Исследование воздействия СВЧ нагрева и генерации тока на пилообразные колебания в плазме токамака т-10

Мустафин Н.А.1,2, Кислов Д.А.1, Кирнева Н.А.1,2, Мальцев С.Г.1, Павлов Ю.Д.1, Сушков А.В.1, Трухина Е.В.1

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, nikitamustafin@gmail.com
2НИЯУ МИФИ, Москва, Россия

На установке токамак Т-10 проводятся эксперименты по изучению воздействия электронно-циклотронного нагрева и генерации тока на пилообразные колебания. Ранее на Т-10 было продемонстрировано, что генерация тока вблизи поверхности q=1 может приводить к значительному изменению периода пилообразных колебаний [1]. В этой работе представлены новые результаты, полученные с использованием гиротрона с изменяемыми тороидальным и полоидальным углами ввода мощности (0.55 МВт, 130 ГГц, вторая гармоника ЭЦ частоты).

В этих экспериментах были получены зависимости периода пилообразных колебаний в широком диапазоне положений вклада СВЧ мощности в случаях генерации тока в направлении (ко) и против направления (контр) разрядного тока в режимах
 c $I\_{p}=220 кА, B\_{t}=2.1-2.2 Т \left(q\_{a}≈3\right), средней плотностью n\_{e}=1.3-2.5×10^{19} м^{-3}$. Изменение положения вклада СВЧ мощности относительно поверхности q=1 осуществлялось как в режиме «от импульса к импульсу», так и в течение импульса нагрева (изменялось положение плазменного шнура по большому радиусу токамака). СВЧ мощность вводилась под тороидальным углом 8о -12о к большому радиусу токамака. В режимах с $n\_{e}≅1.3×10^{19} м^{-3}$ при ко-генерации тока вблизи поверхности q=1 наблюдалось значительное увеличение периода пилообразных колебаний (до 20 раз по сравнению с омическим режимом). При контр-генерации наблюдалось как увеличение, так и уменьшение периода пилообразных колебаний по сравнению с омическим режимом в зависимости от положения вклада СВЧ мощности. В режимах с $n\_{e}≅2.5×10^{19} м^{-3}$ при counter-генерации не наблюдалось заметного воздействия вклада СВЧ мощности на пилообразные колебания. В режимах с ко-генерацией при оптимальном положении вклада СВЧ мощности пилообразные колебания в течение всего импульса нагрева (400 мс) не наблюдались. При этом регистрировались отдельные вспышки моды m=1/n=1, не приводящие к заметному спаду температуры в центре плазменного шнура.

Для интерпретации экспериментальных данных анализируется воздействие СВЧ мощности на динамику магнитного шира и градиентов электронной и ионной температуры вблизи поверхности q=1. В качестве критического условия наступления события внутреннего срыва рассматривается $γ\_{eff}>c\_{r}\left(ω\_{\*i}ω\_{\*e}\right)^{{1}/{2}}$ [2], где $γ\_{eff}-$ эффективный инкремент нарастания резистивной кинк моды, $ω\_{\*i}, ω\_{\*e}-$ ионная и электронная частоты диамагнитного дрейфа соответственно, $c\_{r}-$коэфициет, определяемый столкновительностью. Моделирование воздействия СВЧ нагрева и генерации тока на пилообразные колебания проводилось с помощью транспортного кода ASTRA [3]. Расчет профилей поглощенной СВЧ мощности и генерируемого тока производился с помощью кода OGRAY [4]. Результаты моделирования качественно описывают экспериментально полученные зависимости периода пилообразных колебаний. Эффект воздействия СВЧ мощности на пилообразные колебания при контр-генерации в экспериментах выражен слабее, чем при моделировании.

Работа выполнена в рамках контракта с ГК "Росатом" 13.05.2013 № H.4x.44.90.13.1101

Литература

1. [D. Kislov et al, Nucl. Fusion, 2007, 47
2. O. Sauter et al Proc. Joint Varenna-Lausanne Int. Workshop, 1999, 403
3. G. Pereversev et al Report IAE-5358/6, 1992, Kurchatov Institute, Moscow
4. A. Zvonkov et al Plasma Phys. Rep. 24, 1998, 389