

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201792489 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2018.02.28

(51) Int. Cl. G21B 1/05 (2006.01)
G21B 1/00 (2006.01)
G21B 1/03 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2016.05.09

(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ

(31) 62/160,421

(32) 2015.05.12

(33) US

(86) PCT/US2016/031539

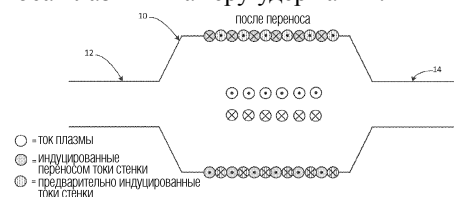
(87) WO 2016/183036 2016.11.17

(71) Заявитель:
ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Рат Николаус (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предложены системы и способы для уменьшения амплитуды нежелательных вихревых токов в проводящих структурах, например, индуцированных переносом FRC в камеру удержания, без затрагивания при этом полезных вихревых токов. Это достигается путем индуцирования противоположных токов в тех же проводящих структурах до переноса плазмы в камеру удержания.



201792489

A1

A1

201792489

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-545891EA/026

СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ

Область изобретения

[0001] Объект изобретения, описанный здесь, относится в целом к системам магнитного удержания плазмы и, более конкретно, к системам и способам, которые облегчают подавление нежелательных вихревых токов.

Предпосылки изобретения

[0002] Поле с обращенной магнитной конфигурацией (FRC) принадлежит классу топологий магнитного удержания плазмы, известных как компактные тороиды (СТ). Она демонстрирует преимущественно полоидальные магнитные поля и обладает нулевыми или малыми самогенерируемыми тороидальными полями (см. M. Tuszewski, Nucl. Fusion 28, 2033 (1988)). Традиционный способ формирования FRC использует технологию обращения поля в θ -пинче, создающую горячие высокоплотные плазмы (см. A. L. Hoffman et al., Nucl. Fusion 33, 27 (1993)). Разновидностью этого является способ захвата-переноса, в котором плазма, созданная в «источнике» тета-пинча, практически сразу выталкивается с одного конца в камеру удержания. Затем переносимый плазмод захватывается между двумя сильными зеркалами на концах камеры (см., например, H. Himura et al., Phys. Plasmas 2, 191 (1995)).

[0003] Значительный прогресс был достигнут в последнее десятилетие в разработке других способов формирования FRC: путем слияния сферомаков с противоположно направленными спиральностями (см., например, Y. Ono et al., Nucl. Fusion 39, 2001 (1999)) и путем тока возбуждения с вращающимися магнитными полями (RMF) (см., например, I. R. Jones, Phys. Plasmas 6, 1950 (1999)), что также обеспечивает дополнительную устойчивость. В последнее время технология столкновения-слияния, предложенная давно (см., например, D. R. Wells, Phys. Fluids 9, 1010 (1966)), была значительно усовершенствована: два отдельных тета-пинча на противоположных концах камеры удержания одновременно генерируют два плазмоида и ускоряют эти плазмойды друг к другу при высокой скорости; затем они сталкиваются в центре камеры удержания и сливаются с образованием соединенного FRC. Было показано, что при разработке и успешном осуществлении одного из крупнейших на сегодняшний день FRC-экспериментов обычный способ столкновения-слияния дает стабильные, долгоживущие, высокотемпературные FRC с высокой плотностью потока (см., например, M. Binderbauer et al., Phys. Rev. Lett. 105, 045003 (2010)).

[0004] Когда FRC переносится в секцию удержания, она индуцирует вихревые токи в любой проводящей структуре в своей окрестности (например, стенки сосуда или проводящие компоненты в сосуде). Эти вихревые токи оказывают влияние на состояние плазмы и затухают со временем, тем самым способствуя непрерывной эволюции плазмы и предотвращая любое устойчивое состояние до тех пор, пока они не затухнут до незначительных величин. Если проводящие структуры не являются осесимметричными (что обычно имеет место), вихревые токи разрушают осевую симметрию FRC. В целом такие индуцированные переносом вихревые токи нежелательны. Их начальное возбуждение накладывает ограничения на форму плазмы и, тем самым, ограничивает способность проводящих структур обеспечивать пассивную стабилизацию неустойчивостей плазмы, а их затухание со временем усложняет управление плазмой, требуя непрерывной компенсации даже в отсутствие неустойчивостей плазмы. Кроме того, любые благоприятные эффекты индуцированных переносом вихревых токов могут быть также обеспечены подходящими корректировками равновесного магнитного поля.

[0005] Индуцированные переносом вихревые токи не являются единственным типом вихревых токов, возникающих во время экспериментов. Неустойчивости плазмы могут возбуждать вихревые токи, которые уменьшают скорость роста неустойчивости и, таким образом, желательны. Вихревые токи также возникают в ответ на нарастание тока пучка нейтральных частиц.

[0006] Время жизни плазмы в других FRC-экспериментах обычно ограничивалось значениями, значительно меньшими, чем резистивные масштабы времени проводящей стенки, поэтому зависящие от времени вихревые токи не представляли каких-либо практических проблем и не получали большого внимания.

[0007] Одной из соответствующих методик для предотвращения возбуждения индуцированных переносом вихревых токов является использование изолирующих осевых «зазоров» в сосуде для предотвращения возбуждения осесимметричных вихревых токов. Недостатком этого способа является то, что он требует структурных изменений проводящего сосуда и что вихревые токи не ослабляются, а осесимметричные токи преобразуются в трехмерные токи. Это, таким образом, усугубляет неблагоприятные эффекты от трехмерных полей, а также делает стенку непригодной для пассивной стабилизации осесимметричных неустойчивостей плазмы.

[0008] Трехмерные поля ошибок часто корректируются с помощью катушек коррекции полей ошибок, которые сами по себе не являются осесимметричными. В лучшем случае такие катушки могут устранять столько гармоник, сколько имеется катушек, но они, как правило, вносят новые ошибки в оставшиеся гармоники и должны

иметь возможность следить за любыми временными изменениями полей ошибок во время эксперимента.

