

Теоретический расчёт параметров катушки [4] показал, что 100-витковая катушка с указанными геометрическими параметрами и разрядность используемого АЦП позволят детектировать на частоте 20 кГц возмущения магнитного поля амплитудой от 1 мкТл, а собственная резонансная частота системы составит более 1 МГц. Тогда можно пренебречь паразитной ёмкостью системы и использовать для пересчёта напряжения на АЦП $U(t)$ в величину магнитного поля в катушке $B(t)$ выражение

$$B(t) = B(0) + \frac{1}{S_{эфф}} \left[\frac{L_p}{z_0} (U(t) - U(0)) + \left(1 + \frac{R_p}{z_0} \right) \int_0^t U(\tau) d\tau \right], \quad (1)$$

где $S_{эфф}$ – эффективная площадь, L_p – собственная индуктивность, R_p – активное сопротивление катушки, $Z_0 = 51$ Ом – входное сопротивление АЦП (согласовано с волновым сопротивлением соединительного кабеля).

Для калибровки катушек использовался стенд (рис. 2а) из конденсатора МБВГ 500 В, $C = 160$ мкФ (1), катушек Гельмгольца из 2х30 витков, $R_H = 8$ см (2), эталонной катушки из 10 витков, $R_C = 8$ см (3), измерителя тока HASS 300-S (4), калибруемой измерительной катушки (5). При разрядке конденсатора в центре катушек Гельмгольца создаётся импульсное магнитное поле с высокой степенью однородности. Величина магнитного поля пересчитывается из показаний АЦП по формуле (1) для эталонной катушки с известной эффективной площадью и для калибруемой катушки (значения индуктивности и активного сопротивления катушек определяются с помощью измерителя иммитанса). Совпадение сигналов достигается подбором значения $S_{эфф}$ для калибруемой катушки (рис. 2б). В результате калибровки было получено значение эффективной площади катушек $S_{эфф} \sim 25$ см² с относительной погрешностью менее 1%. После калибровки измерительная система была установлена в центральную секцию СМОЛА.

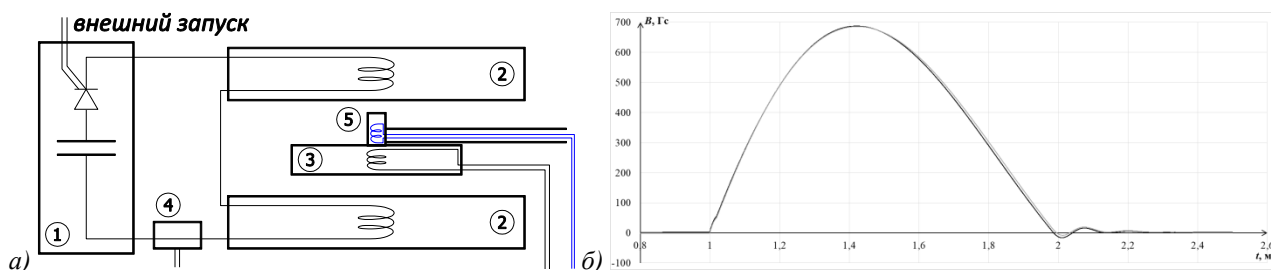


рис. 2. а) Схема калибровочного стенда. б) Пример пересчёта показаний АЦП в индукцию магнитного поля: серая линия – по эталонной катушке; чёрная линия – по измерительной катушке. Совпадение показаний достигнуто подбором $S_{эфф}$.

По значениям азимутального магнитного поля в 12 координатах восстанавливается азимутальная структура возмущения продольного тока в установке до 5 моды включительно. Для исследования возмущений применяется оконное преобразование Фурье и сингулярное разложение. В докладе представлены математические методы интерпретации сигнала магнитной измерительной системы и результаты исследования пространственной структуры тока в плазменном шнуре установки.

Список публикаций:

- [1] A. D. Beklemishev // *Fusion Sci. Technol.* 63 (1T) (2013) 355–357.
- [2] A. V. Sudnikov et al. // *Fusion Engineering and Design.* 122, 85 (2017).
- [3] A. V. Sudnikov et al. // *Plasma and Fusion Res.* 14, 2402023 (2019).
- [4] M. J. Hole et al. // *Rev. Sci. Instrum.* 80, 123507 (2009).

