Прогресс в рефлектометрии ИТЭР

Вершков В.А., Лукьянов В.В., Петров А.А.1, Петров В.Г.1, Сарычев Д.В., Скопинцев Д.А.1, Солодовников C.Г.1, Субботин Г.Ф., Шелухин Д.А., Горбунов А.В.

НИЦ "Курчатовский институт", [v.vershkov@fc.iterru.ru](mailto:v.vershkov@fc.iterru.ru),  
1АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ", [vpetrov@triniti.ru](mailto:vpetrov@triniti.ru)

В работе рассматривается состояние диагностики рефлектометрии ИТЭР со стороны сильного магнитного поля (РСП) [1]. РСП планируется использовать для измерения профиля электронной плотности, а также для исследования флуктуаций плотности плазмы. Это основные задачи, которые должна решать рефлектометрия в ИТЭР. Кроме этого, предполагается, что рефлектометрия в ИТЭР будет измерять также и среднюю по хорде электронную плотность. Для решения этих задач первоначально предлагалось зондировать плазму только со стороны сильного магнитного поля в сечениях №№8 (2 пары антенн), 9 (1 пара) и 17 (1 пара).

Но оказалось, что при зондировании плазмы только со стороны сильного магнитного поля оценка среднехордовой плотности при проведении рефлектометрических измерений будет затруднена. Это связано с особенностями рефлектометрии. Она плохо измеряет профили плотности вблизи центра плазменного шнура и, тем более, не может измерять провальные профили. Кроме того, рефлектометрия дает информацию о профиле только со стороны зондирования. В силу указанных особенностей, было достаточно проблематично выполнить все требования к рефлектометру для измерений интегральной плотности плазмы вдоль хорды наблюдения.

С другой стороны, такие измерения возможно выполнить в режиме «на просвет» (режим рефрактометра), используя окно прозрачности плазмы ИТЭР для необыкновенной волны между верхней и нижней частотами отсечки (~40-100 ГГц), ниже частот поглощения на электронно-циклотронных резонансах. Проведенный анализ показал, что такие измерения могут быть проведены при установке дополнительной антенной системы в экваториальном порту 8, как раз напротив антенной системы РСП [2]. В этом случае для приема микроволнового излучения могут использоваться штатные антенны РСП.

В докладе описывается работа, которая была проведена для интеграции такого канала рефрактометрии в РСП, а также работы, проводившиеся по разработке рефлектометрии в целом. Для канала рефрактометрии это в первую очередь вопросы, связанные с оптимизацией антенной системы, с расчетами соотношения сигнал/шум в канале, разработки и оптимизации схемы передачи и приема излучения, расчеты распространения излучения в плазме ИТЭР.

Проведены также оценки уровня паразитного электронно-циклотронного излучения в рефлектометрии, как на стороне слабого магнитного поля, так и со стороны сильного магнитного поля. Описаны проблемы и достижения, связанные с сертификацией различных технологических процессов, которые будут применяться в ходе изготовления элементов рефлектометрии (первичных и вторичных вакуумных окон, медного покрытия волноводов из нержавеющей стали), описаны параметры изготовленных на данный момент прототипов элементов волноводной системы и системы сложения/деления частотных диапазонов.

Литература.

1. Вершков В.А., Шелухин Д.А., Петров А.А., Петров В.Г., Сарычев Д.В. 39-я конф. по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 6 — 10 февраля 2012 года.
2. 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.