

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035040**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.21

(21) Номер заявки
201891365

(22) Дата подачи заявки
2011.07.01

(51) Int. Cl. **G01R 22/06** (2006.01)
G01R 15/20 (2006.01)
G01R 35/04 (2006.01)

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗДАНИЕМ

(31) **61/361,296; 61/380,174**

(32) **2010.07.02; 2010.09.03**

(33) **US**

(43) **2018.11.30**

(62) **201370009; 2011.07.01**

(56) **US-A1-20080172192**
US-B1-6310470
US-A1-20030184280
US-A1-20030151406

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БЕЛКИН ИНТЕРНЭШНЛ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Йоджисуаран Картик, Келли Фрэнк,
Патель Шветак Н., Гупта Сидхант,
Рейнолдс Мэттью С. (US)

(74) Представитель:
Угрюмов В.М., Лыу Т.Н., Глухарёва
А.О., Гизатуллина Е.М., Карпенко
О.Ю., Строкова О.В. (RU)

(57) Некоторые варианты осуществления настоящего изобретения могут раскрыть систему контроля потребления электроэнергии структурой. Здание может содержать одну или несколько основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией первую нагрузку в здании. Часть одной или нескольких основных линий электропитания может располагаться в основном параллельно первой оси. Здание может дополнительно иметь панель, которая перекрывает часть одной или нескольких основных линий электропитания. Эта система может включать в себя (а) блок датчиков тока, сконфигурированный так, чтобы быть присоединенным к участку поверхности панели; данный блок датчиков тока содержит (а) по меньшей мере один датчик магнитного поля, длина которого в основном параллельна второй оси, где вторая ось, по существу, перпендикулярна первой оси, и по меньшей мере один датчик магнитного поля сконфигурирован на определение магнитного поля, создаваемого одной или несколькими основными линиями электропитания, и (b) блок обработки данных, сконфигурированный на управление процессором. Блок датчиков тока может быть сконфигурирован так, чтобы вырабатывать выходной сигнал на основании магнитного поля, определяемого по меньшей мере одним датчиком магнитного поля. Блок обработки данных может быть, кроме того, сконфигурирован на получение выходного сигнала от блока датчиков тока и обработку выходного сигнала для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии первой нагрузкой в здании. Раскрыты иные варианты осуществления настоящего изобретения.

B1**035040****035040****B1**

Перекрестная ссылка на родственные заявки

По настоящей заявке испрашивается приоритет в соответствии с предварительной заявкой США № 61/361296, поданной 2 июля 2010 г. и предварительной заявкой США № 61/380174, поданной 3 сентября 2010 г. Предварительные заявки США № 61/361296 и № 61/380174 включены в данный документ посредством ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к аппаратам, устройствам, системам и способам контроля электроэнергии, а более конкретно относится к таким аппаратам, устройствам, системам и способам, которые контролируют электроэнергию в одной или нескольких основных линиях электропитания в электрическом распределительном щитке здания.

Предшествующий уровень техники

Здание может содержать одну или несколько основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией электрические устройства (т.е. нагрузку) в здании. Основные линии электропитания подключаются к зданию через электрический распределительный щиток. Электрический щиток является основным электрическим распределительным пунктом для электроэнергии в здании. Электрические распределительные щитки также обеспечивают защиту от перегрузок по току, которые могли бы привести к возгоранию или повреждению электрических устройств в здании. Электрические распределительные щитки могут иметь три основные линии электропитания, и в них может использоваться система распределения электроэнергии с расщепленной фазой.

Различные производители электрических распределительных щитков, в том числе, например, Square-D, Eaton, Cutler-Hammer, General Electric, Siemens и Murray, избрали разные расстояния между проводами и компоновки для их электрических распределительных щитков. Кроме того, каждый производитель выпускает множество различных конструкций электрических распределительных щитков для установки внутри помещений, наружной установки, а также для разных номиналов суммарного тока, среди которых вводы 100 А и 200 А являются в новом исполнении наиболее распространенными.

Разное расположение проводов во многих различных типах электрических распределительных щитков приводит к различным профилям магнитного поля на металлических поверхностях электрических распределительных щитков. Кроме того, расположение внутренних проводов не видно без открытия панели выключателя, а то, каким образом расположение внутреннего провода преобразуется в профиль магнитного поля на поверхности электрических распределительных щитков, требует досконального знания электромагнитной теории для правильной интерпретации и моделирования. Поэтому трудно точно измерить магнитное поле одной или нескольких основных линий электропитания на поверхности электрического распределительного щитка.

Таким образом, существует потребность или возможное преимущество для аппарата, системы и/или способа, которые позволяют неспециалисту в области электротехники точно определить магнитное поле одной или нескольких основных линий электропитания на поверхности электрического распределительного щитка.

Сущность изобретения

Некоторые варианты осуществления могут раскрыть систему контроля потребления электроэнергии зданием. Здание может содержать одну или несколько основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией первую нагрузку в здании. Часть одной или нескольких основных линий электропитания может располагаться в основном параллельно первой оси. Здание может дополнительно иметь панель, которая перекрывает часть одной или нескольких основных линий электропитания. Эта система может включать в себя (а) блок датчиков тока, сконфигурированный так, чтобы быть присоединенным к участку поверхности панели; данный блок датчиков тока содержит (а) по меньшей мере один датчик магнитного поля, длина которого, в основном, параллельна второй оси, где вторая ось, по существу, перпендикулярна первой оси и по меньшей мере один датчик магнитного поля сконфигурирован на определение магнитного поля, создаваемого одной или несколькими основными линиями электропитания, и (b) блок обработки данных, сконфигурированный на управление процессором. Этот блок датчиков тока может быть сконфигурирован так, чтобы вырабатывать выходной сигнал на основании магнитного поля, определяемого по меньшей мере одним датчиком магнитного поля. Блок обработки данных может быть, кроме того, сконфигурирован на получение выходного сигнала от блока датчиков тока и обработку выходного сигнала для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии первой нагрузкой в здании.

Другие варианты осуществления могут раскрывать аппарат для измерения электрического тока в одной или более основных линиях электропитания здания. Здание может содержать коробку выключателя. Эта коробка выключателя может включать в себя, по меньшей мере, первую часть одной или нескольких основных линий электропитания и металлическую панель над первой частью одной или нескольких основных линий электропитания. Аппарат может включать в себя (а) измерительный преобразователь, содержащий (1) один или несколько датчиков электрического тока, сконфигурированных на обеспечение измерений двух или более токов и (2) один или несколько магнитов, соединенных с одним или несколькими датчиками электрического тока; (b) модуль обработки, сконфигурированный на управ-

ление вычислительным блоком, а также сконфигурированный на использование измерений двух или более токов для определения электрического тока в одной или более основных линиях электропитания.

Помимо этого, другие варианты осуществления могут раскрывать способ обеспечения системы контроля потребления электроэнергии зданием. Здание может содержать одну или несколько основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией первую нагрузку в здании. Одна или несколько основных линий электропитания, по меньшей мере частично, могут располагаться в основном параллельно первой оси. Здание может дополнительно иметь панель, которая перекрывает по меньшей мере часть одной или нескольких основных линий электропитания. Этот способ может включать в себя предоставление блока датчиков тока, сконфигурированного так, чтобы быть присоединенным к поверхности панели, причем данный блок датчиков тока сконфигурирован так, чтобы вырабатывать выходной сигнал на основании магнитного поля, создаваемого одной или несколькими основными линиями электропитания; предоставление блока обработки данных, сконфигурированного на получение выходного сигнала от блока датчиков тока и, кроме того, сконфигурированного на обработку выходного сигнала для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии зданием. Предоставление блока датчиков тока может включать в себя предоставление по меньшей мере одного датчика магнитного поля с длиной вдоль второй оси, при этом по меньшей мере один датчик магнитного поля сконфигурирован на определение магнитного поля, создаваемого одной или несколькими основными линиями электропитания, и установку по меньшей мере одного датчика магнитного поля в блоке датчиков тока таким образом, чтобы вторая ось по меньшей мере одного датчика магнитного поля была, по существу, перпендикулярна первой оси, когда блок датчиков тока присоединен к поверхности панели.

Кроме того, дополнительные варианты осуществления раскрывают способ использования контроля потребления электроэнергии зданием с помощью системы контроля электроэнергии. Здание может содержать одну или несколько основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией первую нагрузку в здании. Этот способ может включать в себя калибровку системы контроля электроэнергии; во время калибровки системы контроля электроэнергии вырабатываются первый неоткалиброванный ток в одной или более основных линиях электропитания и первые калибровочные данные; сохранение первых калибровочных данных и измерение первого неоткалиброванного тока; измерение второго неоткалиброванного тока; выполнение первой повторной калибровки системы контроля электроэнергии, если второй неоткалиброванный ток находится за пределами заданной величины первого неоткалиброванного тока; расчет первого измеренного тока с использованием первых калибровочных данных, если второй неоткалиброванный ток находится в пределах заданной величины первого неоткалиброванного тока; отображение первого измеренного тока. Выполнение первой повторной калибровки системы контроля электроэнергии может включать калибровку системы контроля электроэнергии; во время выполнения первой повторной калибровки системы контроля электроэнергии вырабатываются третий неоткалиброванный ток в одной или более основных линиях электропитания и вторые калибровочные данные; сохранение вторых калибровочных данных и измерение третьего неоткалиброванного тока; расчет первого измеренного тока с использованием вторых калибровочных данных.

Перечень чертежей и иных материалов

Для облегчения дальнейшего описания вариантов осуществления представлены следующие графические материалы.

На фиг. 1 изображен вид типичной системы контроля электроэнергии, присоединенной к электрическому распределительному щитку в соответствии с первым вариантом осуществления;

на фиг. 2 изображена структурная схема системы контроля электроэнергии, представленной на фиг. 1, в соответствии с первым вариантом осуществления;

на фиг. 3 изображен график, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка с металлической панелью, перекрывающей основные линии электропитания, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 4 изображен график, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка с картонной панелью, перекрывающей основные линии электропитания, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 5 изображен трехмерный график, показывающий напряжение, измеренное при горизонтальном перемещении датчика магнитного поля над электрическим проводом и на различных высотах над этим электрическим проводом, когда между электрическим проводом и датчиком магнитного поля помещается стальная пластина, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 6 изображен трехмерный график, показывающий напряжение, измеренное при горизонтальном перемещении датчика магнитного поля над электрическим проводом и на различных высотах над этим электрическим проводом, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 7 изображены типичные датчики магнитного поля, размещенные над поверхностью электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с первым вариантом осуществления;

на фиг. 8 изображен график, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению в зависимости от положения, измеренный с помощью датчиков магнитного поля, представ-

ленных на фиг. 7, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 9 изображены типичные датчики магнитного поля системы контроля электроэнергии, размещенные над поверхностью электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленного на фиг. 7;

на фиг. 10 изображены типичные датчики магнитного поля системы контроля электроэнергии, размещенные на поверхности электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленных на фиг. 7 и 9;

на фиг. 11 изображены типичные датчики магнитного поля системы контроля электроэнергии, размещенные на поверхности электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленных на фиг. 7, 9 и 10;

на фиг. 12 изображены типичные датчики магнитного поля системы контроля электроэнергии, размещенные на поверхности электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленных на фиг. 7 и 9-11;

на фиг. 13 изображен график, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка с металлической панелью, перекрывающей основные линии электропитания, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 14 изображен график, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению в зависимости от положения, измеренный с помощью системы контроля электроэнергии, представленной на фиг. 12, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 15 изображен график, показывающий измерения фактического и предсказанного тока системой контроля электроэнергии с установленной вертикально катушкой из провода, но без магнита, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 16 изображен график, показывающий измерения фактического и предсказанного тока системой контроля электроэнергии, представленной на фиг. 12, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 17 изображена типичная катушка из провода системы контроля электроэнергии, размещенная на поверхности электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленных на фиг. 7 и 9-12;

на фиг. 18 изображен типичный датчик магнитного поля системы контроля электроэнергии, размещенный на поверхности электрического распределительного щитка, представленной на фиг. 1, в соответствии с вариантом осуществления, отличающимся от представленных на фиг. 7, 9-12 и 17;

на фиг. 19 изображен график, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению в зависимости от положения, измеренный с помощью системы контроля электроэнергии, представленной на фиг. 18, в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 20 изображена блок-схема варианта осуществления способа обеспечения системы контроля потребления электроэнергии зданием в соответствии с вариантом осуществления;

на фиг. 21 изображена блок-схема варианта осуществления процесса предоставления измерительного преобразователя в соответствии с вариантом осуществления, представленным на фиг. 20;

на фиг. 22 изображена блок-схема варианта осуществления способа использования системы контроля потребления электроэнергии зданием в соответствии с вариантом осуществления.