Измерение распределения заряда по поверхности барабана коронного сепаратора с импульсным генератором напряжения

Лосев Тимофей Сергеевич

Матусевич Леонид Петрович

Уральский федеральный университет

Чепусов Александр Сергеевич, к.т.н.

tslosev@urfu.ru

Коронные барабанные сепараторы применяются для обогащения измельченной породы. При прохождении через сепаратор происходит разделение проводящей и непроводящей фракций. Одним из преимуществ коронных барабанных сепараторов является то, что разделение материалов происходит на разных сторонах барабана, что способствует более эффективной сепарации [1]. Но устройства с постоянным

источником напряжения обладают низкой производительностью: эффективность переноса заряда зависит от напряжения на коронирующем электроде (КЭ), а электрическая прочность воздушного промежутка «электрод-барабан» существенно ограничивает этот параметр. Использование генераторов наносекундных импульсов напряжения позволяет увеличить рабочее напряжение, повысить эффективность переноса заряда на породе и увеличить производительность устройства. Одним из направлений исследований параметров импульсного коронного сепаратора является влияние формы КЭ на его характеристики.

Для определения оптимальной формы коронирующего электрода, проведены измерения распределения заряда, попадающего на барабан, по его поверхности. Измерения проводились для катодов различной формы (рис. 1): форма рамки и спирали (рис. 1а, в) предназначена для создания равномерного электрического поля, охватывающего максимальную рабочую зону, прямая проволока (рис. 1б) – классическая форма КЭ. Для получения сигнала и последующего вычисления заряда по барабану использован датчик, роль которого выполняет прямоугольная медная пластина размером 15x1 см на текстолитовой подложке. Экспериментальные результаты получены для углов положения датчика в диапазоне от -60° до 90° с шагом 5° (рис. 2).

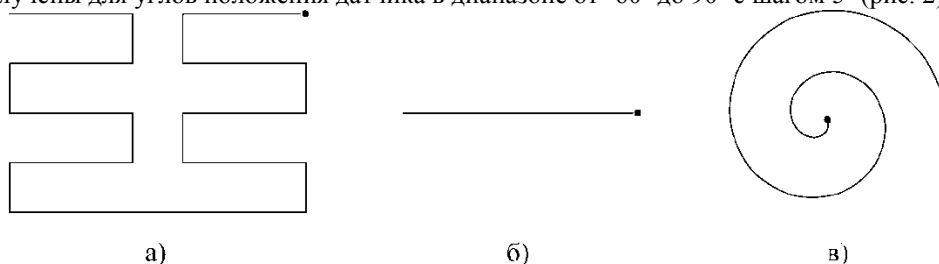


рис. 1. Формы коронирующего электрода: а - рамка, б – прямая проволока, в – спираль. Черные точки отмечают место подключения к источнику напряжения

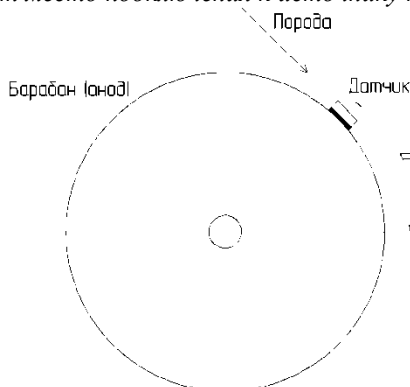


рис. 2. Схема размещения датчика. а - угол положения датчика

Когда заряды попадают на датчик, они накапливаются на конденсаторе, подключенному последовательно к нему. Это приводит к изменению напряжения на конденсаторе. Так как заряд на конденсаторе есть функция напряжения, то можно установить количество заряда, прошедшего через датчик.

Получаемые длительность, амплитуда и форма импульса меняются от разряда к разряду, поэтому в качестве окончательного сигнала принят усредненный по выборке из 16 импульсов с частотой 1 Гц. Такой подход позволяет получить достоверный результат при высокой скорости проведения измерений.

В качестве длительности импульса использовано время между двумя точками, соответствующими 5% от максимального значения напряжения. В основе обработки экспериментальных данных лежит теорема о среднем: полученный сигнал интегрируется по времени и делится на длительность импульса. Таким образом осуществляется переход к эквивалентному постоянному заряду.

При проведении измерений на катодах прямой и спиральной форм осциллограф был подключен к конденсатору через резистивный делитель напряжения с коэффициентом деления 4.6, так как амплитуда получаемого импульса превышала предел измерения осциллографа.

Результаты проведенных исследований приведены на рис. 3. По результатам обработки экспериментальных данных можно сделать вывод, что различные КЭ дают разные распределения заряда. Распределение для формы «рамка» (рис. 3а) имеет широкий спектр с 2 выраженными максимумами. «Прямая» и «спираль» дают узкий спектр с высокой интенсивностью и максимумом в области 50 и 35 градусов соответственно. Наиболее подходящей формой КЭ для электросепарации является «рамка», так как электрическое поле наиболее однородно. Дальнейший план работ включает изучение влияния КЭ на эффективность и режим работы сепаратора.

