

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСИНХРОНИЗОВАННЫХ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ МОД С ПОМОЩЬЮ МНОГОЧАСТОТНОГО ДОПЛЕРОВСКОГО ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-M2 ^{*)}

¹Токарев А.Ю., ^{1,2}Яшин А.Ю., ^{1,2}Жильцов Н.С., ¹Кукушкин К.А., ²Курские Г.С.,
²Минаев В.Б., ¹Петров А.В., ²Петров Ю.В., ¹Пономаренко А.М., ²Сахаров Н.В.

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия, tokarev_ayu@spbstu.ru

²ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Основной режим работы токамаков в настоящее время – режим улучшенного удержания или H-мода, характеризуется большими значениями градиента давления на периферии [1], что является причиной возникновения большого числа неустойчивостей, в частности, периферийных локализованных мод (ELM). ELM считаются развитием пилинг-баллонной неустойчивости и приводят к импульсным выбросам частиц и энергии из области удержания на первую стенку и пластины дивертора, что может привести к повреждению установки [2]. В связи с этим изучение возникновения и развития ELM является важной и актуальной задачей в настоящее время, которой занимаются в том числе на сферическом токамаке Глобус-M2. На данном устройстве наблюдаются разные типы периферийных локализованных мод: синхронизованные появляются только при наличии внешнего триггера в виде какой-либо другой неустойчивости (в случае Глобус-M2 это пилообразные колебания в центре плазменного шнура). Однако наибольший интерес представляют появившиеся относительно недавно после модернизации токамака и, соответственно, улучшения параметров плазмы, десинхронизованные ELM, происходящие самопроизвольно в H-моду [3]. Предположительно, они относятся к типу III или V и полностью аналогичны модам на других токамаках, но для полного понимания их структуры требуется дальнейшее исследование.

Одним из мощных способов, позволяющих изучать ELM, является диагностика доплеровского обратного рассеяния (ДОР), установленная на токамаке Глобус-M2. Она включает 2 многочастотных рефлектометра с наклонными антеннами для зондирования плазмы. Один четырехчастотный позволяет исследовать периферийные области плазмы $0.8 < r < 1.1$, другой шестичастотный необходим для исследования более центральных областей $0.4 < r < 0.8$ [4]. Данная диагностика позволяет оценивать флуктуации плотности плазмы и измерять скорость ее вращения перпендикулярно магнитному полю, а значит и радиальное электрическое поле E_r . Благодаря применению многочастотного зондирования возможно построение радиальных профилей электрического поля и флуктуаций плотности. В данной работе исследуется влияние десинхронизованных ELM на E_r на радиусах $0.4 < r < 1.1$. Оказывается, во время них оно увеличивается на всем интервале измерений. Это показывает, что влияние периферийных мод распространяется и на внутренние области плазмы, что не согласуется с общими представлениями, но подтверждено экспериментально не только на Глобус-M2 [5]. Кроме того, приведено сравнение результатов с синхронизованными ELM и колебаниями предельного цикла (LCO).

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 23-72-00024, <https://rscf.ru/project/23-72-00024> на УНУ "Сферический токамак Глобус-M", входящей в состав ФЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях».

Литература

- [1]. Wagner F., Plasma Phys. Control. Fusion, 2007, 49, B1.
- [2]. Connor J. W. et al, AIP Conf. Proc., 2008, 1013 (1), 174–190.
- [3]. Solokha, V.V. et al, Plasma Phys. Rep., 2023, 49, 419–427
- [4]. Yashin A.Y. et al, JINST, 2022, 17, C01023
- [5]. Conway G.D. et al, 15th Intl. Reflectometer Workshop, St Paul Lez Durance Cedex, 2022

^{*)} DOI – тезисы на английском