Для простоты и ясности иллюстрации эти графические материалы объясняют общий характер конструкции, а описания и детали общеизвестных характеристик и методов могут быть опущены, чтобы избежать ненужного усложнения настоящего изобретения. Кроме того, составные части на графических материалах не обязательно изображены в масштабе. Например, размеры некоторых элементов на чертежах могут быть преувеличены по сравнению с другими элементами, чтобы способствовать улучшению понимания вариантов осуществления настоящего изобретения. Одинаковые номера позиций на различных чертежах обозначают одинаковые элементы.

Термины "первый", "второй", "третий", "четвертый" и т.п. в описании и в формуле изобретения, если таковые имеются, используются, чтобы провести различие между подобными элементами и не обязательно для описания конкретного последовательного или хронологического порядка. Следует понимать, что термины, используемые подобным образом, являются взаимозаменяемыми при соответствующих обстоятельствах, таких, что описанные здесь варианты осуществления, например, могут работать с иными последовательностями, нежели те, которые здесь показаны или иным образом описаны. Кроме того, термины "включать" и "иметь", а также любые их варианты предназначены для охвата неисключительного включения, такого, что процесс, способ, система, изделие, аппарат или устройство, которое содержит перечень элементов, не обязательно ограничивается этими элементами, но может включать в себя иные элементы, прямо не перечисленные либо неотъемлемые для такого процесса, способа, системы, изделия, аппарата или устройства.

Термины "левый", "правый", "передний", "задний", "верхний", "нижний", "над", "под" и т.п. в описании и в формуле изобретения, если таковые имеются, используются с целью описания и не обязательно для описания неизменного взаимного расположения. Следует понимать, что термины, используемые подобным образом, являются взаимозаменяемыми при соответствующих обстоятельствах, таких, что описанные здесь варианты осуществления настоящего изобретения, например, могут работать в других

координатах заданного положения, нежели те, которые здесь показаны или иным образом описаны.

Термины "соединять", "соединенный", "связи", "связывающий" и т.п. следует понимать в широком смысле и относить к соединению двух или более элементов либо сигналов электрически, механически и/или иным образом. Два или более электрических элемента могут быть соединены электрически, но не быть механически или иным образом соединенными; два или более механических элемента могут быть соединены механически, но не быть электрически или иным образом соединенными; два или более электрических компонента могут быть соединены механически, но не быть электрически или иным образом соединенными. Соединение может быть любой длительности, например постоянным, или полупостоянным, либо только мгновенным.

"Электрическое соединение" и т.п. следует понимать в широком смысле и относить к нему соединение, включающее любой электрический сигнал, будь то силовой сигнал, сигнал данных и/или другие виды или комбинации электрических сигналов. "Механическое соединение" и т.п. следует понимать в широком смысле и относить к нему механические соединения всех типов.

Отсутствие слов "с возможностью разборки", "разъемный" и т.п. рядом со словом "соединенный" и т.п. не означает, что рассматриваемое соединение и т.д. является или не является разъемным.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

На фиг. 1 изображен вид характерной системы 100 контроля электроэнергии, присоединенной к электрическому щитку 190 в соответствии с первым вариантом осуществления. На фиг. 2 изображена структурная схема системы 100 контроля электроэнергии в соответствии с первым вариантом осуществления. Систему 100 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 100 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 100 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны. В некоторых случаях система 100 контроля электроэнергии может включать в себя: (а) измерительный преобразователь 110, (b) вычислительный блок 120, (с) устройство 130 отображения и (d) устройство 180 калибровки.

Кроме того, как показано на фиг. 1, обычная коробка выключателя или электрический щиток 190 может включать в себя: (а) два или более отдельных автоматических выключателя 191; (b) два или более основных автоматических выключателя 192; (с) основные линии 193, 194 и 195 электропитания; (d) панель 196 с внешней поверхностью 198; (е) дверь 197, которая обеспечивает доступ к автоматическим выключателям 191 и 192.

Основные линии 193, 194 и 195 электропитания электрически присоединены к основным автоматическим выключателям 192 и снабжают электроэнергией электрические устройства (т.е. нагрузку) в здании. Панель 196 перекрывает по меньшей мере часть основных линий 193, 194 и 195 электропитания и соединенную с ними схему для защиты персонала от случайного соприкосновения с этими находящимися под напряжением проводниками. Как правило, панель 196 содержит сталь или другой металл. Система 100 может определять ток нагрузки в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания при размещении измерительного преобразователя 110 на поверхности 198 панели 196 и измерении наведенного напряжения в измерительном преобразователе 110. Система 100 контроля электроэнергии может использовать измеренное наведенное напряжение для расчета электрического тока и электрической мощности в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания.

Измерительный преобразователь 110 можно расположить в любом месте на поверхности 198 панели 196 и точно определить ток в каждой из отдельных ветвей (включая реактивные нагрузки). Однако для получения точных измерений тока требуется, чтобы магнитные поля от основных линий 193, 194 и 195 электропитания испытывали одинаковое сопротивление от панели 196 и от измерительного преобразователя 110. Если это сопротивление не одинаковое, это усложняет точный расчет электрического тока и электрической мощности в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания.

Еще одним потенциальным ограничением измерения магнитного поля, создаваемого основными линиями 193, 194 и 195 электропитания с помощью блока датчиков над панелью 196 является то, что металл панели 196 может привести к нелинейному изменению наведенного напряжения в зависимости от количества тока, проходящего через основные линии 193, 194 и 195 электропитания. Кроме того, нелинейность магнитной проницаемости металла панели 196 может изменяться от положения к положению вдоль поверхности панели 196. На фиг. 3 изображен график 300, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка с металлической панелью, перекрывающей основные линии электропитания. На фиг. 4 изображен график 400, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка, где металлическая панель заменена на картонную панель.

Кроме того, на фиг. 5 изображен трехмерный график 500, показывающий напряжение, измеренное с помощью датчика магнитного поля, горизонтально перемещаемого над электрическим проводом (ось X) и на различных высотах над этим проводом (ось Y), когда между проводом и датчиком магнитного поля помещена стальная пластина. На фиг. 6 изображен трехмерный график 600, показывающий напряжение, измеренное с помощью датчика магнитного поля, горизонтально перемещаемого над электрическим

проводом (ось X) и на различных высотах над этим проводом (ось Y) в отсутствие стальной пластины между проводом и датчиком магнитного поля. Как показано на фиг. 2-6, использование металлической панели, перекрывающей основные линии электропитания, например панели 196 (фиг. 1), по сравнению с использованием немагнитных материалов (например, картона) или отсутствием материала приводит к значительной нелинейности напряжения, измеряемого на поверхности панели напротив основных линий электропитания. Кроме того, как показано на фиг. 5 и 6, эта нелинейность является позиционно зависимой. А именно, величина нелинейности изменяется в зависимости от положения датчика на стальной панели. Как будет описано ниже, система 100 контроля электроэнергии может компенсировать или устранить нелинейность наведенного напряжения в измерительном преобразователе 110, вызванную использованием металла в панели 196. Помимо этого, система 100 контроля электроэнергии может обеспечить, чтобы основные линии 193, 194 и 195 электропитания приобретали одинаковое реактивное сопротивление от панели 196 и от измерительного преобразователя 110.

Обратимся снова к фиг. 2; измерительный преобразователь 110 может включать: (а) два или более датчика электрического тока или датчика 211 и 212 магнитного поля, (b) контроллер 213, (c) модуль 214 связи с пользователем, (d) приемопередатчик 215, (e) источник 216 питания и (f) механизм 219 крепления. Контроллер 213 может быть использован для управления датчиками 211 и 212 магнитного поля, модулем 214 связи с пользователем, приемопередатчиком 215 и источником 216 питания. В некоторых вариантах осуществления измерительный преобразователь 110 может включать в себя два, четыре, шесть или восемь датчиков магнитного поля. В различных случаях датчики 211 и 212 магнитного поля могут быть от 2,5 до 12,7 мм в диаметре.

Во многих случаях измерительный преобразователь 110 может быть выполнен так, чтобы крепиться на поверхности 198 (фиг. 1) панели 196 (фиг. 2) с помощью механизма 219 крепления. В некоторых примерах механизм 219 крепления может включать в себя клей, материал Velcro®, магнит или другой механизм соединения.

Во многих вариантах осуществления датчики 211 и 212 магнитного поля могут включать в себя катушки из провода (например, закрученную проволоку). На фиг. 7 изображены типичные датчики 211 магнитного поля, размещенные над поверхностью 198 панели 196 с основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, расположенными под панелью 196, в соответствии с первым вариантом осуществления. Во многих вариантах осуществления датчик 211 магнитного поля может включать в себя катушку 751 из провода с первым концом 752 и вторым концом 753, находящимся напротив первого конца 752. В некоторых случаях катушка 751 из провода может быть намотана в первом направлении 743 (например, против часовой стрелки). Датчик 212 магнитного поля может включать в себя катушку 754 из провода с первым концом 755 и вторым концом 756, находящимся напротив первого конца 755. Катушка 754 из провода может быть намотана во втором направлении 744 (например, по часовой стрелке). Во многих случаях первое направление 743 намотки катушки 751 из провода может быть противоположным второму направлению 744 намотки катушки 754 из провода. Скручивание провода в датчиках 211 и 212 магнитного поля может способствовать устранению нелинейности магнитного поля.

В различных случаях катушки 751 и 754 из провода могут быть от 2 до 12 мм в диаметре. Катушка 751 из провода может быть удалена от катушки 754 из провода на расстояние от 12 до 40 мм. В некоторых случаях суммарная ширина двух или более датчиков магнитного поля может составлять вплоть до 160 мм. В некоторых случаях катушки из провода могут иметь воздушный сердечник или стальной сердечник.

В некоторых случаях, по меньшей мере, участок поверхности 198 может быть в основном параллельным осям 740 и 742, где, по меньшей мере, ось 740, по существу, перпендикулярна оси 742. В этом же или в других случаях по меньшей мере часть основных линий 193, 194 и 195 электропитания может располагаться в основном параллельно оси 740. В варианте осуществления, показанном на фиг. 7, ось 741 является, по существу, перпендикулярной осям 740 и 742. Кроме того, ось 741 может проходить вдоль длины катушки 751 из провода от первого конца 752 до второго конца 753 и вдоль длины катушки 754 из провода от первого конца 755 до второго конца 756. Т.е. катушки 751 и 754 из провода могут быть, по существу, перпендикулярными поверхности 198 и основным линиям 193, 194 и 195 электропитания.

Когда датчики магнитного поля размещены в положении, показанном на фиг. 7, основные линии 193, 194 и 195 электропитания приобретают, по существу, одинаковое реактивное сопротивление от панели 196 и от измерительного преобразователя 110. Кроме того, когда система контроля электроэнергии имеет конфигурацию, показанную на фиг. 7, стальная пластина и катушки 751 и 754 из провода имеют постоянное реактивное сопротивление.

Чтобы продемонстрировать, что конфигурация чувствительного элемента, показанная на фиг. 7 имеет, по существу, постоянное реактивное сопротивление, в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания может быть подан фиксированный ток, и во время измерения сдвига по фазе принятого сигнала катушка 751 из провода может перемещаться относительно основных линий 193, 194 и 195 электропитания. Если реактивное сопротивление является постоянным, измеренный сдвиг по фазе в идеальной катушке из проводника будет демонстрировать бистабильное поведение с только двумя фазами, которые отличаются на 180° друг от друга.

На фиг. 8 изображен график 800, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению в зависимости от положения для системы 100 контроля электроэнергии в соответствии с вариантом осуществления. Чтобы построить график 800, в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания был подан фиксированный ток, и во время измерения сдвига по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению катушка 751 из провода перемещалась с шагом приблизительно 0,6 см относительно основных линий 193, 194 и 195 электропитания. Как показано на фиг. 8, сдвиг по фазе демонстрирует бистабильное поведение с наличием двух различных фазовых углов, которые отличаются приблизительно на 180° друг от друга. Это смещение фазы происходит, когда катушка из провода проходит над центром основной линии 195 электропитания. Таким образом, реактивное сопротивление от катушки 751 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, является, по существу, постоянным.

