разработка системы управления устройствами оперативной коммутации тока в сверхпроводящих обмотках токамака итэр

А.Б. Леонтьева

ОАО «НИИЭФА», г. Санкт-Петербург, Россия, [leontyeva@sintez.niiefa.spb.su](mailto:leontyeva@sintez.niiefa.spb.su)

Устройства оперативной коммутации тока используются в системе электропитания токамака ИТЭР для создания напряжения, необходимого для формирования плазмы в начале каждого цикла работы реактора. Для этого постоянный ток сверхпроводящих обмоток магнитной системы переводится в энергопоглощающие резисторы. В процессе инициации плазмы участвуют 8 устройств, построенных по многоступенчатой схеме и состоящих из следующих ключевых блоков:

* быстродействующий механический коммутатор, состоящий из размыкателя, контактная система которого шунтирована тиристорами, и разъединителя, необходимого для обеспечения электрической прочности;
* высоковольтный импульсный коммутатор, обеспечивающий запирание шунтирующих тиристоров и способный проводить ток в течение времени, необходимого для восстановления электрической прочности разъединителя;
* замыкатель, включающий в цепь обмотки дополнительную секцию резистора с целью управления процессом формирования плазмы;
* замыкающее устройство, шунтирующее резистор после формирования плазмы и обеспечивающее протекание тока обмотки во время ее горения.

Идеологически система управления и диагностики ИТЭР разделена на центральный уровень управления, включающий в себя человеко-машинный интерфейс, и уровень функциональных систем токамака. При этом в архитектуре системы управления выделены следующие подсистемы: управление, сбор данных и коммуникация; защита оборудования; защита персонала и окружающей среды.

Для управления коммутационным оборудованием в соответствии со сценарием формирования плазмы разработана система управления, архитектурно разделенная на несколько уровней: верхний, уровень устройств оперативной коммутации тока и локальный уровень. Все устройства, входящие в состав системы, объединены в сеть по топологии "дерево" и интегрируются в общую систему управления токамаком.

Стойка верхнего уровня синхронизирует работу всех восьми устройств оперативной коммутации, генерирует команды согласно состоянию системы управления реактором и таймингу сценария, обрабатывает диагностические данные с нижних уровней управления, формирует информационные пакеты для системы управления ИТЭР и выполняет защитные действия по ее команде.

Стойки устройств оперативной коммутации выполняют команды верхнего уровня, координируют работу ключевых блоков (размыкателей и замыкателей), производят обработку и трансляцию диагностических данных в стойку верхнего уровня, а также выполняют защитные действия в рамках отдельного устройства коммутации тока по данным самодиагностики или по команде, поступившей сверху.

Локальные стойки выдают команды управления непосредственно на коммутирующие устройства, а также обрабатывают и транслируют диагностическую информацию, полученную от блоков сбора данных, установленных непосредственно рядом с коммутаторами.

В стойках управления использованы программируемые логические контроллеры для обработки процессов с длительностью свыше 10 мс и контроллеры на основе ПЛИС технологии для более быстрых процессов.