

УДК 621.039

И.Н.Шестериков (6 курс, каф ФП), В.Г.Капралов, к.ф.-м.н., доц.

ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОИДАЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ ПЛАЗМЫ В ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М С ПОМОЩЬЮ БОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Целью работы является проверка возможности регистрации макроскопических движений плазмы в токамаке, например, полоидального вращения, с помощью корреляционной обработки сигналов многоканального болометра. Типичный вид сигнала болометра представлен на рис. 1. Временная задержка τ сигналов определяется по взаимному смещению кросскорреляционной и автокорреляционной кривых. Зная геометрию токамака, по временной задержке τ можно оценить и скорость вращения плазмы.

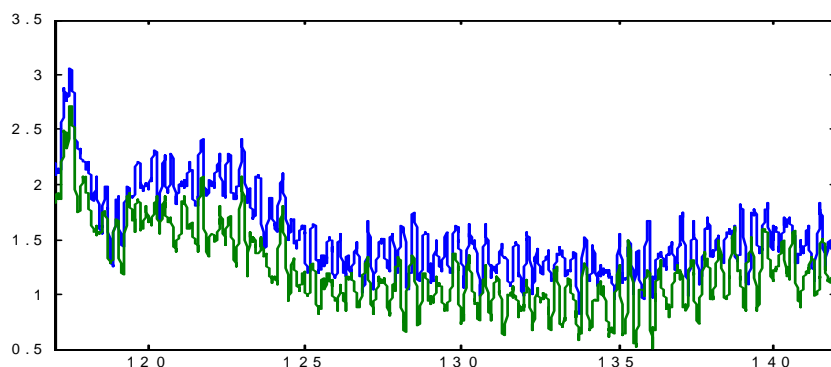


Рис.1. Сигнал болометра в разряде №06321

Альтернативными, но более дорогостоящими, методами диагностики скорости вращения являются штарковская диагностика электрического поля, приводящего к вращению плазмы, и рефлектометрия.

Известно, что корреляционный коэффициент является мерой линейной зависимости двух сигналов [1]. Зависимыми сигналы можно считать, если корреляционный коэффициент превышает значение 0.7. Временное окно, в котором производилась корреляционная обработка, выбиралось достаточно малое по сравнению с длительностью разряда, но достаточно большое для возможности подсчета в нем коэффициентов корреляции. В пределах данного окна проводился расчет кросскорреляционной и автокорреляционной функций. Скольжение корреляционного окна по времени позволяет определить временную эволюцию коэффициентов корреляции.

В автокорреляционной функции вычисляется корреляция сигнала по отношению к самому себе. Кросскорреляционная функция вычисляется для двух разных сигналов. В нашем случае, т.к. сигналы представляют интеграл излучения плазмы по разным хордам наблюдения, графики автокорреляционной и кросскорреляционной функций имеют одинаковую форму, но смещены друг относительно друга за счет движения источников излучения, последовательно попадающих в поле зрения разных каналов болометра. Величина этого смещения и определяет временную задержку между сигналами двух каналов болометра.

Исходные сигналы болометра сильно зашумлены, что порождает необходимость проведения Фурье-фильтрации сигнала. Перед проведением корреляционного анализа сигналов проводилась отсечка всех гармоник Фурье-спектра выше 4 кГц. Типичный вид сигнала, получаемый после Фурье-фильтрации сигнала, показан на рис. 2. На этом же рисунке приведена характерная эволюция временной задержки между сигналами. На этой зависимости указаны интервалы погрешности. Если задержка становится сопоставимой с погрешностью измерений, то скорость вращения оценить не удастся. После обработки разряда 06321 получена зависимость скорости вращения, представленная на рис. 3.