Возвратимся к фиг. 2; приемопередатчик 215 может быть электрически соединен с датчиками 211 и 212 магнитного поля и контроллером 213. В некоторых случаях приемопередатчик 215 передает напряжения или другие параметры, измеряемые с помощью датчиков 211 и 212 магнитного поля, на приемопередатчик 221 вычислительного блока 120. Во многих случаях приемопередатчик 215 и приемопередатчик 221 могут быть беспроводными приемопередатчиками. В некоторых случаях электрические сигналы могут передаваться с использованием Wi-Fi (высокая точность беспроводной передачи данных), стандарта беспроводных локальных сетей IEEE (институт инженеров по электротехнике и электронике) 802.11 или стандарта беспроводных локальных сетей Bluetooth 3.0+HS (высокоскоростной). В дополнительных случаях эти сигналы могут передаваться посредством Zigbee (стандарт IEEE 802.15.4), Z-Wave или беспроводных сетей собственного стандарта. В других случаях приемопередатчик 215 и приемопередатчик 221 могут передавать электрические сигналы с помощью сотовой или проводной связи.

Вычислительный блок 120 может включать в себя (a) приемопередатчик 221, (b) модуль или блок 222 обработки данных, (c) источник 223 питания, (d) устройство 124 связи с пользователем, (e) процессор 225, (f) память 226, (g) модуль 227 калибровки и (h) электрический разъем 128. Вычислительный блок 120 может быть сконфигурирован на получение выходного сигнала от измерительного преобразователя 110 через приемопередатчик 221 и обработку этого выходного сигнала для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии зданием (например, потребляемой зданием электроэнергии и электрического тока в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания).

В некоторых случаях блок 222 обработки данных может быть помещен в память 226 и сконфигурирован на управление процессором 225. Блок 222 обработки данных может быть, кроме того, сконфигурирован на использование измерений тока измерительным преобразователем 110 для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии зданием (например, электрического тока и электрической мощности основных линий 193, 194 и 195 электропитания). Во время работы вычислительного блока 120 команды программы, содержащиеся в памяти 226, выполняются процессором 225. Часть команд программы, содержащихся в памяти 226, может соответствовать выполнению алгоритма 2200 (фиг. 22), как описано ниже, и/или блоку 222 обработки данных.

Модуль 227 калибровки может включать в себя одну или несколько калибровочных нагрузок. В некоторых случаях эти одна или несколько калибровочных нагрузок с помощью электрического разъема 128 могут быть электрически соединены с ветвью первой фазы совокупности основных линий электропитания здания, чтобы способствовать калибровке системы 100 контроля электроэнергии. Устройство 124 связи с пользователем может быть сконфигурировано на отображение информации для пользователя. Например, устройство связи 124 с пользователем может представлять собой монитор, сенсорный экран и/или один или несколько LED (светоизлучающих диодов).

Источник 223 питания может обеспечить электроэнергией приемопередатчик 221, устройство 124 связи с пользователем, процессор 225 и память 226. В некоторых случаях источник 223 питания может содержать электрическую вилку 129, которая может быть включена в электрическую розетку.

Устройство 130 отображения может включать в себя (a) экран 134, (b) устройство 132 управления, (c) приемопередатчик 231, сконфигурированный для связи с приемопередатчиком 221, (d) источник 233 питания и/или (e) электрический разъем 235. В некоторых вариантах осуществления электрический разъем 235 может быть выполнен для подключения к электрическому разъему 128, чтобы подключить устройство 130 отображения к вычислительному блоку 120.

Устройство 180 калибровки может включать в себя (a) приемопередатчик 281, (b) электрический разъем 182, (c) модуль 283 калибровки и (d) устройство 184 связи с пользователем. В некоторых случаях приемопередатчик 281 может быть подобен или такой же, как приемопередатчики 215, 221 и/или 231. Электрический разъем 182 в некоторых случаях может быть электрической вилкой. Устройство 184 связи с пользователем может быть сконфигурировано на отображение информации для пользователя. Например, устройство связи 184 с пользователем может представлять собой один или несколько LED.

Модуль 283 калибровки может включать в себя одну или несколько калибровочных нагрузок. В некоторых случаях эти одна или несколько калибровочных нагрузок могут быть электрически соединены с ветвью второй фазы совокупности основных линий электропитания здания, чтобы способствовать калибровке системы 100 контроля электроэнергии. Т.е. в некоторых случаях электрический разъем 128

подключается к электрической розетке, соединенной с первой фазой электроэнергии (например, основной линией 193 электропитания, или L1), а электрический разъем 182 подключается к электрической розетке, соединенной со второй фазой электроэнергии (например, основной линией 194 электропитания, или L2). В этих примерах основная линия 195 электропитания является линией заземления.

На фиг. 9 изображены типичные датчики 911 и 912 магнитного поля системы 900 контроля электроэнергии, размещенные над поверхностью 198 панели 196 с основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, расположенными под панелью 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 900 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 900 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 900 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

Обратимся к фиг. 9; в некоторых случаях система 900 контроля электроэнергии может включать в себя (a) измерительный преобразователь 910, (b) вычислительный блок 120 (фиг. 1 и 2), (c) устройство 130 отображения (фиг. 1 и 2) и (d) устройство 180 калибровки (фиг. 1 и 2). Измерительный преобразователь 910 может включать в себя (a) два или более датчика электрического тока или датчики 911 и 912 магнитного поля, (b) магнит или магнитные сердечники 961 и 964, (c) контроллер 213 (фиг. 2), (d) модуль 214 связи с пользователем (фиг. 2), (e) приемопередатчик 215 (фиг. 2), (f) источник 216 питания (фиг. 2) и (g) механизм 219 крепления (фиг. 2). Магнитные сердечники 961 и 964 могут рассматриваться как часть или как соединенные с датчиками 911 и 912 магнитного поля. В некоторых случаях эти магнитные сердечники 961 и 964 могут включать в себя электромагнит или постоянный магнит. Магнитные сердечники 961 и 964 могут быть спроектированы так, чтобы содействовать присоединению измерительного преобразователя 910 к поверхности 198. В некоторых случаях северные и южные полюса магнитных сердечников 961 и 964 могут быть расположены на концах каждого магнитного сердечника.

Во многих случаях датчики 911 и 912 магнитного поля могут включать в себя катушки из провода (например, закрученную проволоку). Во многих вариантах осуществления датчик 911 магнитного поля может включать в себя катушку 751 из провода с первым концом 752 и вторым концом 753, находящимся напротив первого конца 752. В некоторых случаях катушка 751 из провода может быть намотана вокруг магнитного сердечника 961 в первом направлении 743 (например, против часовой стрелки). Датчик 912 магнитного поля может включать в себя катушку 754 из провода с первым концом 755 и вторым концом 756, находящимся напротив первого конца 755. Катушка 754 из провода может быть намотана вокруг магнитного сердечника 964 во втором направлении 744 (например, по часовой стрелке). Во многих случаях первое направление 743 намотки катушки 751 из провода может быть противоположным второму направлению 744 намотки катушки 754 из провода.

В некоторых случаях, по меньшей мере, участок поверхности 198 может быть в основном параллельным осям 740 и 742, где по меньшей мере ось 740, по существу, перпендикулярна оси 742. В этом же или в других случаях по меньшей мере часть основных линий 193, 194 и 195 электропитания может располагаться в основном параллельно оси 740. В варианте осуществления, показанном на фиг. 9, ось 741 является, по существу, перпендикулярной осям 740 и 742. Т.е. катушки 751 и 754 из провода могут быть, по существу, перпендикулярными поверхности 198 и основным линиям 193, 194 и 195 электропитания. Кроме того, одному концу магнитных сердечников 961 и 964 может быть придана такая форма, чтобы присоединяться к поверхности 198 панели 196.

В некоторых случаях магнитные сердечники 961 и 964 могут помочь выровнять реактивное сопротивление панели 196 и катушек 951 и 954 из провода при насыщении магнитного поля в области панели 196 вблизи магнитных сердечников 961 и 964. Таким образом, реактивное сопротивление катушек 951 и 954 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, является, по существу, постоянным, и нелинейность магнитного поля, обусловленная панелью 196, в основном устраняется.

На фиг. 10 изображены типичные датчики 1011, 1012, и 1019 магнитного поля системы 1000 контроля электроэнергии, размещенные на поверхности 198 панели 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 1000 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 1000 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 1000 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

В некоторых случаях система 1000 контроля электроэнергии может включать в себя (a) измерительный преобразователь 1010, (b) вычислительный блок 120 (фиг. 1 и 2), (c) устройство 130 отображения (фиг. 1 и 2) и (d) устройство 180 калибровки (фиг. 1 и 2). Измерительный преобразователь 1010 может включать в себя (a) два или более датчика электрического тока или датчики 1011, 1012 и 1019 магнитного поля; (b) один или несколько магнитов или магнитных сердечников 961, 964 и 1069; (c) контроллер 213 (фиг. 2); (d) модуль 214 связи с пользователем (фиг. 2); (e) приемопередатчик 215 (фиг. 2); (f) источник 216 питания (фиг. 2); (g) механизм 219 крепления (фиг. 2); (h) один или несколько ферро-

магнитных стаканов или колпаков 1066, 1067 и 1068. Во многих вариантах осуществления датчики 1011, 1012 и 1019 магнитного поля могут соответственно включать в себя катушки 751, 754 и 1059 из провода. В некоторых примерах катушка 1059 из провода может быть похожа или такой же как катушки 751 и/или 754. Катушки 751, 754 и 1059 из провода могут быть намотаны вокруг магнитных сердечников 961, 964 и 1069 соответственно. В ряде вариантов осуществления магнитные сердечники 961, 964 и 1069 могут быть присоединены к ферромагнитным стаканам или колпакам 1066, 1067 и 1068. Во многих вариантах осуществления магнитные сердечники 961, 964 и 1069 могут выходить за пределы соответственно катушек 751, 754 и 1059 из провода и могут быть присоединены к ферромагнитным стаканам или колпакам 1066, 1067 и 1068.

Колпаки 1066, 1067 и 1068 могут быть помещены соответственно над катушками 751, 754 и 1059 из провода. Т.е. катушки 751, 754 и 1059 из провода находятся внутри или окружены колпаками 1066, 1067 и 1068 соответственно. В некоторых случаях северные и южные полюса магнитных сердечников 961, 964 и 1069 могут быть расположены на концах каждого магнитного сердечника. Колпаки 1066, 1067 и 1068 могут быть изготовлены из стали или другого ферромагнитного материала.

В некоторых случаях магнитные сердечники 961, 964 и 1069 могут помочь выровнять реактивное сопротивление панели 196 и соответственно катушек 951, 954 и 1079 из провода при насыщении магнитного поля в области панели 196 вблизи катушек 951, 954 и 1079 из провода. Колпаки 1066, 1067 и 1068 могут дополнительно фокусировать линии магнитной индукции в области около и/или ниже магнитных сердечников 961, 964 и 1069 соответственно. Таким образом, реактивное сопротивление катушек 951, 954, 1079 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, является, по существу, постоянным, и нелинейность магнитного поля, обусловленная панелью 196, устраняется.

Кроме того, эффекты фокусировки магнитного поля колпаками 1066, 1067 и 1068 могут способствовать снижению стоимости системы 1000 контроля электроэнергии. Поскольку при использовании колпаков 1066, 1067 и 1068 магнитное поле фокусируется в большей степени, магнитными сердечниками 961, 964 и 1069 могут быть более слабые магниты. Соответственно в системе контроля электроэнергии с ферромагнитными колпаками может быть использовано меньше магнитного материала или использован менее дорогостоящий магнитный материал.

На фиг. 11 изображены типичные датчики 1111, 1112 и 1119 магнитного поля системы 1100 контроля электроэнергии, размещенные на поверхности 198 панели 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 1100 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 1100 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 1100 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

Система 1100 контроля электроэнергии может быть аналогичной или такой же, как система 1000 контроля электроэнергии, за исключением того, что ферромагнитные колпаки 1066, 1067 и 1068 заменены единым ферромагнитным колпаком 1166, содержащим в себе катушки 751, 754 и 1059 из провода. В некоторых случаях использование одного ферромагнитного колпака вместо отдельных ферромагнитных колпаков над каждой катушкой из провода может снизить стоимость системы контроля электроэнергии.

