

УДК 533.916

М.И.Патров (6 курс, каф. ФП), Ю.В.Петров, к.ф.-м.н., ст.н.с. ФТИ

ОСОБЕННОСТИ МГД НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ ПЛАЗМЕННОГО ШНУРА СФЕРИЧЕСКОГО ТОКАМАКА “ГЛОБУС-М”

Первый в России сферический токамак “Глобус-М”, построен в ФТИ им.А.Ф.Иоффе в марте 1999 года, большой радиус установки $R=0,36$ м, малый $a=0,24$ м (аспектное отношение $A=R/a=1,5$), проектная величина тока 0,5 МА [1]. Установки данного типа имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными токамаками, описанные, например, в [2].

Магнитогидродинамические (МГД) возмущения оказывают существенное влияние на разряд токамака и являются одной из основных причин ухудшения удержания плазмы и даже могут приводить к срыву. Исследования МГД возмущений различных стадий разряда позволяют оптимизировать ход последнего, а также более детально изучить процессы в плазме токамака, обуславливающие развитие тех или иных конфигураций МГД возмущений.

Исследование МГД возмущений плазмы традиционных токамаков начаты в 60-е годы. Примерно в тот же период времени были проведены эксперименты по определению азимутальных чисел винтовых возмущений $m=2...13$ в течение одного разряда, где последовательные цуги колебаний на магнитных зондах означали последовательную схему резонансных возмущений [3].

Конфигурация магнитных винтовых возмущений в токамаках с малым аспектным отношением резко отличается от конфигураций в традиционных токамаках и, в первую очередь, асимметрией, возникающей вследствие наличия резко неоднородного тороидального магнитного поля. В настоящее время, на токамаках с малым аспектным отношением исследования структуры МГД возмущений проведены в недостаточном объеме, авторы ограничиваются теоретическими представлениями. Данная работа представляет первые результаты, полученные в ходе экспериментов на токамаке “Глобус-М”, проведенные с использованием линейки магнитных зондов (зондов Мирнова), расположенных по полоидальному обходу.

Диагностическая система сферического токамака “Глобус-М” используемая для исследований МГД возмущений состоит из массива полоидальных зондов (включающий 28 зондов) и двух зондов удаленных друг от друга на 120° по тороидальному обходу. Все зонды имели одинаковые электротехнические характеристики, скин-эффект и наведенные шумы ограничивали рабочую полосу частот величиной: $0...20$ кГц.

Целью настоящей работы являлось:

Исследование конфигураций магнитных винтовых возмущений.

Проследить последовательную смену резонансных возмущений при сменяющихся цугах колебаний.

Исследовать развитие МГД возмущений в финальной стадии разряда.

Осциллограммы разряда с последовательными цугами колебаний представлены на рис. 1 (верхняя осциллограмма – ток плазмы, нижняя – сигнал одного из зондов Мирнова). На представленной осциллограмме зонда можно заметить несколько последовательных цугов колебаний (135...145 мс). На основании простейшего корреляционного анализа [4], удалось восстановить конфигурации возмущений в некоторые из моментов времени цугов колебаний (141,062 мс, 143,652 мс, рис. 2). Частота колебаний, регистрируемых на зондах расположенных на внутреннем и внешнем большом радиусе токамака отличается. Колебания соответствующие данной моде выделялись усреднением.

Величина запаса устойчивости q , соответствующая отношению: $q=m/n$ (m – азимутальное, n – продольное числа) может быть найдена из расчета по коду равновесия плазменного шнура токамака. Показания зондов расположенных в тороидальном направлении позволяли судить о том, что в исследуемые моменты времени разряда, величина $n=1$. Таким образом, величина q найденная расчетом по коду равновесия и определенная экспериментально оказываются совпадающими и равна 2 и 3 соответственно (рис. 1).

