разработка и испытания электронных устройств, обеспечивающих функционирование сильноточной коммутационной аппаратуры для системы питания ИТЭР

В.Д. Кузьменков

ОАО «НИИЭФА», г. Санкт-Петербург, Россия, kuzmenkov@sintez.niiefa.spb.su

В процессе работы токамака ИТЭР необходимо коммутировать большие постоянные токи как для формирования плазмы в начале каждого цикла его работы, так и для защитного вывода энергии в случае возникновения нормальной фазы в сверхпроводящей обмотке. Для решения этих задач в НИИЭФА разработан широкий спектр устройств, использующих различные принципы, схемы и методы коммутации.

Одним из ключевых компонентов системы является быстродействующий размыкатель с взрывным приводом, обладающий уникальным сочетанием коммутационных характеристик. Для запуска этого аппарата требуется подорвать мостик электродетонатора, для чего необходимо сгенерировать импульс тока величиной свыше 600 А при длительности 300 нс со скоростью нарастания не менее 3×109 А/с. Кроме того, необходимо обеспечить гальваническую развязку выхода генератора, выполненного по схеме высокочастотного высоковольтного резонансного преобразователя, от потенциала земли на испытательное напряжение 28 кВ, 50 Гц.

Силовая часть устройства состоит из полномостового автогенератора с обратной связью, работающего на первичную обмотку воздушного трансформатора, и высоковольтного высокочастотного диодного моста, выпрямляющего напряжение, развиваемое на резонансном контуре, образованном вторичной обмоткой и конденсатором. Выход моста подключен к накопительному конденсатору, который подключается к электродетонатору через разрядник.

Принцип работы генератора состоит в следующем: при получении внешнего сигнала, управляющая схема, выдает сигнал запуска автогенератора, в результате чего начинается процесс заряда накопительного конденсатора, который длится до достижения величины напряжения пробоя разрядника (~ 2,5 кВ), после чего происходит разряд конденсатора через мостик электродетонатора.

Такая схема обеспечивает требуемую величину и крутизну нарастания тока, так как накопительный конденсатор располагается в непосредственной близости к электродетонатору, что позволяет существенно уменьшить индуктивность цепей подключения, а кроме того, позволяет уменьшить зарядное напряжение накопительного конденсатора, уменьшить величину запасаемой энергии и, как следствие, существенно уменьшить габариты генератора. Достоинство этой схемы заключаются в том, что активные элементы генератора работают при номинальных токах и напряжениях, а не в режиме ударных импульсных токов, как в схемах с предварительно запасаемой энергией.

Также была разработана система вторичного электропитания для устройств, расположенных на высоком потенциале с гальванической развязкой на испытательное напряжение 28 кВ, 50 Гц. Система состоит из блока питания, выдающего стабилизированный синусоидальный ток 5 А, 50 кГц в замкнутую токовую петлю и приемников энергии, количество которых может быть от 1 до 5. Синусоида выбрана для уменьшения спектра помех излучаемых петлёй. Каждый приемник выдает напряжение 24 В, мощностью 5 Вт. Приемники работают на принципе ШИМ-стабилизации.

Разработанные устройства прошли комплексные испытания, результаты которых полностью подтвердили соответствие полученных параметров требованиям исходной технической спецификации.