Мощный 2 МВт модуль системы атомарной инжекции для нагрева плазмы в установках с магнитным удержанием

П.П. Дейчули, В.Х. Амиров, В.П. Белов, А.И. Вилькин, Р.В. Воскобойников, А.И. Горбовский, В.И. Давыденко, А.С. Донин, А.Н. Драничников, А.А. Иванов, В.А. Капитонов, В.В. Колмогоров, А.Г. Абдрашитов, Г.Ф. Абдрашитов, В.В. Мишагин, К.А. Пирогов, А.В. Сорокин, Н.В. Ступишин, А.А. Ткачев, П.В. Усов

Институт ядерной физики, Новосибирск, Россия, p.p.deichuli@inp.nsk.su

Мощные атомарные инжекторы широко используются для нагрева плазмы в установках с магнитным удержанием, они предоставляют также уникальные возможности для создания популяции быстрых частиц, и для диагностики плазмы [1,2]. Важным требованием является суммарная инжектируемая мощность, см., например [2].

В данном докладе описывается система атомарной инжекции с суммарной мощностью 10(13.5) МВт из 6(8) однотипных модулей для открытой магнитной ловушки. Мощность единичного модуля – 1.7 МВт в атомах и около 2.3 МВт в ионном источнике. Длительность импульса до 20 мс, сорт частиц – водород, дейтерий. Особенностью данного проекта является сравнительно небольшая энергия частиц – 15-20 кэВ, и, соответственно, достаточно высокий (около 150 А) ток в ионном источнике. Для обеспечения такой эмиссии выбран источник плазмы со сложением плазменных струй от 4-х дуговых генераторов. Формирование пучка происходит в 3-х электродной ускоряющей ионно-оптической системе (ИОС) с многощелевой структурой. Форма сеток – сегменты сферы, с прецизионно выполненными щелевыми ячейками, фокусное расстояние ИОС 3.5 м. Рабочая апертура ИОС 340 мм, расчетная расходимость пучка 15/27 мрад в направлении вдоль и поперек щелей, соответственно, плотность эмиссионного тока 350 мА/см2.

В вакуумной камере инжектора расположены: нейтрализатор, отклоняющий магнит на постоянных магнитах для сепарации остаточных ионов и выдвижной приемник-калориметр. Имеется быстродействующая откачка сопутствующего газа криопанелями при температуре жидкого азота с напылением титана, расчетный поток газа в установку не превышает 1.8 л∙торр/сек.

Основные узлы питания: высоковольтный модулятор на напряжение до 20 кВ и током нагрузки до 200А и 4 канала питания мощных дуговых генераторов, с током разряда до 1 кА каждый. Каналы управляются независимо, гальванически развязаны друг от друга и изолированы на полное ускоряющее напряжение. Каналы имеют функцию программируемого изменения тока разряда во время импульса для формирования однородного плазменного эмиттера при сложении плазменных струй.

Проект находится в стадии завершения изготовления. Изготовлен и проходит тестовые испытания пилотный экземпляр 2 мегаваттного модуля инжектора с системой питания.

Литература

1. A. Sorokin, V. Belov, V. Davydenko, P. Deichuli, A. Ivanov, A. Podyminogin, I. Shikhovtsev, G. Shulzhenko, N. Stupishin, M. Tiunov. “[Characterization of 1 MW, 40 keV, 1 s neutral beam for plasma heating](http://www.aipuniphy.org/Abstract/Abstract.aspx?recordid=1654813&login=p.p.deichuli@inp.nsk.su&lid=20100224)”. Review of Scientific Instruments 2010;81(2):02B108 - 02B108-4.
2. A.A. Ivanov, G.F. Abdrashitov, A.V. Anikeev et al. “GDT device. Recent results and future plans for upgrade”. Transactions on Fusion Science and Technology, 43, p.51, Jan., 2003.