



(51) МПК
G01R 31/08 (2006.01)
H02H 5/10 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012128771/07, 10.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 10.12.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2009

(43) Дата публикации заявки: 20.01.2014 Бюл. № 2

(45) Опубликовано: 20.05.2014 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2195680 C2, 27.12.2002. RU 2089986 C1, 10.09.1997. RU 2372624 C1, 10.11.2009. US 6518769 B1, 11.02.2003. DE 19819219 C1, 30/09/1999. EP 1092256 A1, 18.04.2001. WO 2007084040 A1, 26.07.2007

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 10.07.2012

(86) Заявка РСТ:
 EP 2009/066848 (10.12.2009)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2011/069548 (16.06.2011)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
 ООО "Юридическая фирма Городиский и
 Партнеры"

(72) Автор(ы):

ЮХЛИН Ларс-Эрик (SE)

(73) Патентообладатель(и):

АББ ТЕКНОЛОДЖИ АГ (CH)

(54) ДЕТЕКТОР ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИНИИ

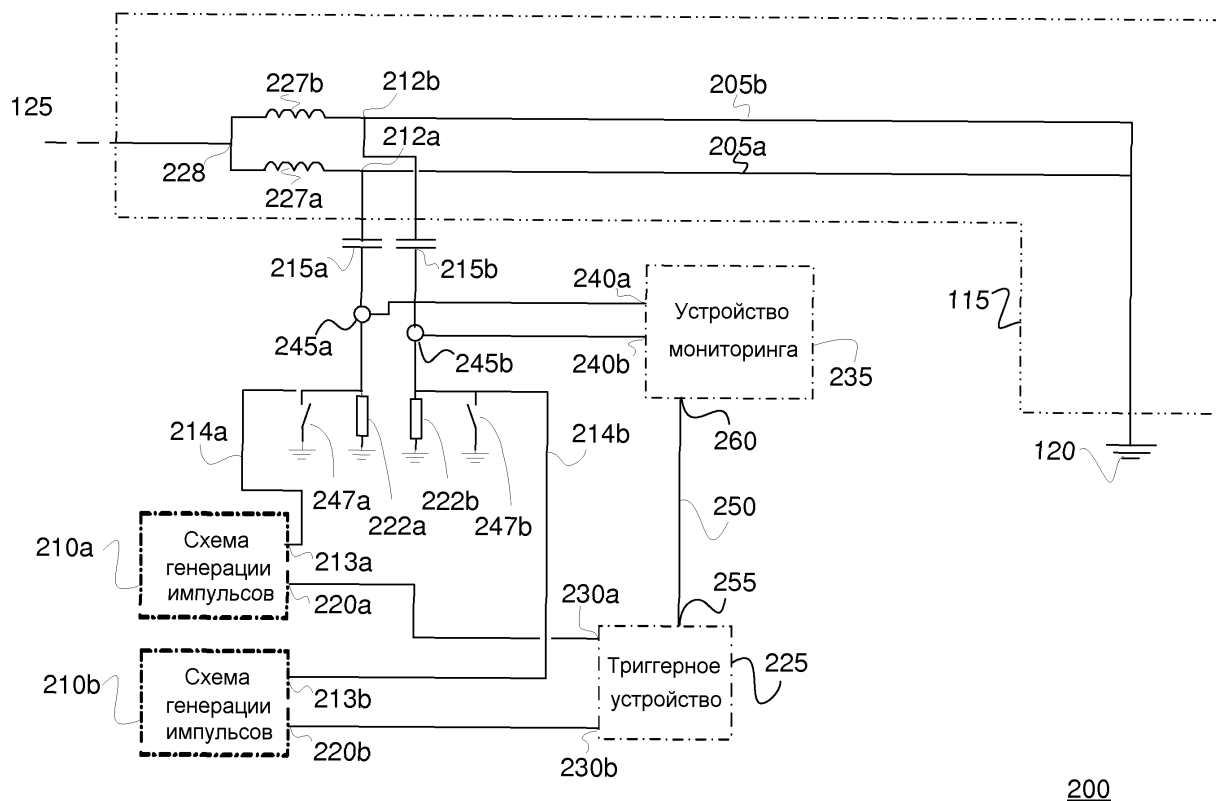
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в системе обнаружения повреждения для обнаружения повреждений линии на электродной линии в системе HVDC. Техническим результатом является повышение надежности системы обнаружения повреждения. Электродная линия содержит первое и второе ответвления, соединенные параллельно. Система обнаружения повреждения содержит первую и вторую схемы генерации импульсов, выполненные с возможностью генерации электрических

импульсов в первое и второе ответвления соответственно, а также первое и второе устройства измерения тока, выполненные с возможностью генерации сигналов, указывающих электрические сигналы, имеющие место в первой и второй линиях ввода соответственно. Возможность независимой генерации электрических импульсов в первое и второе ответвления соответственно, а также независимой регистрации первой и второй структур сигнала, представляющих электрические сигналы на первой и второй линиях ввода соответственно,

повышает информационное наполнение в собранных данных, что позволяет более надежно

анализировать, присутствует ли повреждение на электрической линии. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 13 ил.



ФИГ. 2

200

RU 2516299 C2

RU 2516299 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 31/08 (2006.01)
H02H 5/10 (2006.01)
H02H 7/26 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012128771/07, 10.12.2009

(24) Effective date for property rights:
10.12.2009

Priority:

(22) Date of filing: 10.12.2009

(43) Application published: 20.01.2014 Bull. № 2

(45) Date of publication: 20.05.2014 Bull. № 14

(85) Commencement of national phase: 10.07.2012

(86) PCT application:
EP 2009/066848 (10.12.2009)

(87) PCT publication:
WO 2011/069548 (16.06.2011)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

JuKhLIN Lars-Ehrik (SE)

(73) Proprietor(s):

ABB TEKNOLODZHI AG (CH)

(54) **LINE DAMAGE DETECTOR**

(57) Abstract:

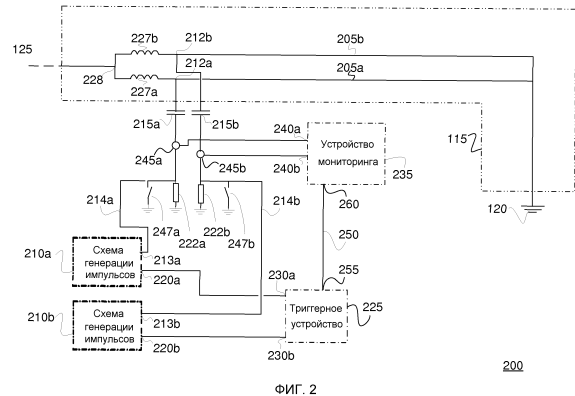
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to the field of electric engineering and can be used in the fault detection system in order to detect a fault or damage at an electrode line in HVDC system. Technical result lies in improvement of the system reliability at damage detection. The electrode line contains the first and second branches connected in parallel. The fault detection system contains the first and second pulse generation schemes intended to generate electric pulses for the first and second branch respectively and also the first and second current measurement devices capable to generate signals specifying the electric signals in the first and second input lines respectively.

EFFECT: possible independent generation of electric pulses for the first and second branch respectively and independent recording of the first and second signal

structures that represent electric signal in the first and second input lines respectively, increase in information content of the collected data thus ensuring more reliable analysis of damage occurrence in the electrode line.

15 cl, 13 dwg



RU 2 516 299 C2

RU 2 516 299 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области передачи электроэнергии постоянного тока высокого напряжения и в частности к обнаружению повреждения в электродных линиях систем передачи электроэнергии постоянного тока высокого напряжения.

5 Уровень техники

В системе HVDC две или более станции преобразователя HVDC соединены посредством одной или более линий HVDC, причем линия HVDC используется для переноса постоянного тока высокого напряжения от одной станции преобразователя HVDC к другой. При однопроводной передаче HVDC одна линия HVDC соединяет две
10 станции преобразователя HVDC, и ток может возвращаться через землю. При двухпроводной передаче HVDC, две станции преобразователя HVDC соединены посредством двух линий HVDC. Следовательно, ток может возвращаться по линии HVDC и, при нормальной работе, несимметричный ток заземления или нейтрали отсутствует. Однако в случае обрыва в одном из преобразователей в двухпроводной
15 системе, ток должен возвращаться через землю или через нейтральный проводник.

Во избежание того, чтобы какой-либо несимметричный ток приводил к неприемлемой помехе или коррозии, часть станции преобразователя HVDC, имеющая потенциал, ближайший к потенциалу заземления, часто именуемый станционной нейтралью, обычно подключается к расположенному на удалении электроду заземления через электродную
20 линию или к станционной нейтрали другой станции преобразователя HVDC металлическим обратным проводом между двумя станциями преобразователя HVDC. В последнем случае, станционная нейтраль обеих станций преобразователя HVDC подключается к земле только в одной точке, которой может быть, например, заземляющее устройство одной из станций преобразователя HVDC, и, следовательно,
25 ток заземления отсутствует.

Электродная линия имеет низкое рабочее напряжение. Обычно рабочее напряжение электродной линии при номинальном токе в линии(ях) HVDC составляет несколько кВ, тогда как рабочее напряжение металлического обратного провода часто бывает более высоким, поскольку металлический обратный провод обычно длиннее. В
30 двухпроводной системе HVDC ток электродной линии и, следовательно, напряжение электродной линии, является нулевым при симметричной работе. Следовательно, поскольку повреждение не приводит к сколько-нибудь значительному снижению напряжения электродной линии, любое повреждение на электродной линии может оставаться незамеченным в течение долгого времени, если не предпринимать особые
35 меры.

Длина электродной линии часто составляет 20 километров или более, чтобы гарантировать, что сколь угодно сильные токи будут течь в географическое положение, где ввод тока линии в заземляющий электрод не создаст никакой помехи или создаст небольшую помеху для станции HVDC или окружения, например из-за коррозии.
40 Заземленный электрод электродной линии обычно находится в географическом положении, имеющем низкое сопротивление соединения с удаленной землей (например, с земной магмой), и которое находится на достаточном расстоянии от любых городов, подземных трубопроводов, железнодорожных путей и т.д.

В дальнейшем термин «электродная линия» будет использоваться для обозначения
45 металлического обратного провода, а также электродной линии, соединяющей станционную нейтраль постоянного тока станции HVDC с электродом заземления.

Электродная линия с поврежденным заземлением может создавать угрозу безопасности, поскольку токи, текущие по электродной линии, затем будут течь в

непредсказуемое географическое положение, возможно нанося ущерб людям, а также вызывая коррозию на местной инфраструктуре. Кроме того, в случае обрыва полюса в двухпроводной системе, оставшийся полюс обычно также необходимо отсоединять, если электродная линия имеет повреждение заземления, для устранения повреждения заземления электродной линии. Такие обрывы обоих полюсов являются очень дорогостоящими, как для общества в целом, так и для оператора линии HVDC. Также в нормальных условиях эксплуатации, электродная линия с поврежденным заземлением может вызывать повреждение окружения, например коррозию в подземных трубопроводах.

Следовательно, требуется средство для мониторинга электродных линий в системе HVDC для обнаружения повреждений, например, повреждений заземления или короткого замыкания. Кроме того, поскольку электродные линии обычно имеют протяженность в десятки километров, часто требуется не только обнаруживать наличие повреждения линии, но и определять приблизительное местоположение повреждения, чтобы повреждение можно было легко и быстро обслужить.

Способ обнаружения поврежденной электродной линии, состоящей из двух проводников в двухпроводной системе HVDC, раскрыт в US 6518719. Симметричный импульс формируется из несимметричного импульса в двухтактном режиме с использованием трансформатора, имеющего две высоковольтные обмотки и низковольтную обмотку, причем низковольтная обмотка подключена к выходу генератора импульсов. Затем импульс поступает на два электродных проводника, и эхо-кривая регистрируется и сравнивается с целевой эхо-кривой. Точки, где импульс входит в электродные проводники, располагаются на расстоянии, соответствующем $\lambda/4$ от точки разветвления, т.е. точки, где электродная линия разветвляется на два проводника, где λ - длина волны несущей подаваемого импульса. Сигнал повреждения генерируется в случае выхода за пределы поля допуска, расположенного вокруг дифференциальной кривой эхосигнала.

Раскрытие изобретения

Задача настоящего изобретения состоит в повышении надежности системы обнаружения повреждения для обнаружения повреждений в электродной линии в системе HVDC.

