

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ БЕЗЫНДУКЦИОННОГО ТОКА В ТОКАМАКЕ С ПОМОЩЬЮ ВОЛН ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ^{*)}

Теплова Н.В., Трошин Г.А., Гусаков Е.З., Ирзак М.А., Нечаев С.А.,
Крыжановский А.К., Новиков Д.С., Баранов Ю.Ф.

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
natalia.teplova@mail.ioffe.ru*

Метод создания и поддержания неиндукционного тока в токамаках с помощью замедленных электромагнитных волн нижегибридного (НГ) диапазона частот обладает наибольшей теоретической и экспериментально подтвержденной эффективностью. Для прогнозирования результатов экспериментов по НГ генерации тока проводятся численные расчеты возбуждения, распространения и поглощения НГ волн в плазме как с помощью кодов, основанных на решении волнового уравнения, так и с помощью кодов, использующих метод лучевых траекторий.

В ФТИ им. А.Ф. Иоффе разработан численный код FRTC [1-4], инкорпорированный в численный код ASTRA [5], для решения задачи распространения электромагнитных волн промежуточного частотного диапазона в плазме токамака и расчета величины и профиля генерированного тока. Код рассчитывает лучевые траектории волн, распределение поглощенной мощности в токамаке, решает одномерное динамическое уравнение Фоккера-Планка и рассчитывает величину безындукционного тока. Спектр стартовых замедлений антенны, рассчитывается кодом GRILL3D [6], экспериментальные параметры плазмы, обрабатываются кодом EFIT [7], равновесие плазмы, рассчитывается для конкретного момента времени в разряде кодом ASTRA.

Представлены результаты расчетов распределения энергопоглощения НГ волн в токамаке ФТ-2 и геликонов в токамаке Глобус-М2 с помощью численного кода FRTC [1-4], проведено сравнение с результатами соответствующих расчетов полноволновым численным кодом WaveTop2D [8]. Сравнение проводилось в модели холодной плазмы, а также с учетом теплового тензора диэлектрической проницаемости в коде WaveTop2D и тепловой поправки к тензору диэлектрической проницаемости при расчете поглощенной мощности в коде FRTC. Показана необходимость учета градиентных членов [9] в дисперсионном уравнении при расчете НГ тока в сферическом токамаке с помощью кода FRTC. Показано, что расчеты кодами FRTC и WaveTop2D в холодном и теплом случаях хорошо согласуются при учете градиентных поправок.

Разработка численного кода выполнена при поддержке Государственного задания № FFUG-2021-0003, расчеты для токамаков выполнены при поддержке Государственного задания № FFUG-2024-0028.

Литература

- [1]. A.R. Esterkin and A.D. Piliya // Nucl. Fusion, 36, 1501 (1996).
- [2]. A.D. Piliya and A.N. Saveliev // JET Joint Undertaking, Abingdon, Oxfordshire, OX14 3EA, (1998).
- [3]. A.N. Saveliev // EPJ Web of Conferences 157, 03045 (2017).
- [4]. Н.В. Теплова и др. // 51 Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС, 18–22 марта 2024, ICRAF-2024
- [5]. G.V.Pereverzev and P.N. Yushmanov, Automated System for TRansport Analysis IPP-Report // IPP 5/98, (2002).
- [6]. M.A. Irzak and O. N. Shcherbinin // Nucl. Fusion, 35, 1341 (1995).
- [7]. L.L. Lao et. al. // Nucl. Fusion, 25, 1611 (1985).
- [8]. E.Z. Gusakov et al. // PPCF, 52, No7, 075018 (2010).
- [9]. Е.З. Гусаков и др. // Письма в ЖЭТФ, т.65, в.1,с.26-31 (1997).

^{*)} DOI – тезисы на английском