Пространственная структура флуктуаций плотности и их корреляции вдоль магнитной силовой линии на токамаке т-10

Булдаков М.А., Вершков В.А., Шелухин Д.А., Субботин Г.Ф.

НИЦ “Курчатовский институт”, Москва, РФ, m.a.buldakov@gmail.com

Основными характеристиками флуктуаций плотности являются их пространственное распределение, радиальный профиль вращения и радиальные и полоидальные корреляционные свойства, а также корреляционные свойства вдоль магнитных силовых линий. На токамаке Т-10 были проведены эксперименты по измерению корреляций флуктуаций плотности вдоль магнитной силовой линии с помощью корреляционной рефлектометрии [1, 2]. В данной работе рассмотрены эксперименты, проведенные с новой системой антенн. Она позволяет проводить измерения на 4 полоидальных углах: 0°, 60°, 120°, 180°. В новых экспериментах использовались более стабильные и с низким уровнем шума полупроводниковые генераторы, усовершенствованные квадратурные детекторы и использовались спектрометрические системы для измерения частоты. Были проведены эксперименты по радиальным корреляциям и корреляциям плотности вдоль магнитной силовой линии. В новых экспериментах измерения корреляций плотности вдоль магнитной силовой линии впервые проводились при изменении знака тороидального магнитного поля и направления тока. В экспериментах на стороне сильного магнитного поля (High field side, HFS) использовались 4 антенны (2 антенны в патрубке D и 2 антенны в патрубке A). Таким образом, была возможность проводить измерения для 4 комбинаций пар антенн. В экспериментах производилось зондирование плазмы рефлектометром на двух концах силовой линии, и были измерены времена задержки между сигналами двух антенн. Оказалось, что величины задержек зависят от направления полей. Это может свидетельствовать о том, что существует направленная скорость растекания флуктуаций вдоль магнитных силовых линий, соответствующая перетеканию флуктуаций со стороны слабого магнитного поля (Low field side, LFS) на сторону сильного магнитного поля. Соответствующие скорости, оцененные из времен задержек, оказались близки к ионно-звуковым скоростям на данном радиусе. Таким образом, флуктуации плотности рождаются на LFS и распространяются на HFS с ионно-звуковой скоростью. Эти результаты новые и имеют принципиальное значение, так как они показывают, что наблюдаемая с помощью рефлектометра турбулентность имеет дрейфовую, а не магнитную природу. Результаты подтверждаются также полученными зависимостями амплитуды турбулентности от полоидального угла. Амплитуда турбулентности максимальна на LFS и значительно падает на HFS. На полоидальных углах 0°, 60°, 120°, 180° также проводились радиальные корреляционные измерения. Они показали, что корреляционные длины минимальны на HFS и максимальны на LFS, что также хорошо соответствует разработанной ранее модели [3]

Работа выполнена при поддержке Госкорпорации РОСАТОМ (контракт Н.4х.241.9Б.17.1011).

Литература.

1. Vershkov V.A. et al. Nuclear Fusion. – 2005. – V. 45. - № 10. – P. S203-S226.
2. Vershkov V.A., Andreev V.F. et al. Nuclear Fusion. – 2011. – V. 51. – 094019
3. Vershkov V.A. et al. Nuclear Fusion. – 2017. – V. 57. - 102017