Эта задача решается за счет обеспечения системы обнаружения повреждения для обнаружения повреждений линии на электродной линии в системе HVDC, в которой электродная линия содержит первое и второе ответвления, соединенные параллельно. Система обнаружения повреждения линии содержит:

- первую схему генерации импульсов, имеющую триггерный вход и выход, подключаемый к первому ответвлению через первую линию ввода, причем первая схема генерации импульсов выполнена с возможностью генерации первого электрического импульса на выходе по получении сигнала триггера;
- вторую схему генерации импульсов, имеющую триггерный вход и выход, подключаемый ко второму ответвлению через вторую линию ввода, причем вторая схема генерации импульсов выполнена с возможностью генерации электрического импульса с полярностью, противоположной полярности первого импульса, на выходе по получении сигнала триггера;
- первое устройство измерения тока, выполненное с возможностью генерации сигнала, указывающего электрические сигналы, имеющие место в первой линии ответвления;
- второе устройство измерения тока, выполненное с возможностью генерации сигнала, указывающего электрические сигналы, имеющие место во второй линии ответвления;

и

устройство мониторинга, имеющее соединение с первым и вторым устройствами измерения тока, причем устройство мониторинга выполнено с возможностью регистрации:

5 первой регистрируемой структуры сигнала, из первого устройства измерения тока, причем первая регистрируемая структура сигнала содержит сигналы, имеющие место на первой линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала, и

10 второй регистрируемой структуры сигнала, из второго устройства измерения тока, причем вторая регистрируемая структура сигнала содержит сигналы, имеющие место на второй линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала.

Задача дополнительно решается за счет обеспечения способа обнаружения повреждения линии в электродной линии в системе HVDC, в которой электродная линия 15 включает в себя первое и второе ответвления, соединенные параллельно. Способ содержит этапы, на которых:

генерируют первый электрический импульс в первое ответвление через первую линию ввода;

20 генерируют второй электрический импульс во второе ответвление через вторую линию ввода;

регистрируют первую регистрируемую структуру сигнала, представляющую электрические сигналы, имеющие место на первой линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала; и

25 регистрируют вторую регистрируемую структуру сигнала, представляющую электрические сигналы, имеющие место на второй линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала.

30 Система и способ обнаружения повреждения позволяет повысить качество данных, собираемых системой обнаружения повреждения для обнаружения повреждений в электродной линии, на основании каких данных осуществляется обнаружение повреждения. Возможность независимой генерации электрических импульсов в первое и второе ответвления, соответственно, а также независимой регистрации первой и второй структур сигнала, представляющих электрические сигналы на первой и второй линиях ввода, соответственно, повышает информационное наполнение в собранных данных, что позволяет более надежно анализировать, присутствует ли повреждение 35 на электродной линии.

Независимая регистрация первой и второй структур сигнала позволяет получать структуры сигнала, представляющие передачи полюсной моды, грунтовой моды и комбинированные передачи полюсной моды и грунтовой моды из единичного события обнаружения повреждения, в отличие от традиционных систем обнаружения 40 повреждения электродной линии, описанных, например в US 6518719, где можно получить только структуры сигнала, представляющие передачу в полюсной моде. Мода передачи, в котором можно наилучшим образом распознать повреждение, обычно зависит от типа повреждения. Следовательно, благодаря обеспечению возможности получения структур сигнала, представляющих разные моды передачи, повышаются 45 возможности обнаружения разных типов повреждений.

Возможность независимой генерации электрических импульсов в первое и второе ответвления позволяет собирать данные как в сценарии, в котором одновременно передаются два комплементарных импульса, именуемом режимом одновременного

ввода, так и в сценарии, где электрические импульсы вводятся каждый в одну линию ответвления, именуемом режимом ввода единичного сигнала. В режиме одновременного ввода, два комплементарных импульса магнитно и емкостно связаны и, следовательно, обнаруженные структуры сигнала будут различны для двух сценариев. По сравнению с системой обнаружения повреждения электродной линии, предложенной в US 6518719, в которой доступен только режим одновременного ввода, можно получить дополнительную информацию о состоянии системы обнаружения повреждения линии.

Дополнительное преимущество настоящей системы обнаружения повреждения над раскрытой в US 6518719 состоит в том, что настоящая система обнаружения повреждения может быть выполнена с возможностью использования электрических импульсов одной полярности. Благодаря обеспечению схем генерации импульсов, на выходной стороне схемы генерации импульсов не требуются никакие компоненты, которые будут страдать от насыщения, если генерируемый электрический импульс включает в себя составляющую постоянного тока. В общем случае, схема генерации импульсов, выполненная с возможностью генерации импульса одной полярности может быть проще, чем в случае необходимости генерации импульса обеих полярностей.

В одном варианте осуществления, система обнаружения повреждения дополнительно содержит механизм сравнения, выполненный с возможностью генерации по меньшей мере одной дополнительной регистрируемой структуры сигнала путем сложения и/или вычитания первой регистрируемой структуры сигнала и второй регистрируемой структуры сигнала. Благодаря этому, в системе обнаружения повреждения можно осуществлять усовершенствованный анализ состояния электродной линии.

В одном варианте осуществления, система обнаружения повреждения содержит регистр образцов, выполненный с возможностью сохранения по меньшей мере одной образцовой структуры сигнала, указывающей ожидаемую структуру сигнала, которую следует ожидать в конкретном сценарии. Благодаря этому текущие электрические характеристики электродной линии можно сравнивать с ожидаемыми электрическими характеристиками в других повреждениях может содержать механизм сравнения, выполненный с возможностью сравнения по меньшей мере одной регистрируемой структуры сигнала с по меньшей мере одной образцовой структурой сигнала и генерации сигнала указания повреждения в случае обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения. Благодаря этому оператор системы HVDC может автоматически принимать указание обнаруженной проблемы на электродной линии. Кроме того, механизм сравнения может быть выполнен с возможностью получения, в случае обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения, оценки расстояния до повреждения, вызывающего отклонение, и генерации сигнала указания повреждения, указывающего упомянутую оценку расстояния. Благодаря этому, оператор системы HVDC может автоматически принимать указание приблизительного расстояния до обнаруженной проблемы.

Система обнаружения повреждения может дополнительно содержать триггерное устройство, имеющее соединение с триггерным входом первой схемы генерации импульсов и с триггерным входом второй схемы генерации импульсов через триггерный выход, причем триггерное устройство выполнено с возможностью генерации по меньшей мере одного сигнала триггера на триггерном выходе для инициирования события обнаружения повреждения. Триггерное устройство может быть устроено, например, так, чтобы сигнал триггера мог при необходимости быть отправлен на одну из первой схемы генерации импульсов и второй схемы генерации импульсов; последовательно на первую схему генерации импульсов и на вторую схему генерации импульсов; или

одновременно на первую и вторую схемы генерации импульсов. Благодаря этому, система обнаружения повреждения может работать в разных режимах ввода: в режиме одновременного ввода, в котором ослабление сигналов будет мало, и в котором первая регистрируемая структура сигнала будет включать в себя сигналы, происходящие из
 5 второго электрического импульса и наоборот; и в режиме ввода единичного сигнала, где первая и вторая структуры сигнала будут включать в себя сигналы, происходящие из ввода импульсного сигнала только в одно ответвление 205a или 205b линии. Применяя оба режима ввода, из регистрируемых структур сигнала можно извлекать дополнительную информацию.

10 Система обнаружения повреждения может содержать первую и вторую линии ввода, в которой переменная индуктивность последовательно соединена с первой и второй линиями ввода, соответственно. В этом случае система обнаружения повреждения может быть, например, устроена так, что переменная индуктивность принимает более низкое значение, когда первый и второй электрические импульсы поступают в
 15 электродную линию одновременно, чем в случае, когда первый и второй электрические импульсы поступают в линию ответвления в разные моменты времени; или в первом событии обнаружения повреждения можно применять более высокое значение индуктивности, и в случае обнаружения предполагаемого повреждения, индуктивность можно снижать, и второе событие обнаружения повреждения можно осуществлять для
 20 лучшего определения местоположения предполагаемого повреждения.

Схемы генерации импульсов системы обнаружения повреждения линии по любому из предыдущих пунктов могут быть устроены таким образом, чтобы амплитуда генерируемого электрического импульса могла изменяться. Это может составлять преимущество, если необходимо повышенное разрешение регистрируемой структуры
 25 сигнала.

Дополнительные аспекты изобретения изложены в нижеприведенном подробном описании и в нижеследующей формуле изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1a - схематическая иллюстрация примера однопроводной системы HVDC.

30 Фиг.1b - схематическая иллюстрация примера двухпроводной системы HVDC.

Фиг.2 - схематическая иллюстрация примера системы обнаружения повреждения для обнаружения повреждений в электродной линии системы HVDC.

Фиг.3a - схематическая иллюстрация примера структуры сигнала, которая может регистрироваться в системе обнаружения повреждения.

35 Фиг.3b - схематическая иллюстрация структуры сигнала, соответствующей структуре, показанной на фиг.3a, при наличии повреждения электродной линии.

Фиг.4 - схематическая иллюстрация примера устройства мониторинга.

Фиг.5 - иллюстрация примера схемы генерации импульсов, выполненной с возможностью генерации электрического импульса.

40 Фиг.6 - схематическая иллюстрация примера варианта осуществления системы обнаружения повреждения, в которой импеданс линий ввода может изменяться.

Фиг.7a-c - иллюстрации других вариантов осуществления схемы генерации импульсов, в которой амплитуда генерируемого электрического импульса может изменяться.

45 Фиг.8 - логическая блок-схема, схематически иллюстрирующая способ обнаружения повреждения в электродной линии в системе HVDC.

Фиг.9 - альтернативная схематическая иллюстрация примера устройства мониторинга.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Пример системы 100 HVDC, в которой две станции 105 преобразователя HVDC

соединены посредством линии 110 HVDC, схематически проиллюстрирован на фиг.1а. В целях иллюстрации, на фиг.1а показана только одна станция 105 преобразователя HVDC, или, кратко, станция 105 HVDC.

Станция 105 HVDC, показанная на фиг.1а, подключена к источнику 107 питания переменного тока (станция 105 HVDC системы 100 обычно подключена к источнику 107 питания переменного тока или к сети переменного тока). Система 100 HVDC, показанная на фиг.1а, представлена в виде однопроводной системы HVDC, где две заземленные электродные линии 115 используются для обратного тока. Хотя на фиг.1а показана только одна из электродных линий 115, аналогичная электродная линия 115 подключена к станции 105 HVDC на другом конце линии 110 HVDC. Один конец электродных линий 115 системы 100, показанной на фиг.1а, подключен к электроду 120 заземления, тогда как другой конец подключен к станционной нейтрали 125 постоянного тока станции 105 HVDC.

Каждая станция 105 HVDC системы, показанной на фиг.1а, имеет один преобразователь 135 HVDC и трансформатор 145, разделяющий стороны постоянного тока и переменного тока системы 100 HVDC. Система 100 HVDC обычно включает в себя дополнительное оборудование, которое, для ясности, не показано.

На фиг.1b схематически проиллюстрирован другой пример системы 100 HVDC. Система 100 HVDC, показанная на фиг.1b, представлена в виде двухпроводной системы HVDC, в которой две линии 110а и 110b HVDC используются для переноса главного тока между двумя станциями 105 HVDC. Как и на фиг.1а, для ясности, показана только одна станция 105 HVDC. Станция 105 HVDC двухпроводной системы 100 HVDC, показанной на фиг.1b, содержит два преобразователя 135а и 135b HVDC, выполненные с возможностью иметь разную полярность. В двухпроводной системе 100 HVDC, станция 105 HVDC обычно подключена к электродной линии 115 через станционную нейтраль 125 постоянного тока. В некоторых конфигурациях (не показаны), две двухпроводных станции 105 HVDC, соединенные двумя линиями 110а и 110b HVDC, имеют общий электрод 120 заземления, что позволяет продолжить электродную линию 115, подключенную к одной из станций 105 HVDC, до электрода 120 заземления другой станции 105 HVDC, в этой конфигурации электродную линию часто именуют металлическим обратным проводом.

В ходе нормальной работы двухпроводной системы 100 HVDC, токи линии HVDC симметричны, и в электродных линиях 115 не течет никакого тока. В случае повреждения заземления в линии 110а или 110b HVDC, ток в электродной линии 115 будет равен номинальному току. В случае обрыва преобразователя 135а HVDC, показанного на фиг.1b, ток в линии 110а HVDC будет нулевым, и сила тока в электродной линии 115 будет равна силе тока в линии 110b HVDC., Ток будет безопасно уходить в землю через электродную линию 115 и электрод 120 заземления. Если преобразователь 135а или 105b HVDC не работает, электродную линию 115 можно использовать для обратного тока, и система 100 HVDC, показанная на фиг.1b, может оставаться в работоспособном состоянии.

Как упомянуто выше, повреждения в электродных линиях 115 могут оставаться незамеченными в течение долгого времени, если не предпринимать особые меры, поскольку в ходе нормальной работы двухпроводной системы HVDC или при низких нагрузках в однопроводной системе HVDC, падение напряжения на электродной линии 115 мало или отсутствует.

Пример системы 200 обнаружения повреждения для обнаружения повреждений линии на электродной линии 115, содержащей первое и второе 205а и 205b ответвления,

соответственно, показан на фиг.2. Первое и второе 205а и 205b ответвления электродной линии 115, показанной на фиг.2, соединены параллельно между станционной нейтралью 125 постоянного тока станции 105 HVDC, или, кратко, станционной нейтралью 125, и электродом 120 заземления постоянного тока.