На фиг. 12 изображены типичные датчики 1211 магнитного поля системы 1200 контроля электроэнергии, размещенные на поверхности 198 панели 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 1200 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 1200 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 1200 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

В некоторых случаях система 1200 контроля электроэнергии может включать в себя (а) измерительный преобразователь 1210, (b) вычислительный блок 120 (фиг. 1 и 2), (c) устройство 130 отображения (фиг. 1 и 2) и (d) устройство 180 калибровки (фиг. 1 и 2). Измерительный преобразователь 1210 может включать в себя (а) по меньшей мере один датчик электрического тока или датчик 1211 магнитного поля, (b) магнит 1261, (c) контроллер 213 (фиг. 2), (d) модуль 214 связи с пользователем (фиг. 2), (e) приемопередатчик 215 (фиг. 2), (f) источник 216 питания (фиг. 2) и (g) механизм 219 крепления (фиг. 2). Магнит 1261 может рассматриваться как часть или как соединенный с датчиками 1211 магнитного поля. В некоторых случаях магнит 1261 спроектирован так, чтобы с помощью магнитного поля присоединять измерительный преобразователь 1210 к панели 196.

Во многих случаях датчики 1211 магнитного поля могут включать в себя катушки из провода (например, закрученную проволоку). Во многих вариантах осуществления датчик 1211 магнитного поля может включать в себя катушку 751 из провода. В некоторых случаях катушка 751 из провода может быть намотана в первом направлении 743 (например, против часовой стрелки). В варианте осуществления, показанном на фиг. 12, ось 741 является, по существу, перпендикулярной осям 740 и 742. Т.е. длина катушки 751 из провода в направлении от первого конца 752 до второго конца 753 может быть, по суще-

ству, перпендикулярной поверхности 198 и основным линиям 193, 194 и 195 электропитания.

Магнит 1261 может иметь первую сторону 1248 и вторую сторону 1249, противоположную первой стороне 1248. Вторая сторона 1249 может быть примыкающей к поверхности 198 панели 196. В некоторых случаях первый конец 752 катушки 751 из провода может быть присоединен или примыкать к первой стороне 1248 магнита 1261. Второй конец 753 может быть удален от первой стороны 1248 магнита 1261.

В некоторых случаях магнит 1261 может помочь выровнять реактивное сопротивление катушки 751 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, благодаря насыщению магнитного поля в области панели 196 вблизи катушки 751 из провода. Таким образом, реактивное сопротивление катушки 751 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, является, по существу, постоянным, и нелинейность магнитного поля, обусловленная панелью 196, устраняется.

На фиг. 13 изображен график 1300, показывающий наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для типичного электрического распределительного щитка с металлической панелью, перекрывающей основные линии электропитания, в соответствии с вариантом осуществления. Т.е. график 1300 показывает наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для измерительного преобразователя, подобного главным образом измерительному преобразователю 1210, и для измерительного преобразователя, подобного главным образом измерительному преобразователю 1210, но без магнита 1261. Как показано на фиг. 13, использование магнита 1261 в измерительном преобразователе 1210 значительно повышает линейность наведенного напряжения.

Подобным образом на фиг. 14 изображен график 1400, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала (по отношению к напряжению) в зависимости от положения в соответствии с вариантом осуществления. Чтобы построить график 1400, в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания был подан фиксированный ток, и в то время как измерялся сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению, измерительный преобразователь перемещался с шагом приблизительно 0,6 см относительно основных линий 193, 194 и 195 электропитания. График 1400 показывает наведенное напряжение в зависимости от тока в проводе для измерительного преобразователя, подобного главным образом измерительному преобразователю 1210, и для измерительного преобразователя, подобного главным образом измерительному преобразователю 1210, но без магнита 1261. Как показано на фиг. 14, сдвиг по фазе демонстрирует гораздо более резкое смещение фазы, когда используется измерительный преобразователь 1210 с магнитом 1261. В области изменения сдвига по фазе этот сдвиг по фазе сложно измерить, и поэтому измерения тока на этих участках могут иметь более высокую степень ошибки. При увеличении крутизны смещения фазы существенно возрастает площадь, на которой измерительный преобразователь 1210 обеспечивает приемлемые результаты.

На фиг. 15 и 16 изображены результаты двух дополнительных сценариев тестирования, которые демонстрируют повышение точности системы 1200 контроля электроэнергии по сравнению с системой контроля электроэнергии без магнита. На фиг. 15 изображен график 1500, показывающий результат применения системы контроля электроэнергии с установленной вертикально катушкой из провода, но без магнита, в соответствии с вариантом осуществления. На фиг. 16 изображен график 1600, показывающий результат применения системы 1200 контроля электроэнергии (т.е. с установленной вертикально катушкой из провода с магнитом), в соответствии с вариантом осуществления. Фиг. 15 и 16 показывают ток, измеренный в каждой из фазовых линий электропитания (L1 и L2) системой контроля электроэнергии и фактической ток в основной линии 193 электропитания (т.е. L1) и в основной линии 195 электропитания (т.е. L2). Как показано на фиг. 15 и 16, использование магнитов в качестве части системы контроля электроэнергии может значительно уменьшить погрешность измеренного уровня тока. Результаты испытаний систем 100, 900, 1000, 1100, 1700 и 1800 контроля электроэнергии, изображенных на фиг. 1, 9, 10, 11, 17 и 18, свидетельствуют об аналогичном повышении линейности и уменьшении погрешности измеренных токов.

На фиг. 17 изображена типичная катушка 751 из провода системы 1700 контроля электроэнергии, размещенная на поверхности 198 панели 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 1700 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 1700 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 1700 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

Система 1700 контроля электроэнергии может быть аналогичной или такой же, как система 1200 контроля электроэнергии, за исключением того, что система 1700 контроля электроэнергии включает в себя ферромагнитный колпак 1766 над катушкой 751 из провода. В некоторых случаях края колпака 1766 находятся на магните 1261. В других случаях магнит 1261 также находится внутри колпака 1766. В некоторых случаях использование колпака 1766 в системе 1200 контроля электроэнергии может фокусировать линии магнитной индукции в области вокруг и/или ниже катушки 751 из провода.

На фиг. 18 изображен типичный датчик 1811 магнитного поля системы 1800 контроля электроэнер-

гии, размещенный на поверхности 198 панели 196 с основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, расположенными под панелью 196, в соответствии с вариантом осуществления. Систему 1800 контроля электроэнергии можно также рассматривать как систему контроля потребления электроэнергии зданием. Система 1800 контроля электроэнергии является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Система 1800 контроля электроэнергии может быть использована во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны.

В некоторых случаях система 1800 контроля электроэнергии может включать в себя (а) измерительный преобразователь 1810, (b) вычислительный блок 120 (фиг. 1 и 2), (с) устройство 130 отображения (фиг. 1 и 2) и (d) устройство 180 калибровки (фиг. 1 и 2). Измерительный преобразователь 1810 может включать в себя (а) по меньшей мере один датчик электрического тока или датчик 1811 магнитного поля, (b) контроллер 213 (фиг. 2), (с) модуль 214 связи с пользователем (фиг. 2), (d) приемопередатчик 215 (фиг. 2), (e) источник 216 питания (фиг. 2) и (f) механизм 219 крепления (фиг. 2).

Во многих вариантах осуществления датчики 1811 магнитного поля могут включать в себя катушку 1851 из провода с первым концом 1852 и вторым концом 1853, находящимся напротив первого конца 1852. В варианте осуществления, показанном на фиг. 18, длина катушки 1851 из провода в направлении от конца 1852 до конца 1853 может быть, по существу, перпендикулярной оси 742. Т.е. катушка 1851 из провода может быть, по существу, перпендикулярной основным линиям 193, 194 и 195 электропитания и, по существу, параллельной поверхности 198. Когда датчики магнитного поля размещены в положении, показанном на фиг. 18, основные линии 193, 194 и 195 электропитания приобретают, по существу, постоянное реактивное сопротивление от панели 196 и от катушки 951 из провода.

На фиг. 19 изображен график 1900, показывающий сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению в зависимости от положения датчика 1811 магнитного поля, в соответствии с вариантом осуществления. Чтобы построить график 1900, в основных линиях 193, 194 и 195 электропитания был подан фиксированный ток, и в то время как измерялся сдвиг по фазе принятого сигнала по отношению к напряжению, катушка 1851 из провода перемещалась с шагом приблизительно 0,6 см относительно основных линий 193, 194 и 195 электропитания. Как показано на фиг. 19, сдвиг по фазе демонстрирует бистабильное поведение с наличием двух различных фазовых углов с разностью между ними приблизительно 180° . Это смещение фазы на 180° происходит, когда катушка проходит над центром основной линии 195 электропитания. Таким образом, реактивное сопротивление от катушки 1851 из провода и панели 196, приобретаемое основными линиями 193, 194 и 195 электропитания, является, по существу, постоянным, и нелинейность магнитного поля, обусловленная панелью 196, устраняется.

На фиг. 20 изображена блок-схема варианта осуществления способа 2000 обеспечения системы контроля потребления электроэнергии зданием. Способ 2000 является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Способ 2000 может быть использован во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны. В некоторых вариантах осуществления процессы, операции и/или процедуры способа 2000 могут быть выполнены в представленном порядке. В других вариантах осуществления процессы, операции и/или процедуры способа 2000 могут быть выполнены в любом другом приемлемом порядке. В иных вариантах осуществления один или более из процессов, операций и/или процедур способа 2000 может быть объединен или пропущен.

Обратимся к фиг. 20; способ 2000 включает в себя процесс 2061 предоставления измерительного преобразователя. Например, измерительный преобразователь может быть подобен или идентичен измерительным преобразователям 110, 910, 1010, 1210 и 1810, изображенным на фиг. 1, 9, 10, 12 и 18 соответственно.

В некоторых случаях измерительный преобразователь может быть выполнен так, чтобы закрепляться на поверхности панели коробки электрического выключателя. Измерительный преобразователь может быть сконфигурирован так, чтобы вырабатывать выходной сигнал на основании магнитного поля, создаваемого одной или несколькими основными линиями электропитания в коробке электрического выключателя. На фиг. 21 изображена блок-схема варианта осуществления процесса 2061 предоставления измерительного преобразователя в соответствии с первым вариантом осуществления.

Обратимся к фиг. 21; процесс 2061 включают в себя операцию 2171 предоставления одного или нескольких датчиков магнитного поля. В некоторых случаях эти датчики магнитного поля могут быть подобны датчикам магнитного поля 211 и 212, изображенным на фиг. 2, датчикам магнитного поля 911 и 912, изображенным на фиг. 9, датчикам магнитного поля 1011, 1012, 1019, изображенным на фиг. 10, датчику магнитного поля 1211, изображенному на фиг. 12 и/или датчику магнитного поля 1811, изображенному на фиг. 18. В некоторых случаях один или несколько датчиков магнитного поля могут включать в себя одну или несколько катушек из провода.

Далее процесс 2061, представленный на фиг. 21, включает в себя операцию 2172 установки одного или нескольких датчиков магнитного поля в измерительный преобразователь. В некоторых случаях операция 2172 может включать в себя установку одного или нескольких датчиков магнитного поля в измерительный преобразователь так, чтобы оси одного или нескольких датчиков магнитного поля были, по

существу, перпендикулярны по меньшей мере части одной или нескольких из основных линий электропитания и, по существу, параллельны поверхности панели, когда измерительный преобразователь присоединен к поверхности панели.

В других случаях операция 2172 может включать в себя установку одного или нескольких датчиков магнитного поля в измерительный преобразователь так, чтобы оси одного или нескольких датчиков магнитного поля были, по существу, перпендикулярны по меньшей мере части одной или нескольких из основных линий электропитания и, по существу, перпендикулярны поверхности панели, когда измерительный преобразователь присоединен к поверхности панели. В ряде случаев один или нескольких датчиков магнитного поля в измерительном преобразователе устанавливаются так, чтобы оси одного или нескольких датчиков магнитного поля были, по существу, перпендикулярны части одной или нескольких из основных линий электропитания непосредственно под этими датчиками магнитного поля и, по существу, перпендикулярны поверхности панели, когда измерительный преобразователь присоединен к поверхности панели.