[0009] В связи с этим желательно обеспечить системы и способы, которые облегчают уменьшение или устранение нежелательных вихревых токов.

Сущность изобретения

[0010] Варианты осуществления, приведенные здесь, направлены на системы и способы, которые облегчают уменьшение амплитуды нежелательных вихревых токов (токов стенки), например, индуцированных переносом вихревых токов, таких как вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазмы, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Уменьшение амплитуды нежелательных вихревых токов достигается за счет индуцирования противоположных токов в тех же структурах до переноса плазмы, например, с использованием активных катушек. Если измеряется как тангенциальная, так и нормальная составляющие полного магнитного поля на поверхности, отделяющей плазму от проводящих структур, то поле может быть разложено на составляющие, создаваемые плазмой, и составляющие, создаваемые внешними токами (например, равновесными токами катушек). При вычитании известных полей из внешних катушек остается поле, обусловленное вихревым током. Соответствующее распределение вихревых токов может быть реконструировано из временной эволюции этого поля. При известном распределении вихревых токов активные катушки используются для индуцирования аналогичного распределения с противоположным знаком до переноса плазмы в камеру. Вычисление необходимых токов катушек требует знания лишь геометрии активных катушек и пассивных структур. Когда плазма переносится в камеру удержания, два распределения вихревых токов накладываются и компенсируются. Чем точнее воспроизводится распределение вихревых токов, тем более полным является подавление.

[0011] Системы и способы, описанные здесь, эффективно:

- уменьшают изменяющиеся во времени внешние поля, обусловленные затуханием вихревых токов, которые мешают управлению плазмой
- уменьшают эффекты нарушения симметрии неосесимметричной стенки; поскольку как предварительно индуцированные, так и индуцированные переносом вихревые токи имеют одинаковую трехмерную структуру, трехмерные поля уменьшаются без потребности использовать неосесимметричные катушки; и
- обеспечивают установку плотно прилегающих, осесимметричных структур в сосуде для повышения пассивной стабилизации осесимметричных и неосесимметричных неустойчивостей.

[0012] Другие системы, способы, признаки и преимущества примерных вариантов осуществления будут или станут очевидными специалисту в области техники после изучения следующих чертежей и подробного описания.

Краткое описание чертежей

[0013] Детали иллюстративных вариантов осуществления, включая структуру и работу, могут быть частично получены в ходе изучения прилагаемых чертежей, на которых одинаковые ссылочные позиции относятся к одинаковым частям. Компоненты на чертежах необязательно представлены в масштабе, но с акцентом на иллюстрацию принципов изобретения. Более того, все иллюстрации предназначены для передачи концепций, при этом относительные размеры, формы и другие подробные атрибуты могут быть проиллюстрированы схематически, а не буквально или точно.

[0014] Фиг.1 представляет собой схему камеры или сосуда с трубами формирования, прикрепленными к противоположным концам, и осесимметричными катушками, расположенными по окружности стенки камеры для индуцирования вихревых токов в стенке камеры (токов стенки).

[0015] Фиг.1А представляет собой схему, показывающую систему управления, соединенную с системой активных катушек и системой формирования.

[0016] Фиг.2 представляет собой схему камеры и труб формирования на фиг.1 с плазмой, присутствующей в трубе формирования.

[0017] Фиг.3 представляет собой схему камеры и труб формирования на фиг.1 после переноса плазмы в камеру и с иллюстрацией индуцированных переносом вихревых токов, образованных в стенке камеры (индуцированных переносом токов стенки).

[0018] Фиг.4 представляет собой камеру и трубы формирования на фиг.1 до переноса плазмы в камеру с предварительно индуцированными вихревыми токами, образованными в стенке камеры (предварительно индуцированными токами стенки).

[0019] Фиг.5 представляет собой камеру и трубы формирования на фиг.1 после переноса плазмы в камеру и с иллюстрацией предварительно индуцированных и индуцированных переносом вихревых токов в стенке камеры (предварительно индуцированных и индуцированных переносом токов стенки).

[0020] Фиг.6 представляет собой камеру и трубы формирования на фиг.1 после переноса плазмы в камеру и с иллюстрацией индуцированных переносом вихревых токов в стенке камеры (индуцированных переносом токов стенки), подавленных предварительно индуцированными вихревыми токами в стенке камеры (предварительно индуцированными токами стенки).

[0021] Фиг.7 представляет собой график, показывающий смоделированное

распределение вихревых токов в осесимметричной стенке камеры (смоделированное распределение токов стенки) для трех (3) случаев: (1) без предварительно индуцированного, (2) с предварительно индуцированным и (3) с предварительно индуцированным и скорректированным вакуумным полем.

[0022] Следует отметить, что элементы подобных структур или функций, как правило, обозначены одинаковыми ссылочными позициями для иллюстративной цели на всех чертежах. Следует также отметить, что чертежи предназначены лишь для облегчения описания предпочтительных вариантов осуществления.

Подробное описание

[0023] Каждый из дополнительных признаков и идей, раскрытых ниже, может использоваться отдельно или в сочетании с другими признаками и идеями для обеспечения систем и способов, которые облегчают уменьшение амплитуды нежелательных вихревых токов (токов стенки), например, индуцированных переносом вихревых токов, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Типичные примеры вариантов осуществления, описанных здесь, примеры которых используют многие из этих дополнительных признаков и идей как отдельно, так и в сочетании, будут теперь описаны более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи. Это подробное описание предназначено только для того, чтобы обучить специалиста в данной области техники дополнительным деталям для практического применения предпочтительных аспектов настоящего изобретения, и не предназначено для ограничения объема изобретения. Поэтому комбинации признаков и этапов, раскрытых в следующем подробном описании, могут не потребоваться для практического использования изобретения в самом широком смысле, и между тем они представлены лишь для описания типичных примеров настоящего изобретения.

