Особенности теплового срыва, при использовании массивного газонапуска в токамак Т-10

Капралов В.Г., 1Дремин М.М., Харфуш Х.А., 1Крылов С.В., Скоков В.Г., Боровов А.Е., Елагин В.В., Седов К.С., Шаров И.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого,  
 г. Санкт-Петербург, Россия, [kapralov@phtf.stu.neva.ru](mailto:kapralov@phtf.stu.neva.ru)  
1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва,   
 Россия, [Dremin\_MM@nrcki.ru](mailto:Dremin_MM@nrcki.ru)

По мере ввода в строй действующих все более мощных плазменных установок, все более актуальной становится проблема предотвращения срывов и контролируемого гашения плазменного разряда. Следует отметить, что физика процессов, происходящих при срыве, в большей степени зависит от геометрии магнитной системы установки и реализуемых в ней режимов удержания, чем от энергетики плазменного разряда. Это позволяет выполнять исследования по данной тематике и на малых и средних установках, с последующей экстраполяцией и проверкой результатов на крупных машинах с магнитным удержанием высокотемпературной плазмы.

Для изучения различных вариантов инициирования и развития срыва плазменного шнура и подавления пучков убегающих электронов необходимо использовать различные активные системы воздействия на плазму, что позволит проверить различные сценарии контролируемого гашения плазменного разряда. На токамаке Т-10 есть возможность применять следующие активные системы: во-первых, это основная система управления, выполняющая программу изменения тока плазмы, магнитных полей и контролирующая работу пьезоклапанов для напуска рабочего газа, во-вторых, удаленный и позиционируемый импульсные газовые клапаны, инжекторы примесных и топливных макрочастиц (последний теперь оборудован системой хордовой инжекции), а также система ЭЦР нагрева плазмы, подвижная и литиевая диафрагмы [1]. Следует отметить, что уникальные системы позиционируемого импульсного газового клапана [2] и хордовой инжекции позволяют выполнить изучение зависимости параметров срыва от положения источника относительно границы плазмы и прицельного параметра инжекции, соответственно, а также сравнить варианты ко- и контр-инжекции топливных макрочастиц.

В докладе представлены результаты моделирования срыва в токамаке Т-10 с помощью кода АСТРА, включая разряды с инициированием срыва импульсным массивным газонапуском. Основное внимание уделено фазе развития теплового срыва и рассмотрено влияние различных каналов потери тепловой энергии по мере развития срыва. Показано, что начальную медленную фазу развития теплового срыва можно описать за счет подбора источников примеси и коэффициентов переноса, в то время как для описания заключительной быстрой фазы теплового срыва необходимо учитывать развитие неустойчивостей и перемешивание плазмы.

Данная работа была поддержана грантом РФФИ №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.
2. Капралов В.Г. и др., Сб. тез. докл. XLIII Межд. Звен. конф. по ФП и УТС., 2016, с. 123.