Процесс 2061 на фиг. 21 продолжается операцией 2173 предоставления одного или нескольких магнитов. Этот один или несколько магнитов могут быть подобны, например, магнитным сердечникам 961 и 964, представленным на фиг. 9, магнитному сердечнику 1069, представленному на фиг. 10, и/или магниту 1261, представленному на фиг. 12.

Затем процесс 2061, представленный на фиг. 21, включает в себя операцию 2174 соединения одного или нескольких магнитов с одним или несколькими датчиками магнитного поля. В некоторых случаях соединение одного или нескольких датчиков магнитного поля с одним или несколькими магнитами может включать в себя намотку вокруг одного или нескольких магнитов одной или нескольких катушек из провода этих датчиков магнитного поля. Например, эти катушки из провода датчиков магнитного поля, которые могут быть намотаны вокруг одного или нескольких магнитов, могут быть подобны катушкам из провода, намотанным вокруг одного или нескольких магнитов так, как показано на фиг. 9, 10 и/или 11.

В других вариантах осуществления соединение одного или нескольких датчиков магнитного поля с одним или несколькими магнитами может включать в себя соединение одного конца датчика магнитного поля с одним или несколькими магнитами. Например, соединение одного конца датчиков магнитного поля с одним или несколькими магнитами может быть подобно такому соединению одного конца датчиков магнитного поля с одним или несколькими магнитами, как показанное на фиг. 12 и/или 13. В альтернативных случаях процесс 2061 не включает операции 2173 и 2174.

Далее процесс 2061, представленный на фиг. 21, включает в себя операцию 2175 предоставления одного или нескольких ферромагнитных колпаков. Этот один или несколько ферромагнитных колпаков могут быть подобны, например, колпакам 1066, 1067 и 1068, представленным на фиг. 10, колпаку 1166, представленному на фиг. 11, и/или колпаку 1766, представленному на фиг. 16.

Процесс 2061 на фиг. 21 продолжается операцией 2176 установки одного или нескольких ферромагнитных колпаков так, что один или несколько датчиков магнитного поля расположены внутри одного или нескольких колпаков. Этот один или несколько датчиков магнитного поля, расположенные внутри одного или нескольких колпаков, могут быть подобны, например, одному или нескольким датчикам магнитного поля, расположенным внутри одного или нескольких колпаков так, как показано на фиг. 10, 11 и/или 16. В альтернативных случаях процесс 2061 не включает операции 2175 и 2176.

Затем процесс 2061, представленный на фиг. 21, включает в себя операцию 2177 предоставления одного или более дополнительных элементов компонентов измерительного преобразователя. В некоторых случаях эти один или несколько дополнительных узлов могут включать в себя контроллер, источник питания, приемопередатчик, модуль связи с пользователем и/или механизм крепления. После операции 2174 процесс 2061 заканчивается.

Обратимся снова к фиг. 20; способ 2000 на фиг. 20 продолжается процессом 2062 предоставления вычислительного устройства. К примеру, вычислительное устройство может быть подобно или идентично вычислительному блоку 120, представленному на фиг. 1 и 2. В некоторых случаях процесс 2062 может вместо этого включать только предоставление блока обработки данных. Блок обработки данных может быть подобен или идентичен, например, блоку 222 обработки данных, представленному на фиг. 2. В некоторых случаях блок обработки данных может быть сконфигурирован на получение выходного сигнала от измерительного преобразователя и, кроме того, сконфигурирован на обработку этого выходного сигнала для определения одного или нескольких параметров, связанных с потреблением электроэнергии зданием.

Затем способ 2000, представленный на фиг. 20, включает в себя процесс 2063 предоставления устройства калибровки. К примеру, устройство калибровки может быть подобно или идентично устройству калибровки 180, представленному на фиг. 1 и 2.

Затем способ 2000, представленный на фиг. 20, включает в себя процесс 2064 предоставления устройства отображения. К примеру, устройство отображения может быть подобно или идентично устройству 130 отображения, представленному на фиг. 1 и 2. В некоторых случаях устройство отображения может быть частью вычислительного блока 120.

Дополнительно к ослаблению нелинейности магнитного поля путем изменения конструкции изме-

рительного преобразователя нелинейность магнитного поля может быть уменьшена путем изменения способа калибровки и использования системы контроля электроэнергии. На фиг. 22 изображена блок-схема варианта осуществления способа 2200 использования системы контроля потребления электроэнергии первой нагрузкой в здании. Способ 2200 является лишь примером и не ограничивается представленными здесь вариантами осуществления. Способ 2200 может быть использован во многих различных вариантах осуществления или случаях, которые здесь детально не изображены или не описаны. В некоторых вариантах осуществления процессы, операции и/или процедуры способа 2200 могут быть выполнены в представленном порядке. В других вариантах осуществления процессы, операции и/или процедуры способа 2200 могут быть выполнены в любом другом приемлемом порядке. В иных вариантах осуществления один или более из процессов, операций и/или процедур способа 2200 могут быть объединены или пропущены.

Обратимся к фиг. 22; способ 2200 включает в себя процесс 2261 предоставления системы контроля электроэнергии. К примеру, эта система контроля электроэнергии может быть подобна или идентична системам контроля электроэнергии 100, 900, 1000, 1100, 1200, 1700 и 1800, изображенным на фиг. 1, 9, 10, 11, 12, 17 и 18 соответственно.

Способ 2200 на фиг. 22 продолжается процессом 2262 калибровки системы контроля электроэнергии. В некоторых случаях первая калибровка может быть определена заранее, при первой установке или при первом включении системы контроля электроэнергии. В некоторых случаях вычислительное устройство системы контроля электроэнергии подключается к линии первой фазы (например, L1) системы электропитания здания, а устройство калибровки системы контроля электроэнергии подключается к линии второй фазы (например, L2) системы электропитания здания.

В некоторых случаях калибровка системы контроля электроэнергии на первом этапе может включать в себя определение первой амплитуды и первой фазы первого тока в каждом из датчиков тока измерительного преобразователя. После этого первая нагрузка в вычислительном устройстве присоединяется к ветви первой фазы, и определяются вторая амплитуда и вторая фаза второго тока в каждом из датчиков тока измерительного преобразователя. Затем вторая заданная нагрузка в устройстве калибровки присоединяется к ветви второй фазы, и определяются третья амплитуда и третья фаза третьего тока в каждом из датчиков тока измерительного преобразователя. В заключение, с использованием, по меньшей мере частично, первых амплитуд, первых фаз, вторых амплитуд, вторых фазовых улов, третьих амплитуд и третьих фаз определяются один или несколько калибровочных коэффициентов для измерительного преобразователя.

Затем способ 2200, представленный на фиг. 22, включает в себя процесс 2263 сохранения калибровочных данных. В некоторых случаях эти калибровочные данные могут включать в себя калибровочные коэффициенты, а также первую амплитуду и первый фазовый угол первого тока. Калибровочные данные могут быть сохранены в памяти вычислительного устройства.

Далее способ 2200, представленный на фиг. 22, включает в себя процесс 2264 измерения неоткалиброванного тока.

Способ 2200 на фиг. 22 продолжается процессом 2265 определения того, отличается ли неоткалиброванный ток на заданную величину от сохраненных калибровочных данных. Если ток находится в пределах заданной в сохраненных калибровочных данных величины тока, следующим процессом является процесс 2266 расчета измеряемого тока.

Если неоткалиброванный ток находится за пределами заданной величины (например, 1, 5, 10 или 25%) первого тока, следующим процессом является процесс 2262 калибровки системы контроля электроэнергии. Новые параметры калибровки и новый первый ток могут быть сохранены в памяти. Так из калибровочных данных и неоткалиброванных токов может быть создана база данных. Таким образом, в процессе 2265 неоткалиброванный ток может сравниваться с любыми из калибровочных данных, сохраненных в памяти. Если неоткалиброванный ток находится за пределами заданной величины сохраненных калибровочных данных, система контроля электроэнергии может быть повторно откалибрована. Т.е. новая калибровка будет выполнена всякий раз, когда система контроля электроэнергии определяет, что произошло значительное изменение тока по сравнению с ранее измеренными токами. Таким образом, нелинейность магнитного поля может быть уменьшена повторной калибровкой системы контроля электроэнергии каждый раз, когда происходит большое изменение тока основных линий электропитания.

Затем способ 2200, представленный на фиг. 22, включает в себя процесс 2266 расчета измеренного тока с использованием калибровочных данных.

После этого способ 2200 продолжается процессом 2267 отображения измеренного тока. В некоторых случаях измеряемый ток может быть отображен с помощью устройства 130 отображения.

Хотя настоящее изобретение было описано относительно конкретных вариантов осуществления, следует понимать, что специалистом в данной области техники могут быть выполнены различные изменения без отклонения от сущности и объема настоящего изобретения. Соответственно раскрытие информации о вариантах осуществления настоящего изобретения предназначено для иллюстрации объема изобретения и не предназначено для его ограничения. Предполагается, что объем настоящего изобретения будет ограничен только пределами прилагаемой формулы изобретения. Например, для специалиста в данной

области техники будет очевидно, что процессы 2061, 2062, 2063 и 2064, представленные на фиг. 20, операции 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176 и 2177, представленные на фиг. 20, а также процессы 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, представленные на фиг. 22, могут быть составлены из многих различных процессов, операций и выполняться множеством различных узлов в разнообразных последовательностях таким образом, что любой элемент, представленный на фиг. 1, 2, 7, 9, 10, 11, 12, 17 и 18, может быть изменен, и что вышеизложенное рассмотрение некоторых из этих вариантов осуществления не обязательно представляет собой полное описание всех возможных вариантов осуществления.

Все элементы формулы изобретения, заявленные в каждом отдельном пункте, являются существенными для варианта осуществления, заявленного в этом отдельном пункте. Таким образом, замена одного или более заявленных элементов является модернизацией, а не исправлением. Кроме того, эффект, преимущества и решения проблем были описаны в отношении конкретных вариантов осуществления. Однако этот эффект, преимущества, решения проблем, а также любой элемент или элементы, которые могут послужить причиной возникновения или более яркого проявления какого-либо эффекта, преимущества или решения, не следует рассматривать как особые, необходимые или существенные свойства какого-либо или всех пунктов формулы изобретения, если такой эффект, преимущества, решения или элементы не заявлены в данном пункте формулы изобретения.

Кроме того, варианты осуществления и ограничения, описанные здесь, не предназначены для открытого обсуждения в соответствии с доктриной передачи в общественное пользование, если эти варианты осуществления и/или ограничения: (1) прямо не заявлены в формуле изобретения и (2) являются или потенциально являются эквивалентами точно выраженных элементов и/или ограничений в формуле изобретения согласно доктрине эквивалентов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля потребления электроэнергии зданием с использованием системы контроля электроэнергии, при этом здание имеет одну или более основных линий электропитания, которые снабжают электроэнергией первую нагрузку в здании, причем способ включает

калибровку системы контроля электроэнергии, причем первый неоткалиброванный ток в одной или более основных линиях электропитания и первые калибровочные данные генерируются при калибровке системы контроля электроэнергии, причем система контроля электроэнергии содержит вычислительное устройство, калибровочное устройство и измерительное устройство, причем измерительное устройство содержит по меньшей мере два датчика магнитного поля, причем по меньшей мере два датчика магнитного поля выполнены с возможностью присоединения к части поверхности металлической панели, которая перекрывает часть одной или нескольких основных линий электропитания, при этом калибровка системы контроля электроэнергии включает

присоединение вычислительного устройства системы контроля электроэнергии к первой фазовой линии здания;

присоединение калибровочного устройства системы контроля электроэнергии ко второй фазовой линии здания, причем первая фазовая линия здания отлична от второй фазовой линии здания;

определение первой амплитуды и первой фазы первого тока в каждом по меньшей мере из двух датчиков магнитного поля измерительного устройства системы контроля электроэнергии при присоединенном вычислительном устройстве к первой фазовой линии и при присоединенном калибровочном устройстве ко второй фазовой линии;

присоединение первой нагрузки вычислительного устройства к первой фазовой линии;

определение второй амплитуды и второй фазы второго тока в каждом по меньшей мере из двух датчиков магнитного поля измерительного устройства системы контроля электроэнергии при присоединенном вычислительном устройстве к первой фазовой линии, при присоединенном калибровочном устройстве ко второй фазовой линии и при подключенной первой нагрузке к первой фазовой линии;

присоединение второй нагрузки калибровочного устройства ко второй фазовой линии;

определение третьей амплитуды и третьей фазы третьего тока в каждом по меньшей мере из двух датчиков магнитного поля измерительного устройства системы контроля электропитания при подключенном вычислительном устройстве к первой фазовой линии, при подключенном калибровочном устройстве ко второй фазовой линии и при присоединенной второй нагрузке ко второй фазовой линии;

сохранение первых калибровочных данных и измерений первого неоткалиброванного тока;

измерение второго неоткалиброванного тока в одной или более основных линиях электропитания;

вычисление первого измеренного тока на основании второго неоткалиброванного тока; и

отображение первого измеренного тока.