[0024] Более того, различные признаки типичных примеров и зависимых пунктов формулы изобретения могут быть объединены способами, которые не перечислены конкретно и ясно, для обеспечения дополнительных полезных вариантов осуществления настоящего изобретения. Кроме того, четко указывается, что все признаки, раскрытые в описании и/или формуле изобретения, предназначены быть раскрытыми отдельно и независимо друг от друга для целей первоначального раскрытия, а также с целью ограничения заявленного предмета изобретения независимо от составов признаков в вариантах осуществления и/или формуле изобретения. Также четко указывается, что все диапазоны значений или признаки групп элементов раскрывают все возможные промежуточные значения или промежуточные элементы для целей первоначального раскрытия, а также с целью ограничения заявленного предмета изобретения.

[0025] Варианты осуществления, приведенные здесь, направлены на системы, которые облегчают уменьшение амплитуды нежелательных вихревых токов, например, индуцированных переносом вихревых токов, таких как вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазмы, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазмы, не зависят от предшествующей конфигурации поля или от наличия предшествующих токов. Поэтому если токи, индуцированные переносом плазмы, являются нежелательными, их можно устранить путем создания равной и противоположной картины токов перед переносом плазмы.

[0026] На практике это может быть достигнуто, как показано на фиг.1, с помощью осесимметричных активных катушек 20, расположенных по окружности внутренней или внешней сторон сосуда 10. Плазма, такая как, например, FRC-плазма, формируется и переносится в среднюю плоскость сосуда 10 из труб 12 и 14 формирования, расположенных на противоположных концах сосуда 10. Подробное обсуждение систем и способов для формирования и поддержания FRC-плазмы представлено в опубликованной заявке РСТ № WO 2015048092, которая заявляет приоритет по предварительной заявке на патент США № 61/881874 и предварительной заявке на патент США № 62/001583, причем эти заявки включены в данный документ по ссылке, как если бы они были изложены полностью.

[0027] Как показано на фиг.1A, система 100 управления соединена с системой 200 активных катушек, содержащей активные катушки 20, источники питания и тому подобное, и с системой формирования, содержащей трубы 12 и 14 формирования, катушки или обручи, источники питания и тому подобное.

[0028] До переноса плазмы из труб 12 и 14 формирования катушки 20 активизируются и поддерживаются при постоянном токе до тех пор, пока все вихревые токи в стенке сосуда 10 не затухнут. В этот момент ток к катушкам 20 прерывается, и начинается процесс формирования плазмы. Прерывание тока к катушкам 20 будет возбуждать конкретное распределение вихревых токов в стенке сосуда 10 для сохранения потока через сосуд 10, пока последующая инъекция потока от переносимой плазмы не уменьшит вихревые токи в стенке сосуда 10 обратно к нулю. В качестве альтернативы катушки 20 могут быть быстро активизированы непосредственно перед переносом плазмы. В этом случае быстрая активизация создаст требуемое распределение вихревых токов в стенке сосуда 10, а последующая инъекция потока из перенесенной плазмы обратит вихревые токи обратно в нуль. После переноса токи в катушках 20 поддерживаются постоянными. Этот способ может быть использован, если характерное время затухания вихревых токов стенки 10 является достаточно медленным по сравнению

со скоростью, с которой катушки 20 могут быть активизированы. Подавление обычно может быть увеличено за счет оптимизации геометрии активных катушек, но даже при заданной геометрии активных катушек амплитуда вихревых токов может быть уменьшена.

[0029] Чтобы определить токи в активных катушках, которые максимизируют подавление вихревых токов, необходимо измерить распределение вихревых токов, вызываемое плазмой. Это может быть сделано путем измерения по меньшей мере двух составляющих магнитного поля в области между проводящими структурами и плазмой. С двумя известными составляющими магнитного поля магнитное поле может быть затем разделено на составляющие, обусловленные плазмой и внешними токами. Это легко увидеть в цилиндрической геометрии, т. е. для заданного числа мод m и фазы магнитный скалярный потенциал определяется двумя амплитудами, одна для члена, пропорционального r^m , а другая для члена, пропорционального r^{-m} . Наличие двух измерений магнитного поля в одной и той же пространственной точке позволяет найти оба коэффициента, и поле от плазмы тривиально отождествляется с членом, пропорциональным r^m . В более сложной геометрии математика не является такой простой, но может быть использована такая же процедура. С известной временной эволюцией как внутреннего, так и внешнего магнитных полей распределение токов в проводящих структурах может быть вычислено методом наименьших квадратов, подогнанным к модели цепи с конечным числом элементов.

[0030] Фиг.2-6 иллюстрируют основную идею уменьшения индуцированных переносом вихревых токов. Токи плазмы (закрашены белым), индуцированные плазмой токи стенки (закрашены серым) и предварительно индуцированные токи стенки (закрашены штриховкой) показаны на чертежах в двух этапах, то есть 1) до переноса и 2) после переноса. На фиг.2 и 3 токи стенки не были предварительно индуцированы в стенке сосуда 10, поэтому результирующий ток в стенке имеет ненулевое значение после переноса плазмы из труб 12 и 14 формирования. На фиг.4-6 некоторые токи были предварительно индуцированы в стенке сосуда 10. После переноса плазмы из труб 12 и 14 формирования результирующий ток в стенке становится равным нулю.

[0031] Применение предлагаемой методики было смоделировано с использованием LamyRidge, двухфлюидной программы моделирования, для оценки ее влияния на формирование и перенос плазмы. Фиг.7 показывает распределение вихревых токов в осесимметричной стенке по прошествии двухсот микросекунд (200 мкс) после формирования для трех разных случаев:

1) В случае 1 (--) компенсация вихревых токов не использовалась, что привело к

плазме с радиусом сепаратрисы 39 см и удлинением 2,5.

2) В случае 2 (-) (в точности) противоположная картина токов была наложена на стенку до начала формирования. Как и ожидалось, амплитуда вихревых токов в конце моделирования была уменьшена. Токи не компенсируются в точности, поскольку наличие предварительно индуцированных токов приводит к расширению плазмы, в результате чего она достигает радиуса 46 см с удлинением 2,0.

