

СТАТУС РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ НАГРЕВА ПЛАЗМЫ И ГЕНЕРАЦИИ ТОКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТОКАМАКОВ *)

Гурченко А.Д., Дьяченко В.В., Алтухов А.Б., Гусаков Е.З., Ирзак М.А., Теплова Н.В.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург, Россия, aleksey.gurchenko@mail.ioffe.ru

Развитие систем безындукционной генерации тока, использующих высокочастотные электромагнитные волны является актуальной задачей в реализации термоядерной программы в Российской Федерации. Методики, основанные на применении волн промежуточного частотного диапазона, обладающие высокой эффективностью, представляют интерес как для действующих, так и для перспективных отечественных установок.

Генерация тока с помощью медленной ниже-гибридной (НГ) волны является наиболее эффективным методом. Для реализации этого подхода в ФТИ им. А.Ф. Иоффе создаются и испытываются экспериментальные модули систем генерации тока с рабочими частотами 2,45 ГГц и 4,6 ГГц. Для возбуждения волн, замедленных вдоль тороидального магнитного поля и распространяющихся в направлении электронного тока, разрабатываются и испытываются много-волноводные антенны “multijunction” типа, в которых используется определенная последовательность фазировки между волноводами. Начало работ по созданию систем НГ-генерации тока дало импульс для разработки необходимых элементов СВЧ тракта и приборов, в том числе, защитных ферритовых вентилях высокого уровня мощности. Производство усилительных клистронов с непрерывным режимом работы с рабочей частотой 2,45 ГГц было возобновлено в РФ, а для частоты 4,6 ГГц были разработаны новые для России СВЧ приборы.

Интерес к более низкочастотной геликонной области промежуточного диапазона применительно к решению задач генерации тока возник в связи с осознанием тех трудностей, с которыми встречается НГ-метод. В отличие от медленной НГ-волны, поглощение быстрой моды, геликона, и возбуждаемый им электрический ток не локализованы на периферии плазмы и не имеют ограничений по ее плотности. Благодаря сравнительно слабому поглощению быстрой моды по механизму Ландау, она может рассматриваться как перспективный кандидат для поддержания тока в центральной, горячей области разряда токамака.

Для сферического токамака Глобус-М2 с магнитным полем до 1 Тл в рамках комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ» федерального проекта «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий» (U3) создается прототип экспериментальной системы нагрева плазмы и генерации тока с помощью геликонов на частоте 200 МГц. Для возбуждения геликона разработана многопетлевая антенна бегущей волны, а для обеспечения уровня зондирования в 200 кВт разработан и создан ВЧ-генератор.

Разработка систем нагрева плазмы и генерации тока выполнена на УНУ “Сферический токамак Глобус-М”, входящей в состав ФЦКП “Материаловедение и диагностика в передовых технологиях” при поддержке Государственного задания ФТИ им. А.Ф. Иоффе по теме FFUG-2022-0002, а численные коды для расчета распространения и поглощения волн промежуточного диапазона – по теме FFUG-2022-0003.

*) [DOI – тезисы на английском](#)