Разработка мегаваттного электронного пучка для установки ГДЛ

1,2Солдаткина Е.И., 1,2Астрелин В.Т., 1Багрянский П.А., 1,2Воскобойников Р.В., 1Иванов А.А., 1,2Трунев Ю.А., 1Шульженко Г.И.

1Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера, г. Новосибирск, Россия,
 e.i.soldatkina@inp.nsk.su
2Новосибирский Государственный Университет, г. Новосибирск, Россия

Исследование посвящено проблеме взаимодействия мощного электронного пучка с плазмой газодинамической ловушки с целью обоснования возможного применения электронных пучков в термоядерных установках следующего поколения. В частности, в ИЯФ СО РАН проектируется установка ГДМЛ для удержания термоядерной плазмы с электронной температурой до 2 кэВ, относительным давлением до 40%, плотностью быстрых ионов до 3.5·1014 см–3 и энергетическим временем жизни 1 с. Достижение этих параметров позволит обеспечить эффективность DT реакции синтеза на уровне 10% и продемонстрировать возможность строительства термоядерного реактора на основе ловушки открытого типа. Важной частью установки ГДМЛ являются электронные пучки, инжектируемые из торцевых баков в центральную ячейку. Эти пучки призваны выполнять две ключевые функции:

1) управление радиальным профилем электрического потенциала плазмы, что необходимо для преодоления влияния МГД неустойчивостей на удержание частиц и энергии;

2) дополнительный нагрев электронной компоненты плазмы.

Проблемам взаимодействия электронного пучка и горячей двухкомпонентной плазмы посвящена данная работа. В ИЯФ СО РАН был разработан и изготовлен источник электронного пучка с проектной мощностью до 5 МВт (50 кВ, 20 А, 5 мс). Для реализации этой задачи был выбран подход, основанный на использовании коаксиального диода с магнитной изоляцией [1]. Диод состоит из катода выпуклой сферической формы диаметром 20 мм, фокусирующего электрода и цилиндрического анода. Магнитное поле порядка 0.1 Тл в области формирования пука создается соленоидом, надетым на корпус электронной пушки. Для отсечки и ослабления потока ионов из ловушки используется дополнительный положительно заряженный цилиндрический электрод, расположенный по ходу пучка и изолированный от анодного цилиндра. Катод изготовлен из гексаборида лантана и при нагреве до рабочей температуры 1700 °С способен выдавать плотность эмиссионного тока до 10 А/см2. Выбранная схема формирования позволяет получать пучок с малыми поперечными составляющими скоростей, что необходимо для его адиабатической инжекции во входную пробку ГДЛ с магнитным полем до 13 Тл.

Описанный источник был оттестирован на стенде и показал надежную работу при параметрах несколько ниже проектных, а затем установлен в бак расширителя ГДЛ. Первым результатам инжекции электронного пучка в плазму ГДЛ посвящена данная работа.

Литература

1. Beebe, E. et al, Review of Scientific Instruments, Vol. 71, p. 893 – 895, 2000.