Глобальные геодезические акустические моды в токамаке в рамках двужидкостной мГД

И.В. Хальзов

НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия, halzovi@mail.ru

Геодезические акустические моды (ГАМ) — низкочастотные электростатические осцилляции, наблюдаемые на многих токамаках как в омических, так и в L-режимах [1]. Считается, что ГАМ играют важную роль в турбулентном транспорте в токамаках, к тому же ГАМ могут использоваться для МГД спектроскопии плазмы. Этим объясняется повышенный интерес к изучению ГАМ. Одна из важных особенностей экспериментально наблюдаемых ГАМ заключается в их глобальном характере, т.е. данные осцилляции обладают определенной частотой во всем объеме плазмы. В рамках идеальной одножидкостной МГД глобальные ГАМ были найдены численно [2] и аналитически [3] для плазмы со специфическими профилями температуры и магнитного поля, не вполне соответствующими обычным условиям экспериментов. Однако удовлетворительной теории, объясняющей глобальность ГАМ для типичных профилей экспериментальных разрядов, до сих пор не построено.

В данной работе глобальные ГАМ исследованы в рамках двужидкостной МГД. Показано, что для токамака с большим аспектным отношением, холодными ионами и круглыми концентрическими магнитными поверхностями низкочастотные осесимметричные колебания электронного давления $\tilde{p}$ описываются уравнением:

$$ω^{2}\tilde{p}=\frac{C\_{S}^{2}(r)}{R\_{0}^{2}}\left[2\tilde{p}\_{1s}\left(r\right)\sin(θ-\frac{1}{q^{2}(r)})\tilde{p}\_{θθ}^{''}-2iω\frac{R\_{0}}{rΩ\_{ci}}\left(\tilde{p}\_{θ}^{'}\cos(θ+r\tilde{p}\_{r}^{'}\sin(θ))\right)\right]. (1)$$

Здесь $ω$ — собственная частота колебаний, $C\_{S}$ – скорость звука, $R\_{0}$ – большой радиус, $q$— запас устойчивости, $Ω\_{ci}$ — ионная ларморовская частота на магнитной оси, $r$ — радиальная координата, $θ$— полоидальный угол. Член линейный по $ω$ обусловлен учетом двужидкостности, он отвечает за зацепление полоидальных гармоник и глобальность собственных мод. Уравнение (1) было решено численно для типичных экспериментальных профилей $C\_{S}(r)$ и $q(r)$. Найденные собственные частоты $ω$, соответствующие собственным решениям уравнения (1), всегда действительны и образуют дискретный спектр, что характерно для глобальных мод. Результаты расчетов хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект 14-22-00193).

Литература

1. Мельников А.В., Елисеев Л.Г., Лысенко С.Е., Перфилов С.В., Шурыгин Р.В., Крупник Л.И., Козачок А.С., Смоляков А.И. Письма в ЖЭТФ, 2014 г., т. 100, стр. 633.
2. Boswell C.J., Berk H.L., Borba D.N., Johnson T., Pinches S.D., Sharapov S.E. Physics Letters A, 2006, v. 358, p. 154.
3. Lakhin L.P., Sorokina E.A. Physics Letters A, 2014, v. 378, p. 535.