Влияние расположения источника массивного газонапуска на эволюцию срыва разряда в токамаке Т-10

В.Г. Капралов, \*М.М. Дремин, \*С.В. Крылов, В.Г. Скоков, В.В. Солоха, А.Е. Боровов, С.М. Егоров, В.В. Елагин, А.Ю. Кострюков, П.М. Третьяков

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия, kapralov@phtf.stu.neva.ru
\*НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Dremin\_MM@nrcki.ru

Работа современных установок с магнитным удержанием высокотемпературной плазмы существенно зависит от предотвращения срывов плазменного шнура и возможностей по плавному, контролируемому выводу запасенной в плазме энергии.

В мае 2014 года на токамаке Т-10 были проведены эксперименты по массивной газовой инжекции, продолжившие исследования представленные в [1, 2]. В ходе экспериментов применялся подвижный клапан, инжектировавший аргон, и варьировались такие параметры, как положение источника газовой струи границы плазмы, количество напускаемого газа и/или его давление. В итоге были получены первые данные о влиянии положения клапана системы позиционируемого массивного газового напуска (PMGI) на параметры срыва разряда в токамаке Т-10.

Возможность перемещения клапана относительно границы плазмы делает систему PMGI уникальной, т.к. подобной возможностью сканирования по расстоянию от плазмы не обладает ни одна система массивной газовой инжекции. Используя это преимущество, в экспериментах была измерена зависимость развития срыва от положения сопла клапана относительно границы плазмы.

Эксперименты показали, как и ожидалось, что чем ближе располагался клапан к плазме, тем быстрее и интенсивнее происходил тепловой срыв, т.к. сверхзвуковая газовая струя доходит до плазмы более плотная и направленная. Также было отмечено, что интегральное количество высвечиваемой в тепловом срыве энергии в похожих разрядах одинаково, несмотря на разное в них расстояние до клапана и, как следствие, разную эволюцию радиационных потерь.

Положение клапана влияет не только на характер теплового срыва, но и на последующий срыв тока плазмы: чем дальше клапан от плазмы, тем медленнее спадает ток во время срыва. Зависимость имеет два характерных участка. В ближней области – расстояние r от клапана до центра плазменного разряда не больше удвоенного малого радиуса плазменного шнура (a < r < 2a) – зависимость сильная. Приближение клапана в ближней области на 1 см к плазме увеличивает скорость спада тока на почти 1000 А/с. В дальней области – расстояние от клапана до центра больше удвоенного малого радиуса плазменного шнура (r > 2a) – зависимость слабая. Приближение клапана в дальней области на 1 см к плазме увеличивает скорость спада тока всего на 5 А/с, т.е. в 200 раз слабее, чем в ближней области. Соответственно этому изменяется и длительность срыва тока. Время распространения газа от сопла PMGI до плазмы составляло менее 1 мс при расположении клапана в ближней области, от 1 до 3 мс - в дальней области.

В докладе приводится сопоставление с более ранними экспериментами, в которых была обнаружена возможность перевода спада тока из медленного в быстрый, посредством массивной газовой инжекции во время срыва разряда [2].

Данная работа была поддержана грантами РФФИ №13-02-01409-а и №14-02-00697-а. Авторы благодарят коллектив установки Т-10 за предоставленные данные и поддержку.

Литература

1. Тимохин В.М. и др., Физика плазмы, 2001, т. 27, №3, с.1-14.
2. Дрёмин М.М. и др., ВАНТ, Сер. Термоядерный синтез, 2012, вып. 4, с. 58—70.