3) В случае 3 (-----) в дополнение к предварительному индуцированию вихревых токов в стенке камеры токи в катушках удержания регулируются для компенсации ослабленных вихревых токов. Другими словами, поле, создаваемое катушками удержания в случае 3 при $t=0$, теперь равно полю, создаваемому как катушками удержания, так и вихревыми токами в случае 1 при $t=200\mu\text{s}$. Это приводит к плазме, которая очень похожа на случай 1 (радиус 38 см, удлинение 2,5), но вихревые токи при этом уменьшены в 10 раз. Поэтому последующая эволюция этой плазмы гораздо меньше подвержена влиянию вихревых токов стенки, и, следовательно, ее легче контролировать и прогнозировать. Кроме того, за счет регулировки предварительно индуцированных токов стенки вместе с катушками удержания можно непосредственно управлять радиусом сепаратрисы плазмы.

Другие преимущества

[0032] Для стабилизации положения или формы FRC могут использоваться осесимметричные проводящие пассивные структуры внутри сосуда. Если вихревые токи предварительно индуцируются в пассивных структурах внутри сосуда способом, описанным выше, то пассивные структуры внутри сосуда могут быть установлены без оказания влияния на начальную форму и конфигурацию плазмы. Если, с другой стороны, никакие токи предварительно не индуцируются, то установка пассивных структур внутри сосуда уменьшит радиус FRC и, таким образом, уменьшит связь между пассивными структурами внутри сосуда и плазмой для приближения к той же силе связи, которая была ранее между стенкой сосуда и плазмой, пренебрегая большей частью преимуществ установки дополнительных компонентов в сосуд.

[0033] Аналогичный вопрос касается катушек управления. В тех случаях, когда катушки вне сосуда имеют недостаточную плазменную связь для стабилизации неустойчивостей плазмы и используются катушки внутри сосуда, катушки внутри сосуда должны быть защищены от плазмы, как правило, дополнительной внутренней стенкой. Если вихревые токи в этой стенке катушек внутри сосуда не будут устранены, они уменьшат радиус плазмы, и предполагаемое увеличение катушечно-плазменной связи будет уменьшено. Поэтому устранение вихревых токов увеличивает связь между катушками и плазмой и, таким образом, снижает требования как к току, так и напряжению

для катушек управления.

[0034] Из-за трехмерной формы сосуда любые индуцированные токи стенки будут нарушать осевую симметрию и потенциально уменьшать удержание, возбуждать неустойчивости или иным образом снижать эффективность. Катушки коррекции поля ошибок могут использоваться для уменьшения фиксированного количества конкретных гармоник, но сами по себе являются несимметричными и, следовательно, дополнительно усиливают другие гармоники боковой полосы. Устранение вихревых токов, как описано выше, напротив, требует только осесимметричных катушек, приводит к меньшему числу гармоник боковой полосы и не требует каких-либо токов в катушках после того, как плазма сформировалась.

[0035] Таким образом, предлагаемые системы и способы, приведенные здесь, увеличивают вероятность стабилизации неустойчивостей плазмы; повышают эффективность систем управления плазмой за счет улучшения связи со стенкой, уменьшают амплитуду нарушающих симметрию трехмерных полей и снижают сложность систем реального времени. До некоторой степени все эти преимущества также могут быть реализованы с очень небольшими затратами за счет повторного использования существующих катушечных систем. Наилучшие результаты могут быть достигнуты при учете устранения вихревых токов в размещении и проектировании катушек.

[0036] Иллюстративные варианты осуществления, приведенные здесь, преимущественно уменьшают изменяющиеся во времени внешние поля, обусловленные затуханием вихревых токов, которые мешают управлению плазмой; уменьшают нарушающие симметрию эффекты неосесимметричной стенки (поскольку как предварительно индуцированные, так и индуцированные переносом вихревые токи имеют одинаковую трехмерную структуру, трехмерные поля уменьшаются без использования неосесимметричных катушек) и позволяют установить плотно подогнанные, осесимметричные структуры внутри сосуда для повышения пассивной стабилизации осесимметричных и неосесимметричных неустойчивостей.

[0037] Однако иллюстративные варианты осуществления, приведенные здесь, выступают лишь в качестве иллюстративных примеров и никоим образом не ограничивающих.

[0038] В предшествующем описании изобретение было описано со ссылкой на его конкретные варианты осуществления. Однако будет очевидно, что могут быть сделаны различные модификации и изменения без отступления от более широкой сущности и объема изобретения. Например, читатель должен понимать, что конкретный порядок и комбинация действий процесса, показанных на диаграммах технологических процессов,

описанных здесь, являются лишь иллюстративными, если не указано иное, и изобретение может быть выполнено с использованием других или дополнительных действий процесса или с другой комбинацией или упорядочением действий процесса. В качестве другого примера каждый признак одного варианта осуществления может быть скомбинирован и сопоставлен с другими признаками, показанными в других вариантах осуществления. Признаки и процессы, известные специалистам, могут быть аналогично включены при необходимости. Дополнительно и очевидным образом признаки могут быть добавлены или исключены при необходимости. Соответственно, изобретение не должно ограничиваться, за исключением случаев, предусмотренных прилагаемой формулой изобретения и ее эквивалентами.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ уменьшения нежелательных вихревых токов, индуцированных в проводящей структуре, содержащий этапы:

индуцирования первого набора вихревых токов в проводящей структуре до индуцирования второго набора вихревых токов в проводящей структуре, при этом первый набор вихревых токов имеет распределение, практически равное и противоположное по знаку распределению второго набора вихревых токов, для существенного подавления второго набора вихревых токов при индуцировании второго набора вихревых токов в проводящей структуре.

2. Способ по п.1, причем проводящей структурой является стенка сосуда для удержания плазмы.

3. Способ по п.1, причем этап индуцирования вихревых токов в проводящей структуре включает в себя этапы

активизации и поддержания катушек вокруг проводящей структуры при постоянном токе до тех пор, пока в проводящей структуре не затухнут все вихревые токи, и

прерывания тока к катушкам, чтобы сделать возможным возбуждение первого набора вихревых токов в проводящих структурах при сохранении магнитного потока через структуры.

4. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап переноса плазмы в проводящую структуру, при этом переносимая плазма инжектирует поток в проводящую структуру, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

5. Способ по п.3, дополнительно содержащий этап переноса плазмы в проводящую структуру, при этом переносимая плазма инжектирует поток в проводящую структуру, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

6. Способ по п.1, причем этап индуцирования вихревых токов в проводящей структуре включает в себя этапы

активизации и поддержания катушек вокруг проводящей структуры при постоянном токе для создания первого набора вихревых токов в проводящей структуре и

переноса плазмы в проводящую структуру, при этом переносимая плазма инжектирует поток в проводящую структуру, который индуцирует второй набор вихревых токов в проводящей структуре, уменьшая амплитуду вихревых токов в проводящей структуре обратно к нулю.

7. Система для уменьшения нежелательных вихревых токов, индуцированных в стенке сосуда, содержащая:

сосуд, имеющий стенку и внутреннюю часть,

множество катушек, расположенных по окружности сосуда, и

систему управления, соединенную с упомянутым множеством катушек и выполненную с возможностью индуцировать первый набор вихревых токов в стенке сосуда до индуцирования второго набора вихревых токов в стенке сосуда, при этом первый набор вихревых токов имеет распределение, практически равное и противоположное по знаку распределению второго набора вихревых токов, для существенного подавления второго набора вихревых токов при индуцировании второго набора вихревых токов в стенке камеры.

8. Система по п.7, причем система управления дополнительно выполнена с возможностью активизации и поддержания упомянутого множества катушек при постоянном токе до тех пор, пока все вихревые токи в стенке сосуда не затухнут, а затем прерывания тока к упомянутому множеству катушек, чтобы сделать возможным возбуждение первого набора вихревых токов в стенке сосуда при сохранении потока через сосуд.

9. Система по п.8, дополнительно содержащая секцию формирования, прикрепленную к концу сосуда, при этом система управления дополнительно выполнена с возможностью переноса плазмы из секции формирования во внутреннюю часть сосуда, при этом переносимая плазма инжектирует поток в стенку сосуда, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

10. Система по п.7, причем система управления дополнительно выполнена с возможностью активизации и поддержания упомянутого множества катушек при постоянном токе для создания первого набора вихревых токов в проводящей структуре.

11. Система по п.10, дополнительно содержащая секцию формирования, прикрепленную к концу сосуда, при этом система управления дополнительно выполнена с возможностью переноса плазмы из секции формирования во внутреннюю часть сосуда, при этом переносимая плазма инжектирует поток в стенку сосуда, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

12. Способ уменьшения нежелательных вихревых токов, индуцированных в проводящей структуре, содержащий этапы:

индуцирования первого набора вихревых токов в стенке сосуда, имеющего стенку

и внутреннюю часть, до индуцирования второго набора вихревых токов в стенке сосуда, причем первый набор вихревых токов имеет распределение, практически равное и противоположное по знаку распределению второго набора вихревых токов, для существенного подавления второго набора вихревых токов при индуцировании второго набора вихревых токов в проводящей структуре.

13. Способ по п.12, причем этап индуцирования вихревых токов в стенке сосуда включает в себя этапы

активизации и поддержания множества катушек, расположенных вокруг стенки сосуда, при постоянном токе до тех пор, пока в проводящей структуре не затухнут все вихревые токи, и

прерывания тока к упомянутому множеству катушек, чтобы сделать возможным возбуждение первого набора вихревых токов в стенке сосуда при сохранении магнитного потока через стенку сосуда.

14. Способ по п.12, дополнительно содержащий этап переноса плазмы в сосуд, при этом переносимая плазма инжектирует поток в стенку сосуда, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

15. Способ по п.13, дополнительно содержащий этап переноса плазмы в сосуд, при этом переносимая плазма инжектирует поток в стенку сосуда, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

16. Способ по п.13, причем плазму переносят из противоположных секций формирования, прикрепленных к противоположным концам сосуда.

17. Способ по п.16, причем FRC-плазму формируют в противоположных секциях формирования и переносят в сосуд.

18. Способ по п.12, причем этап индуцирования вихревых токов в стенке сосуда включает в себя этапы

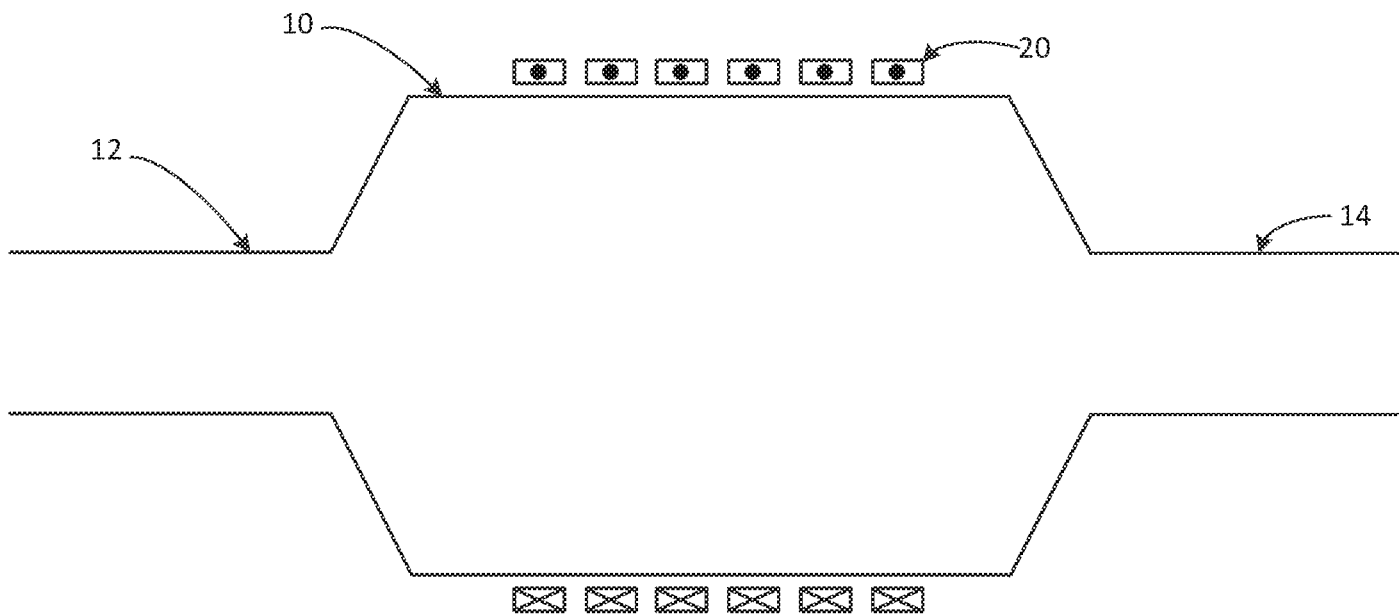
активизации и поддержания множества катушек, расположенных вокруг стенки сосуда, при постоянном токе для создания первого набора вихревых токов в стенке сосуда и