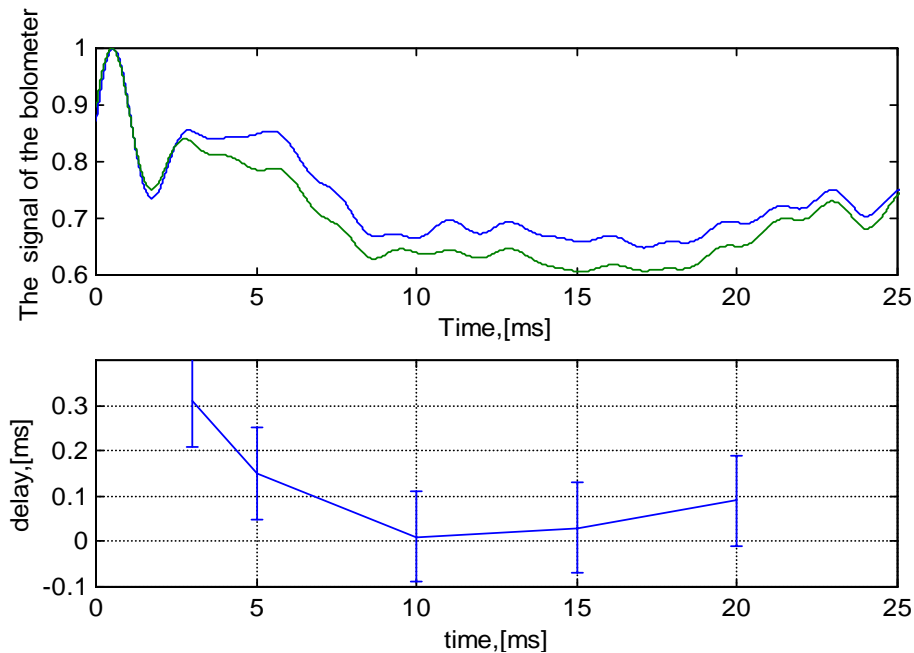


Рис. 2. Усредненная зависимость временной задержки от времени

Поскольку на данный момент используется только два канала болометра, данная методика не претендует на локальность измерений. Однако, увеличив количество приемников, установив их в двух и более ракурсах и выполнив топографическую реконструкцию, станет возможным измерить и профиль скорости полоидального вращения плазмы.

По результатам обработки многих разрядов можно сделать выводы:

- 1 В работе предложена методика измерения движения плазмы, применимость которой проверяется на обработке сигналов с болометрической камеры-обскуры.
- 2 Можно определить характерный вид зависимости скорости вращения от времени, который соответствует изображенному на рис. 3.
- 3 Можно оценить скорость вращения на начальной фазе разряда до того момента времени, пока величина временной задержки между сигналами не стала меньше величины погрешности.
- 4 Необходимо усовершенствовать болометрическую диагностику с целью улучшения пространственного разрешения и соотношения сигнал-шум.

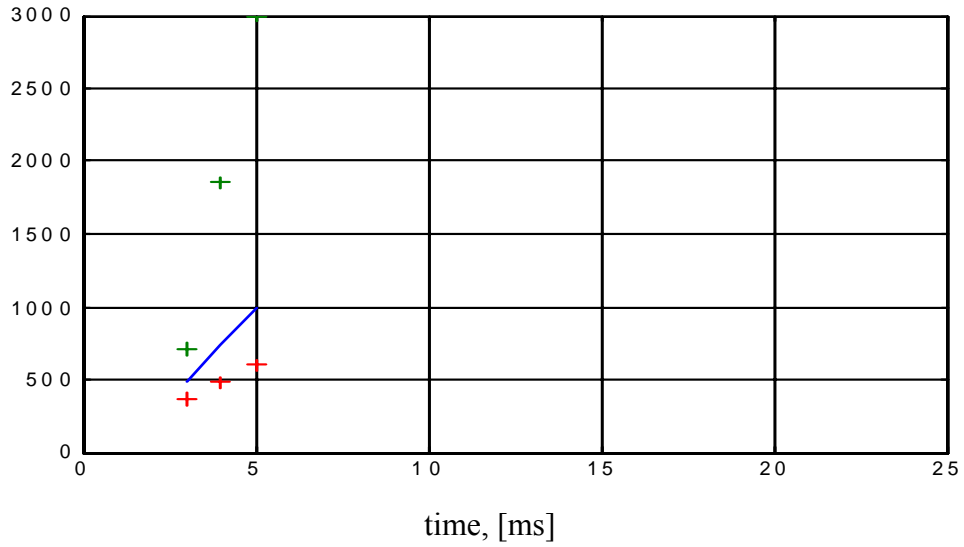


Рис. 3. Усредненная зависимость скорости полоидального вращения от времени

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вентцель Л.Г. Теория вероятности. Москва. Издательство МГТУ.
2. V.G.Kapralov, P.G.Gabdullin, A.S.Smirnov et al., Bolometer measurements on Globus-M tokamak.30 EPS Conf. on Pl. Phys. and Cont. Fus., 07-11.07.03, St-Petersburg, P.4,77.