5 Система 200 обнаружения повреждения, показанная на фиг.2, содержит первую и вторую схемы 210а и 210b генерации импульсов, соответственно. Выход 213а первой схемы 210b генерации импульсов подключен к первому ответвлению 205а в точке 212а
10 входа линией 214а ввода, имеющей последовательно соединенный конденсатор 215а ввода. Выход 213b второй схемы 210b генерации импульсов подключен ко второму ответвлению 205b в точке 212b входа линией 214b ввода, имеющей последовательно соединенный конденсатор 215b ввода. Конденсаторы 215а и 215b ввода служат для
15 защиты системы 200 обнаружения повреждения от любых сильных постоянных токов в электродной линии 115, обусловленных, например, ударом молнии, обрывом полюса на станции 105 HVDC, с которым соединена электродная линия 115, и т.д. Расстояние
20 между точкой 212а входа и электродом 120 заземления может, преимущественно, быть равным расстоянию между точкой 212b входа и электродом 120 заземления, благодаря
25 чему, время, необходимое для распространения импульса от точки 212 входа к электроду 120 заземления, будет одинаковым для обоих ответвлений.

Первая схема 210а генерации импульсов выполнена с возможностью генерации, по
20 получении сигнала триггера на входе 220а, электрического импульса на выходе 213а. Вторая схема 210b генерации импульсов выполнена с возможностью генерации, по получении сигнала триггера на входе 220b, комплементарного электрического импульса
на выходе 213b с полярностью, противоположной полярности импульса, генерируемого
25 первой схемой 210а генерации импульсов. Сигналом триггера может быть, например, электрический сигнал, генерируемый описанным ниже триггерным устройством; сигнал
30 вручную подается на схему генерации импульсов через триггерный вход, например, триггерный вход 220а/б в виде кнопки или тумблера; и т.д.

На фиг.2 показано, что система 200 обнаружения повреждения включает в себя
30 резисторы 222а и 222b, где резистор 222а (222b) подключен между землей и точкой на линии 214а (214b) ввода между схемой 210а (210b) генерации импульсов и конденсатором 215а (215b) ввода. Резисторы 222а и 222b служат для разряда конденсаторов 215а и 215b
35 ввода, соответственно, после ввода электрического импульса в линии 205а или 205b ответвления, соответственно. Электрические импульсы одной полярности могут повторно передаваться через конденсаторы 215а и 215b ввода, резисторы 222а и 222b,
40 позволяя конденсаторам 215а и 215b ввода, соответственно, разряжаться между импульсами.

На конце станционной нейтрали 205а/б ответвления, было бы преимущественно
40 применять линейный заградитель 227а/б для адаптации импеданса линия на этом конце, чтобы большинство импульсных сигналов, вводимых в 205а и 205b ответвления электродной линии передавалось через электродную линию 115, а не через станцию
105 HVDC. Линейный заградитель 227 может представлять собой, например, реактор, где индуктивность реактора выбрана так, чтобы импеданс для импульса был высоким
по сравнению со всплеском импеданса электродной линии 115.

Система 200 обнаружения повреждения дополнительно содержит триггерное
45 устройство 225, выполненное с возможностью генерации сигнала триггера в определенных случаях, например, в определенные интервалы времени; при подозрении на повреждение электродной линии; по получении соответствующей инструкции через пользовательский интерфейс; или в других подходящих случаях. Выход 230а триггерного

устройства 225 подключен ко входу 220а схемы 210а генерации импульсов, и выход 230b подключен ко входу 220b схемы 210b генерации импульсов. Выходы 230а и 230b могут быть или не быть реализованы как один и тот же выход. Триггерное устройство 225 может быть устроено, например, так, чтобы им можно было управлять вручную с помощью устройств управления (например, кнопки или тумблеры), подключенных к схеме, генерирующей сигнал триггера, и/или схема, генерирующая сигнал триггера, может действовать под управлением компьютеризованной системы управления.

В одном варианте осуществления, триггерное устройство 225 выполнено с возможностью работать в разных режимах работы: первом режиме работы, в котором сигналы триггера одновременно генерируются на обоих выходах 230а и 230b, и во втором режиме работы, в котором сигнал триггера генерируется каждый раз на одном из выходов 230а и 230b. В одновременном режиме работы, электрические импульсы противоположной полярности будут одновременно поступать в первое и второе 205а и 205b ответвления. Первое и второе 205а и 205b ответвления обычно располагаются вблизи друг друга. Благодаря подаче комплементарных электрических импульсов противоположной полярности одновременно в два ответвления, в окружении (обычно земле) не будет наводиться практически никакого тока, и поэтому ослабление сигналов будет меньше, чем, если бы электрический импульс генерировался каждый раз в одной линии 205 ответвления. Поскольку два комплементарных импульса достигают электрода 120 заземления одновременно, если расстояние от точки 212а входа до электрода 120 заземления приблизительно такое же, как от точки 212b входа, взаимодействие между электродом 120 заземления и импульсами сигнала в этом режиме работы будет отсутствовать или пренебрежимо мало. Таким образом, любое отражение грунтовой моды пренебрежимо мало. Таким образом, любое отражение грунтовой моды на электроде 120 заземления будет пренебрежимо мало в этом режиме работы, даже если на конце электрода заземления электродной линии 115 не обеспечена адаптационная схема для адаптации импеданса электродной линии 115.

Однако, как будет дополнительно рассмотрено ниже, может быть преимущественным посылать импульсные электрические сигналы каждый раз в одну линию ответвления 205/205b, например, в случае предполагаемого повреждения электродной линии. Следовательно, в одном режиме работы, триггерное устройство 225 генерирует сигнал триггера каждый раз на одном выходе 230а и 230b. Триггерное устройство 225 может быть выполнено с возможностью генерации, в этом режиме работы, двух независимых сигналов триггера на выходе 230а и 230b в разные моменты времени. Время между двумя разными сигналами триггера может, например, в 20 раз превышать время распространения импульса до электрода 120 заземления - время распространения импульса составляет приблизительно 33 мкс на 10 км - во избежание помехи от электрических импульсов, генерируемых в ответ на другие сигналы триггера. Часто бывает желательно эксплуатировать триггерное устройство 225 в обоих режимах работы после каждого события обнаружения повреждения, для получения увеличенного информационного наполнения в данных, собранных после события обнаружения повреждения.

Кроме того, в системе 200 обнаружения повреждения предусмотрено устройство 235 мониторинга, причем устройство мониторинга выполнено с возможностью регистрации электрических импульсов в одной или обеих из линий 214а и 214b ввода. Входы 240а и 240b устройства 235 мониторинга подключены к устройствам 245а и 245b измерения тока, соответственно, причем устройства измерения тока предусмотрены на линиях 214а и 214b ввода, соответственно, для обнаружения электрических импульсов в линиях

214a и 214b ввода. Устройство 245 измерения тока может представлять собой, например, трансформатор тока или преобразователь тока другого типа, например, катушку Роговского. В альтернативном варианте осуществления, устройство 245a (245b) измерения тока может быть предусмотрено непосредственно на соответствующей линии 205a (205b) ответвления между точкой 212a входа (212b) и электродом 120 заземления, предпочтительно вблизи точки 212a (212b) входа. В дальнейшем, сигнал, обнаруженный устройством 245a/b измерения тока, будет именоваться сигналом, имеющим место в соответствующей линии 214a/b ответвления, независимо от того, действительно ли устройство измерения тока располагается для измерения тока в линии 214a/b ввода, или же тока в соответствующей линии 205a/b ответвления.

Показано, что линии 214 и 214b ответвления подключаются к земле через заземляющие выключатели 247a и 247b, соответственно, которые соединены параллельно с резисторами 233a и 233b, соответственно. Если каждый раз генерируется один электрический импульс, например, в линию 205a (205b) ответвления, может быть преимущественным замкнуть заземляющий выключатель 247b (247a) на линии 214b (214a) ввода, подключенной к другой линии 205b (205a) ответвления, для улучшения обнаружения импульсов на линии 214b (214a) ввода, когда схема 210b (210a) генерации импульсов в данный момент не используется. Заземляющими выключателями 247a и 247b может управлять, например, триггерное устройство 225, таким образом, что сигнал, активирующий соединение заземляющего выключателя 247b, подается на заземляющий выключатель 247b только после (или незадолго до) подачи сигнала триггера на схему 213a (213b) генерации импульсов.

Заземляющий выключатель 247a (247b) также можно использовать для соединения линии 214a (214b) ввода с землей, если соответствующая схема 210a (210b) генерации импульсов отсоединена, например, для обслуживания, для обеспечения бесперебойной работы соответствующей линии 205a (205b) ответвления, несмотря на отсоединение схемы 210a (210b) генерации импульсов.

В каждом случае обнаружения повреждения, устройство 235 мониторинга в конфигурации, показанной на фиг.2, может, с помощью устройства 245a (245b) измерения тока, регистрировать электрический импульс, генерируемый схемой 210a (210b) генерации импульсов, поступающий в электродную линию 115. Кроме того, устройство 235a (235b) мониторинга может также регистрировать эхо-импульсы, обусловленные отражением электрического импульса на любых нарушениях непрерывности электродной линии 115. Устройство 245a (245b) измерения тока также обычно может обнаруживать импульсы, происходящие из электрического импульса, генерируемого схемой 210b (210a) генерации импульсов. Разные импульсы, обнаруженные устройством 245a/b измерения тока после события обнаружения повреждения, образуют обнаруженную структуру сигнала.

Триггерное соединение 250 может быть преимущественно предусмотрено между выходом 255 триггерного устройства 225 и входом 260 устройства 235 мониторинга. Триггерное соединение 250 может использоваться, например, триггерным устройством 225 для извещения устройства мониторинга о том, что сигнал триггера отправлен на одну или обе из схем 220 генерации импульсов, чтобы устройство 235 мониторинга могло активировать мониторинг сигналов, принятых от устройства 245a и/или 245b измерения тока. Триггерное устройство 225 может, например, быть выполнено с возможностью генерации одного из трех разных типов извещающих сигналов на выходе 255, в зависимости от того, следует ли извещать устройство 235 мониторинга для мониторинга выходного сигнала устройства 245a, 245b измерения тока или их обоих.

Альтернативно, можно использовать только один тип сигнала триггера.

В одной реализации системы 200 обнаружения повреждения, предусмотрена только одна схема генерации импульсов, выполненная с возможностью генерации двух комплементарных импульсов.

5 Пример структуры сигнала, обнаруженной устройством 245a/b измерения тока при нормальной работе показан на графике, представленном на фиг.3а, где отражена зарегистрированная интенсивность сигнала (I) в зависимости от времени (t). В момент времени t_0 , регистрируется введенный электрический импульс. В моменты времени t_1 и t_2 обнаруживаются различные паразитные сигналы, которые эхо-сигналами,
10 обусловленными, например, наличием крупного металлического объекта вблизи линии 205a/205b ответвления; нарушения непрерывности на электродной линии 115, и т.д. В момент времени t_3 обнаруживается отраженный импульс, идущий от электрода 120 заземления.

На фиг.3b показана соответствующая структура сигнала, обнаруженного устройством
15 245a/b измерения тока в случае повреждения заземления в электродной линии 115. В момент времени t_1 , сигнал принимается на устройстве 245a/b измерения тока, причем сигнал соответствует отражению на повреждении заземления. Следовательно, возникновение пика в обнаруженной структуре сигнала, который отсутствует в структуре сигнала, обнаруженной в ходе нормальной работы, указывает, что
20 повреждение заземления может присутствовать на одной из линий 205a или 205b ответвления.

Поскольку скорость передачи электрического импульса в проводниках, образующих электродную линию 115 и линии 214 ввода, известна, местоположение повреждения можно получить из разницы по времени $t_i - t_0$ (ср. Фиг.3b), эта разница по времени
25 представляет время, необходимое импульсному сигналу для преодоления удвоенного расстояния от измерительного устройства 245 до повреждения заземления, вызывающего отражение.

Благодаря возможности отдельного обнаружения импульсов на двух линиях 214a и 214b ввода, импульсные электрические сигналы, имеющие место в любой из двух линий
30 205a и 205b ответвления, могут независимо регистрироваться.

Структуры сигнала, полученные путем обнаружения импульсных сигналов, введенных в линии 205a и 205b ответвления и их эхо-сигналов, часто бывает трудно интерпретировать. Регистрируя по отдельности импульсные электрические сигналы в двух линиях 205a и 205b ответвления, можно усовершенствовать анализ
35 зарегистрированных импульсных электрических сигналов. В дальнейшем, структура сигнала, обнаруженная устройством 245a измерения тока, будет обозначаться А, а структура сигнала, обнаруженная устройством 245b измерения тока, будет обозначаться В. Когда два комплементарных сигнала одновременно вводятся в точках 112a и 112b входа, соответственно, сигналы будут распространяться в полюсной моде, т.е. моде, в
40 которой введенные импульсы сигнала распространяются между двумя линиями 205a и 205b ответвления и пренебрежимо малая часть сигнала распространяется через землю. При раздельном обнаружении двух структур А и В сигнала, представления других мод передачи можно получить путем анализа сигналов, рассмотренного ниже.