переноса плазмы в сосуд, при этом переносимая плазма инжектирует поток в стенку сосуда, который индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

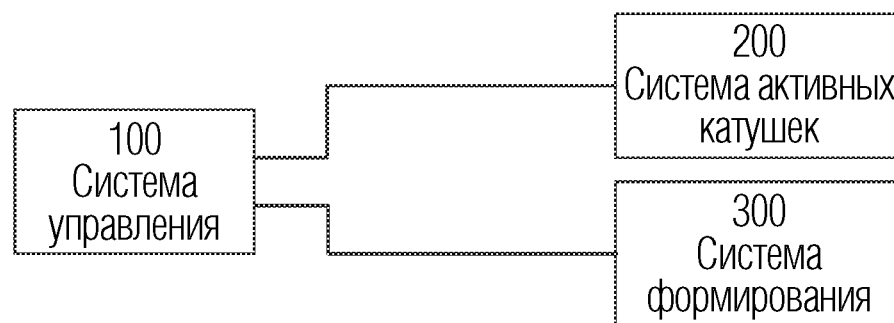
19. Способ по п.18, причем плазму переносят из противоположных секций формирования, прикрепленных к противоположным концам сосуда.

20. Способ по п.19, причем FRC-плазму формируют в противоположных секциях формирования и переносят в сосуд.

