ОСОБЕННОСТИ срыва разряда, ИНИЦИИРОВАННОГО массивным газонапуском в токамаке Т-10

В.Г. Капралов1, М.М. Дремин2, С.В. Крылов2, В.В. Солоха1, В.Г. Скоков1, Х.А. Харфуш1, А.Е. Боровов1, С.М. Егоров1, В.В. Елагин1, А.Ю. Кострюков1, К.С. Седов1, И.А. Шаров1

1Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого,
 г. Санкт-Петербург, Россия, kapralov@phtf.stu.neva.ru
2НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Dremin\_MM@nrcki.ru

Одной из ключевых задач современных крупных установок с магнитным удержанием высокотемпературной плазмы и, в особенности, строящегося токамака-реактора ITER, является подбор оптимального сценария контролируемого гашения разряда и сведение к минимуму вероятности неконтролируемых вариантов срыва плазмы.

Токамак Т-10 располагает активными системами воздействия на плазменный шнур, позволяющими как отрабатывать сценарии контролируемого гашения плазмы, так и изучать различные варианты срыва плазмы и подавления пучков убегающих электронов. Кроме штатных систем контроля тока плазмы, системы управления токами в силовых и управляющих обмотках токамака и системы пьезоклапанов для напуска рабочего газа, в экспериментах по гашению плазменного шнура могут быть задействованы инжектор топливных макрочастиц, а также подвижный и стационарный импульсные газовые клапаны для массивного газового напуска [1].

Массивный газовый напуск может применяться как до срыва плазмы, так и во время него. В первом случае напуск газа инициирует срыв плазмы и может использоваться для отработки сценариев оптимального гашения плазмы. Во втором случае массивный газонапуск применяется для предотвращения формирования и подавления сформировавшихся пучков убегающих электронов.

На токамаке Т-10 с 2011 года применяется уникальный позиционируемый импульсный газовый клапан (PMGI) [2]. Его достоинствами является возможность позиционирования относительно края плазменного шнура (сопло — источник газа — может располагаться как вплотную к плазме, так и на расстояниях до 1 м от ее границы), работа с высокими давлениями (в эксперименте было достигнуто давление 47 атм., дальнейший подъем давления приводил к перегрузке системы откачки токамака), резкий фронт газовой струи (около 300 мкс) и малые времена срабатывания (около 3 мс от фронта сигнала запуска до появления газа на границе плазмы).

В докладе представлены особенности срыва плазмы с помощью массивного газового напуска с помощью как стационарного, так и подвижного импульсных газовых клапанов. Показана возможность регулирования жесткости срыва как за счет изменения положения клапана относительно границы плазмы, так и с помощью изменения давления для различных сортов инжектируемого газа. Продемонстрированы возможности подавления пучков убегающих электронов с помощью PMGI. Предложен сценарий плавного гашения плазменного разряда путем постепенного снижения тока плазмы с помощью системы управления токамака с последующей инжекцией газа стационарным клапаном, инициирующей тепловой срыв, и заключительной инжекцией PMGI, установленным вплотную к плазме, для подавления пучков убегающих электронов.

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. Дрёмин М.М. и др., ВАНТ, Сер. Термоядерный синтез, 2012, вып. 4, с. 58—70.
2. Капралов В.Г. и др., Сб. тез. докл. XLII Межд. Звен. конф. по ФП и УТС., 2015, с. 123.