

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036012**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.09.14

(21) Номер заявки
201792489

(22) Дата подачи заявки
2016.05.09

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

(54) **СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ**

(31) **62/160,421**

(32) **2015.05.12**

(33) **US**

(43) **2018.02.28**

(86) **PCT/US2016/031539**

(87) **WO 2016/183036 2016.11.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Рат Николаус (US)

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

(56) **US-A-5451877**

WO-A2-2013/074666

"Compensation of eddy-current-induced magnetic field transients in a MOT". Alzar, Carlos L. Garrido, et. al. ARXIV preprint physics/0701251 (2007). URL:<http://arxiv.org/pdf/physics/0701251.pdf>

US-A-5656819

US-A1-20100020913

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

B1

036012

036012
B1

Область изобретения

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

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" θ -пинча, практически сразу выталкивается с одного конца в камеру удержания. Затем переносимый плазмоид захватывается между двумя сильными зеркалами на концах камеры (см., например, H. Himura et. al., Phys. Plasmas 2, 191 (1995)).

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 θ -пинча на противоположных концах камеры удержания одновременно генерируют два плазмоида и ускоряют эти плазмоиды 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 магнитного потока (см., например, M. Binderbauer et. al., Phys. Rev. Lett. 105, 045003 (2010)).

Когда FRC переносится в секцию удержания, оно индуцирует вихревые токи в любой проводящей конструкции в своей окрестности (например, стенке сосуда или проводящих компонентах внутри сосуда). 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 конструкции 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 конструкций 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.

Индукцированные 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 поэтому желательны. Вихревые токи также возникают в ответ на нарастание тока пучка нейтральных частиц.

Времена жизни плазмы в других FRC-экспериментах обычно ограничивались 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.

Одним из соответствующих методов 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 конструктивных изменений проводящего сосуда, и то, 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.

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 быть способны следовать за любыми временными изменениями полей ошибок во время эксперимента.

В связи с этим желательно обеспечить системы и способы, которые способствуют уменьшению или устранению нежелательных вихревых токов.

Сущность изобретения

Приведенные здесь варианты осуществления направлены на системы и способы, которые способствуют уменьшению амплитуды нежелательных вихревых токов (токов стенки), например, индуцированных переносом вихревых токов, таких как вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазм, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Уменьшение амплитуды нежелательных вихревых токов достигается за счет индуцирования (наведения) противоположных токов в тех же конструкциях 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 конструкций, то поле может быть разложено на составляющие, создаваемые плазмой, и составляющие, создаваемые внешними токами (например, равновесными токами катушек). При вычитании известных полей от 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 конструкций. Когда плазма переносится в камеру удержания, эти два распределения вихревых токов накладываются и подавляют друг друга. Чем точнее воспроизводится распределение вихревых токов, тем более полным является подавление.

Описанные здесь системы и способы выгодно 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 возможность установки плотно прилегающих осесимметричных конструкций внутри сосуда для повышения пассивной стабилизации осесимметричных и неосесимметричных неустойчивостей.

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

Краткое описание чертежей

Детали примерных вариантов осуществления, включая конструкцию и работу, могут быть частично уяснены в ходе изучения прилагаемых чертежей, на которых одинаковые ссылочные позиции относятся к одинаковым частям. Компоненты на чертежах не обязательно 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.

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

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

Фиг. 2 представляет собой схему камеры и труб формирования по фиг. 1 с плазмой, присутствующей в трубе формирования.

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

Фиг. 4 представляет собой камеру и трубы формирования по фиг. 1 до переноса плазмы в камеру с предварительно индуцированными вихревыми токами, образовавшимися в стенке камеры (предварительно индуцированными токами стенки).

Фиг. 5 представляет собой камеру и трубы формирования по 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).

Фиг. 6 представляет собой камеру и трубы формирования по 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).

Фиг. 7 представляет собой график, показывающий смоделированное распределение вихревых токов в осесимметричной стенке камеры (смоделированное распределение токов стенки) для трех случаев: (1) без предварительно индуцированного, (2) с предварительно индуцированным и (3) с предварительно индуцированным и скорректированным вакуумным полем.

Следует отметить, что элементы подобных конструкций 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

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 способствуют уменьшению амплитуды нежелательных вихревых токов (токов стенки), например, индуцированных переносом вихревых токов, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Типичные примеры описанных здесь вариантов осуществления, которые 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.

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

Приведенные здесь варианты осуществления направлены на системы, которые способствуют уменьшению амплитуды нежелательных вихревых токов, например, индуцированных переносом вихревых токов, таких как вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазм, оставляя при этом полезные вихревые токи незатронутыми. Вихревые токи, индуцированные переносом FRC-плазм, 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.

