев К. А. Справочник по математике. — М.: Наука, 1986. — 547 с.
4. Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на Фортране / Пер. с англ. — М.: Мир, 1977. — 584 с.

Представлена кафедрой
электрических станций

Поступила 2.02.2000

УДК 621.313.322

ЦИФРОВОЙ КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА И РЕГИСТРАЦИЯ НЕНОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ И ЕГО СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Канд. техн. наук СОПЬЯНИК В. Х.

Научно-исследовательское государственное предприятие «БелТЭИ»

В настоящее время тепловой контроль мощного генератора и его систем охлаждения выполнен на традиционных измерительных средствах (самопишущих и показывающих приборах, световых табло и т. п.) и установке централизованного контроля А701-03, предназначенной для сбора, обработки, контроля и регистрации технологической информации, характеризующей в основном тепловое состояние турбогенератора.

Указанная система территориально рассредоточена и работает относительно независимо друг от друга, что значительно усложняет процесс контроля, диагностирования состояния контролируемого оборудования и принятия решения.

Повышение температуры активной части генератора (обмотка и сталь статора, обмотка ротора) сверх предельно допустимых значений в эксплуатации (аварийные уставки) опасно тем, что может привести к его внутреннему повреждению. Если же во время эксплуатации генератора температура активной части превышает предупредительные уставки, то его нагрузку необходимо уменьшить, чтобы температура понизилась до допустимой. Если же с уменьшением нагрузки температура генератора не снижается до нормы, то его надо разгрузить и отключить от сети.

Повышение температуры активной части генератора может быть вызвано [1]:

- 1) увеличением тока статора;
- 2) возрастанием тока ротора;
- 3) повышением напряжения на выводах генератора;
- 4) несимметрией токов нагрузки;
- 5) понижением давления водорода;
- 6) снижением температуры холодного водорода;
- 7) повышением температуры горячего водорода;
- 8) уменьшением расхода водорода из-за неисправности компрессора;
- 9) понижением чистоты водорода;
- 10) повышением температуры холодного дистиллята.

Существующая система температурного контроля на базе системы централизованного контроля А701-03 позволяет контролировать только температурные параметры по п. 6, 7, 10. Остальные (нетемпературные параметры) контролируются по измерительным приборам.

Для повышения эффективности системы температурного контроля и эксплуатационной надежности турбогенераторов создан цифровой алгоритм автоматизированного контроля и диагностики теплового состояния турбогенераторов с водородным охлаждением и их вспомогательных систем. Он разработан применительно к турбогенераторам типа ТВВ-500-2УЗ при наличии информации, введенной в информационно-вычислительную систему (ИВС) турбогенератора от установки А701-03, и реализует основные положения типовой инструкции по эксплуатации генераторов на электростанциях [2].

Задача непрерывного теплового контроля и диагностики турбогенератора и его вспомогательных систем включает алгоритмы: контроля, выявления отклонившихся параметров от нормы с учетом заданных границ, отображения их на мониторе ПЭВМ, выдачи на монитор ПЭВМ сообщений и рекомендаций по устранению отклонившихся параметров от нормы, документирования их с указанием времени выхода параметра за норму и времени входа его в норму, расчета допустимых значений полной мощности и тока статора генератора в зависимости от температуры холодного водорода. При этом предусматривается температурный контроль следующих узлов и элементов турбогенератора:

- обмотки (меди) статора генератора;
- стали статора генератора;
- охлаждающей воды и дистиллята;
- охлаждающего водорода;

масла вкладышей уплотнений и подшипников;
щеточной траверсы;
обмотки (меди) статора возбуждателя;
стали статора возбуждателя;
воздуха в системе возбуждателя;
воды в системе охлаждения воздуха возбуждателя.

Источниками входной информации являются аналоговые датчики, установленные на контролируемом турбогенераторе и его системах охлаждения и измеряющие температуру:

меди статора генератора, 48 точек;

стали статора генератора, 8 точек;

горячего водорода на входе в газоохладители (ГО) № 1–4, 4 точки;

холодного водорода на выходе из ГО № 1–4, 8 точек;

вкладышей уплотнений и подшипников генератора и возбуждателя,
10 точек;

масла на уплотнения, 1 точка;

горячего воздуха камеры щеточной траверсы, 2 точки;

дистиллята на входе к обмотке статора генератора и на сливе из нее,
3 точки;

воды на входе в ГО, 2 точки;

воды на выходе из ГО № 1–4, 4 точки;

дистиллята на выходе из теплообменника ТОС, 1 точка;

стали возбуждателя, 6 точек;

меди возбуждателя, 6 точек;

холодного воздуха на выходе из воздухоохладителя (ВО) № 1–4,
4 точки;

горячего воздуха ВО № 1–4, 4 точки;

воды на выходе из ВО № 1–4, 4 точки;

дистиллята на выходе из ПТ, 2 точки.

