Исследование Мерсье устойчивости на стеллараторе Л-2М

Хольнов Ю.В., Щепетов С.В.

Институт общей физики им А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, hol@fpl.gpi.ru

Инструментом воздействия на МГД-активность может быть прикладываемое извне перпендикулярное магнитное поле – Вп, которое позволяет менять магнитную конфигурацию с магнитной “ямой“, или магнитным “горбом”. В работе [1] приведены расчеты областей неустойчивостей идеальных МГД-мод. Для случая Вп = –4.0 Гс существует узкая зона, где критерий устойчивости Мерсье нарушается. В этом случае можно ожидать роста флюктуаций и ухудшения удержания плазмы.

В данной работе приведен анализ другой серии экспериментов в стеллараторе Л-2М в 2004 г. при нагреве с мощностью Pecrh ~ 200 кВт при наложении дополнительного поперечного поля Вп = –40 Гс, приводящего к сдвигу плазмы внутрь. В данном случае кроме основных диагностик использовались измерения магнитных зондов

Было выяснено, что при наложении поперечного поля Вп = –40 Гс:

a) Плотность – n , радиационные потери – Prad , плавающие потенциалы Vf и амплитуда флюктуации Vf на краю плазмы не меняются.

b) Несколько падает энергия плазмы W (с 400 Дж до 350 Дж) и температура Te, измеренная по излучению плазмы на 2-ой гармонике ЭЦР на частоте 74 ГГц. Изменение во времени энергии плазмы dW/dt в начале разряда, т.е. непосредственно после пробоя, растет одинаково как при Вп = –40 Гс, так и при Вп = 0. Далее величина dW/dt при Вп = –40 Гс начинает падать раньше, чем та же величина при Вп = 0, т.е. появляются дополнительные потери энергии плазмы при Вп = –40 Гс. Это объясняет несколько меньшую запасенную энергию плазмы при Вп = –40 Гс.

 c) Амплитуда МГД-колебаний, определяемая по сигналам магнитных зондов (пропорциональны dB/dt) с включенным постоянным поперечным магнитным полем Вп, примерно, в 2 раза больше, чем без поля. Спектр и когерентность МГД-колебаний при Вп = 0 находится в диапазоне 10 – 30 кГц, а при Вп = –40 Гс в диапазоне 25 – 50 кГц. Это объясняет, почему амплитуда МГД сигналов dB/dt при Вп = –40 Гс больше, чем при Вп = 0. Можно отметить, что при Вп = –40 Гс во временном интервале 55 – 57 мс на частоте 33 кГц наблюдается узкий спектр с шириной ~1 кГц. В этом диапазоне частот, как правило, возбуждается МГД-мода с тороидальным числом n = 1.

d) По резкому возрастанию плавающего потенциала Vf , измеряемого электрическим зондом, при поперечном поле Bп = –40 Гс разряд достигает края через 1 – 2 мс после пробоя, а без поперечного поля – через ~3 мс. Таким образом, скорость распространения «тепловой волны» при поперечном поле Bп = –40 Гс в ~ 1.5 раза больше, чем при Вп = 0.

MГД-колебания плазмы в начале разряда появляются, примерно, одновременно с изменениями плавающего потенциала. По нашим данным амплитуда МГД-колебаний определяется модой с отношением полоидального m и тороидального n чисел равным m/n = 2/1, и эта мода, возбуждаемая на резонансной поверхности с углом прокручивания ι/2π = 0.5, вероятно локализована в плазме на 1 – 2 см глубже положения электрического зонда.

Таким образом, на основании имеющихся экспериментальных данных можно утверждать, что поперечное поле Bп = –40 Гс приводит к заметному изменению конфигурации магнитного поля стелларатора, но сильного влияние на МГД-устойчивость плазмы не оказывает.

Литература

1. Д.К. Акулина, Г.М. Батанов, М.С. Бережецкий и др. О влиянии «Поперечного поля…», Физика плазмы, 2000, т. 26 № 1, с. 3 – 1.