На практике это может быть достигнуто, как показано на фиг. 1, с помощью осесимметричных активных катушек 20, расположенных вокруг внутренней или внешней стороны сосуда 10. Плазмы, такие как, например, FRC-плазмы, формируются и переносятся по направлению к средней плоскости 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 испрашивает 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.

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

До переноса плазмы из труб 12 и 14 формирования на катушки 20 подают постепенно повышающийся ток и поддерживают их при токе постоянной величины до тех пор, пока все вихревые токи в стенке сосуда 10 не затухнут. В этот момент ток к катушкам 20 прерывают и начинают процесс формирования плазмы. Прерывание тока к катушкам 20 будет возбуждать конкретное распределение вихревых токов в стенке сосуда 10 с сохранением магнитного потока через сосуд 10, пока последующая инъекция магнитного потока от переносимой плазмы не уменьшит вихревые токи в стенке сосуда 10 обратно к нулю. В качестве альтернативы катушки 20 могут быть подвергнуты быстрому повышению тока непосредственно перед переносом плазмы. В этом случае быстрое повышение тока создаст требуемое распределение вихревых токов в стенке сосуда 10, а последующая инъекция магнитного потока от перенесенной плазмы обратит вихревые токи обратно в нуль. После переноса токи в катушках 20 поддерживаются постоянными (неизменными). Этот способ может быть использован, если характерное затухание вихревых токов стенки 10 во времени является достаточно медленным по сравнению с той скоростью, с которой может быть повышен ток в катушках 20. Подавление обычно может быть увеличено за счет оптимизации геометрии активных катушек, но даже при заданной геометрии активных катушек амплитуда вихревых токов может быть уменьшена.

Чтобы определить те 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

конструкциями и плазмой. При двух известных составляющих магнитного поля магнитное поле может быть затем разделено на составляющие, обусловленные плазмой и внешними токами. Это легко увидеть в цилиндрической геометрии, т.е. для данного числа мод m и фазы магнитный скалярный потенциал определяется двумя амплитудами: одной для члена, пропорционального r^m , а другой 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 . При более сложных геометриях математика не является такой простой, но может быть использована такая же процедура. При известной временной эволюции как внутреннего, так и внешнего магнитных полей распределение токов в проводящих конструкциях может быть вычислено методом наименьших квадратов с подгонкой к модели цепи с конечным числом элементов.

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 на 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.

Применение предлагаемого метода 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 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 уменьшилась. Токи не подавляются 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 регулируют для компенсации ослабленных вихревых токов. Другими словами, поле, создаваемое катушками удержания в случае 3 при $t=0$, теперь равно полю, создаваемому катушками удержания, так и вихревыми токами в случае 1 при $t=200$ мкс. 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.

Для стабилизации положения или формы FRC могут использоваться осесимметричные проводящие пассивные конструкции внутри сосуда. Если вихревые токи предварительно индуцируют в пассивных конструкциях внутри сосуда способом, описанным выше, то пассивные конструкции внутри сосуда могут быть установлены без оказания влияния на начальную форму и конфигурацию плазмы. Если, с другой стороны, никакие токи предварительно не индуцируют, то установка пассивных конструкций внутри сосуда уменьшит радиус FRC и, таким образом, уменьшит связь между пассивными конструкциями 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 сосуде.

Аналогичный вопрос касается катушек управления. В тех случаях, когда катушки вне сосуда имеют недостаточную связь с плазмой 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 внутрисосудной стенке катушек не будут устранены, то они уменьшат радиус плазмы, и предполагаемое увеличение связи катушки-плазма 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.

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 числа 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.

В итоге, предлагаемые системы и способы, приведенные здесь, увеличивают вероятность стабили-

зации 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 систем катушек. Наилучшие результаты могут быть достигнуты путем учета устранения вихревых токов при размещении и проектировании катушек.

Примерные 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 необходимости в использовании неосесимметричных катушек) и позволяют установить плотно подогнанные осесимметричные конструкции внутри сосуда для повышения пассивной стабилизации осесимметричных и неосесимметричных неустойчивостей.

Однако приведенные здесь примерные варианты осуществления выступают лишь в качестве иллюстративных примеров и никоим образом не ограничивающих.