2. Способ по п.1, в котором вычисление первого измеренного тока содержит,

если второй неоткалиброванный ток не находится в пределах первого предопределенного значения первого неоткалиброванного тока, выполнение повторной калибровки системы контроля электропитания, включающей

калибровку системы контроля электроэнергии, причем третий неоткалиброванный ток в одной или

более основных линиях электропитания и вторые калибровочные данные генерируются при выполнении первой повторной калибровки системы контроля электроэнергии;

сохранение вторых калибровочных данных и измерений третьего неоткалиброванного тока;

вычисление первого измеренного тока с использованием вторых калибровочных данных;

если второй неоткалиброванный ток находится в пределах первого predetermined значения первого неоткалиброванного тока, вычисление первого измеренного тока с использованием первых калибровочных данных.

3. Способ по п.2, в котором первое predetermined значение равно приблизительно 25%.

4. Способ по любому из пп.2 или 3, дополнительно содержащий

измерение четвертого неоткалиброванного тока;

вычисление второго измеренного тока на основании четвертого неоткалиброванного тока; и

отображение второго измеренного тока.

5. Способ по п.4, в котором отображение первого измеренного тока включает отображение первого и второго измеренных токов на дисплейном устройстве.

6. Способ по любому из пп.4 или 5, в котором вычисление второго измеренного тока включает,

если четвертый неоткалиброванный ток не находится в пределах второго predetermined значения первого неоткалиброванного тока или второго неоткалиброванного тока, выполнение второй повторной калибровки системы контроля электроэнергии, включающей

калибровку системы контроля электроэнергии, причем пятый неоткалиброванный ток в одной или более основных линиях электропитания и третьи калибровочные данные генерируются при выполнении второй повторной калибровки системы контроля электроэнергии;

сохранение третьих калибровочных данных и измерений пятого неоткалиброванного тока;

вычисление второго измеренного тока с использованием третьих калибровочных данных;

если четвертый неоткалиброванный ток находится в пределах второго predetermined значения первого неоткалиброванного тока или второго неоткалиброванного тока, вычисление второго измеренного тока с использованием первых калибровочных данных или вторых калибровочных данных.

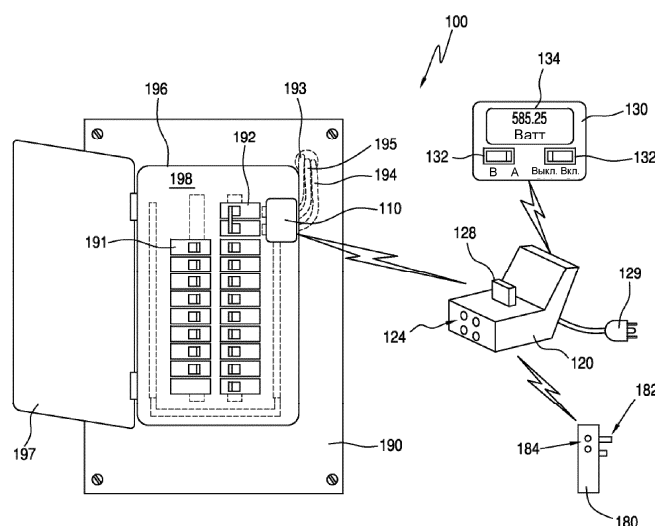
7. Способ по п.6, в котором второе predetermined значение равно приблизительно 25%.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором калибровка системы контроля электроэнергии дополнительно содержит

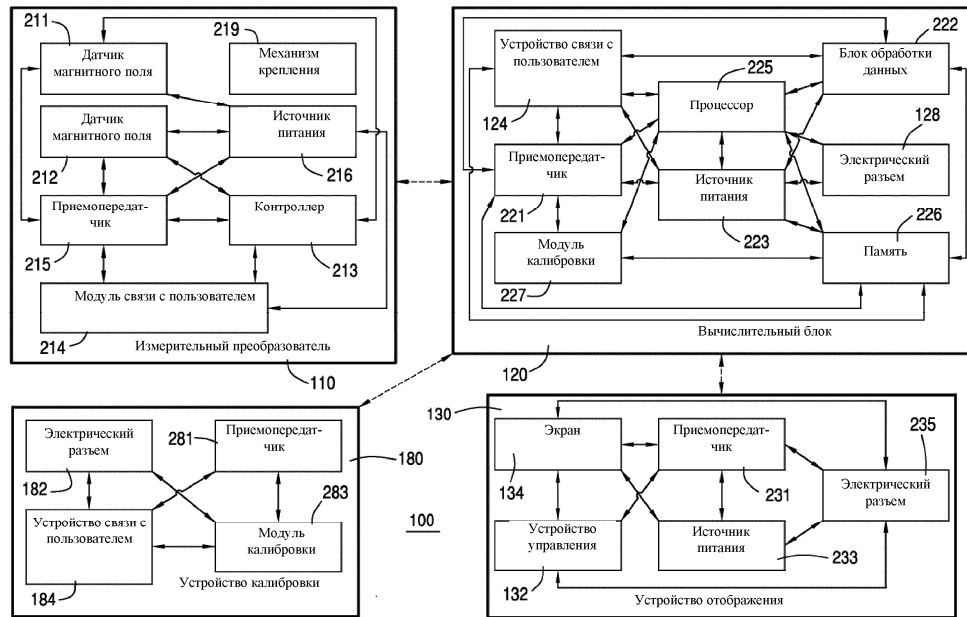
определение калибровочных факторов на основе, по меньшей мере частично, на первых амплитудах, первых фазах, вторых амплитудах, вторых фазах, третьих амплитудах и третьих фазах по меньшей мере двух датчиков магнитного поля измерительного устройства системы контроля электроэнергии.

9. Способ по п.8, в котором калибровка системы контроля электроэнергии дополнительно содержит

определение первых калибровочных данных на основе калибровочных факторов, амплитуды первого неоткалиброванного тока и фазы первого неоткалиброванного тока.

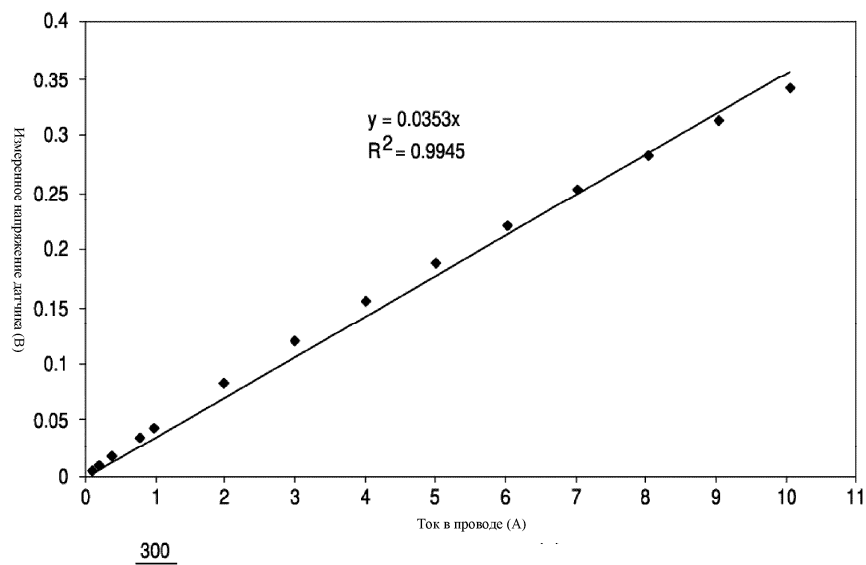


Фиг. 1



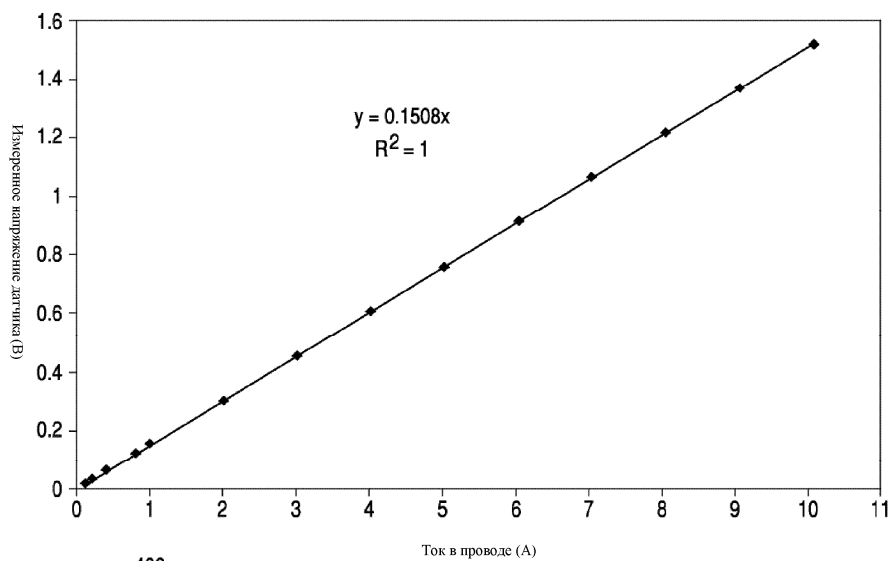
Фиг. 2

Измеренное напряжение в зависимости от тока в проводе для стальной поверхности

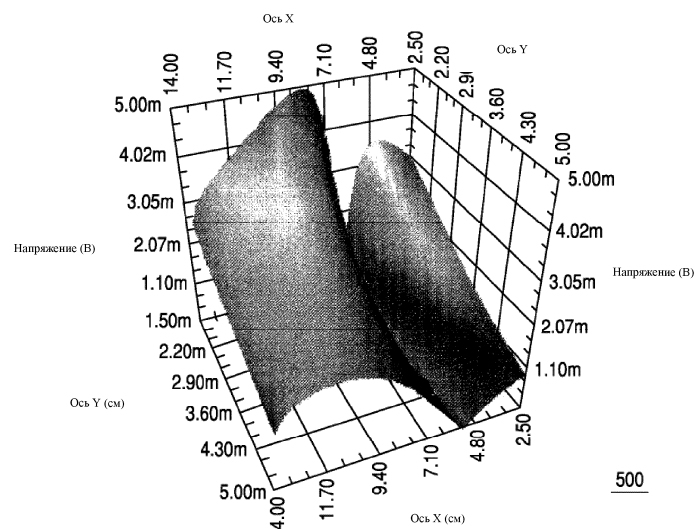


Фиг. 3

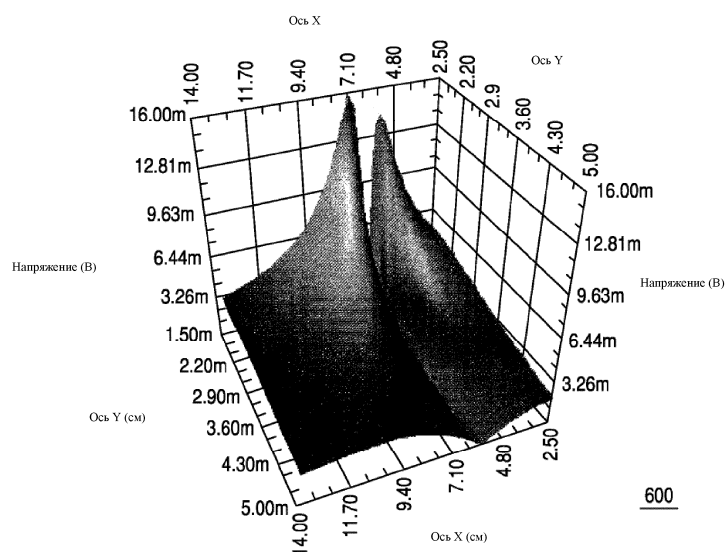
Измеряемое напряжение в зависимости от тока в проводе для картонной поверхности



