

УДК 621.3

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В ТРЕХФАЗНЫХ КОМПЛЕКТНЫХ ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ ТОКОПРОВОДАХ

Матяс Т.В.

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

Комплектным токопроводом принято называть токопровод с жесткими неизолированными проводниками и металлическим кожухом, изготовленный специализированным заводом по техническим условиям, согласованным с заказчиком, и поставляемый к месту установки частями, размеры и масса которых удобны для транспорта.

Токопроводы генераторного типа представляют собой особый тип проводников, которые способны передавать переменный ток с высокими номинальными значениями и могут также выдерживать значительные токи короткого замыкания, обычно имеющие место при КЗ на выводах генераторов. Эти проводники предназначены для достижения максимальной эксплуатационной безопасности и надежности.

Каждый фазный проводник расположен в центре отдельного заземленного экрана (оболочки), выполненного из проводящего и немагнитного материала (алюминия). Он удерживается в концентрическом положении посредством опорных изоляторов. Между экранами крайних фаз и центральной фазы выполнены воздушные зазоры, таким образом, чтобы фазные проводники и экраны были отделены друг от друга. В случае пробоя изоляции одной фазы ионизированный дугой тока однофазного замыкания на землю воздух не может ухудшить изолирующую способность других фаз и, таким образом, замкнуть их накоротко. Короткозамкнутые экраны оказывают значительное экранирующее действие на магнитные поля разных фаз, уменьшая, таким образом, электродинамические силы, действующие на проводники, и, следовательно, на изоляторы во время коротких замыканий. Генераторные токопроводы с электрически короткозамкнутыми экранами представляют собой стандартное техническое решение для выдачи мощности крупных генераторов, так как они имеют целый ряд преимуществ, таких как:

- междуфазное короткое замыкание становится невозможным;
- достигается способность выдерживать значительные токи внешних коротких замыканий при использовании относительно малого количества изоляторов;
- короткозамкнутые экраны, компенсируют внешние магнитные поля так, что их остаточные значения становятся незначительными;
- устраняются джоулевые потери и гистерезисные потери в близко расположенных стальных конструкциях, и проблемы электромагнитной совместимости;
- изоляторы, служащие опорами для проводников, защищены от пыли и влаги.

Экранирование проводников внутри кожухов полностью гарантирует безопасность обслуживающего персонала.

Техобслуживание минимизируется. Самые длинные из возможных секций, так называемые «транспортные блоки», свариваются на месте. Генераторные токопроводы соединяются между собой с помощью проводящих связей на обоих концах. В результате этого соединенные кожухи образуют экранирующий контур с индуцированным током, идущим вдоль них по всему поперечному сечению. Этот ток почти равен току, идущему по фазовым проводникам, но его направление противоположное. Поэтому магнитное поле снаружи кожухов компенсируется так, чтобы оно снизилось до низкого остаточного значения за счет взаимного устранения концентрических полей, относящихся к токам в проводнике и кожухе соответственно.

Пофазно-экранированные токопроводы обладают большей надежностью, чем токопроводы с общим экраном, тем более открытые. Поэтому токопроводы генераторов АЭС, КЭС, а также мощных ГЭС и ТЭС выполняют только пофазно-экранированными.

При больших мощностях энергоблоков важнейшей проблемой является обеспечение их надежной, безаварийной работы. Первостепенную задачу представляет передача номинальных токов в десятки килоампер, сопровождающаяся сильными магнитными полями, вызывающими существенный нагрев окружающих металлобетонных и железобетонных конструкций. С ростом единичных мощностей блоков и энергосистем серьезной проблемой становится резкое увеличение ударных токов коротких замыканий и, следовательно, электродинамических усилий в конструкциях передающих устройств.

Элементы связи между генератором и блочным трансформатором или РУ (распределительным устройством) представляют головной участок главной схемы электрических соединений (схемы коммутации) электрической станции, поэтому являются наиболее ответственной конструкцией, от которой зависит надежность работы станции, а также всей энергосистемы в целом.

Эти участки главной схемы выполняются по-разному в зависимости от мощности генераторов (кабельные соединения, подвесные гибкие токопроводы, открытые жесткие токопроводы, а также закрытые или комплектные пофазно-экранированные токопроводы, которые получили наибольшее распространение на крупных электростанциях). Мощные блоки 200, 300, 500, 800 и более МВт имеют большое значение для всей энергосистемы в целом. В связи с этим стремятся обеспечить максимальную надежность работы таких агрегатов, достигаемую при всех прочих условиях также надежной работой токопроводов связи, прокладываемых от генераторов до повышающих трансформаторов или РУ. Применение для этой цели открытых токопроводов не может удовлетворить высокие требования надежности работы, которые предъявляются к токопроводам. Полностью удовлетворить эти требования могут только комплектные пофазно-экранированные токопроводы, в которых шины каждой фазы заключаются в отдельный алюминиевый кожух (экран).

Задачи проектирования экранированных токопроводов требуют оценки электродинамических усилий, возникающих в элементах их конструкции.

Следует подчеркнуть необходимость разработки методов расчета сил в виде простых алгоритмов и программ, учитывающих распределение электромагнитного поля в конструкциях токопровода.

Наибольшее распространение при расчетах ЭДУ в пофазно-экранированных токопроводах получил метод, основанный на законе Био-Савара-Лапласа. Метод расчета усилий по изменению электромагнитной энергии не нашел широкого применения из-за сложности определения взаимоиндуктивностей шин и экранов при различных схемах соединения.

### Литература

1. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
2. Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций / А.А. Васильев, И.П. Крючков. – М. : Энергия, 1980. – 608 с.
3. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания: ГОСТ 30323-95. – Введ. 01.03.1999. – Минск, 1999. – 57 с.
4. Современные токопроводы : учеб. пособие для СПТУ. – М. : Высшая школа, 1988. – 80 с.