Всего 117 точек и 6 точек контрольных.

Нормативно-справочная информация задачи контроля теплового состояния турбогенератора и его систем охлаждения включает значения: номинальные, предупредительных (сигнальных) уставок верхних и нижних границ (НПГ, ВПГ), аварийных уставок верхних и нижних границ (ВАГ, НАГ) контролируемых параметров, а также допустимые разности между максимальной и минимальной температурами меди статора генератора.

Для проведения функций контроля, отображения и расчета режимных параметров турбогенератора и его вспомогательных систем охлаждения производится определение в реальном масштабе времени расчетным путем значений следующих параметров:

максимального и минимального значений температуры обмотки (меди) статора генератора $T_{\text{меди } \Gamma}^{\text{max}}$, $T_{\text{меди } \Gamma}^{\text{min}}$;

разности между максимальным и минимальным значениями температур меди статора генератора $\Delta T_{\text{меди}} = T_{\text{меди } \Gamma}^{\text{max}} - T_{\text{меди } \Gamma}^{\text{min}}$;

допустимого времени работы генератора при температуре меди статора генератора выше допустимой;

максимальной температуры стали статора генератора $T_{\text{ст } \Gamma}^{\text{max}}$;

максимальной и минимальной температур холодного водорода на выходе из газоохладителей № 1–4 $T_{\text{H}_2 \text{ ГО } \text{N}}^{\text{x max}}$, $T_{\text{H}_2 \text{ ГО } \text{N}}^{\text{x min}}$;

максимальной температуры горячего водорода на входе в газоохладители № 1–4 $T_{\text{H}_2 \text{ ГО } \text{N}}^{\Gamma \text{ max}}$;

допустимого времени работы генератора при температуре холодного водорода выше допустимой;

допустимой расчетной величины мощности и тока генератора при температуре холодного водорода выше допустимой;

максимальной и минимальной температур холодного и горячего воздуха в воздухоохладителях № 1–4 $T_{\text{ВО N}}^{\text{x max}}$, $T_{\text{ВО N}}^{\text{x min}}$, $T_{\text{ВО N}}^{\text{r max}}$, $T_{\text{ВО N}}^{\text{r min}}$;

допустимого времени работы возбудителя при температуре холодного воздуха выше допустимой.

Текущее тепловое состояние генератора и его вспомогательных систем отображается на цветном графическом дисплее в виде многослойных мнемосхем. По результатам регистрируемой информации формируется сводная ведомость значений параметров, характеризующая тепловое состояние генератора и его охлаждающих систем.

Программная реализация алгоритма теплового контроля турбогенератора с водородным охлаждением реализована А. А. Жамойдиным, Д. Г. Левиным, и С. В. Дубовским в ИВС генератора и внедрена на восьми турбогенераторах 500 МВт. Программно-технические комплексы турбогенераторов подключены к локальной вычислительной сети АСУ ТП электростанции.

В настоящее время функции алгоритма цифрового контроля теплового состояния турбогенераторов с водородным охлаждением и его систем охлаждения прорабатываются применительно к модернизируемым энергоблокам с учетом требований типовой инструкции по эксплуатации.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К о г а н Ф. Л. Аномальные режимы мощных турбогенераторов. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 192 с.

2. Т и п о в а я инструкция по эксплуатации генератора на электростанциях. РД 34.45.501-88. — СПО «Союзтехэнерго», 1989. — 119 с.

Поступила 11.11.1999

УДК 621.316.925

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА С РАСЩЕПЛЕННЫМИ ОБМОТКАМИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Канд. техн. наук, доц. НОВАШ И. В.

Белорусская государственная политехническая академия

Рассматриваемая в статье математическая модель ориентирована на расчеты переходных процессов при включении трансформатора, скачкообразных изменениях вторичных нагрузок, питающих напряжений, коротких замыканиях, их отключении и т. п. Рассматривается трехфазный трехстержневой двухобмоточный трансформатор с расщепленной обмоткой низшего напряжения и группой соединений $Y_0/\Delta/\Delta-11-11$.