

ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ИОНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ГАЗА В СТЕЛЛАРАТОРЕ Л-2М С ПОМОЩЬЮ ВОЛН ИОННОГО ЦИКЛОТРОННОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ *)

Попов М.Е., Мещеряков А.И., Гришина И.А.

ИОФ РАН, Москва, Россия

На многих установках, особенно на сферических токамаках и токамаках с малым аспектным отношением, не хватает места для размещения индуктора, который способен создать напряжение на обходе, достаточное для пробоя рабочего газа. Поэтому на токамаках возникает необходимость создания систем предварительной ионизации рабочего газа. предварительная ионизация с использованием волн ионного циклотронного диапазона частот является малоизученным методом. Перспективность этого метода состоит в том, что для его реализации можно использовать оборудование для ионного циклотронного нагрева плазмы, которое есть на многих установках. При этом требуемая для создания предварительной плазмы мощность невелика.

Эксперименты проводились на стеллараторе Л-2М в режиме омического нагрева. На установке имеется система ионного циклотронного нагрева плазмы [1]. Система состоит из двух полоидальных витков антенны, расположенных в двух поперечных сечениях, расположенных на расстоянии 22.5 см друг от друга. На каждый виток по отдельной линии подавалась ВЧ мощность 1 кВт. Была проведена оптимизация разности фаз между напряжениями, подаваемыми на витки антенны. Наилучшие результаты были получены при противофазном подключении двух витков антенны. Напряжение на антенну подавалось за 10 мс до включения индуктора, создающего ток омического нагрева.

В результате этого образование плазмы происходило на 1,5–2 мс раньше, чем в отсутствие ВЧ излучения на стадии пробоя газа. Это было зафиксировано диагностиками излучения H_α и болометром. Сигналы Ленгмюровского зонда также указывали на более раннее образование плазменного шнура, чем при отсутствии предварительного включения ВЧ излучения. Вследствие этого в импульсах с предварительной ионизацией происходило уменьшение потока убегающих электронов на стадии пробоя, и на порядок уменьшалась интенсивность жесткого рентгеновского излучения (100–300 кэВ).

Проведенные эксперименты показали, что более ранний пробой рабочего газа происходит вследствие образования предварительной плазмы низкой плотности при воздействии ВЧ излучения. Ее образование происходит до подачи напряжения на индуктор. Наибольшее снижение интенсивности жесткого рентгеновского излучения наблюдалось при подаче на витки антенны импульса ВЧ напряжения длительностью 20 мс за 10 мс до включения индуктора.

Также было установлено, что при проведении предварительной ионизации напряжение на обходе уменьшалось на ~15%. При этом плазменный ток увеличивался на ~15%.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание «Исследования нагрева плазмы и создания токов увлечения в плазме тороидальной магнитной ловушки стелларатор Л-2М с помощью волн в диапазоне ионных циклотронных и геликонных частот» FFWF-2025-0002).

Литература

- [1]. A.I. Meshcheryakov, I.A. Grishina, I.Yu. Vafin, *Instum. Exp. Tech.* **65**, 774 (2022).

*) [DOI – тезисы на английском](#)