В предшествующем описании изобретение было описано со ссылкой на его конкретные варианты осуществления. Однако будет очевидно, что могут быть проделаны 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 осуществлено 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 согласован 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, индуцируемых в стенке сосуда системы магнитного удержания плазмы, содержащий этапы:

индуцирование первого набора вихревых токов в стенке сосуда удержания плазмы и перенос плазмы с обращенной магнитной конфигурацией (FRC) в сосуд удержания плазмы с индуцированием второго набора вихревых токов в стенке сосуда, при этом первый набор вихревых токов индуцирован до второго набора вихревых токов и 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 сосуда, причем индуцирование первого набора вихревых токов включает в себя

либо постепенное повышение тока в катушках вокруг стенки сосуда непосредственно перед переносом плазмы в сосуд и поддержание катушек вокруг стенки сосуда при токе постоянной величины для получения первого набора вихревых токов в стенке сосуда, либо

постепенное повышение тока и поддержание катушек вокруг стенки сосуда при токе постоянной величины до тех пор, пока в стенке сосуда не затухнут все вихревые токи, и

прерывание тока к катушкам вокруг стенки сосуда, чтобы обеспечить возбуждение первого набора вихревых токов в стенке сосуда с сохранением магнитного потока через стенку сосуда.

2. Способ по п.1, причем переносимая FRC-плазма инжектирует магнитный поток в стенку сосуда, что индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

3. Способ по п.1, причем FRC-плазму переносят из противоположных секций формирования, прикрепленных к противоположным концам сосуда удержания плазмы.

4. Способ по п.1, причем FRC-плазму формируют в противоположных секциях формирования и переносят в сосуд удержания плазмы.

5. Система для уменьшения нежелательных вихревых токов, индуцируемых в стенке сосуда системы магнитного удержания плазмы, осуществляющая способ по п.1, содержащая

сосуд, имеющий стенку и внутреннее пространство,

секцию формирования, прикрепленную к концу сосуда,

множество катушек, расположенных вокруг 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

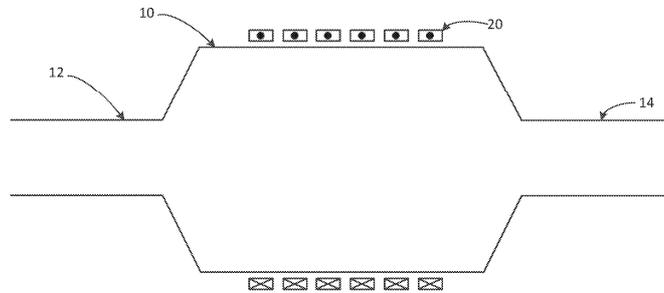
вихревых токов в стенке сосуда, при этом первый набор вихревых токов имеет распределение, практически равное и противоположное по знаку распределению второго набора вихревых токов, для существенного подавления второго набора вихревых токов при индуцировании второго набора вихревых токов в стенке сосуда, причем система управления дополнительно выполнена с возможностью переноса плазмы из секции формирования во внутреннее пространство сосуда, при этом переносимая плазма индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда.

6. Система по п.5, причем система управления дополнительно выполнена с возможностью постепенного повышения тока и поддержания упомянутого множества катушек при токе постоянной величины до тех пор, пока все вихревые токи в стенке сосуда не затухнут, а затем прерывания тока к упомянутому множеству катушек, чтобы обеспечить возбуждение первого набора вихревых токов в стенке сосуда с сохранением магнитного потока через стенку сосуда.

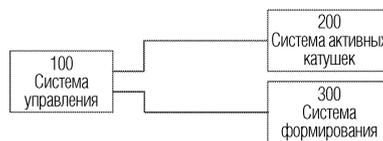
7. Система по п.6, при этом переносимая плазма инжектирует магнитный поток в стенку сосуда, что индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.

8. Система по п.5, причем система управления дополнительно выполнена с возможностью постепенного повышения тока и поддержания упомянутого множества катушек при токе постоянной величины для создания первого набора вихревых токов в стенке сосуда.

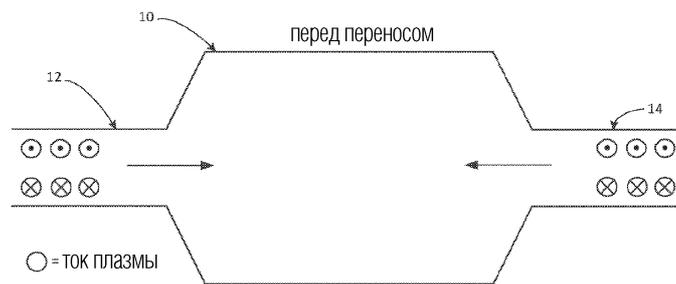
9. Система по п.8, при этом переносимая плазма инжектирует магнитный поток в стенку сосуда, что индуцирует второй набор вихревых токов в стенке сосуда, уменьшая амплитуду вихревых токов в стенке сосуда обратно к нулю.



