

УДК 621.3

## АНАЛИЗ БЕСЩЕТОЧНЫХ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ И СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ

Францевич Р.Г., Карпович В.П., Гавриелок Ю.В.

Система возбуждения предназначена для питания обмотки возбуждения синхронной машины постоянным током и соответствующего регулирования тока возбуждения.

Системы возбуждения относятся к числу наиболее ответственных элементов генератора. Несмотря на то, что относительная мощность возбудителей невелика и составляет всего 0,4 – 0,6 % мощности генераторов, их характеристики существенно влияют как на устойчивость работы генераторов, так и на устойчивость двигательной нагрузки собственных нужд электростанции. Последнее очень существенно для обеспечения устойчивости технологического режима мощных блочных станций.

Развитие электроэнергетики сопровождается ростом единичных мощностей турбогенераторов, а соответственно, и мощностей их возбудительных систем. В результате этого тока возбуждения получаются очень большими, и проблема обеспечения надежной работы щеточно-контактного аппарата становится все более сложной. Радикальным способом решения этой проблемы является применение бесщеточных возбудителей.

Целью данной работы является анализ бесщеточных, в том числе бесщеточных фототиристорных систем возбуждения, а также изучение способов передачи импульсов управления тиристорами на вращающиеся элементы.

Источником энергии для питания обмотки возбуждения генератора является вспомогательный синхронный генератор обращенного исполнения, у которого якорная обмотка вращается, а индукторная неподвижна. Возбуждение вспомогательного генератора осуществляется от возбудителя.

Ток от вращающейся обмотки переменного тока вспомогательного генератора подводится через проводники, закрепленные на валу, к вращающемуся полупроводниковому выпрямителю, обычно кремниевому. Выпрямленный ток подводится непосредственно к обмотке возбуждения основного генератора.

Регулирование тока возбуждения в обмотке ротора производится изменением тока в обмотке возбуждения вспомогательного генератора.

Системы бесщеточные диодные предназначены для питания обмоток возбуждения турбогенераторов выпрямленным регулируемым током. Бесщеточный возбудитель представляет собой синхронный генератор обращенного типа, якорь которого с обмоткой переменного тока и диодным выпрямителем жестко соединен с ротором турбогенератора. Обмотка возбуждения возбудителя расположена на статоре возбудителя.

В синхронных компенсаторах мощностью 50–160 МВ·А возбуждение бесщеточное, с применением реверсивной системы, с двумя обмотками на роторе. Основная обмотка служит для положительного возбуждения, а дополнительная обмотка создает встречный поток. Магнитодвижущая сила дополнительной обмотки составляет около 15 % магнитодвижущей силы основной обмотки. К основной обмотке ротора подключен диодный бесщеточный возбудитель положительного возбуждения, к дополнительной обмотке – возбудитель отрицательного возбуждения меньшей мощности. Возбудители выполнены герметично закрытыми. Они установлены с обеих сторон компенсатора. Якоря обращенных генераторов и блоки выпрямителей расположены на валу компенсатора.

Вращающийся выпрямитель выполняется в виде двух вентильных цепей. Платы, на которых крепятся вентили, имеют сварную конструкцию и омедненные контактные поверхности в местах крепления диодов.

Возбуждение компенсатора регулируется при помощи АРВ. В шкафах АРВ размещены тиристорный преобразователь, электронная система управления, устройства защиты и магнитные усилители. Напряжение возбуждения возбудителя регулируется изменением фазы

импульсов, отпирающих тиристоры, относительно анодного напряжения. Фаза управляющих импульсов может изменяться автоматически и вручную. Основным режим регулирования автоматический. В случае неисправности АРВ переходят на ручное управление.

Устройство управления фототиристорами вращающегося выпрямителя содержит связанные с валом фотоприемники и связанные со статором излучающие сигнальные элементы, выполненные в виде излучателей. Число приемных окон световодов равно числу плеч выпрямителя. Число излучателей равно числу пар полюсов  $P$  возбудителя и расположены они с возможностью оптического контакта с приемными окнами световодов через воздушный зазор.

Устройство синхронизации выполнено в виде датчика, число связанных со статором чувствительных элементов которого равно числу излучателей, а число связанных с валом сигнальных элементов равно числу фотоприемников. Сигнальные элементы расположены равномерно. Излучатели и чувствительные элементы размещены в обоймах, укрепленных с возможностью поворота в пределах двойного полюсного деления возбудителя.

Действие устройства синхронизации заключается в том, что при вращении вала в чувствительных элементах при поочередном прохождении мимо них сигнальных элементов за каждый оборот вырабатываются серии импульсов синхронизации с последующей паузой, причем количество импульсов в серии равно числу сигнальных элементов, которое соответствует числу плеч вращающегося фототиристорного выпрямителя. Порядок следования импульсов в серии повторяет порядок прохождения сигнальных элементов мимо чувствительных, а интервалы между импульсами синхронизации соседних чувствительных элементов соответствуют принимаемым условиям, в зависимости от частоты тока и циклической частоты вращения вала.

Устройство бесконтактного контроля бесщеточного возбудителя содержит электронную аппаратуру, регистрирующую по отсутствию тока в шинах вышедшие из строя вентили, расположенную вне возбудителя, и электромагнитные датчики тока, расположенные на неподвижной части возбудителя вблизи шин переменного тока. Электромагнитные датчики тока помещены в открытые пазы шихтованного сердечника на валу возбудителя и соединяют фазные ветви обмотки якоря с мостовым выпрямителем, в плечах которого последовательно анодным и катодным вентилям включены предохранители.

Также известно устройство бесконтактного контроля бесщеточного возбудителя с мостовым выключателем, а не с мостовым выпрямителем.

В этом устройстве бесконтактного контроля количество импульсов ЭДС, наведенных в электромагнитных датчиках тока, соответствует числу и взаиморасположению шин переменного тока только при токах, составляющих 5 – 8 % номинального значения тока возбудителя.

Повышение эксплуатационной надежности достигается тем, что шины переменного тока выполнены с прямоугольным поперечным сечением и обращены своей узкой гранью в сторону рабочей поверхности электромагнитных датчиков тока.

При вращении якоря возбудителя формирование импульса наведенной ЭДС в обмотке электромагнитного датчика тока происходит в узкой угловой зоне, соответствующей высокой концентрации магнитного поля около узкой грани шины переменного тока.

Устройство бесконтактного контроля применяется, как правило, в бесщеточных системах возбуждения мощных турбогенераторов, поэтому обеспечение высокой надежности его срабатывания позволяет предотвратить отключение средствами защиты всего энергетического блока по причине ложных срабатываний устройства и тем самым исключить большие потери в выработке электроэнергии из-за простоя оборудования и избежать большого экономического ущерба.

Применение бесщеточных возбудителей обусловлено благодаря их главному достоинству – отсутствию скользящего контакта в цепи обмотки ротора турбогенератора. Системы бесщеточного возбуждения интенсивно совершенствуются и являются перспективными, особенно для турбогенераторов большой мощности – 300–1200 МВт.