ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАЗМЕ ТОКАМАКА Т-10 С ПОМОЩЬЮ CdTe ДЕТЕКТОРОВ

Е.А. Шестаков, П.В. Саврухин, В.М. Трухин

ИФТ, НИЦ «Курчатовский институт», 123182, Москва, shestakovj@mail.ru

Развитие пучков ускоренных электронов при развитии неустойчивости срыва ограничивает надежную работу токамака-реактора. Анализ эволюции ускоренных электронов представляет интерес для разработки систем подавления пучков и для минимизации последствий их взаимодействия с внутрикамерными элементами токамака. В докладе рассматривается возможность измерения энергии ускоренных электронов (E ~ 0.02 - 3 МэВ) с помощью спектрометра на базе CdTe детекторов.

Для измерения энергии ускоренных электронов на токамаке Т-10 разработана спектрометрическая диагностика рентгеновского излучения. Система построена на базе CdTe детектора (5 х 5 х 3 мм3) Eurorad c системой предварительного усиления и цифровой обработкой сигналов. Для повышения чувствительности системы регистрации CdTe детектор объединен с зарядочувствительным предусилителем, расположеным внутри экранированного контейнера. Область регистрации рентгеновского излучения задается в экспериментах путем перемещения контейнера внутри вакуумной камеры токамака. Дополнительная система коллимации с вольфрамовой защитой обеспечивает регистрацию излучения под различными углами к направлению движения ускоренных электронов. Для уменьшения влияния наложения сигналов при больших потоках гамма квантов используется квази-ступенчатое формирование сигнала с уменьшенной длительностью фронта импульса (время нарастания сигнала ~ 350 нс, коэффициент преобразования ~ 1.7 В/пКл). Система цифровой регистрации построена на базе АЦП PXI-5105 National Instruments (12 бит, 60МГц) и АЦП PCI ADM214-100М (14 бит, 100МГц) с внутренними усилителями, используемыми для расширения динамического диапазона регистрируемого сигнала. Программы сбора и обработки данных построены в операционной среде LabView и MATLAB. Цифровая обработка сигналов проводится с использованием алгоритмов поиска фронтов импульсов по заданным временам нарастания с учетом возможного наложения импульсов при больших потоках гамма квантов.

Перемещение коллиматоров осуществляется с помощью вакуумных шаговых моторов с управлением на базе контроллера SIMATIC S7-224XP и мобильной панели оператора Mobile Panel 177 DP Plus в операционной среде MicroWin и WinCC flexible 2005 Compact.

Калибровка спектрометра проводилась с использованием источника Am241 (59.5 кэВ) и рентгеновской трубки Eclipce IV фирмы Oxford Instruments (5-45кэВ).

Приводятся результаты измерения энергетических спектров пучков ускоренных электронов в экспериментах на токамаке Т-10 при омическом нагреве плазмы в режимах с низкой (<ne> ≈ 1-2 1019м-3) и высокой плотностью (<ne> > 3 1019м-3). Анализ показывает формирование интенсивных пучков ускоренных электронов с энергиями до 2 МэВ при срыве плазмы в режиме с низкой плотностью и интенсивным поступлением примесей в периферийных областях плазменного шнура.

Рассматривается возможное применение алгоритмов управления на базе контроллера SIMATIC S7-224XP и мобильной панели оператора Mobile Panel 177 DP Plus для диагностик токамака ИТЭР.

Работа выполнена при поддержке РОСАТОМ H.4x.44.90.13.1101 и РФФИ 14-02-01081