Две структуры А и В сигнала можно вычитать для получения структуры сигнала,
45 представляющей полюсную моду введенных сигналов. С другой стороны, если сложить обнаруженные структуры А и В сигнала, можно получить структуру сигнала, представляющую грунтовую моду введенных сигналов, т.е. моду, в которой введенные сигналы распространяются в общей моде по линии, где обратным проводом является

земля. Кроме того, обнаруженные структуры А и В сигнала можно анализировать по отдельности, причем каждая из них представляет комбинацию полюсной моды и грунтовой моды. Следовательно, если комплементарные импульсы вводятся одновременно, можно получить следующие режимы анализа:

- 5 А-В: полюсная мода
- А+В: грунтовая мода
- А: комбинированная мода А
- В: комбинированная мода В

10 В дальнейшем, термин "регистрируемая структура сигнала" будет использоваться в отношении любой комбинации обнаруженных структур А и В сигнала, например А, В, А-В и А+В.

Во многих случаях, например, в случае повреждения заземления высокого сопротивления, отражение от повреждения заземления обычно легче распознать в грунтовой моде, чем в полюсной моде. В других случаях, например в случае короткого замыкания между линиями 205a и 205b ответвления или обрыва обеих линий 205a и 15 205b ответвления, отражение от повреждения обычно легче распознать в сигнале полюсной моды. В прочих случаях, например, когда линия 205a ответвления разорвана, а линия 205b ответвления осталась неповрежденной, повреждение легче распознать в комбинированной моде А и наоборот. Благодаря передаче импульсных электрических 20 сигналов в полюсной моде с противоположной полярностью, сигналы будут испытывать более низкое ослабление, чем при передаче в грунтовой моде. Благодаря отдельному обнаружению двух сигналов, грунтовая мода можно получить из вышеописанных измерений полюсной моды, и можно добиться повышенной точности анализа.

Кроме того, благодаря обеспечению отдельных схем 210a и 210b ввода, позволяющих 25 по отдельности вводить импульсные сигналы в линии 205a и 205b ответвления, электрические импульсы можно вводить в две линии 205a/b ответвления по очереди. Например, импульсный сигнал можно передавать в линию 214a/b ввода и обнаруживать обоими устройствами 245a и/или 245b измерения тока в первый момент времени, и импульсный сигнал можно передавать в другую линию 214b/a ввода и обнаруживать 30 устройствами 245b и/или 245a измерения тока в другой момент времени.

При обеспечении отдельных схем 210a и 210b генерации импульсов, можно задать три разных режима ввода сигналов в линии 205a и 205b ответвления:

1. Одновременный ввод, при котором два комплементарных сигнала одновременно вводятся в линии 205a и 205b ответвления;
- 35 2. Ввод единичного сигнала в линию 205a ответвления; и
3. Ввод единичного сигнала в линию 205b ответвления. При вводе единичного сигнала в линию 205a/b ответвления, никаких сигналов, обусловленных вводом импульса в другую линию ввода, не окажется в обнаруженных структурах А и В сигнала. Таким образом, можно получить дополнительную информацию, вводя импульсы по 40 отдельности, а также одновременно. Например, поскольку в случае единичного сигнала вводится комбинация полюсной моды и грунтовой моды, сигнал грунтовой моды обычно бывает относительно сильнее, чем в случае, когда грунтовая мода получена из измерений на двух комплементарных сигналах. С другой стороны, отдельно введенный единичный сигнал будет ослабляться сильнее, чем два одновременно 45 передаваемых комплементарных импульса. Это можно, при желании, скомпенсировать, что дополнительно рассмотрено ниже. Два режима ввода единичного сигнала можно комбинировать для обеспечения режима последовательного ввода, в котором единичные сигналы последовательно вводятся в разные линии 205a и 205b ответвления,

соответственно.

Осуществляя измерения структур А и В сигнала как на отдельно вводимых единичных сигналах, так и на одновременно вводимых комплементарных сигналах, можно собирать еще больше информации, и повышать точность анализа повреждения. Регистрируемую структуру А сигнала, полученную из единичного сигнала, введенного в линию 205а ответвления, можно сложить с, или вычесть из, регистрируемой структурой(ы) В сигнала, полученной из единичного сигнала, введенного в линию 205а ответвления, наподобие описанного выше в связи с одновременными измерениями. Фактически по меньшей мере 12 разных соответствующих регистрируемых структур сигнала можно получить из 4 разных режимов анализа и 3 разных режимов ввода. Дополнительные структуры сигнала могут давать еще больше информации, например, структуру А сигнала, полученную из ввода единичного сигнала в линию 205а ответвления, можно сложить с, или вычесть из, структурой(ы) В сигнала полученной из ввода единичного сигнала в линию 205b ответвления, для получения дополнительной структуры сигнала, и наоборот.

Пример устройства 235 мониторинга схематически показан на фиг.4. Устройство 235 мониторинга включает в себя регистр 400 структур сигнала для регистрации структур сигнала, обнаруженных устройствами 245а и/или 245b измерения тока. Устройство 235 мониторинга может также, преимущественно, включать в себя регистр 405 образцов, в котором сохраняются образцы структур сигнала, которые следует ожидать в разных условиях измерения, и механизм 410 сравнения, способный сравнивать регистрируемые структуры сигнала с образцовыми структурами сигнала.

Регистр 400 сигнала устройства 235 мониторинга выполнен с возможностью приема двух независимых структур сигнала на событие обнаружения повреждения через устройства 245а и 245b измерения тока, соответственно. Согласно фиг.4, вход 260, на котором могут приниматься извещающие сигналы от триггерного устройства 225, может быть подключен к регистру 400 сигнала для извещения регистра 400 сигнала о необходимости регистрировать выходной сигнал устройства 245а и/или 245b измерения тока. Альтернативно или дополнительно, вход 260 может быть подключен к механизму 410 сравнения, который может быть выполнен с возможностью извещения регистра 400 сигнала по получении извещающего сигнала с входа 260, если регистр 400 сигнала не подключен непосредственно к входу 260. Соединение 415 между регистром 400 сигнала и механизмом 410 сравнения можно использовать для переноса обнаруженных структур сигнала из регистра 400 сигнала на механизм 410 сравнения. Соединение 420 между регистром 405 образцов и механизмом 410 сравнения может использоваться механизмом 410 сравнения для извлечения образцовых структур сигнала из регистра 405 образцов. Соединение 425 между регистром 400 сигнала и регистром 405 образцов можно использовать для обновления регистра 405 образцов структурами сигнала, зарегистрированными регистром 400 сигнала. При желании, одно из соединений 415, 420 и 425 можно упразднить, и связь между двумя блоками в отсутствие прямого соединения можно осуществлять через третий блок.

Примеры сценариев, для которых образцовые структуры сигнала могут храниться в регистре 405 образцов, таковы: сценарий нормальной работы; сценарий нормальной работы с периодически происходящими нормальными нарушениями; сценарий повреждения заземления в одном или обоих из ответвлений 215а и 215b; сценарий короткого замыкания; сценарий, в котором одна или обе из линий 215а/б ответвления разрываются, и т.д. Для каждого соответствующего сценария, может храниться одна или более образцовых структур сигнала из по меньшей мере 12 разных образцовых

структур сигнала, которые можно получить из 4 разных режимов анализа и 3 разных режимов ввода. Чем больше разных образцовых структур сигнала сохраняются для каждого сценария, тем лучше можно произвести анализ зарегистрированного образца сигнала.

5 Как упомянуто выше, устройство 235 мониторинга может, преимущественно, включать в себя механизм 410 сравнения, выполненный с возможностью сравнения по
меньшей мере одной регистрируемой структура сигнала с одной или более из образцовых
10 структур сигнала. Механизм 410 сравнения дополнительно может быть выполнен с
возможностью генерации сигнала указания повреждения на выходе 428 на
пользовательский интерфейс 430 в случае подозрения на повреждение, например, если
отношение интенсивности регистрируемой структуры сигнала к интенсивности
ожидаемой структуры сигнала в ходе нормальной работы отличается от единицы на
заранее определенную величину в один или более моментов времени (нулевой момент
времени можно, например, определить как момент регистрации введенного сигнала,
15 ср. время t_0 на фиг.3a-d). Механизм 410 сравнения, кроме того, может быть выполнен
с возможностью сравнения, например, в случае подозрения на повреждение,
регистрируемой структуры сигнала с образцовыми структурами сигнала,
представляющими различные сценарии повреждения, для определения характера
предполагаемого повреждения. Для улучшения результата сравнения, устройство 235
20 мониторинга может быть выполнено с возможностью обновления соответствующей
образцовой структуры сигнала в регистре 405 образцов, при осуществлении измерений
события обнаружения повреждения, чтобы образцовые структуры сигнала непрерывно
улучшались и адаптировались к текущим условиям эксплуатации. Это может быть
особенно полезно в связи с образцовой структурой сигнала, представляющей
25 нормальную работу.

Механизм 410 сравнения, в одной реализации, может быть выполнен с возможностью
отправки, при желании, сигнала триггера на триггерное устройство 225 через соединение
250. Поскольку временное отклонение регистрируемой структуры сигнала от ожидаемой
структуры сигнала может быть вызвано другими причинами, помимо повреждения
30 заземления, например, временным наличием крупного металлического объекта,
например, большого поезда и т.д., для механизма 410 сравнения может быть
преимущественным иметь возможность предписывать триггерному устройству 225
повторно инициировать событие обнаружения повреждения в случае регистрации
подозрительной структуры сигнала, чтобы гарантировать, что любое отклонение от
35 ожидаемой структуры сигнала не вызвано временным нарушением. В одной реализации,
событие обнаружения повреждения инициируется одновременной передачей
комплементарных импульсов, и при получении какого-либо отклонения от ожидаемых
результатов измерения, будут инициированы единичные передачи электрических
импульсов, тогда как в отсутствие обнаружения отклонения, измерения единичной
40 передачи производиться не будут.

Устройство 235 мониторинга, показанное на фиг.4, кроме того, подключено к
пользовательскому интерфейсу 430, например через механизм 410 сравнения.
Пользовательский интерфейс 430 используется для указания любого обнаруженного
отклонения регистрируемых структур сигнала от ожидаемых структур сигнала. Кроме
45 того, пользовательский интерфейс 430 может быть выполнен с возможностью позволять
оператору системы 200 обнаружения повреждения осуществлять дополнительный
анализ регистрируемых структур сигнала или просматривать анализ, осуществляемый
механизмом 410 сравнения. При желании, пользовательский интерфейс 430 может быть

дополнительно подключен к триггерному устройству 225, например через соединение 250, что позволяет оперировать триггерным устройством через пользовательский интерфейс 430.

Пользовательский интерфейс 430, при желании, может быть включен в тот же физический блок, что и устройство 235 мониторинга. На фиг.4 показано, что механизм 410 сравнения, регистр 400 сигнала и регистр 405 образцов реализованы в одном и том же физическом блоке. Однако это не обязательно должно быть так. Например, механизм 410 сравнения может быть реализован отдельно от регистра 400 сигнала и/или регистра 405 образцов, и может, например, располагаться в том же физическом блоке, что и пользовательский интерфейс 430. Кроме того, пользовательский интерфейс 430 может быть частью того же физического блока, что и

В одном варианте осуществления системы 200 обнаружения повреждения, система обнаружения повреждения используется для локализации повреждений линии, а также для обнаружения повреждений линии. В случае обнаружения повреждения линии по отличию регистрируемой структуры сигнала от соответствующей образцовой структуры сигнала, соответствующей нормальной работе, регистрируемую структуру сигнала можно анализировать для определения интервала времени между передачей генерируемого электрического импульса и получением признака в принятой структуре сигнала, соответствующего отражению на повреждении линии. Из этого интервала времени можно определить местоположение повреждения линии, что рассмотрено в связи с фиг.3b. Механизм 410 сравнения может, например, быть выполнен с возможностью осуществления такого анализа, или может быть предусмотрен отдельный механизм определения местоположения повреждения.

Пример схемы 210a/b генерации импульсов для генерации электрического импульса, вводимого в линию 205a/b ответвления, показан на фиг.5. Схема 210a/b генерации импульсов, показанная на фиг.5, содержит конденсатор 500, один из выводов которого заземлен, а другой подключен к источнику 505 питания через диод 507. Таким образом, конденсатор 500 может заряжаться от источника 505 питания. Источник 505 питания может, например, быть внешним по отношению к системе 100 HVDC. Схема 210 генерации импульсов дополнительно содержит электронный выключатель 510, один вывод которого подключен к выходу 213, а другой вывод подключен к выводу конденсатора 500, подключенному к источнику питания. Электронный выключатель 510 подключен к входу 220 сигнала триггера. При включении электронного выключателя 510, когда схема 210a/b генерации импульсов подключается к линии 205a/b ответвления, импульс вводится в линию 205a/b ответвления, если конденсатор 500 заряжен. Электронный выключатель 510 может включать в себя, например, тиристор 515 и диод 520, соединенные антипараллельно, как показано на фиг.5; или последовательно соединенные IGBT, или любые другие пригодные электронные компоненты. Другие переключатели, или искровые разрядники, можно альтернативно использовать вместо электронного выключателя 510, например, механического выключателя.