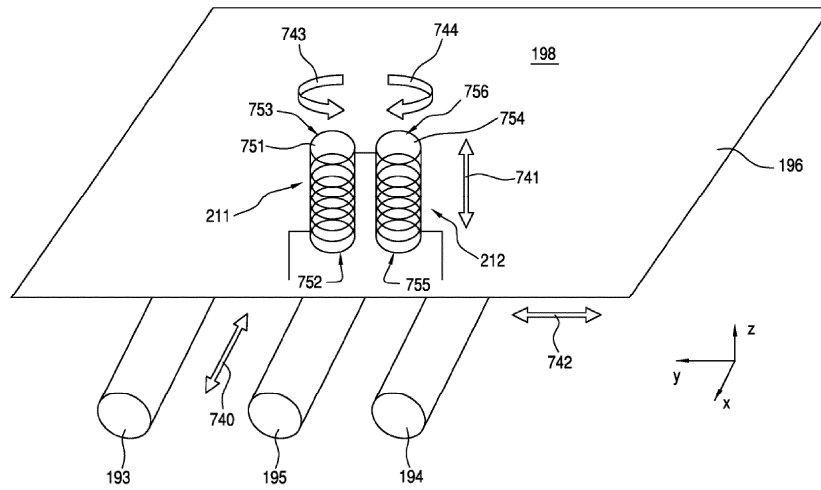
Фиг. 4



Фиг. 5

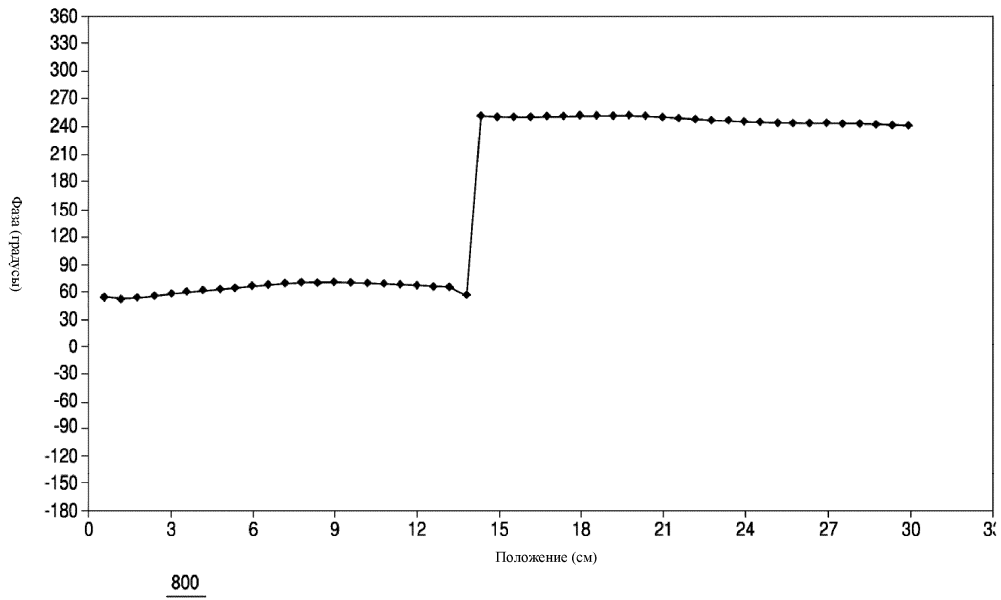


Фиг. 6

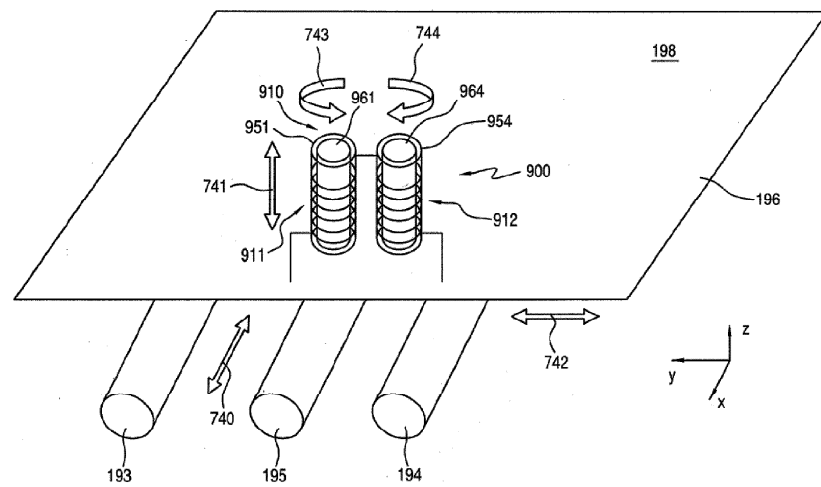


Фиг. 7

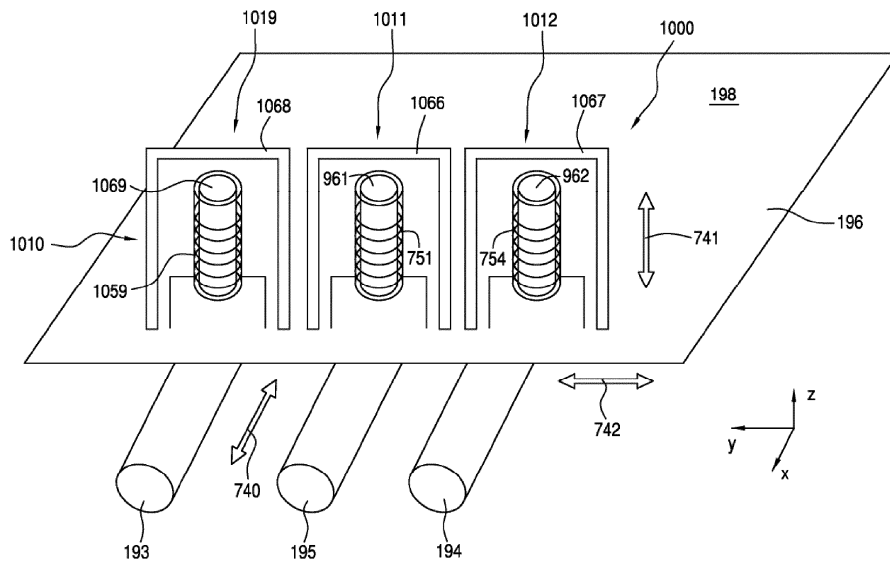
Фазовый угол принятого сигнала в зависимости от положения