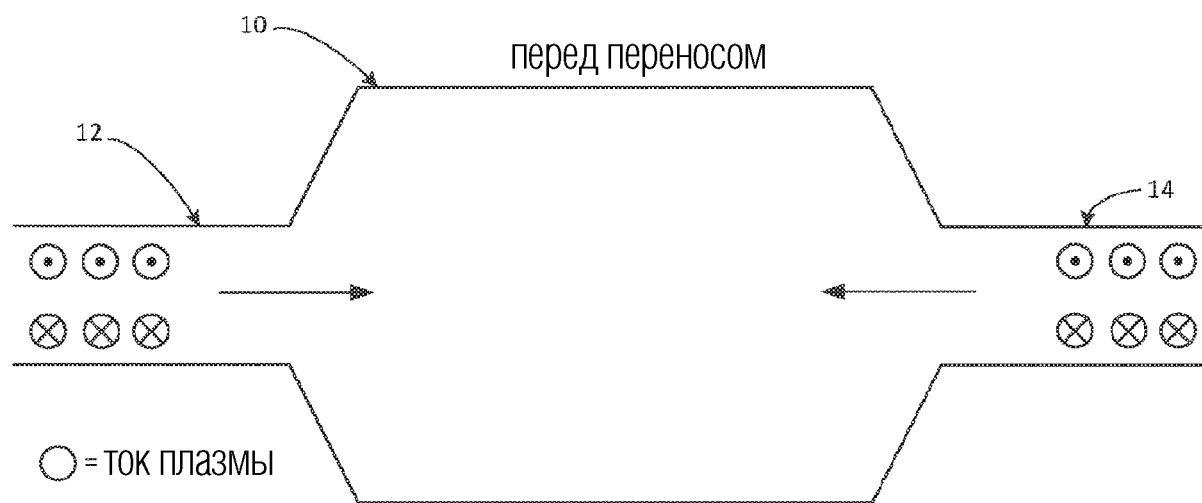
По доверенности



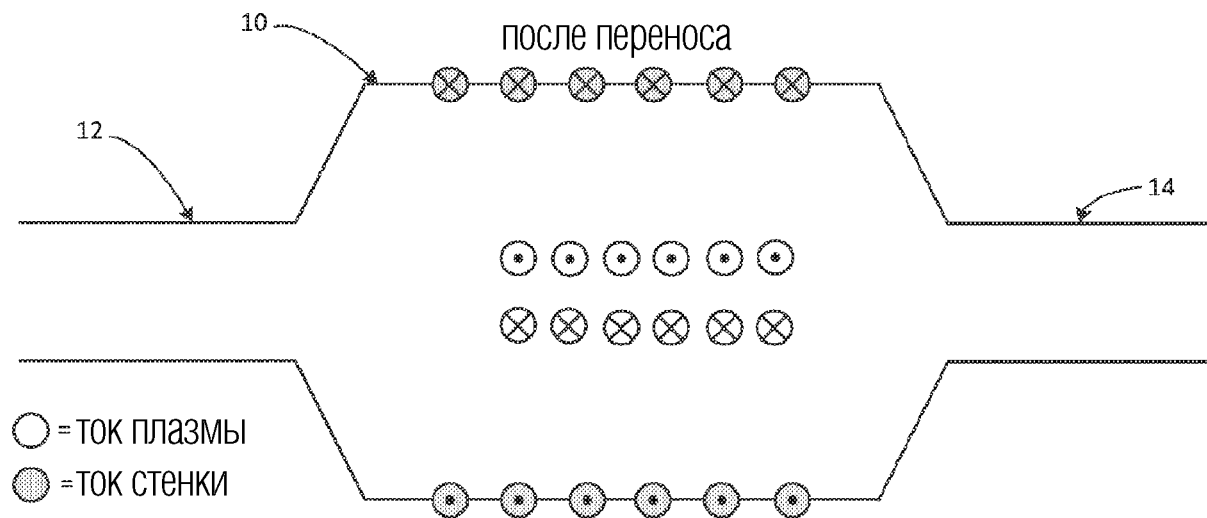
ФИГ. 1



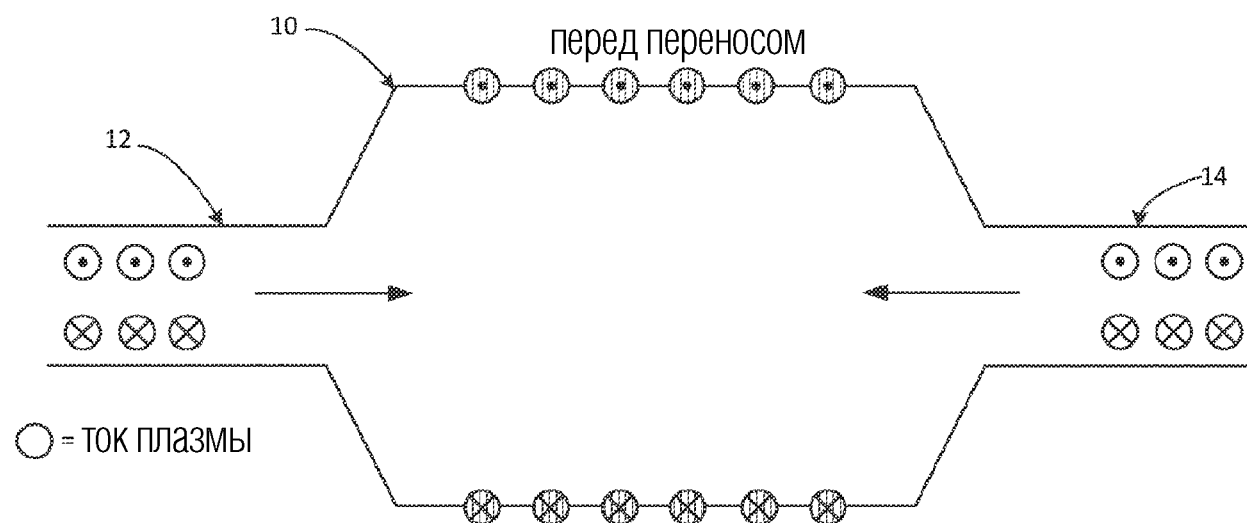
ФИГ. 1А