Источник 505 питания, используемый для зарядки конденсатора 500, может, например, представлять собой вспомогательный источник питания низкого напряжения. Между источником 505 питания и конденсатором 500 можно использовать трансформатор 525 напряжения для создания на конденсаторе 500 более высокого напряжения, например, порядка 50-100 кВ. Один конец такого трансформатора 525 напряжения может быть преимущественно заземлен. Между источником 505 питания и трансформатором 525 напряжения можно предусмотреть выключатель 530 питания, посредством которого можно отключать источник 505 питания, когда конденсатор

500 полностью заряжен, или в режиме холостого хода. Между трансформатором напряжения и конденсатором 500 можно предусмотреть резистор 535 для ограничения броска тока после зарядки, и между источником 505 питания и диодом 507 можно предусмотреть последовательно соединенный конденсатор 540 для предотвращения насыщения постоянного тока трансформатора 525 напряжения. Резистивный делитель 545 напряжения или другое устройство измерения напряжения, может быть соединен (о) параллельно с конденсатором 500 в целях измерения напряжения. Диод 547 подключен между землей и точкой между конденсатором 540 и диодом 507 для перезарядки конденсатора 540. Схема генерации импульсов, показанная на фиг.5, также может включать в себя устройство 550 измерения тока (например, трансформатор тока), который можно использовать для измерения импульса для обеспечения измерения тока введенного импульса, альтернативного или дополнительного к тому, которое обеспечивается устройством 245a/b измерения тока, показанным на фиг.2.

Схема 210 генерации импульсов, показанная на фиг.5, выполнена с возможностью генерации импульса положительной полярности. Для генерации комплементарного импульса отрицательной полярности, тиристор 515 и диоды 520, 507 и 547 должны быть соединены в противоположном направлении. Следовательно, для обеспечения первой и второй схем 210a и 210b генерации импульсов, можно обеспечить одну схему 210 генерации импульсов, показанная на фиг.5, и одну схему генерации импульсов, в которой тиристор 515 и диоды 520, 507 и 547 соединены в противоположном направлении.

Схема 210 генерации импульсов допускает многочисленные модификации. Например, конденсатор 500 может заряжаться через мостовую схему Грэтца. В этом случае можно преимущественно обеспечить полную развязку по обе стороны трансформатора 525. Кроме того, трансформатор 525 можно заменить электронным трансформатором. Также можно использовать преобразователь постоянного тока в переменный ток. Альтернативно можно использовать другие типы схемы 210 генерации импульсов. Поскольку в системе 200 обнаружения повреждения на выходной стороне схем 210 генерации импульсов не существует компонентов, которые будут страдать от насыщения, если генерируемый электрический импульс включает в себя составляющую постоянного тока, небольшие различия в форме комплементарных импульсов, генерируемых двумя схемами 210a и 210b генерации импульсов, не представляют никакой опасности. Следовательно, можно упростить конструкцию схем 210 генерации импульсов.

Кроме того, электрический импульс, генерируемый схемой 210 генерации импульсов, может принимать целый ряд различных форм. Поскольку на выходной стороне не требуются компоненты, которые будут страдать от насыщения, если генерируемый электрический импульс включает в себя составляющую постоянного тока, каждую схему 210 генерации импульсов можно, при желании, приспособить для генерации электрического импульса одной полярности. В общем случае, схема 210a/b генерации импульсов, выполненная с возможностью генерации импульса одной полярности, может быть проще, чем в случае необходимости генерации импульса обеих полярностей. Однако вышеописанная система 200 обнаружения повреждения также может работать со схемами 210a/b генерации импульсов, выполненными с возможностью генерации электрических импульсов обеих полярностей.

В ряде случаев, может быть желательно генерировать импульсы сигнала разной длительности. Например, если единичный сигнал импульс одновременно вводится в одну из линий 205a и 205b ответвления, длительность импульса, преимущественно, может быть больше, чем в случае одновременного ввода комплементарных импульсов, поскольку ослабление единичного импульса будет значительно больше. Один способ

облегчения изменения длительности введенного импульса предусматривает обеспечение последовательно соединенного реактора, индуктивность которого может изменяться на линиях 214а и 214б ввода, соответственно. Линии 214а и 214б ввода, содержащие последовательно соединенные реакторы 600а и 600б переменной индуктивности, показаны на фиг.6. При увеличении индуктивности 600а/б, длительность импульса, генерируемого схемой 210а/б генерации импульсов, будет возрастать, и наоборот. Механизм индуктивности 600а/б, посредством которого можно изменять индуктивность 600а/б, в одной реализации может быть выполнен с возможностью приема сигнала от триггерного устройства 225 через выход 605 триггерного устройства, в соответствии с которым будет изменяться индуктивность реактора 600а/б. Такой механизм для изменения индуктивности может, например, представлять собой переключатель, используемый для подключения или отключения индуктивности к/от линии 214а/б ввода, или переключатели для последовательного подключения/отключения дополнительных реакторов или витков. В реализации, где предусмотрена переменная индуктивность 600а/б, триггерное устройство 225 может быть выполнено с возможностью отправки на индуктивность сигнала 600а/б, указывающего, требуется ли большая индуктивность или меньшая индуктивность. Кроме того, механизм реактора 600а/б может быть, при желании, выполнен с возможностью управления через пользовательский интерфейс 610, который может представлять собой, например, такой же пользовательский интерфейс, как пользовательский интерфейс 430. Низкое значение индуктивности дает более узкий импульс, позволяющий точнее определять местоположение повреждения. Большее значение индуктивности приводит к более широкому импульсу, который испытывает меньшее ослабление, особенно для составляющей грунтовой моды, обеспечивая более надежное обнаружение удаленных повреждений, но с меньшей точностью в отношении местоположения повреждения. В одной реализации, первоначально передаваемые импульсы передаются с более высоким значением индуктивности 600а/б. В случае обнаружения предполагаемого повреждения, индуктивность 600а/б снижается, чтобы можно было точнее определить местоположение повреждения. Первоначально осуществляя измерения на более широком импульсе, можно определить приблизительное местоположение повреждения, и затем можно выбрать соответствующую часть структур сигнала, полученных из более узкого импульса для более детального исследования - пониженное разрешение более узкого импульса составит меньше проблем после определения приблизительного местоположения повреждения.

Если в линии 214а/б ввода переменная индуктивность 600а/б предусмотрена, может быть желательно обеспечить возможность генерации электрических импульсов различных амплитуд, чтобы можно было генерировать электрический импульс более высокой амплитуды при более высоком значении индуктивности переменной индуктивности 600а/б. Возможность изменять амплитуду генерируемого электрического импульса также может быть полезна в реализациях с постоянным импедансом линий 214а и 214б ввода, например, если в регистрируемой структуре сигнала возникает слабое отклонение от ожидаемой структуры сигнала, в каком-либо случае увеличение амплитуды электрического импульса позволяет повысить разрешение. В иллюстративной схеме 210 генерации импульсов, показанной на фиг.5, возможности генерации импульсных электрических сигналов различной амплитуды можно, например, добиться путем включения трансформатора 700 с переменным коэффициентом трансформации последовательно с источником 505 питания и выключателем 530 питания, показанными на фиг.5. Такая реализация показана на фиг.7а, где трансформатор 700, имеющий

переменный коэффициент трансформации, подключен между источником 505 питания и выключателем 530 питания. Альтернативно, выключатель 530 питания может быть выполнен с возможностью отключения источника 505 питания от конденсатора 500 после зарядки конденсатора 500, когда напряжение на конденсаторе 500 достигает
5 желаемого уровня. Этого можно, например, добиться, подключая таймер 705 к активатору выключателя 530 питания, причем таймер может работать, например, под управлением сигнала, поступающего от триггерного устройства 225 (ср. выход 605 на фиг.6), и/или через пользовательский интерфейс. Такая реализация показана на фиг.7b. Альтернативный подход к управлению выключателем 530 питания предусматривает
10 подачу на активатор выключателя 530 питания сигнала, указывающего, что выключатель 530 питания должен быть разомкнут, в момент времени, когда напряжение на конденсаторе 500 достигает желаемого уровня. Пример такой реализации проиллюстрирован на фиг.7 с, где устройство 545 измерения напряжения, например резистивный делитель напряжения, выполнен с возможностью измерения напряжения
15 на конденсаторе 500. Устройство 545 измерения напряжения, показанное на фиг.7с, выполнено с возможностью подачи выходного сигнала, указывающего измеренное напряжение, на механизм 710 порогового напряжения, который выполнен с возможностью сравнения измеренного напряжения с пороговым напряжением. Механизм 710 порогового напряжения дополнительно выполнен с возможностью
20 отправки сигнала на выключатель 530 питания, когда измеренное напряжение достигает порогового напряжения. Механизм 710 порогового напряжения может быть устроен так, чтобы значение порогового напряжения можно было регулировать сигналом, поступающим от триггерного устройства 225, и/или через пользовательский интерфейс.

Устройство 710 измерения напряжения может, например, быть выполнено так, чтобы
25 пороговое значение можно было регулировать сигналом, поступающим от триггерного устройства 225, и/или через пользовательский интерфейс.

На фиг.8 проиллюстрирован способ обнаружения повреждений в электродной линии системы HVDC 200 посредством системы 200 обнаружения повреждения схематически. На этапе 800, сигнал триггера поступает на две схемы 210a и 210b генерации импульсов.
30 Как описано выше, сигнал триггера может поступать на две схемы генерации импульсов одновременно или последовательно. По получении сигнала триггера, каждая из схем 210a и 210b генерации импульсов на этапе 805 будет генерировать электрический импульс на своем выходе 213a и 213b, соответственно, и эти электрические импульсы будут поступать в линии 205a и 205b ответвления, соответственно. На этапе 810, будут
35 обнаружены две разные структуры А и В сигнала, где структура сигнала А включает в себя импульсный электрический сигнал, поступающий в линию 205a ответвления, а также любые эхо-сигналы, имеющие место на линии 205a ответвления, и структура В сигнала включает в себя соответствующие сигналы, имеющие место на линии 205b ответвления. На этапе 815, дополнительные структуры сигнала получают из
40 обнаруженных структур сигнала: например, структуры А+В сигнала и структуры А-В сигнала. Обнаруженные структуры А и В сигнала, а также дополнительные структуры сигнала, полученные из А и В, в вышеприведенном описании именуется регистрируемыми структурами сигнала. На этапе 825 по меньшей мере одна регистрируемая структура сигнала сравнивается с по меньшей мере одной образцовой
45 структурой сигнала, после чего производится проверка, превышает ли какое-либо отклонение от ожидаемой структуры сигнала приемлемое отклонение. Если да, происходит переход к этапу 830, на котором генерируется указание, указывающее отклонение от нормального поведения. Процедура завершается на этапе 835. Если на

этапе 825 не найдено неприемлемого отклонения, происходит переход к этапу 835, минуя этап 830.

Если система 200 обнаружения повреждения используется для локализации повреждения, а также обнаружения повреждения, после этапа 825 следует предусмотреть

5 дополнительный этап, включающий в себя вышеописанную локализацию повреждения.

Этапы 800-815 можно осуществлять как для одновременной передачи, так и для последовательной передачи электрических импульсов до перехода к этапу 825.

Альтернативно, этапы 800-825 можно осуществлять для одного режима ввода, например, одновременной передачи комплементарных импульсов, и в случае обнаружения

10 отклонения на этапе 825, этапы 800-825 можно осуществлять также для другого режима ввода (например, ввода единичного сигнала на 214a или 214b, или последовательного ввода на 214a и 214b). Переход к этапу 830 возможен после осуществления этапа 825 для всех соответствующих режимов ввода. Однако, в одной реализации, используется только один режим ввода.

15 Способ, представленный на фиг.8, допускает модификацию, например, в том, что электрические импульсы, подаваемые в линии 205a и 205b ответвления, соответственно, генерируются одной и той же схемой 210 генерации импульсов, в результате чего, сигнал триггера на этапе 800 поступает только на одну схему генерации импульсов.

Этапы 815-830, представленные на фиг.8, можно преимущественно осуществлять в

20 устройстве 235 мониторинга. Устройство мониторинга можно реализовать, например, посредством подходящей комбинации оборудования и программного обеспечения. На фиг.9 показана альтернативная схематическая иллюстрация устройства 235 мониторинга, представленного на фиг.4. Фиг.9 демонстрирует устройство 235 мониторинга, содержащее средство 900 обработки, подключенное к компьютерному программному

25 продукту 905 в форме памяти, а также к интерфейсам 240, 260, 428 и к памяти 920 для хранения структур сигнала. Компьютерный программный продукт 905 содержит машиночитаемое средство кода, где хранится компьютерная программа 910, которая, при выполнении средством 900 обработки, предписывает устройству 235 мониторинга осуществлять этапы 815-830, указанные на фиг.8. Другими словами, устройство 235

30 мониторинга и его механизм 410 сравнения можно, в этом варианте осуществления, реализовать с помощью соответствующих программных модулей компьютерной программы 910. В представленном варианте осуществления, устройство 235 мониторинга содержит память 920 для хранения регистрируемых структур сигнала, а также образцовых структур сигнала. Память 920 можно, при желании, реализовать как часть

35 процессоров, например, один процессор средства 900 обработки может быть выполнен с возможностью выполнения кода, относящегося к регистрации структур сигнала из устройств 245a и 245b измерения тока, и другой процессор может быть выполнен с

40 возможностью выполнения кода, относящегося к механизму 410 сравнения; или для этих целей можно использовать один и тот же процессор. Блоки 905 и 920 памяти могут относиться к любому типу энергонезависимого машиночитаемого средства, например, жесткого диска, флэш-памяти, ЭСППЗУ (электрически стираемого программируемого ПЗУ), DVD-диска, CD-диска, USB-памяти и т.д.

