

УДК 533.9

Д.Б.Гин (6 курс, каф. ФП), И.Н.Чугунов, к.ф.-м.н., с.н.с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ УБЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ТОКАМАКЕ «ГЛОБУС-М»

Интерес к изучению убегающих электронов на сферических токамаках вызван существенными различиями в структуре магнитного и электрического полей в поперечном сечении плазмы в СТ по сравнению с традиционными установками, которые вызывают ряд особенностей в поведении частиц. Потоки таких электронов при взаимодействии с конструктивными элементами камеры, производят жёсткое рентгеновское излучение. С целью исследования этого излучения на сферическом токамаке «Глобус-М» сконструирована гамма-спектрометрическая установка, позволяющая измерять энергетические спектры жёсткого рентгеновского излучения и их изменение в процессе разряда. Запуск ее работы осуществляется от стартового импульса токамака для обеспечения начальной синхронизации с другими диагностиками. В течение последних проведённых серий экспериментов использовался модифицированный вариант установки, в котором добавлен второй детектор, строго синхронизированный с прежним. Луч его зрения направлен на другую диафрагму (лимитор). Таким образом, мы наблюдаем сигнал, возникающий в различных полоидальных сечениях камеры токамака. Высокая частота (15МГц) оцифровки сигналов со сцинтилляционных детекторов и большой объём памяти (128 Мб) позволили записать изменения напряжения на аноде ФЭУ за весь разряд и при последующей обработке, используя независимость формы импульса с анода ФЭУ от его амплитуды, построить временное и энергетическое распределения рентгеновского излучения.

Применение одновременно двух спектрометров жесткого РИ с быстрыми АЦП позволило зарегистрировать в течение плато разрядного тока на фоне непрерывного жесткого РИ последовательность вспышек с периодом 0.07-1.5 мс.

Вспышки малой периодичности (150-300мкс) хорошо коррелировали с данными магнитной диагностики, детектировавшей МГД колебания на периферии. Поток рентгеновского излучения, регистрировался в этом случае спектрометрами с относительным фазовым сдвигом, который соответствовал фазовым сдвигам сигналов с датчиков магнитной диагностики. Особенно хорошо удалось наблюдать такое соответствие в случае моды  $m/n=2/1$ . Периодичность вспышек жесткого рентгеновского излучения обусловлена, в данном случае, модуляцией потока убегающих электронов на диафрагмы вращающимися островами этой сильно развитой моды.

Вспышки большой периодичности (0,5-1,5 мс) наблюдались детекторами без сдвига фаз. Синфазность сигналов с обоих детекторов может соответствовать моде  $m/n=0/0$ . В пользу такого предположения говорит и то, что такие вспышки появлялись в разрядах с развитыми пилообразными колебаниями, возникающими в центральной области разряда плазмы ( $q < 1$ ). Из-за своей глубинной природы они не могут быть хорошо наблюдаемы магнитной диагностикой, однако, согласуются с колебаниями, наблюдаемыми другими диагностиками, в том числе с сигналом мягкого рентгеновского излучения и осциллограммами интегральной плотности. Жёсткое рентгеновское излучение в этом случае возникает при выходе на периферию убегающих электронов из центральных областей из-за возникающих перезамыканий магнитных линий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гусев В.К. и др. Исследование Убегающих Электронов на Токамаке Глобус-М. X Всероссийская Конференция «Диагностика высокотемпературной плазмы». Тез. докл. Троицк, 2003 г., стр.3.
2. A.E.Shevelev et al. Peculiarity of Runaway Electrons Behavior in Globus-M Tokamak. 30-th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, Saint Petersburg, 2003, ECA Vol.27A, (2003) P. 2.