

УДК 621.3

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ И СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ**

Дроздов А.А., Карпович В.П., Гавриелок Ю.В.  
Научный руководитель – д.т.н., профессор Сергей И.И.

Асинхронизированные машины – новый класс электрических машин, обладающих рядом преимуществ по сравнению с традиционными синхронными машинами, благодаря чему обеспечивается более надежная, устойчивая и экономичная работа электроэнергетической системы в целом.

Основной отличительной особенностью асинхронизированных машин от обычных синхронных машин является наличие двух–трёх обмоток возбуждения.

Для нормализации уровней напряжения из-за перетоков реактивной мощности между сетями различных классов напряжений персонал электростанций, работающих на шины 110–500 кВ, вынужден переводить турбогенераторы в режимы потребления реактивной энергии. Это позволяет несколько снизить уровни напряжения, но со временем приводит к ускоренному износу этих турбогенераторов, а в ряде случаев и к аварийным отключениям из-за разрушения торцевых зон статоров, т. к. синхронные турбогенераторы не рассчитаны на эти режимы. В некоторой степени проблема регулирования перетоков реактивной мощности может быть решена за счет применения асинхронизированных турбогенераторов.

Классический асинхронизированный турбогенератор имеет на роторе, в отличие от синхронных, две одинаковые обмотки возбуждения, расположенные под углом  $90^\circ$  относительно друг друга. Каждая из обмоток возбуждения подключена к управляемым реверсивным тиристорным возбудителям. Последние питаются от согласующего трансформатора (схема самовозбуждения) или от вращающегося возбудительного генератора. В цепи каждой обмотки имеются устройства защиты от перенапряжений, устройства замыкания обмоток ротора накоротко или на дополнительные симметрирующие сопротивления, автоматы гашения поля. Управление возбуждением осуществляется с помощью автоматического регулирования возбуждения, получающего информационные сигналы от датчиков: углового положения ротора, токов и напряжений.

Система управления асинхронизированными турбогенераторами реализует принципиальное свойство асинхронизированных машин – независимость регулирования электромагнитного момента и напряжения. Регулирование напряжения может осуществляться эффективно во всех режимах генератора по активной нагрузке и реактивной мощности и не влияет на общую устойчивость генератора.

Структура двух обмоток возбуждений с несовпадающими осями и наличие реверсивных возбудителей у каждой обмотки дает возможность в переходных режимах оптимально ориентировать магнитодвижущую силу генератора с целью создания максимального тормозящего электромагнитного момента.

Результаты исследований асинхронизированных турбогенераторов показали, что уровень их динамических ограничений мало зависит от режима по РМ и выше, чем у синхронных аналогов, которые в режимах потребления РМ требуют глубокого снижения нагрузки. При механических возмущениях наличие в группе АСТГ оказывает положительное влияние на динамические процессы параллельно работающих синхронных турбогенераторов, а в случае работы в группе только асинхронизированных турбогенераторов самораскачивание отсутствует, переходные процессы затухают очень быстро.

Уровень динамических ограничений асинхронизированных турбогенераторов мало зависит от режима по реактивной мощности и выше, чем у синхронных аналогов, которые в режимах потребления реактивной мощности требуют глубокого снижения нагрузки.

Применение асинхронизированных турбогенераторов позволяет повысить КПД электростанции. Асинхронизированный турбогенератор имеет наибольший КПД в режиме потребления реактивной мощности, в то время как максимальный КПД синхронного генератора соответствует выдаче реактивной мощности.

Синхронный компенсатор представляет собой ненагруженный синхронный электродвигатель с широким диапазоном регулирования тока возбуждения. По сравнению с обычным синхронным двигателем СК изготавливаются с облегченным валом, они имеют меньшие размеры и массу.

Если ток возбуждения уменьшать (режим недовозбуждения), то в токе, потребляемом синхронным компенсатором от сборных шин подстанции, появится и будет увеличиваться индуктивная составляющая, что соответствует потреблению из сети реактивной мощности, при этом возрастают потери в сети. В режиме перевозбуждения ток возбуждения превышает ток холостого хода, синхронный компенсатор потребляет из сети опережающий ток, что соответствует выдаче реактивной мощности.

Передача реактивной мощности потребителям от генераторов электростанций сопряжена с потерями энергии в линиях электропередачи, трансформаторах и распределительных сетях. Поэтому считается выгодным снижение реактивной мощности, получаемой от электростанций, и выработка ее вблизи потребителей. Это позволяет уменьшить потери энергии и напряжения в сетях, увеличить пропускную способность линий электропередачи и одновременно повысить уровни напряжений на шинах приемных подстанций. Таким образом, синхронные компенсаторы являются экономичным регулируемым источником реактивной мощности в электрических системах.

По отношению к сети синхронный компенсатор ведет себя в зависимости от значения тока возбуждения как индуктивность или емкость, выполняя соответственно роль потребителя или источника реактивной мощности.

В настоящее время внедрена тиристорная система возбуждения. Широкое применение нашла система бесщеточного возбуждения. В нормальных условиях работы регулирование возбуждения СК производится автоматически, однако возможно и ручное регулирование. При пуске синхронного компенсатора напряжение на трансформатор, преобразователь и систему управления тиристорами подается одновременно с включением пускового выключателя. Управляющие импульсы на тиристоры подаются после включения рабочего выключателя. В момент включения рабочего выключателя ток возбуждения равен нулю. Автоматическое регулирование возбуждения включается лишь после автоматической подстройки его уставки к напряжению на шинах синхронного компенсатора, т.е. через несколько секунд после включения рабочего выключателя. Установленный режим работы синхронного компенсатора может самопроизвольно изменяться в результате изменения по тем или иным причинам внешнего напряжения, а также при коротких замыканиях в сети. В последнем случае необходима автоматическая форсировка возбуждения, чтобы поддержать устойчивость параллельной работы электростанций и уменьшить колебания напряжения у потребителей. В нормальных условиях работы регулирование возбуждения синхронного компенсатора производится автоматически, однако возможно и ручное регулирование. Система бесщеточного возбуждения снабжена защитой от внутренних коротких замыканий в цепях ротора и защитой тиристорного преобразователя от сверхтока. При неисправности в системе возбуждения сигналы передаются на щит управления.

Нормальная работа синхронного компенсатора возможна при отводе тепла охлаждающей средой – воздухом или водородом. Применяемая в синхронных компенсаторах система охлаждения называется косвенной (или поверхностной), потому что тепло передается охлаждающему газу внешней поверхностью активных частей машины.

На случай внезапного повреждения водородной системы и загорания струи водорода около синхронного компенсатора должен всегда находиться баллон с диоксидом углерода и шланги, позволяющие ликвидировать загорание на любом участке водородной системы.