Любые соединения между разными блоками в системе 200 обнаружения повреждения,

45 которые используются для сигнализации в системе 200 обнаружения повреждения, могут быть проводными соединениями или беспроводными соединениями, например, радио - соединениями (например, Bluetooth), инфракрасными соединениями и т.д.

Вышеописанные способ и система 200 обнаружения повреждения применимы к

любому типу системы 100 HVDC, имеющей по меньшей мере одну электродную линию 115, например, к однопроводной системе 100 HVDC, двухпроводной системе 100 HVDC, системе 100 HVDC, содержащий сеть станций 105 HVDC, и т.д. Вышеприведенное описание относится к электродной линии, имеющей две линии ответвления.

5 Вышеописанную технологию также можно применять к электродной линии, имеющей более двух линий ответвления, в каком-либо случае система обнаружения повреждения линии будет выполнена с возможностью независимого обнаружения структур сигнала для каждой из линий ответвления. Некоторые аспекты вышеописанной технологии, например, переменная индуктивность для изменения ширины генерируемого
10 электрического импульса, рассмотренная в связи с фиг.6, а также разные конфигурации для генерации электрических импульсов переменной амплитуды, применимы также к системам обнаружения повреждения для обнаружения повреждений в линиях или кабелях, имеющих только одну линию ответвления.

Хотя в нижеследующих независимых пунктах формулы изобретения изложены
15 различные аспекты изобретения, другие аспекты изобретения включают в себя комбинацию любых признаков, присутствующих в вышеприведенном описании и/или в нижеследующей формуле изобретения, и не только комбинации, в явном виде раскрытые в нижеследующей формуле изобретения.

Специалисту в данной области техники очевидно, что представленная здесь
20 технология не ограничивается вариантами осуществления, раскрытыми в прилагаемых чертежах и вышеприведенном подробном описании, которые представлены исключительно в целях иллюстрации, но может быть реализована самыми разными способами, и определяется нижеследующей формулой изобретения.

Формула изобретения

25 1. Система (200) обнаружения повреждения для обнаружения повреждений линии на электродной линии (115) в системе (200) HVDC, причем электродная линия содержит первое (205a) и второе (205b) ответвления, соединенные параллельно, причем система обнаружения повреждения линии содержит

30 первую схему (210a) генерации импульсов, имеющую триггерный вход (220a) и выход (213a), подключаемый к первому ответвлению через первую линию (214a) ввода, причем первая схема генерации импульсов выполнена с возможностью генерации первого электрического импульса на выходе по получении сигнала триггера;

вторую схему (210b) генерации импульсов, имеющую триггерный вход (220a) и выход
35 (213b), подключаемый ко второму ответвлению через вторую линию (214b) ввода, причем вторая схема генерации импульсов выполнена с возможностью генерации электрического импульса с полярностью, противоположной полярности первого импульса, на выходе по получении сигнала триггера,

40 первое устройство (245a) измерения тока, выполненное с возможностью генерации сигнала, указывающего электрические сигналы, имеющие место в первой линии ответвления,

второе устройство (245b) измерения тока, выполненное с возможностью генерации сигнала, указывающего электрические сигналы, имеющие место во второй линии ответвления, и

45 устройство (235) мониторинга, имеющее соединение с первым и вторым устройствами измерения тока, причем устройство мониторинга выполнено с возможностью регистрации

первой регистрируемой структуры сигнала из первого устройства измерения тока,

причем первая регистрируемая структура сигнала содержит сигналы, имеющие место на первой линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала, и

5 второй регистрируемой структуры сигнала из второго устройства измерения тока, причем вторая регистрируемая структура сигнала содержит сигналы, имеющие место на второй линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала.

2. Система обнаружения повреждения по п.1, дополнительно содержащая механизм сравнения, выполненный с возможностью генерации по меньшей мере 10 одной дополнительной регистрируемой структуры сигнала путем сложения и/или вычитания первой регистрируемой структуры сигнала и второй регистрируемой структуры сигнала

3. Система обнаружения повреждения по п.1 или 2, дополнительно содержащая регистр (405) образцов, выполненный с возможностью сохранения по меньшей мере 15 одной образцовой структуры сигнала, указывающей ожидаемую структуру сигнала, которую следует ожидать в конкретном сценарии.

4. Система обнаружения повреждения по п.3, дополнительно содержащая механизм (410) сравнения, выполненный с возможностью сравнения по меньшей мере 20 одной регистрируемой структуры сигнала с по меньшей мере одной образцовой структурой сигнала и генерации сигнала (428) указания повреждения в случае обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения.

5. Система обнаружения повреждения по п.4, в которой механизм сравнения дополнительно выполнен с возможностью получения в случае 25 обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения, оценки расстояния до повреждения, вызывающего отклонение, и генерации сигнала указания повреждения, указывающего упомянутую оценку расстояния,

6. Система обнаружения повреждения по п.1, дополнительно содержащая триггерное устройство (225) имеющее соединение с триггерным входом первой 30 схемы генерации импульсов и с триггерным входом второй схемы генерации импульсов через триггерный выход (230a, 230b), причем триггерное устройство выполнено с возможностью генерации по меньшей мере одного сигнала триггера на триггерном выходе для инициирования события обнаружения повреждения.

7. Система обнаружения повреждения по п.6, в которой триггерное устройство выполнено так, чтобы сигнал триггера мог при необходимости 35 быть отправлен:

на одну из первой схемы генерации импульсов и второй схемы генерации импульсов; последовательно на первую схему генерации импульсов и на вторую схему генерации импульсов; или одновременно на первую и вторую схемы генерации импульсов.

8. Система обнаружения повреждения по п.1, дополнительно содержащая первую и 40 вторую линии ввода и в которой переменная индуктивность последовательно соединена с первой и второй линиями ввода соответственно.

9. Система обнаружения повреждения по п.1, в которой схемы генерации импульсов выполнены так, что амплитуда генерируемого электрического импульса может 45 изменяться.

10. Система (100) HVDC, включающая в себя по меньшей мере одну электродную линию (115), имеющую первое и второе ответвления (205a, 205b), причем система HVDC содержит систему обнаружения повреждения по любому из пп.1-9, выполненную с

возможностью обнаружения повреждения линии по меньшей мере в одной электродной линии системы HVDC.

5 11. Способ обнаружения повреждения линии в электродной линии (115) в системе (200) HVDC, причем электродная линия содержит первое (205a) и второе (205b) ответвления, соединенные параллельно, при этом способ содержит этапы, на которых:
генерируют (805) первый электрический импульс в первое ответвление через первую линию (214a) ввода;

генерируют (805) второй электрический импульс во второе ответвление через вторую линию(214b)ввода;

10 регистрируют (810) первую регистрируемую структуру сигнала, представляющую электрические сигналы, имеющие место на первой линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала, и

15 регистрируют (810) вторую регистрируемую структуру сигнала, представляющую электрические сигналы, имеющие место на второй линии ответвления, в ответ на генерацию импульсного электрического сигнала.

12. Способ по п.11, дополнительно содержащий этапы, на которых:

получают (815) по меньшей мере одну дополнительную регистрируемую структуру сигнала из первой и второй регистрируемых структур сигнала,

20 сравнивают (825) по меньшей мере одну регистрируемую структуру сигнала с образцовой структурой сигнала и в случае обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения:

генерируют (830) сигнал (428) указания повреждения.

13. Способ по п.11 или 12, в котором

25 первый и второй электрические импульсы генерируют в один и тот же момент времени.

14. Способ по любому из пп.11 или 12, дополнительно содержащий этап, на котором в случае обнаружения отклонения, превышающего пороговое значение отклонения:

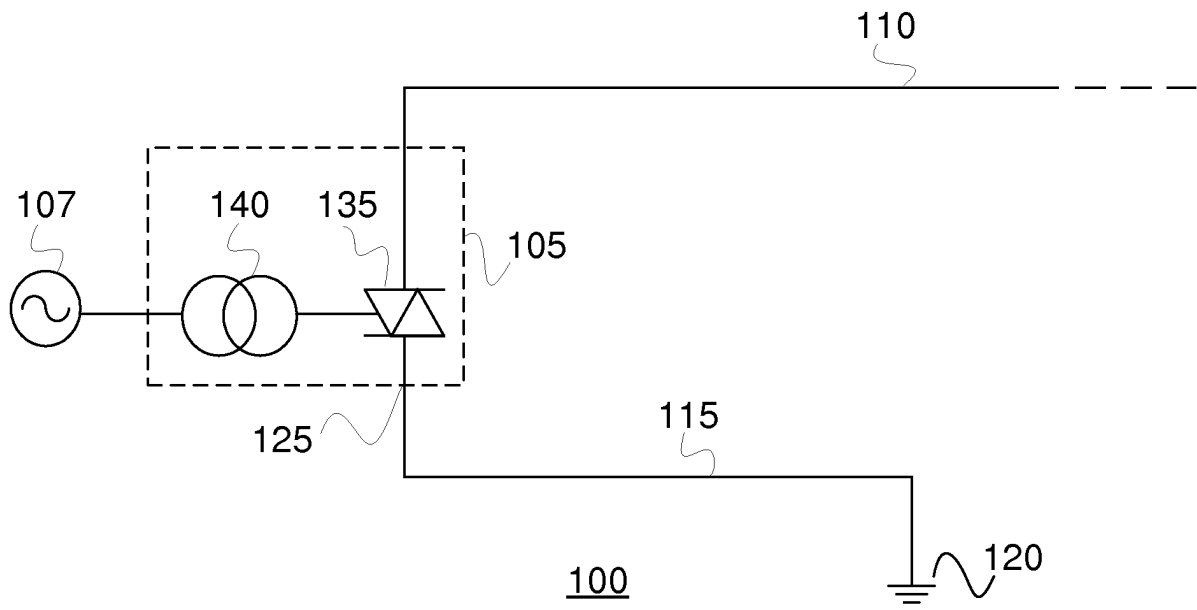
оценивают на основании регистрируемой структуры сигнала расстояние до повреждения, вызывающего отклонение.

30 15. Способ по любому из пп.11 или 12, дополнительно содержащий этап, на котором:
адаптируют импеданс (600a, 600b) линий ввода до генерации первого и второго электрических импульсов для регулировки ширины электрических импульсов, поступающих в линии ответвления.

