Исследование полоидального вращения плазмы в токамаке Т-10 с помощью диагностики HIBP

1,2Хабанов Ф.О., 1Мельников А.В., 1Елисеев Л.Г., 1,2Драбинский М.А., 3Харчев Н.К., 1Лысенко С.Е., 1Зенин В.Н.

1НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия  
2Московский физико-технический институт (государственный университет),  
 г. Долгопрудный, Россия  
3Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия

Вращение плазмы, вызванное E × B дрейфом заряженных частиц, может оказывать влияние на подавление неустойчивостей в плазме, а также может быть связано с переходом в режимы улучшенного удержания [1]. Изучение радиального электрического поля Er является важной задачей на пути к пониманию роли Er × Bt вращения плазмы и его шира в процессах стабилизации турбулентности.

Ранее на токамаке Т-10 (R = 1,5 м, а = 0,3 м) было показано, что скорости Er × Bt вращения и вращения широкополосной турбулентности совпадают, то есть широкополосная турбулентность вращается вместе с плазмой, причем это вращение не является однородным по радиусу [2, 3]. Радиальное электрическое поле Er в горячей зоне плазменного шнура (7 см < r < 21 см) измерялось с помощью зондирования пучком тяжелых ионов (heavy ion beam probe – HIBP). Вращение широкополосной турбулентности измерялось с помощью корреляционной рефлектометрии. Позднее скорость полоидального вращения плазмы была измерена по доплеровскому сдвигу спектральной линии водородоподобного иона углерода С5+ [4]. После установки пятищелевого энергетического анализатора HIBP, позволяющего проводить одновременные измерения в пяти пространственных точках (областях наблюдения), на Т-10 появилась возможность измерить скорость вращения турбулентности по сдвигу фаз между колебаниями плотности в соседних полоидально разнесенных областях наблюдения v = Δx∙2πf/θi,j , i, j = 1 – 5, I ≠ j [5, 6].

В работе планируется определить скорость полоидального вращения широкополосной турбулентности плазмы с помощью HIBP в режимах с омическим нагревом и сравнить ее со скоростью Er × Bt дрейфа.

Литература

1. Burrell K. H. Effects of E×B velocity shear and magnetic shear on turbulence and transport in magnetic confinement devices // Physics of Plasmas, 4, 1499 (1997).
2. A.V. Melnikov et al. Measurements of Plasma Potential, Radial Electric Field and Turbulence Rotation Velocity in the T-10 Tokamak // 37th EPS Conference on Plasma Physics, Dublin, 2010, O5.128.
3. A.V. Melnikov et al. Plasma potential and turbulence dynamics in toroidal devices (survey of T-10 and TJ-II experiments) // Nucl. Fusion, 51, 083043 (2011).
4. Klyuchnikov L.A. et al. Measurements of poloidal and toroidal plasma rotation using active spectroscopy on the T-10 tokamak // XLV International conference on plasma physics and controlled fusion, Zvenigorod, Russia, April, 2018.
5. Eliseev L.G. et al. Two Point Correlation Technique for the Measurements of Poloidal Plasma Rotation by Heavy Ion Beam Probe // Plasma and Fusion Research: Regular Articles, Vol. 7, 2402064 (2012).
6. Eliseev L.G. et al. Evaluation of Turbulent Particle Flux by Heavy Ion Beam Probe in the T-10 Tokamak // Plasma and Fusion Research: Regular Articles, Vol. 13, 3402106 (2018).