Спектральные характеристики периферийной турбулентности в токамаке Т-10

Зенин В.Н.1,2, Грашин С.А.1, Драбинский М.А.1,2, Елисеев Л.Г.1, Лысенко С.Е.1, Мельников А.В.1, Хабанов Ф.О.1,2, Харчев Н.К.1,3

1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», [nrcki@nrcki.ru](mailto:nrcki@nrcki.ru)  
2Московский физико-технический институт (государственный университет),  
 [info@physteh.edu](mailto:info@physteh.edu),  
3Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, [khar@fpl.gpi.ru](mailto:khar@fpl.gpi.ru)

В данной работе исследуются колебания потенциала и плотности плазмы в нескольких частотных диапазонах. Во-первых, низкочастотные (1-5 кГц) магнитогидродинамические тиринг-неустойчивости в начальной фазе разряда при подъеме плазменного тока. Во-вторых, колебания в области магнитных частот (около 7 кГц) обнаружены и в стационарной фазе разряда. Наличие электростатических колебаний в области чисто магнитной активности представляет несомненный интерес. В-третьих, изучены колебания потенциала и плотности плазмы в области геодезических акустических мод (около 17 кГц).

Основными диагностиками, которые использовались в исследовании, были следующие: в горячей зоне плазме измерения проводились с помощью зондирования пучком тяжёлых ионов (HIBP), уникального метода прямого измерения электрического потенциала. HIBP характеризуется достаточно высоким временным (1 мкс) и пространственным (~ 1см) разрешением. С помощью этой диагностики на токамаке Т-10 можно одновременно измерять потенциал в нескольких близко расположенных элементах объёма плазмы, а также получать некоторую информацию о колебаниях плотности и магнитного поля. На периферии плазмы измерения проводились с помощью ленгмюровских зондов, при этом эти две диагностики разнесены на половину тора.

В случае, когда зонд находится внутри крайней замкнутой магнитной поверхности, между сигналами двух диагностик наблюдается статистически значимая когерентность на глобальных модах плазменных колебаний. Во время нарастания тока плазмы обнаружена высокая (coh <0.8) когерентность между колебаниями потенциала, измеренного HIBP, и потенциалом, измеренным зондом и колебаниями на ионном токе насыщения зонда (отражающим плотность плазмы), а также между колебаниями на ионном токе насыщения зонда и колебаниями потенциала, измеренного HIBP, и колебаниями на вторичным токе HIBP (отражающим плотность плазмы) на частоте 1-5 кГц (НЧ тиринг-моды).

Во время стационарной фазы разряда на частотах около 7кГц высокая (coh <0.6) когерентность обнаружена между колебаниями потенциала, измеренного HIBP, и колебаниями на потенциале зонда и колебаниями на ионном токе насыщения зонда, кроме того между колебаниями на вторичном токе HIBP и колебаниями на потенциале зонда.

На частотах ГАМ обнаружена высокая (coh <0.6) когерентность между колебаниями потенциала, измеренного HIBP, и колебаниями на потенциале зонда и колебаниями на ионном токе насыщения зонда. Когерентность уменьшается по мере увеличения расстояния между точками наблюдения пучка и зонда.

Установлено также наличие дальних корреляций между сигналами двух диагностик, зарегистрированными на расстоянии половины тора. Обнаружены перекрестные статистически значимые корреляции между сигналами плотности и потенциала.

В докладе планируется оценить радиальные корреляционные длины для ГАМ и радиальную локализацию тиринг-мод.

Работа проведена за счёт Российского Научного Фонда, Проект 14-22-00193.