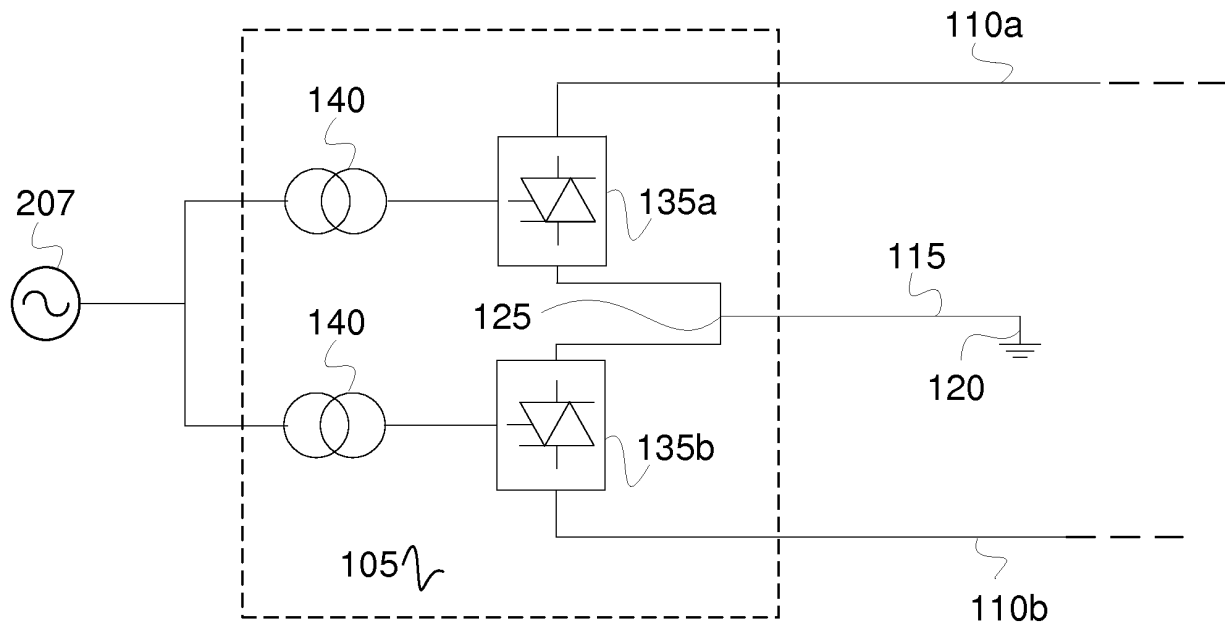
35

40

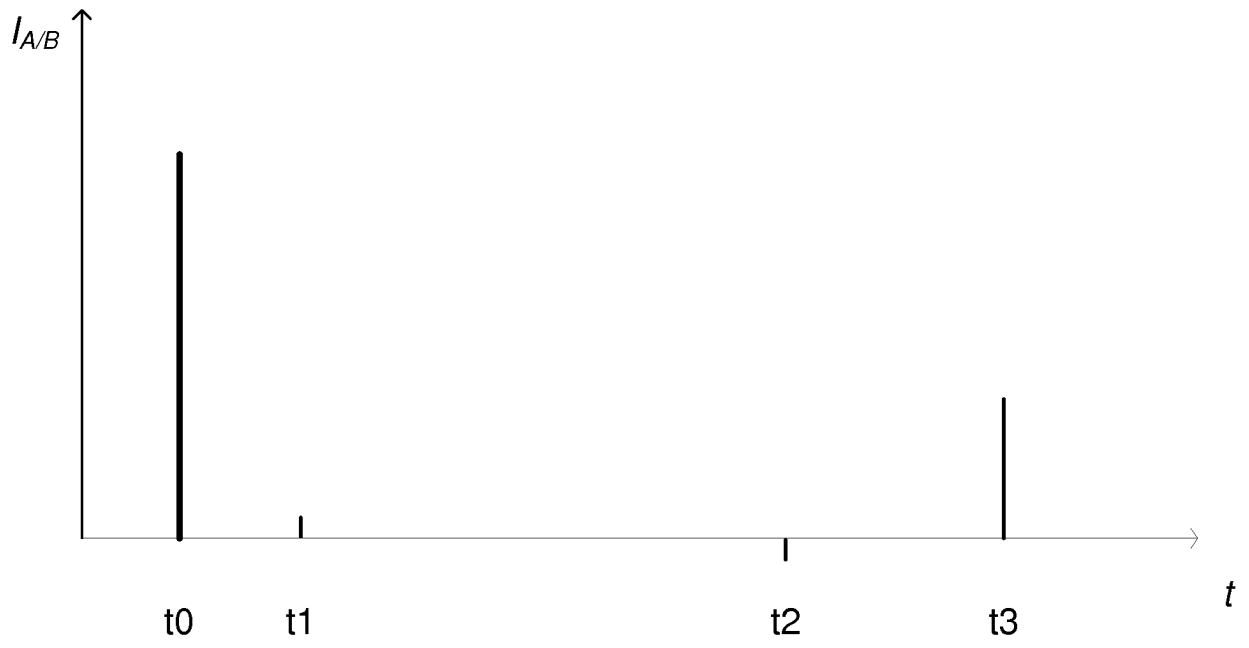
45



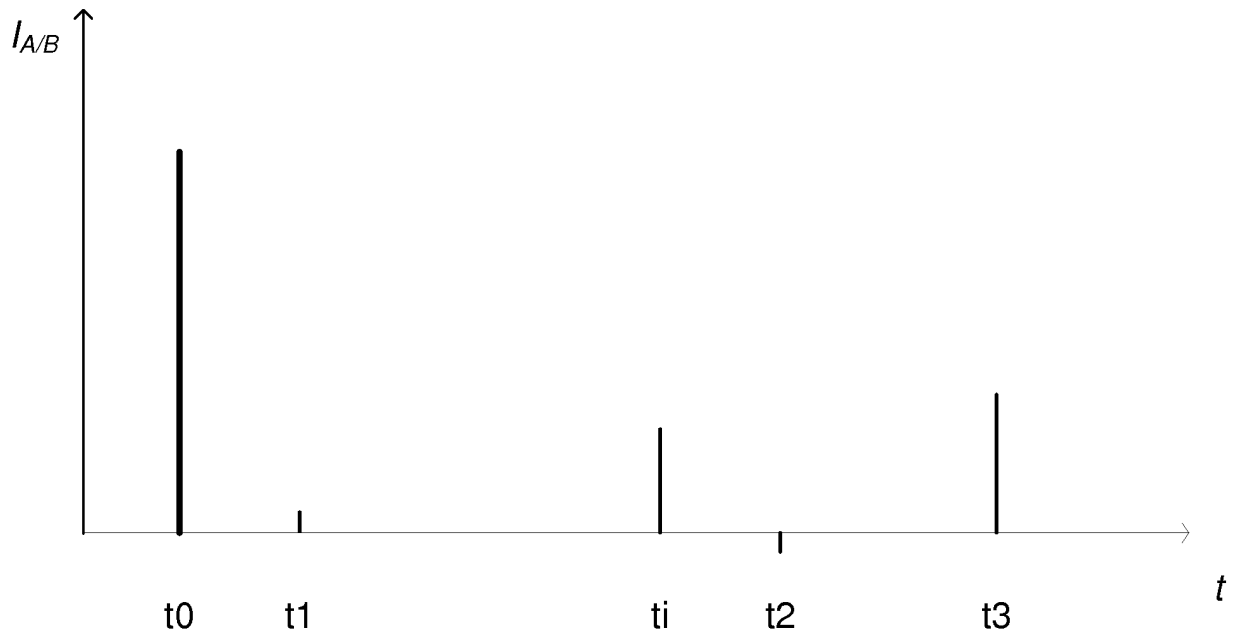
ФИГ. 1а



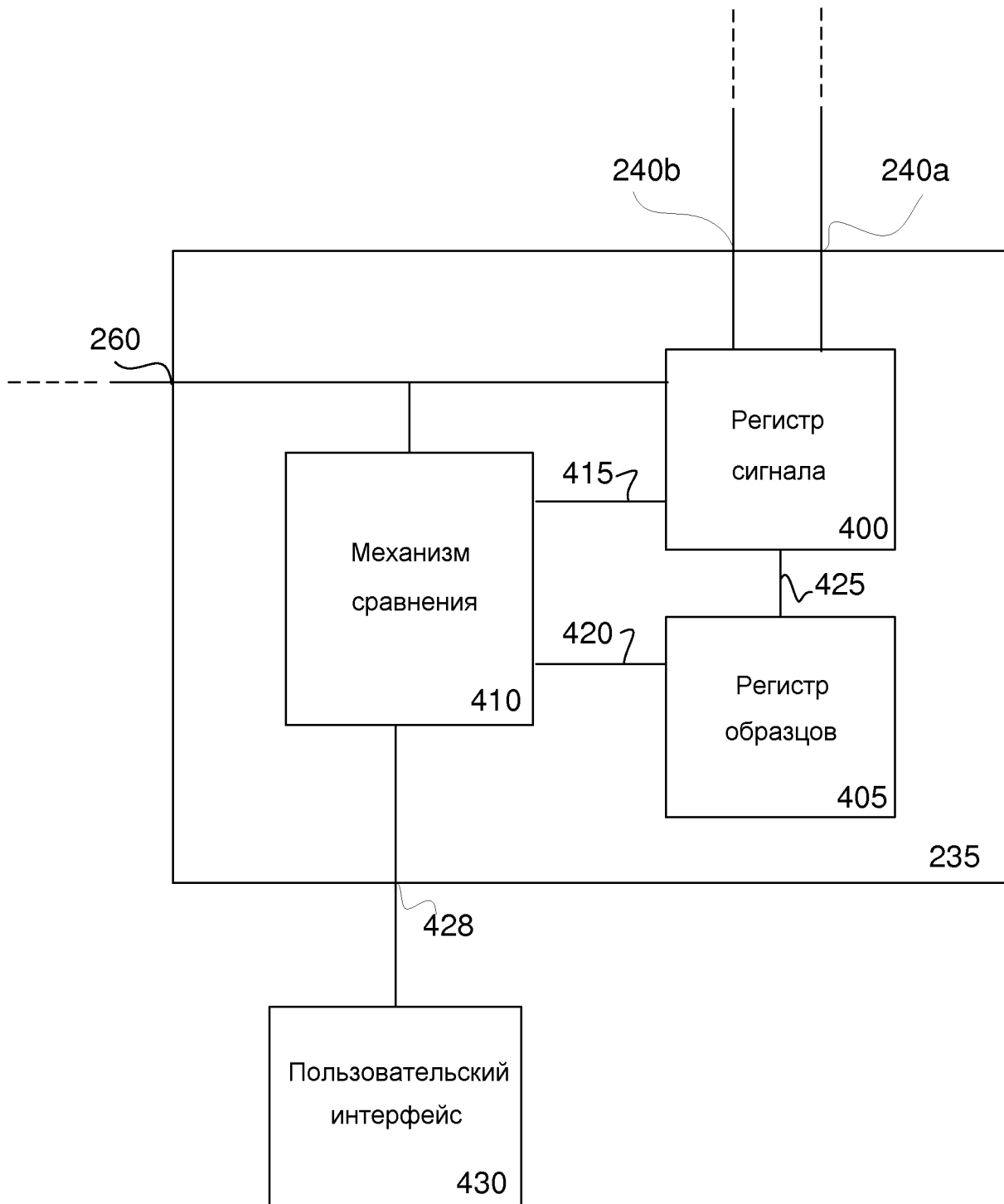
ФИГ. 1б



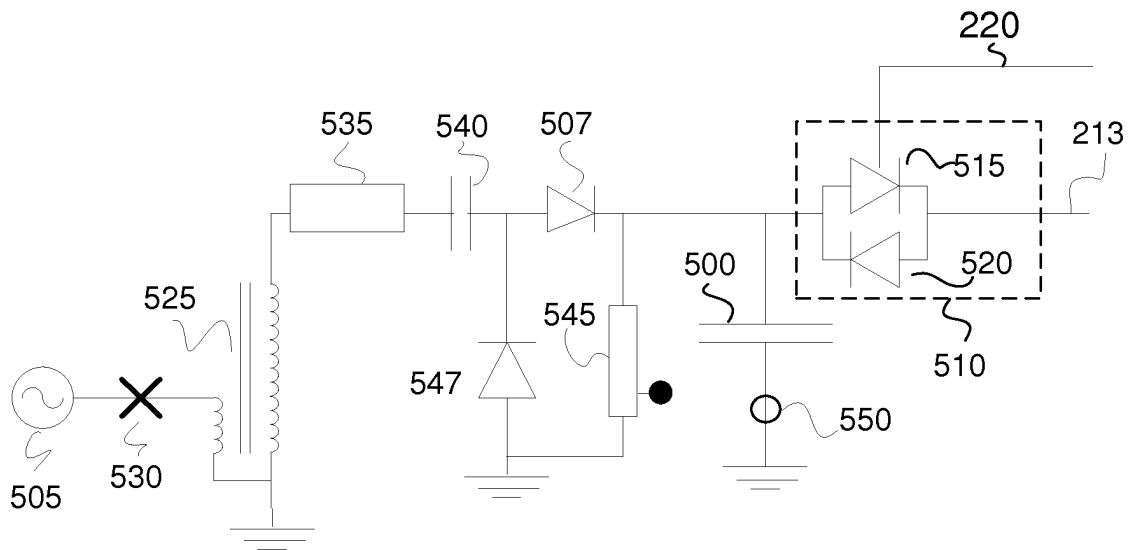
ФИГ. 3а



ФИГ. 3б

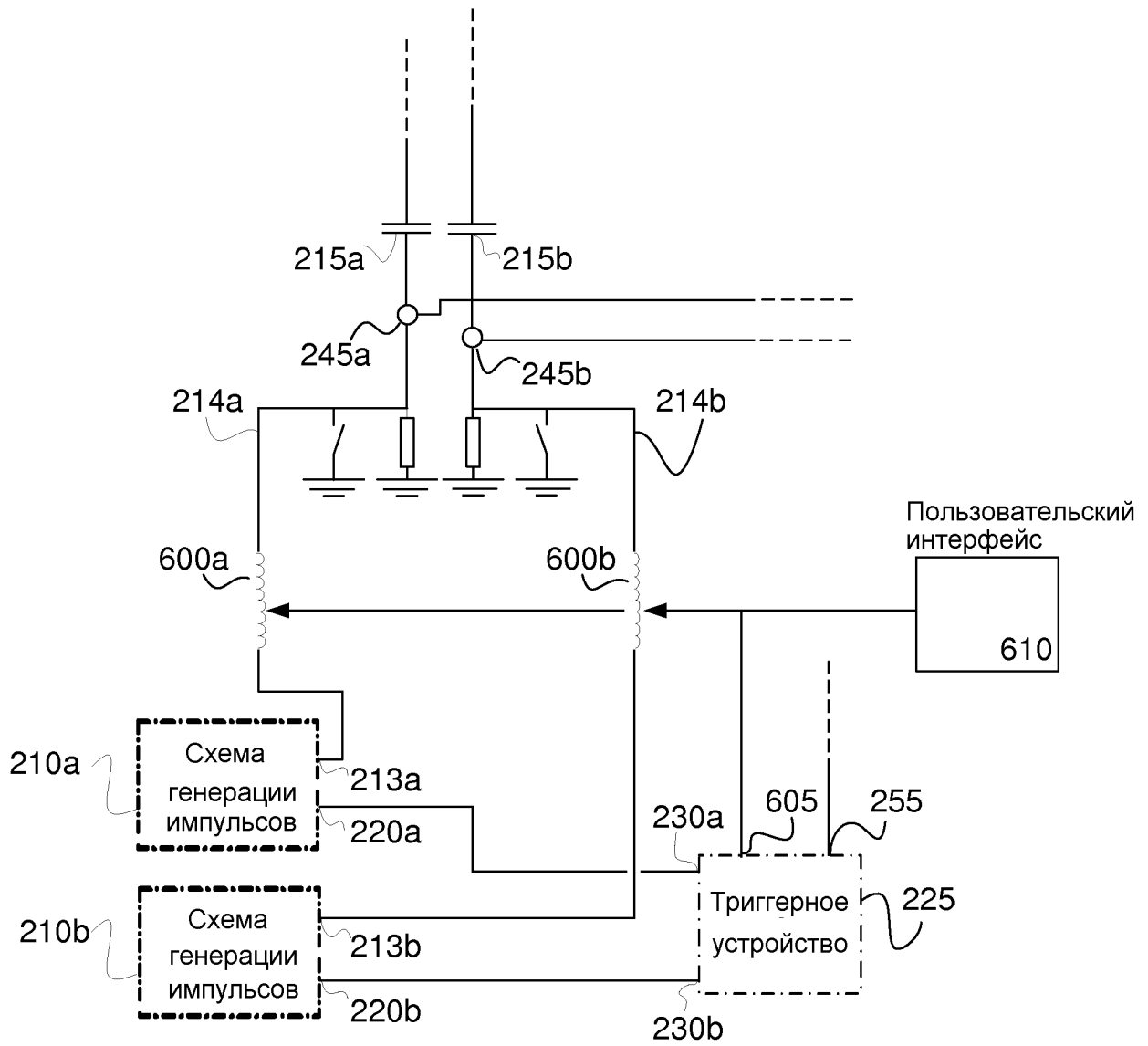


