Исследование соотношения сигнал/шум рефрактометрии в ИТЭР в условиях турбулентной плазмы с учетом высокотемпературных эффектов и вертикальных перемещений плазменного шнура

1,3Вершков В.А., 2,3Петров В.Г., 2,4Скопинцев Д.А., 1,3Субботин Г.Ф., 1,3Шелухин Д.А., 2,3Афонин А.Ю., 2,3Афонин К.Ю.

1НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия v.vershkov@fc.iterru.ru
2Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,
 г. Москва, Россия, vpetrov@triniti.ru
3Координационный центр «Управляемый термоядерный синтез – международные
 проекты», г. Москва, Россия, v.vershkov@fc.iterru.ru
4Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»
 «Проектный центр ИТЭР», г. Москва, Россия, D.Scopintsev@iterrf.ru

В докладе проводится исследование соотношения сигнал/шум рефрактометрии ИТЭР. Рефрактометрия ИТЭР является частью системы рефлектометрии со стороны сильного магнитного поля (РСП). РСП планируется использовать для измерения профиля электронной плотности, а также для исследования флуктуаций плотности плазмы. Кроме этого, предполагается, что рефлектометрия в ИТЭР будет измерять также и среднюю по хорде электронную плотность, для чего, собственно, и нужен канал рефрактометрии, работающий в режиме «на просвет», с использованием окна прозрачности плазмы ИТЭР для необыкновенной волны между верхней и нижней частотами отсечки (~40 – 100 ГГц). При этом, передающая антенная система располагается в экваториальном порту 8, как раз напротив антенной системы РСП [1]. В этом случае для приема микроволнового излучения будут использоваться штатные антенны РСП.

Использование канала рефрактометрии должно также существенно улучшить качество измерений профиля плотности плазмы HFS-рефлектометром ИТЭР, особенно в режимах с повышенным уровнем турбулентности плазмы.

Рассмотрено влияние турбулентности на соотношение сигнал/шум рефрактометрии, в анализе учитываются также и релятивистские эффекты, и вертикальное смещение плазменного шнура.

В данной работе представлены результаты расчетов распространения излучения в рефрактометрии (в режиме "на просвет") с учетом реальной геометрии HFS-рефлектометра ИТЭР. Расчеты проводились для сценария ИТЭР с током 15 МА на стационарной стадии разряда со средней плотностью ne ~ 9⋅1019 м–3, в окне прозрачности плазмы для зондирующего излучения на необыкновенной волне, на 3-х фиксированных частотах из частотного диапазона 40 – 90 ГГц при зондировании со стороны слабого магнитного поля. Апертура передающей антенны в расчетах принималась равной 120 х 30 мм, приемной – 18 х 58 мм. Расчеты проводились в пакете Zemax, при этом использовались специально разработанные для этой цели файлы .dll, описывающие распределение коэффициента преломления плазмы ИТЭР на необыкновенной волне как для турбулентной плазмы, так и для «спокойной» плазмы.

В результате проведенных расчетов определено ослабление сигнала рефрактометра в турбулентной плазме ИТЭР. Сделан вывод о возможности измерения средней плотности турбулентной плазмы рефрактометром при условии зондирования плазмы в окне прозрачности плазмы частотами, превышающими частоту отсечки на 4 ГГц или более (рабочие частоты для рассмотренного сценария должны находиться в диапазоне 58 –
90 ГГц).

Литература

1. A.V. Krasilnikov, Y.A. Kaschuck, V.A. Vershkov, A.A. Petrov, V.G. Petrov, S.N. Tugarinov. International Conference on Fusion Reactor Diagnostics, Varenna, Italy September 9 – 13, 2013.