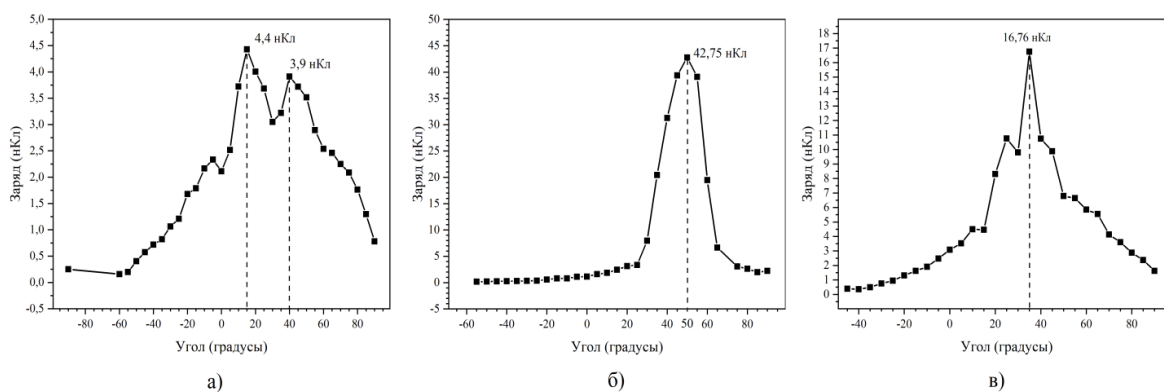


рис. 3. График распределения эквивалентного постоянного заряда по поверхности барабана для электрода с формой а) "рамка", б) прямая проволока, в) спираль

Список публикаций:

[1] Курец В. И. // Электроимпульсная дезинтеграция материалов. Апатиты: Изд-во. Кольск.науч.центра, 2002. С. 83.

Экспериментальное измерение индуктивности плазмы лампы-вспышки для накачки твердотельного лазера

Нигаматова Ляйсан Наилевна

Башкирский государственный университет

Вальшин Алыс Мустафович

nigamatovalajsan@gmail.com

Для диагностики и измерения характеристик плазмы необходимо определить значения полного разрядного тока, напряжения на разрядном промежутке, размеры светящихся областей плазмы, а также среднюю проводимость и среднюю электрическую мощность в разряде. Значение импеданса плазмы существенно влияет на точность измерения этих параметров.

В работах [1-5] рассмотрены различные варианты импеданса плазмы. Значения импеданса плазмы, как правило, обозначены в виде чистого активного сопротивления, или как активного сопротивления и индуктивности, величина которой сравнима с индуктивностью проволоки, заменяющей по геометрическим размерам плазменный шнур.

Целью данной работы является экспериментальные измерения индуктивной составляющей импеданса плазмы лампы-вспышки твердотельного лазера.

Экспериментальная установка включает в себя 2 блока: блок дежурной дуги (ВЧГ-1) и блок ВЧ накачки (ВЧГ-2). В блоке высокочастотной дежурной дуги вырабатываются ВЧ колебания амплитудой более 6 кВ, достаточные для пробития лампы и зажигания дежурной дуги.

После зажигания дуги мы подключаем ВЧГ-2 к лампе, при этом выход ВЧГ-2 подключается к лампе через последовательный колебательный контур, т.е. колебательный контур состоит из последовательно соединенных известной емкости, индуктивности и индуктивности лампы. Настроив частоту колебательного контура на резонанс при зажженной лампе и без лампы (заменяя лампу на эквивалентное сопротивление этой же лампы) определяем разницу частот. Далее вычисляем приращение индуктивности, соответствующее индуктивности зажженной лампы.

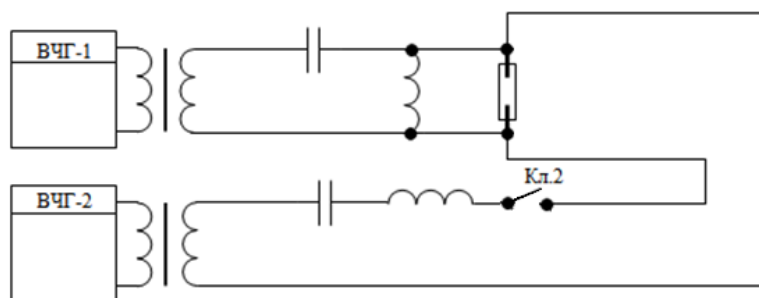


рис.1. Схема экспериментальной установки