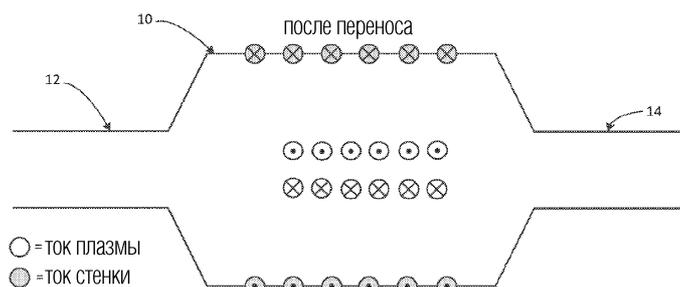
Фиг. 1



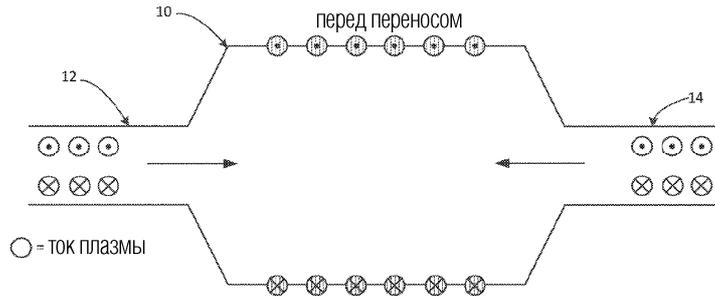
Фиг. 1А



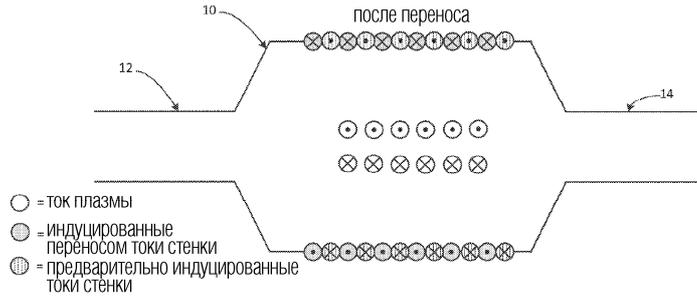
Фиг. 2



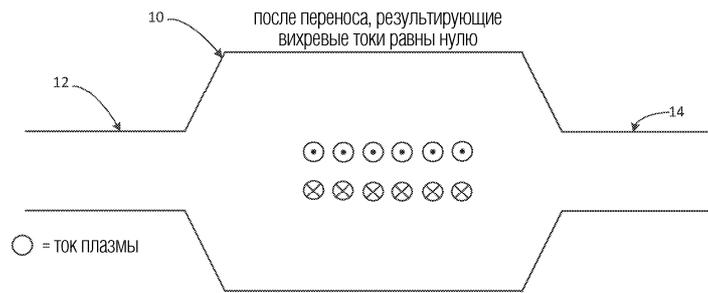
Фиг. 3



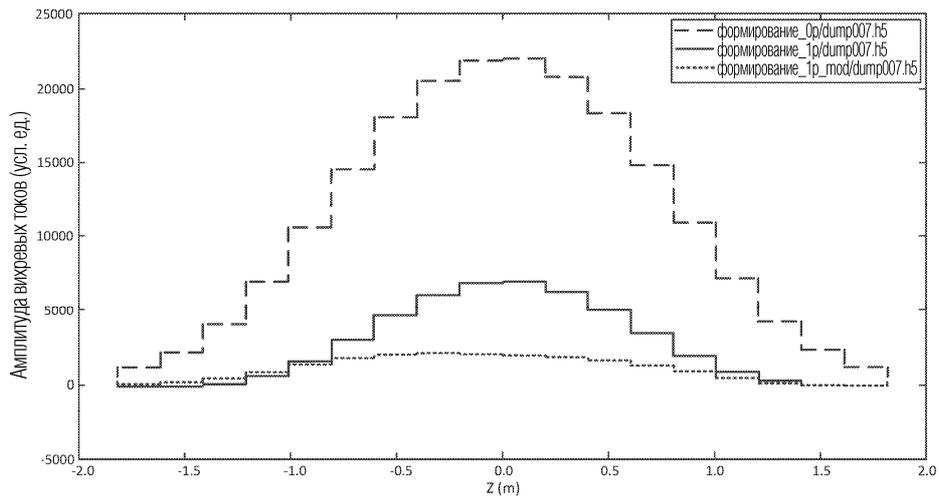
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