Выводы. В результате впервые проведенных исследований магнитных винтовых конфигураций сферического токамака “Глобус-М”:

Обнаружена асимметрия винтовых конфигураций по полоидальному обходу. Подобная асимметрия является следствием неоднородного магнитного поля.

В соответствии с аналогичными ранними исследованиями [3] на традиционных токамаках, замечена смена номера моды при последовательно сменяющихся цугах колебаний. Номер моды находится в соответствии с расчетом равновесия – величиной запаса устойчивости q (см. рис. 1).

Последний факт свидетельствует о том, что исследование конфигураций МГД возмущений возможен с достаточной достоверностью, даже при достаточно зашумленных сигналах зондов Мирнова, что особенно актуально для исследований плазмы токамака “Глобус-М”, где зачастую величина тока плазмы не превышает 150 – 200 кА и, соответственно, амплитуды сигналов зондов также невелики.

В заключении авторы выражают благодарность сотрудникам НИИЭФА им.Ефремова за изготовленный ими массив зондов, Р.Г.Левина за расчет по коду равновесия, а также всех сотрудников группы токамака “Глобус-М”.

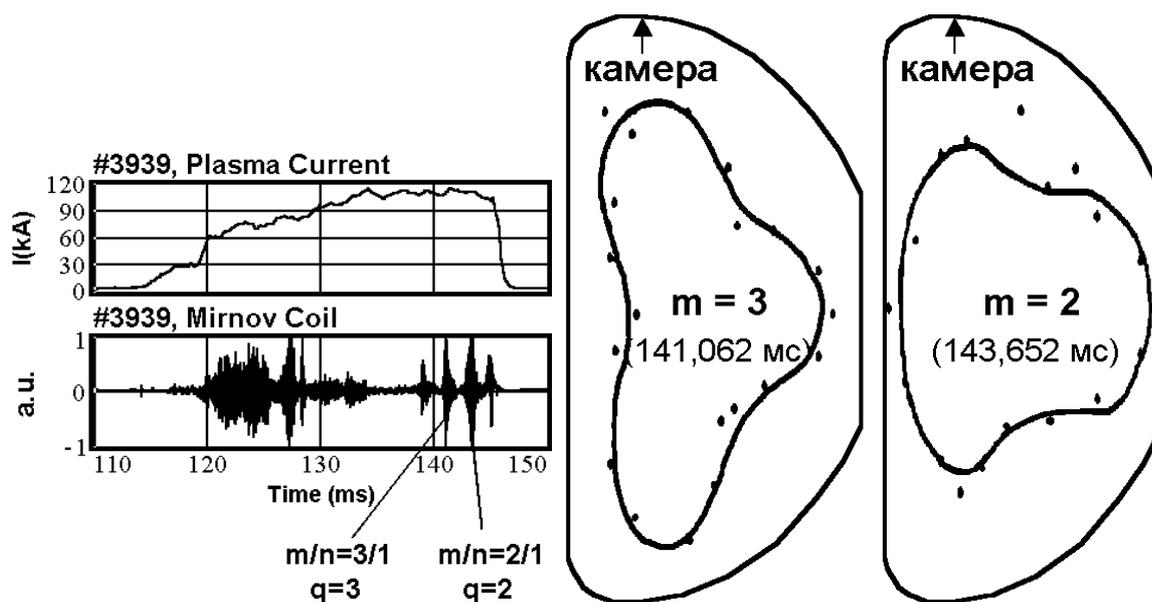


Рис. 1. Осциллограммы разряда #3939.

Рис. 2. Восстановленный вид мод $m=3, 2$

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.К.Гусев и др., ЖТФ, т.69, вып.9, 1999.
2. Y.-K.M.Peng, D.J.Strickler, Nucl. Fusion, vol. 26, 1986.
3. С.В.Мирнов, И.Б.Семенов, Физ. плазмы, Т.4, вып.1, 1978.
4. Ф.Г.Лангэ. Корреляционная Электроника. Л.: Судпромгиз, 1963.