ФИГ. 4



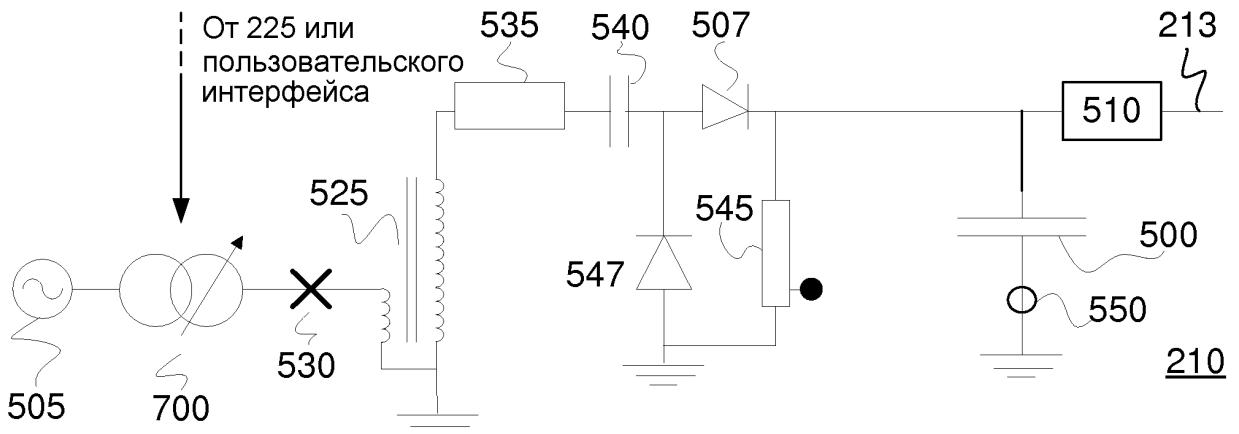
210a/b

ФИГ. 5

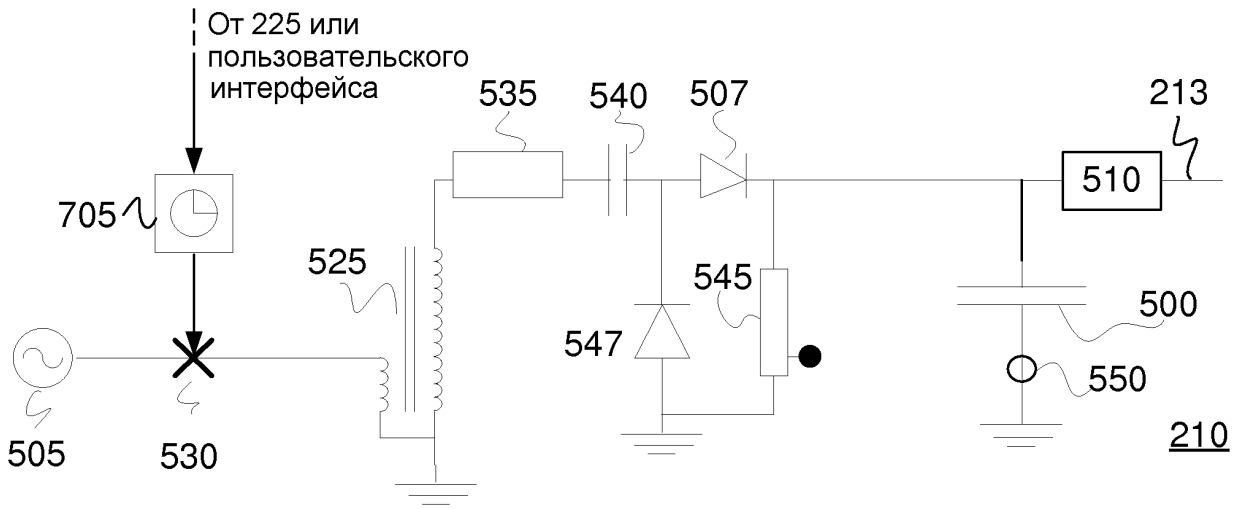


200

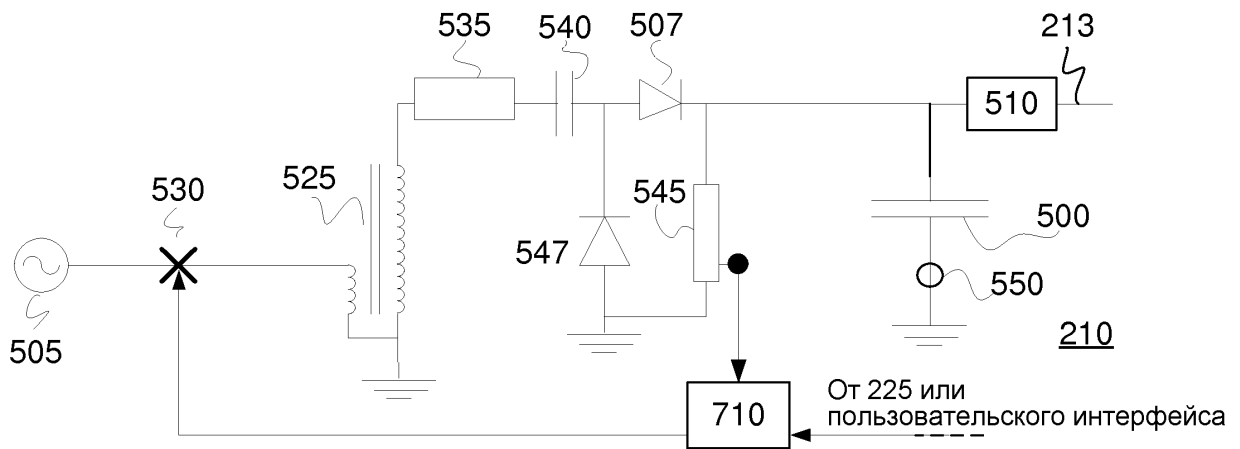
ФИГ. 6



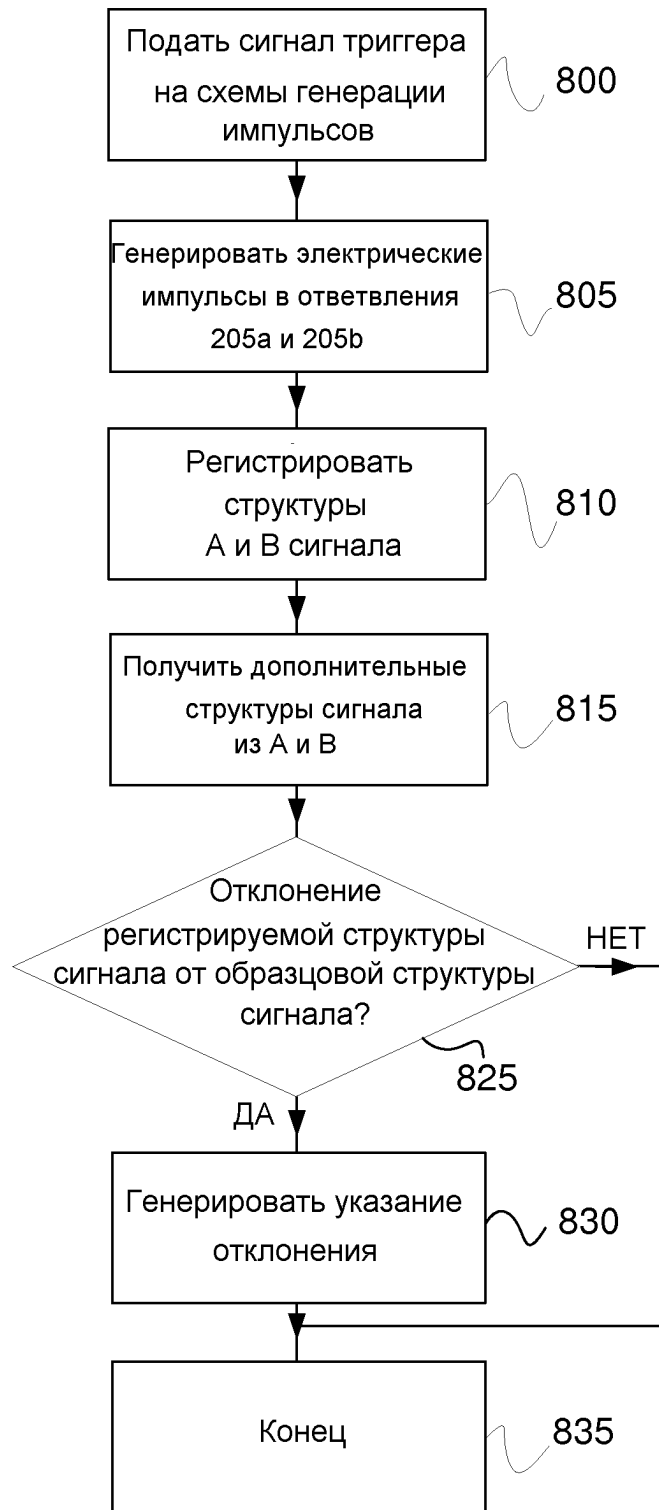
ФИГ. 7а



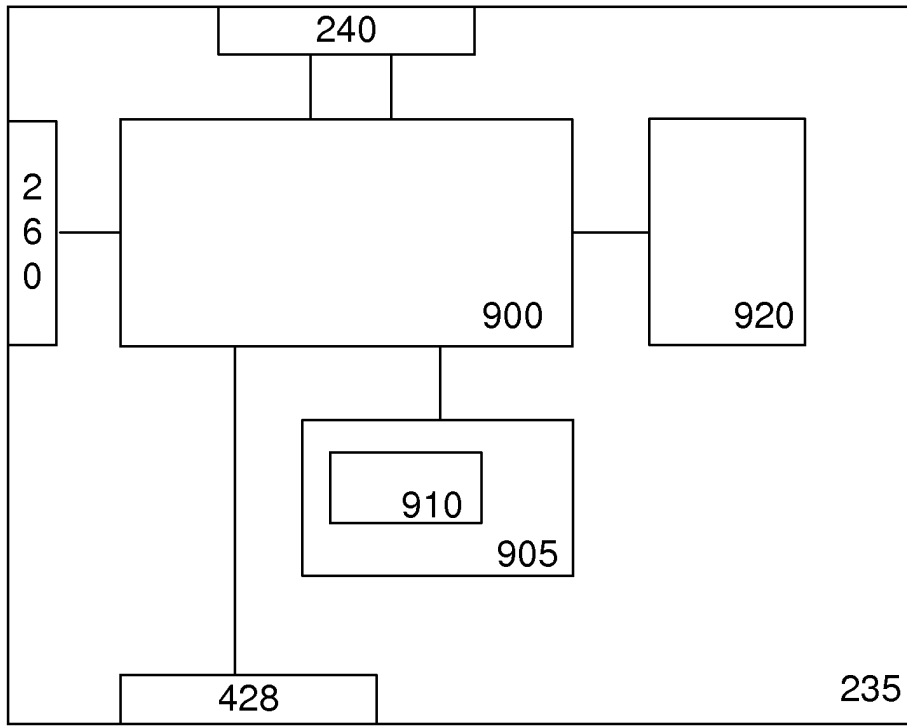
ФИГ. 7b



ФИГ. 7c



ФИГ. 8



ФИГ. 9