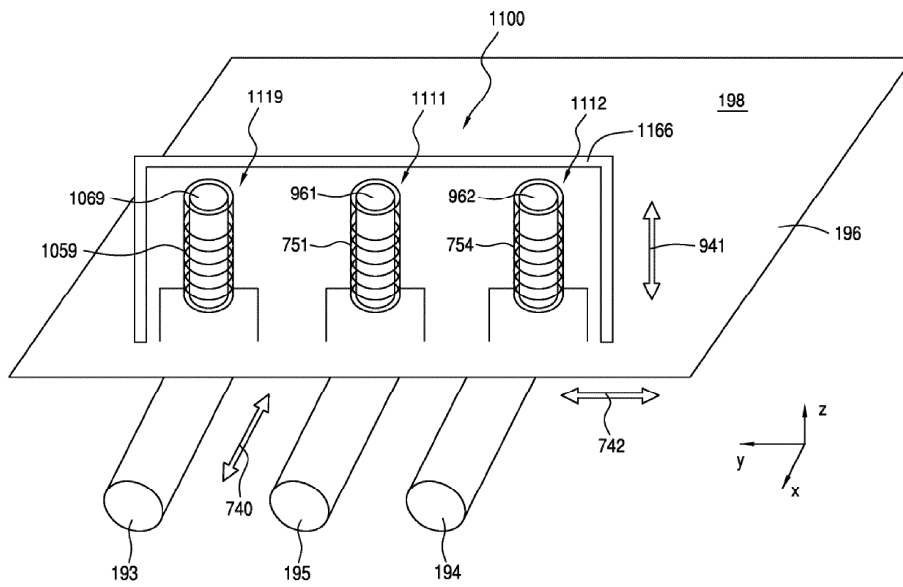
Фиг. 8



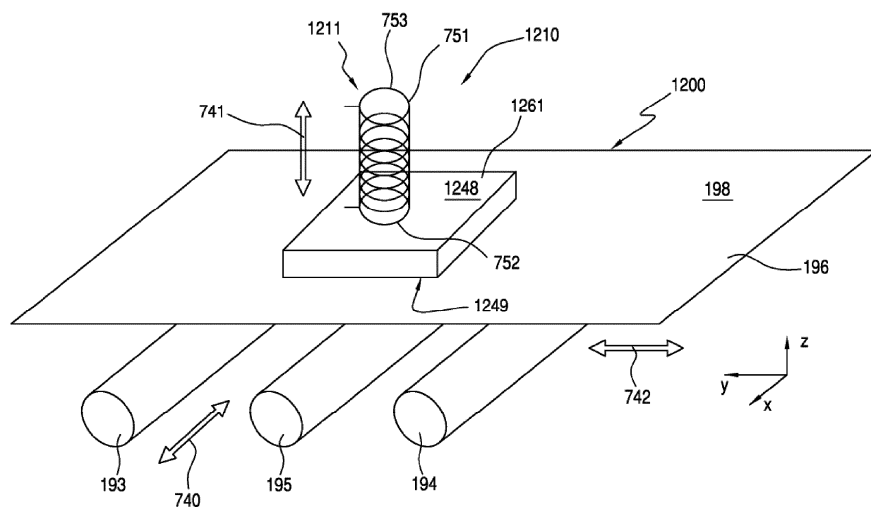
Фиг. 9



Фиг. 10

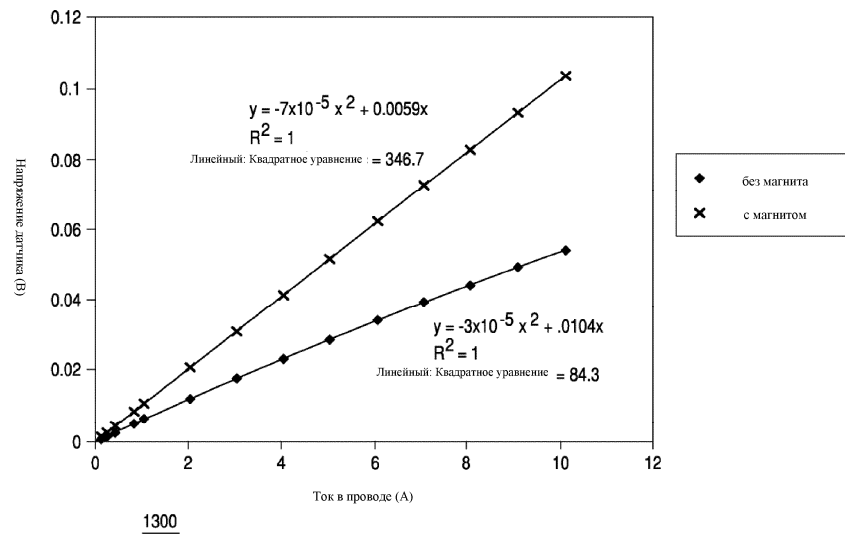


Фиг. 11



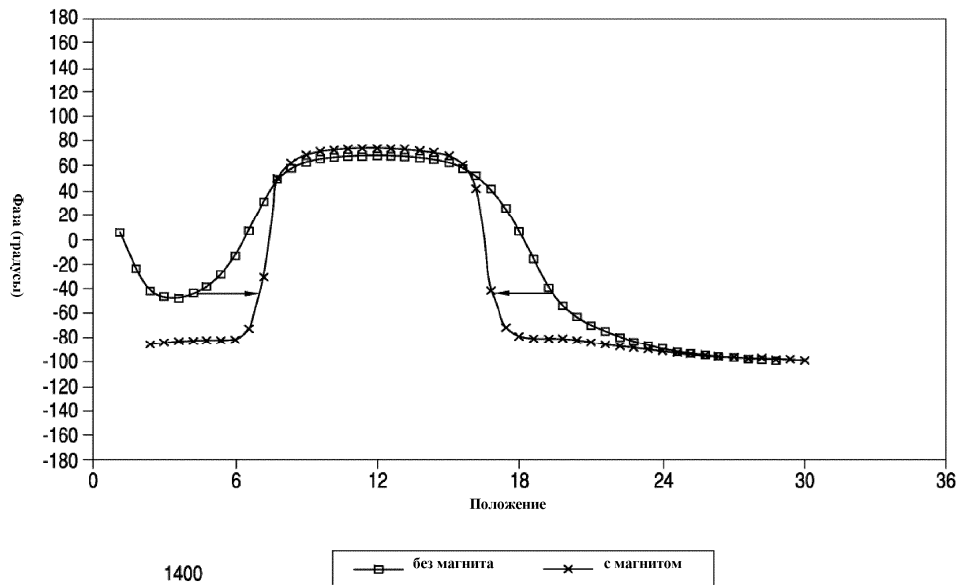
Фиг. 12

Линейность вертикально установленной катушки с воздушным сердечником



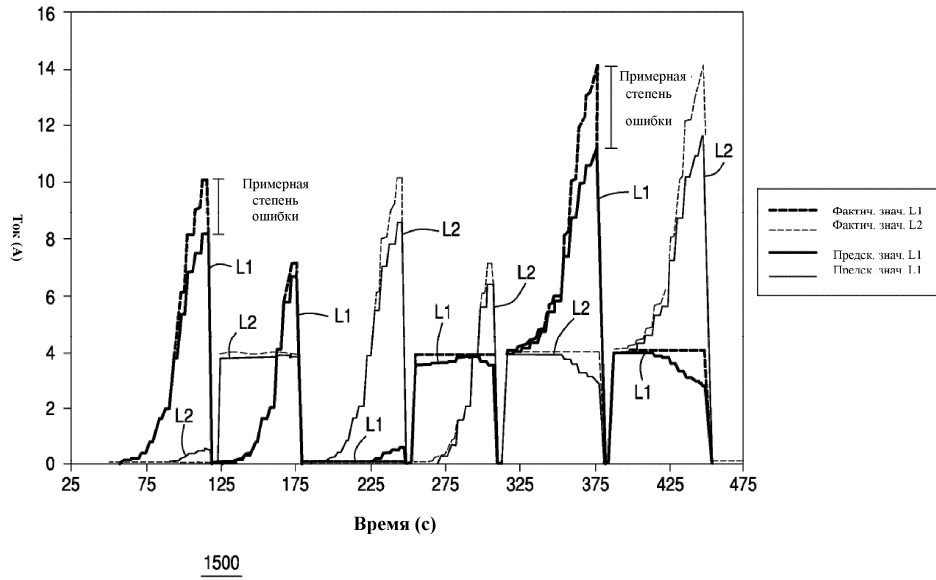
Фиг. 13

Фаза в зависимости от положения вертикальной катушки с магнитом и без магнита



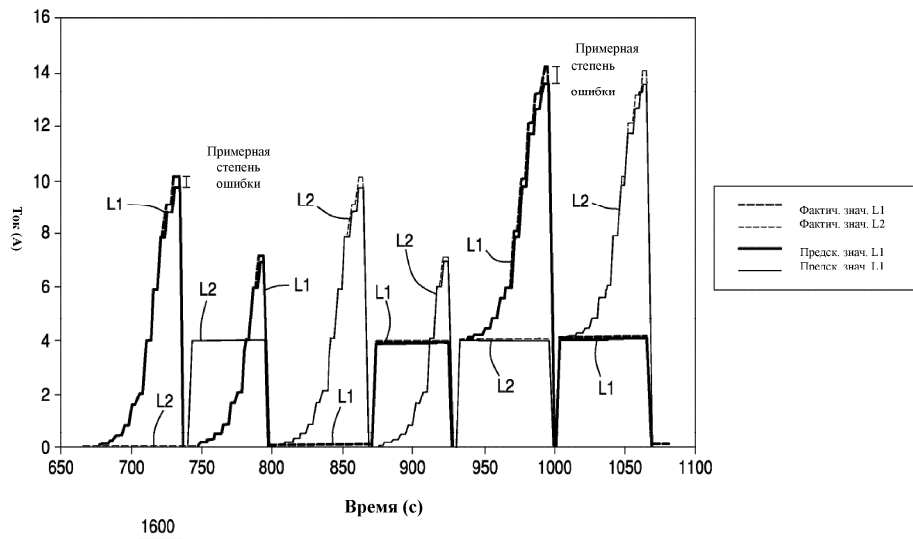
Фиг. 14

Сравнение фактических и предсказанных токов при отсутствии магнитов

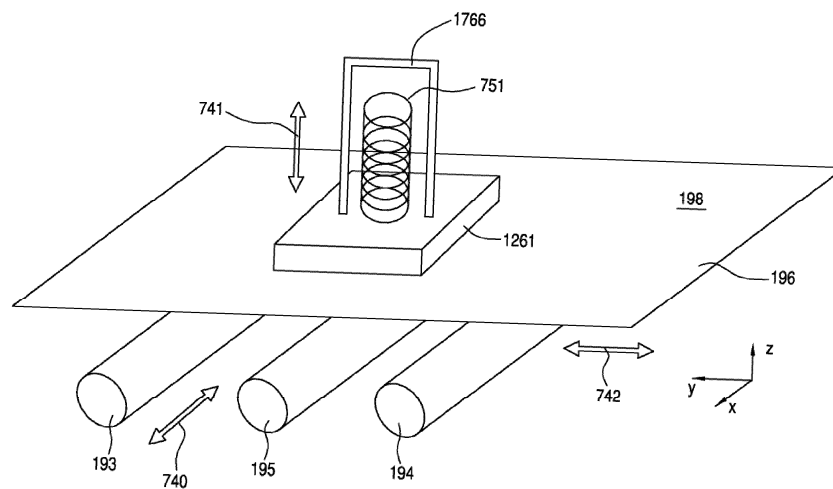


Фиг. 15

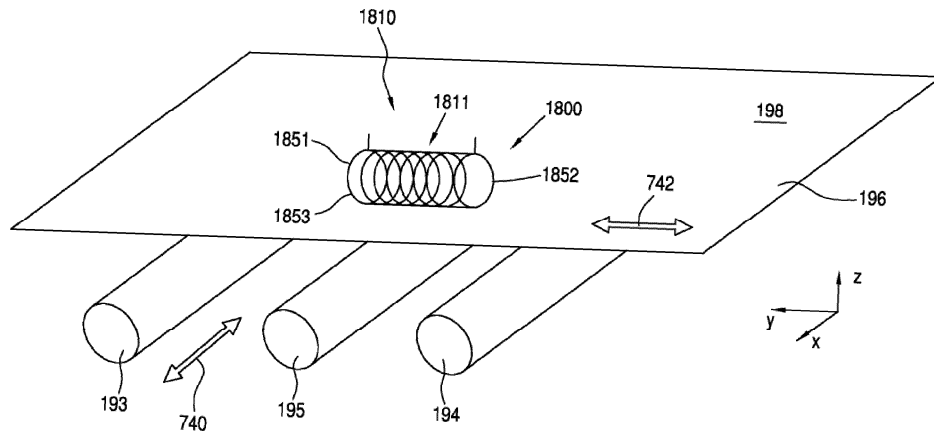
Сравнение фактических и предсказанных токов при наличии магнитов



Фиг. 16

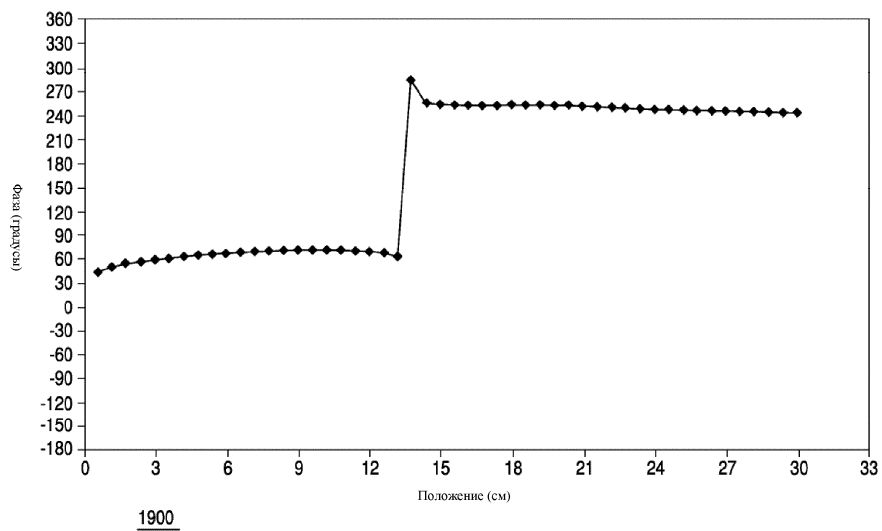


Фиг. 17



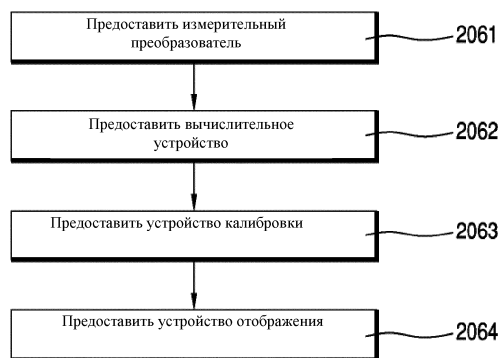
Фиг. 18

Фазовый угол принятого сигнала в зависимости от положения

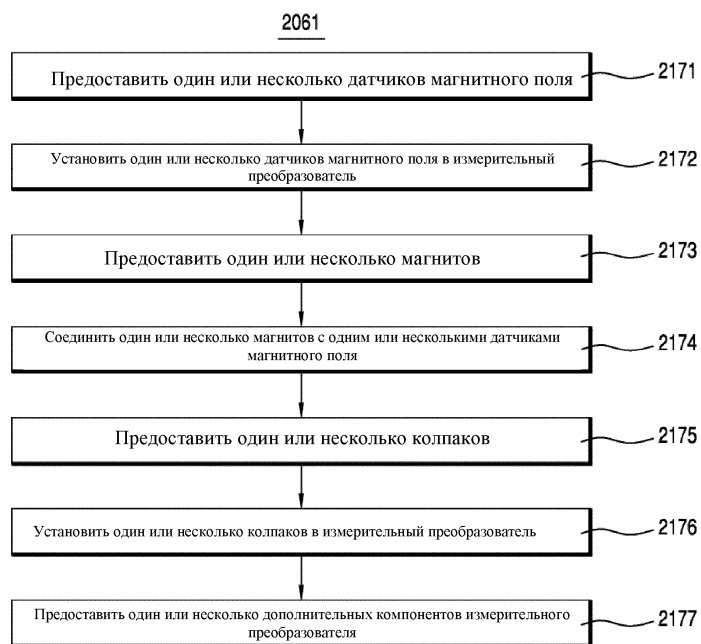


Фиг. 19

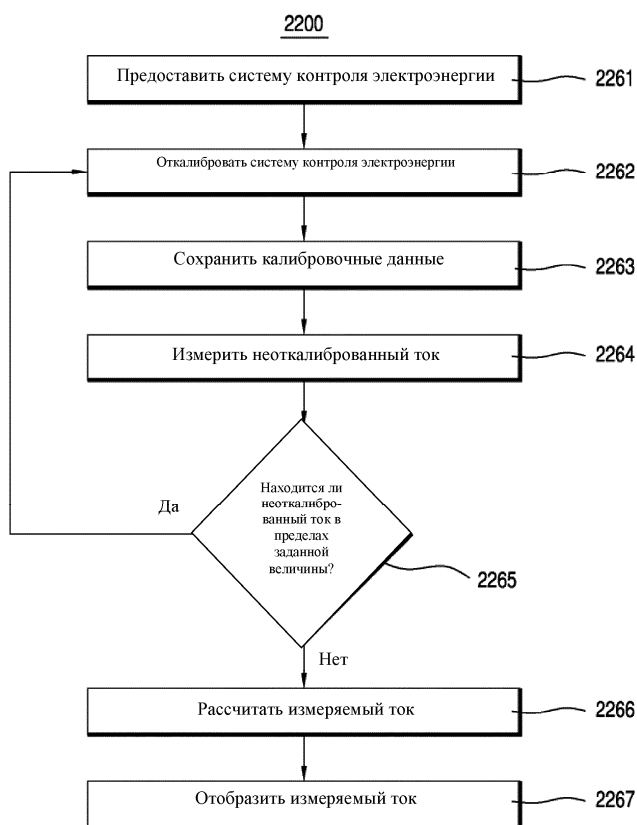
2000



Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22

