разработка Гамма спектрометрических систем Итэр

Д.Б. Гин, Д.Н. Дойников, В.О. Найденов, А.А. Пастернак, И.А. Полуновский, Е.М. Хилькевич, И.Н. Чугунов, А.Е. Шевелев

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт‑Петербург, Россия, [pipha@mail.ru](mailto:pipha@mail.ru)

Гамма спектрометрические детекторы позволяют диагностировать быстрые ионы и убегающие электроны. Изучение поведения быстрых ионов необходимо для обеспечения эффективного нагрева плазмы ВЧ волнами и с использованием нейтральных инжекторов, эти частицы играют ключевую роль в поддержании горения в термоядерных установках, важны в процессах развития неустойчивостей и т.п. Убегающие электроны также участвуют в развитии неустойчивостей, кроме того покидая плазму они способны вызвать повреждение камеры токамака, что делает их диагностику задачей первостепенной важности. Диагностика быстрых ионов и убегающих электронов реализована на ряде токамаков c участием сотрудников ФТИ, включая наиболее развитую систему на JET.

В настоящее время в ФТИ ведутся работы по разработке двух гамма- спектрометрических систем для ИТЭР. Во‑первых, это Вертикальная Гамма Камера (ВГК), предназначенная для восстановления пространственного распределения изучаемых параметров плазмы [1, 2]. Рабочая версия томографического проекта включает в себя 6 ракурсов в верхнем порту (#18) и 5 в нижнем (#14). Защита концептуального проекта (CDR) ВГК назначен на октябрь 2014 года. Вторая система – спектрометр высокого разрешения в комплексе анализатора нейтральных атомов (NPA, горизонтальный порт #11) [3, 4]. Спектрометр будет поддерживать измерения анализатора, включая диагностику изотопного соотношения, восстановление функций распределения быстрых ионов в пространстве скоростей и другие. В этой системе будут использованы LaBr3 (обеспечивающий максимальную скорость счёта) и германиевый (дающий максимальную информацию о функциях распределения частиц) детекторы, помещенные во вращающуюся камеру. Это позволит оптимизировать измерения в зависимости от сценария разряда, меняя детекторы местами и перераспределяя таким образом загрузку между ними. В октябре 2013 года успешно прошёл CDR проекта гамма спектрометра.

В докладе изложены результаты последних работ по развитию гамма спектрометрических систем ИТЭР. В числе этих работ выполнены предварительные расчёты уровней сигнала и фона, ведутся испытания прототипов узлов систем и подготовка конструкторской документации по проекту. Кроме того, были модифицированы алгоритмы цифровой обработки сигналов и показано, что соответствующие коды могут работать с загрузкой до 107 импульсов в секунду в режиме реального времени. Разработаны и продолжают совершенствоваться методы восстановления спектров убегающих электронов и быстрых ионов, ведется переработка кодов восстановления томографии.

Работа поддержана средствами контрактами №. 05‑12 между ОАО Техноэксан и учреждением "Проектный Центр ИТЭР" и № 02‑12 между ФТИ им. А.Ф. Иоффе и "Проектный Центр ИТЭР", а также стипендией Президента Российской Федерации молодым учёным и аспирантам (СП-1843.2012.2). Суждения и Мнения, выраженные в статье, могут не совпадать с мнением Европейской Комиссии и Международной Организации ИТЭР.

Литература

1. Shevelev A., et al. 22nd ITPA Diagnostics Meeting, Moscow, 2012.
2. Chugunov I.N., et al., Nuclear Fusion, 2011, 51(8), стр. 083010.
3. Gin D., et al. Int. Workshop Fus. Reactor Diagnostics, Vila Monastero, Varenna, Italy, 2013.
4. Gin D., et al. 24th Fusion Energy Conference, San Diego, 2012, ITR/P5-39.