

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ ТОКОПРОВОДОВ

Ильковский И.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Булат В.А.

При расчете нагрузочной способности мощных генераторных токопроводов одной из важнейших проблем является исследование его теплового режима.

Существующие методы теплового расчета пофазно-экранированных токопроводов базируются на общей теории теплопередачи, на основании которой из уравнений теплового баланса определяется тепловой режим токопроводов.

В реальных условиях в месте расположения электрооборудования действует большое число различного рода излучений, учёт которых возможен при помощи методов теории вероятностей и математической статистики. Обеспечение нормальной работы совместно работающих технических средств является целью ЭМС как научной проблемы. Предметом же изучения можно считать выявление закономерностей мешающего взаимодействия совместно работающих технических средств, на базе которых формируются рекомендации для достижения цели.

В данной работе рассмотрены особенности конструкции пофазно-экранированных токопроводов мощных генераторов и режимы их работы.

Экранированные генераторные токопроводы предназначены для электрического соединения генераторов мощностью 100 МВт (иногда 60 МВт) и выше с блочными трансформаторами и трансформаторами собственных нужд, а также нулевых выводов генератора. Пофазно-экранированные токопроводы обладают большей надежностью, чем токопроводы с общим экраном, тем более открытые. Поэтому токопроводы генераторов АЭС, КЭС, а также мощных ГЭС и ТЭЦ выполняют только пофазно-экранированными.

В токопроводах этого типа в качестве проводников используют исключительно алюминиевые трубы кольцевого сечения. Диаметр трубы и толщину стенки определяют из теплового расчета, руководствуясь установленными максимальными температурами для проводников и кожухов. Кожухи токопровода изготавливают из листового алюминия толщиной 4–6 мм в виде секций длиной 10–12 м.

Диаметр кожухов определяется диаметром проводников и двойной высотой изоляторов. Последние вводят в кожухи снаружи через отверстия в стенках и укрепляют болтами. В случае необходимости любой изолятор можно вынуть и заменить другим. Расстояние между изоляторами по длине токопровода составляет 4–5 м, т. е. значительно больше обычных расстояний в неэкранированных токопроводах сборного типа. Проводники плотно прилегают к головкам изоляторов.

Изготовленные таким образом секции собирают в трехфазную систему на месте установки и связывают поперечными двутавровыми балками. Продольная несущая конструкция для токопроводов с непрерывной системой кожухов не требуется, поскольку кожухи обладают значительной жесткостью и могут быть установлены на опорах с пролетом до 15–20 м. Как проводники, так и кожухи отдельных секций соединяют сваркой. Чтобы обеспечить свободную деформацию проводников и кожухов при изменении температуры, предусматривают тепловые компенсаторы. Во избежание проникновения в кожухи пыли и влаги их надежно герметизируют.

Большая часть токопроводов с номинальным током вплоть до 15–20 кА работает с естественным воздушным охлаждением. Имеются токопроводы, выполненные с проточной вентиляцией и водяными охладителями. При этом размеры проводников и кожухов могут быть уменьшены. Целесообразность такой конструкции должна быть проверена соответствующим технико-экономическим расчетом с учетом местных условий.

Протекание рабочих токов в несколько десятков килоампер по шинам комплектных экранированных токопроводов вызывает значительный нагрев как токоведущих, так и других элементов их конструкции. Нагрузочная способность токопроводов определяется их рабочими температурами.

Снижают рабочие температуры токопроводов двумя путями: применением принудительного охлаждения (вентиляцией) или ограничением величины токов в экранах путем включения в их цепь насыщающихся токоограничивающих реакторов.

При обосновании применения системы на стадии проектирования необходимо производить расчет величины рабочих температур элементов токопровода.

Существующие методики расчета теплового режима экранированных токопроводов приближенно учитывают величину потерь мощности в экранах, которая в значительной степени обуславливает температурный режим токопровода. Это не позволяет использовать их для расчета рабочих температур токопроводов с электрически непрерывными экранами, выполненных с различной степенью ограничения токов. Необходимо также отметить, что все существующие методы весьма трудоёмки. В связи с этим возникает необходимость разработки такого метода, который наиболее полно отвечал бы физическим процессам, происходящим при нагреве элементов конструкции комплектных токопроводов, и элементы которого легко можно было бы реализовать на ЭВМ.

Методика расчета температур элементов конструкции комплектных токопроводов основана на численных методах исследования с использованием ЭВМ. Она заключается в том, что для комплектного токопровода определяются все основные электромагнитные параметры поля, по которым находятся потери мощности в экранах. На основании теории теплопередачи составляются уравнения теплового баланса, из решения которых находится температура конструктивных элементов токопровода. Предлагаемая методика пригодна для исследования теплового режима комплектных пофазно-экранированных токопроводов с различными схемами соединения экранов.

При прохождении тока по шинам и экранам выделяется теплота, которая отводится излучением (от нагретых к холодным телам) и естественной конвекцией (т. е. естественной циркуляцией воздуха). При увеличении передаваемой токопроводом мощности необходимо либо существенно увеличивать размеры шин и экранов, либо повышать интенсивность охлаждения, например, принудительной циркуляцией воздуха в экранах.

Принудительное охлаждение целесообразно использовать в генераторных токопроводах, передающих мощность не менее 500–800 МВт. Так, в токопроводах 500 МВт применяют принудительное воздушное охлаждение выводов генераторов, а в токопроводах 800 МВт и выше, кроме того, принудительное охлаждение внутренних полостей шин и экранов основных магистралей. Отпайки токопроводов к трансформаторам собственных нужд имеют естественное охлаждение.

Применение комплексной математической модели и методов расчета теплового режима и параметров электромагнитного поля в стационарном и переходном режимах позволило создать простой алгоритм и разработать комплексную программу для исследования оптимальных основных конструктивных и режимных параметров пофазно-экранированных токопроводов.

В токопроводы могут быть встроены разъединители, заземлители, измерительные трансформаторы тока и напряжения. Токопроводы для блочных агрегатов генератор-трансформатор изготавливают с ответвлениями для присоединения трансформаторов собственных нужд.

Кожухи образуют замкнутую трехфазную систему. В рабочем режиме в них индуктируются токи, приблизительно равные токам в проводниках, но направленные противоположно. Они проходят вдоль кожухов, распределяясь равномерно по периметру, и переходят из одного кожуха в два других по концам токопровода. Геометрическая сумма их равна нулю. Эти токи в дальнейшем называются циркулирующим и в отличие, от вихревых

токов, замыкающихся в пределах кожуха каждой фазы. Циркулирующие токи уменьшают внешнее магнитное поле токопровода.

Литература

1. Семчинов, А.М. Токопроводы промышленных предприятий / А.М. Семчинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 208 с.
2. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания: ГОСТ 30323-95. – Введ. 01.03.1999. – Минск, 1999. – 57 с.
3. Булат, В.А. Исследование и оптимизация режимов работы и конструктивных параметров комплектных пофазно-экранированных токопроводов мощных генераторов: дис. ... к-та техн. наук: 05.14.02 / В.А. Булат. – Минск, 1982. – 180 с.