Квалификационные испытания КОММУТАЦИОННОЙ аппаратуры для системы питания сверхпроводящих обмоток ИТЭР

Манзук М.В., Рошаль А.Г., Аванесов С.Д., Бестужев К.О., Волков С.М.,  
Семёнова М.И., Григоренко Н.В., Алексеев Д.И.

Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова, г. Санкт-Петербург, Россия

В международном экспериментальном термоядерном реакторе ИТЭР требуется прерывание больших постоянных токов как для создания плазменного разряда в начале каждого рабочего цикла, так и для защиты сверхпроводящих обмоток в случае появления нормальной фазы. Для обеспечения этих функций в АО «НИИЭФА» разработаны два комплексных коммутационных устройства. Высокое напряжение, необходимое для пробоя газа и инициирования плазмы, будет обеспечиваться с помощью системы оперативной коммутации тока, а защиту сверхпроводящих обмоток путём перевода тока в энергопоглощающий резистор обеспечит система быстрого вывода энергии [1].

В данном докладе описаны результаты квалификационных испытаний, выполненных на прототипах силовых аппаратов, изготовленных после завершения этапа предварительного проектирования и предназначенных для использования в системах оперативной коммутации и быстрого вывода энергии. Программа испытаний, разработанная согласно стандартам IEC 62271-1 и IEC 62271-100, была реализована в течение трех лет (в 2013 – 2015 годах) и включала в себя ряд электрических, гидравлических и функциональных испытаний. Для аппаратов системы оперативной коммутации были проведены ресурсные испытания, включающие в себя механические испытания и коммутационные испытания при номинальных токах. Для размыкателя защитного, вместо ресурсных испытаний проводились испытания на надежность.

Успешные результаты квалификационных испытаний подтвердили пригодность конструкции аппаратов и соответствие требованиям технической спецификации заказчика, что позволило начать производство мелкосерийной партии для поставки в ИТЭР.

Разработанные в НИИЭФА для проекта ИТЭР аппараты можно разделить на две группы. Первая группа включает в себя три типа многоразовых устройств: размыкатели, замыкатели и разъединители, имеющие общее конструктивное исполнение и схожие характеристики. Эти аппараты предназначены для системы оперативной коммутации. Вторая группа включает в себя приводимые в действие энергией детонации взрывчатого вещества размыкатель и замыкатель повышенной надежности, которые будут использоваться в качестве резервных защитных устройств. Все эти аппараты характеризуются чрезвычайно быстрым, для механических устройств, временем работы. Аппараты системы оперативной коммутации срабатывают за 2 – 4 мс, а резервные аппараты системы быстрого вывода энергии менее чем за 1 мс.

Принципиальная схема и последовательность операций при работе системы оперативной коммутации описаны в [2]. Общее описание системы быстрого вывода энергии, включая электрические схемы и последовательность операций при срабатывании, приведены в [3].

Литература

1. Б. Барейт и др., “Системы коммутации тока и вывода энергии”, 19-й Симпозиум по термоядернм технологиям, Лиссабон, Португалия, 16-20 сентября 1996, стр. 1059-1062.
2. Ф. Милани, “Применение мощных коммутаторов тока в термоядерном синтезе”, Наука и технологии термоядерного синтеза, выпуск 61, Январь 2012, стр. 83-88.
3. И. Сонг, и др., “Система быстрого вывода энергии сверхпроводящих обмоток ИТЭР”, Международная конференция электрических машин и систем 2011, стр. 1-6.