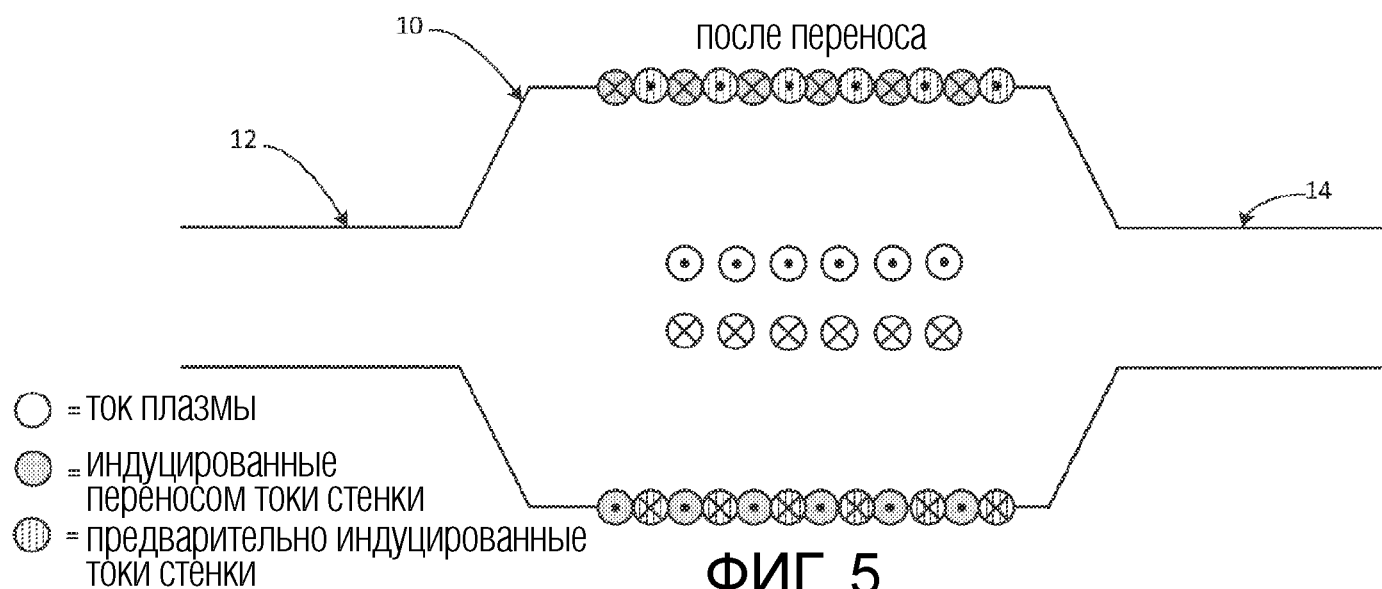
ФИГ. 2



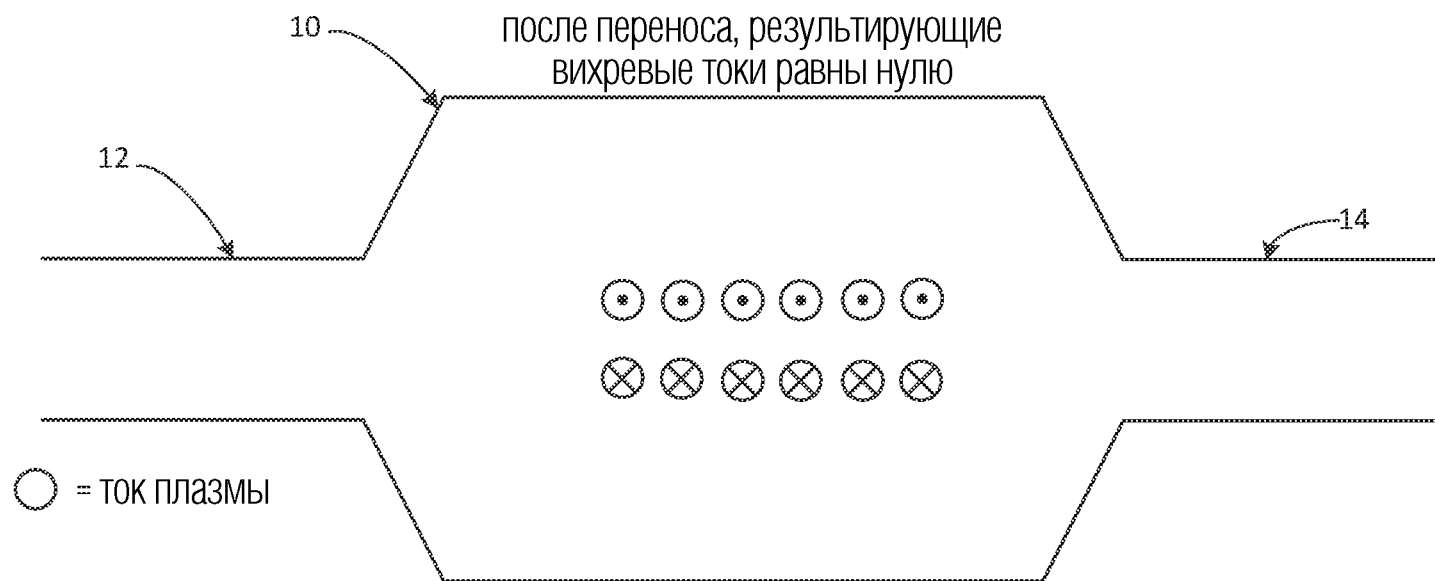
ФИГ. 3



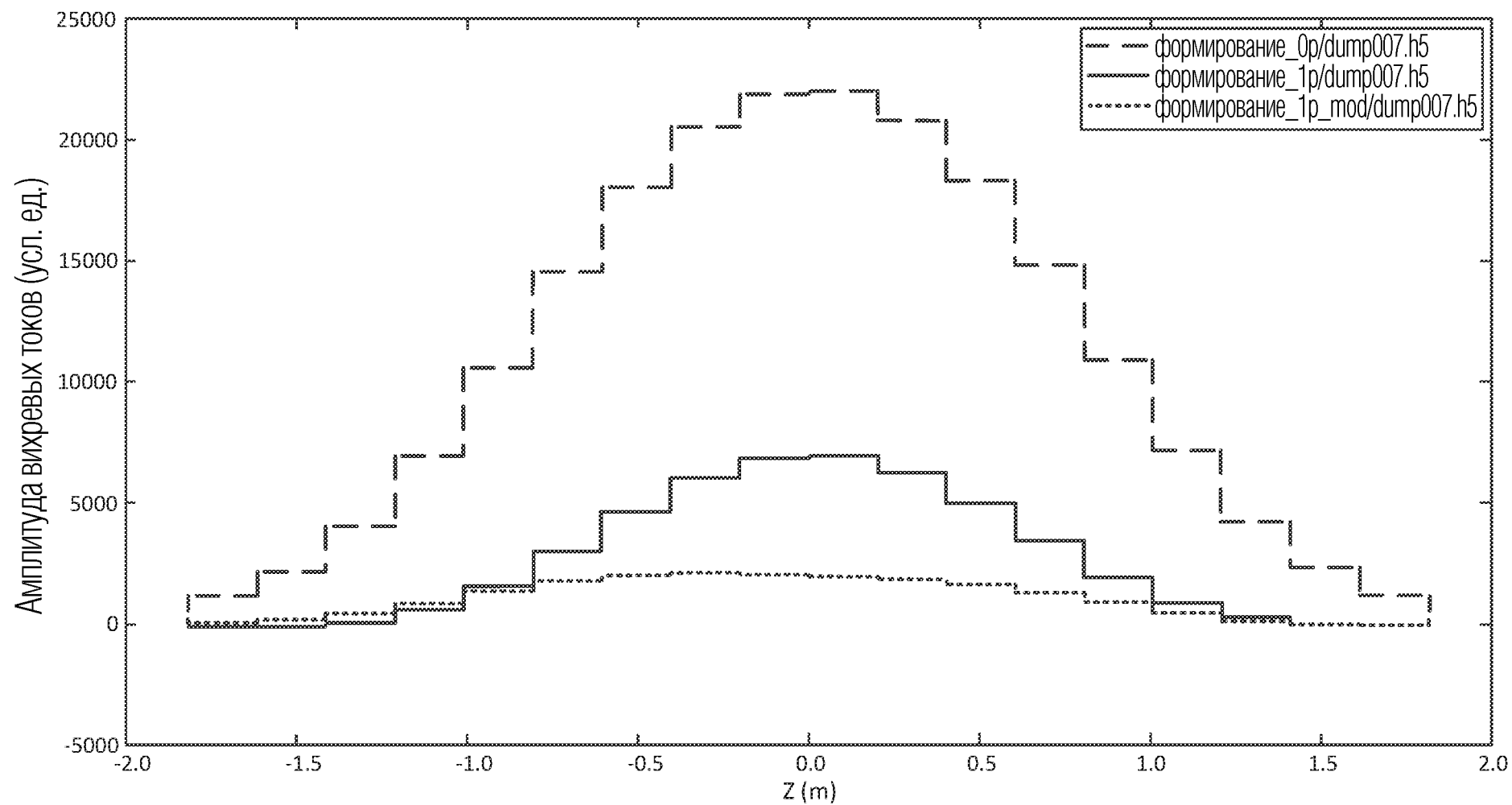
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7