

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391162** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.09.29

(51) Int. Cl. **G01N 27/416** (2006.01)
C25C 3/12 (2006.01)
C25C 3/16 (2006.01)
C25C 3/20 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.10.27

(54) **ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕРМИТНЫХ РЕАКЦИЙ В ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ**

(31) **63/106,517**

(72) Изобретатель:

(32) **2020.10.28**

**Д'Астольфо Лерой, Финдли Николас
(US)**

(33) **US**

(86) **PCT/CA2021/051512**

(74) Представитель:

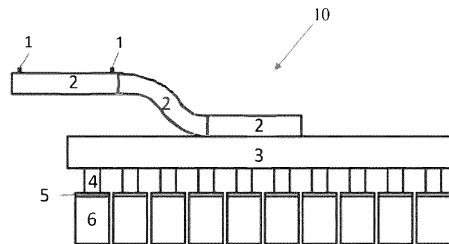
(87) **WO 2022/087732 2022.05.05**

**Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.
(KZ)**

(71) Заявитель:

**ЭЛИСИС ЛИМИТЕД
ПАРТНЕРШИП (СА)**

(57) В настоящем изобретении раскрыты способ обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке, содержащей анодный узел из одного или нескольких анодов, содержащих оксид металла. Электропитание каждого анодного узла обеспечивается током, подаваемым через анодный стержень, отдельный для каждого анодного узла. Способ включает измерение падения напряжения с использованием пары датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне, падения напряжения, соответствующее протеканию тока в анодном узле; обработку падения напряжения путем вычисления по меньшей мере одного из: производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и производной дисперсии падения напряжения; обнаружение термитной реакции на основе результатов обработки сигнала перед ослаблением и/или подавлением термитной реакции путем регулирования рабочих параметров электролитической ячейки. Способ обеспечивает особые преимущества, поскольку позволяет в 10 раз уменьшить количество падений напряжения, необходимых для обнаружения термитной реакции.



A1

202391162

202391162

A1

ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕРМИТНЫХ РЕАКЦИЙ В ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ

Перекрестные ссылки на родственные заявки

5 [0001] Настоящая патентная заявка испрашивает приоритет предварительной патентной заявки США № 63/106,517 под названием «СИСТЕМА И СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕРМИТНЫХ РЕАКЦИЙ В ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ», поданной в Ведомство по патентам и товарным знакам США 28 октября 2020 г., содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

10 **Область техники, к которой относится изобретение**

[0002] Настоящее изобретение в целом относится к обнаружению и/или предотвращению термитных реакций в электролитических ячейках.

Предшествующий уровень техники

15 [0003] Алюминий является третьим по распространенности элементом в земной коре. Алюминий извлекается из оксида алюминия, также известного как глинозем с помощью процесса электролиза. Процесс электролиза протекает внутри электролитической ячейки, содержащего множество катодов, один или несколько анодных узлов и электролитическую ванну, содержащую расплавленный криолит, в котором растворен глинозем.

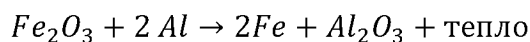
20 [0004] В процессе электролиза ионы алюминия передвигаются к катодам, где они получают электроны и превращаются в металлический алюминий. Ионы оксида перемещаются к анодам, где они теряют электроны и соединяются в пары, образуя молекулы дикислорода O_2 . Процесс Холла-Эру предполагает использование анодов, изготовленных из углеродных или графитовых материалов. Молекулы дикислорода
25 вступают в реакцию с атомами углерода углеродных анодов, образуя двуокись углерода CO_2 . Это приводит к коррозии анода и его расходу в процессе электролиза. Кроме того, использование углеродных анодов сопряжено с экологическими последствиями из-за молекул CO_2 , которые выделяются в воздух.

30 [0005] Для замены углеродно-графитовых анодов при электрохимическом восстановлении оксидов металлов использовались «инертные аноды», поскольку они нерастворимы в электролите в условиях электролиза. Таким образом, инертные аноды не расходуются в процессе электролиза. Более того, в результате реакции, происходящей на инертных анодах, образуется не CO_2 , а O_2 , что делает использование инертных анодов более экологичной технологией. Однако в случае использования
35 инертных анодов на основе оксидов для электрохимического восстановления металлов,

таких как алюминий, существует вероятность термитной реакции.

[0006] Термитная реакция — это реакция, в которой металл вступает в реакцию с металлическим или неметаллическим оксидом с образованием более стабильного оксида и соответствующего металла или неметалла реагирующего оксида.

- 5 [0007] Термитная реакция, происходящая при электролизе алюминия, описывается уравнением:



[0008] Таким образом, термитные реакции являются сильно экзотермическими, самоподдерживающимися при высоких температурах и представляют опасность для персонала и оборудования.

- 10 [0009] Обнаружение и ослабление и/или подавление термитных реакций в процессе электролиза предполагает мониторинг электролитической ячейки. Как описано в патенте США № 9,982,355 В2 (Д'Астольфо и др.), содержание которого включено здесь посредством ссылки, мониторинг ячейки можно проводить путем установки нескольких датчиков на проводящие элементы ячейки (например, аноды) для
15 измерения падения напряжения на одном или нескольких анодах и обнаружения термитной реакции. В этом методе датчики напряжения могут быть размещены на максимальном расстоянии друг от друга, чтобы определять максимальное значение падения напряжения относительно шума и, следовательно, получить более точный результат. Недостатком этого метода является высокая стоимость установки и
20 непрерывный мониторинг большого количества падений напряжения, необходимых для системы обнаружения.

[0010] Таким образом, существует потребность в более простой системе и способе мониторинга электролитической ячейки, обнаружения и ослабления и/или подавления термитных реакций.

- 25 **Краткое изложение сущности изобретения**

- [0011] Прежде всего, в настоящем документе раскрыт способ обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке, содержащей, по меньшей мере, один анодный узел из одного или более металлооксидных анодов, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи тока, подающую ток, на, по меньшей мере,
30 один анодный узел через анодный стержень, отдельный для каждого анодного узла. Способ включает: измерение падения напряжения с использованием пары датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне каждого анодного узла, падение напряжения, соответствующее протеканию тока в каждом анодном узле; вычисление на основе указанного измеренного падения напряжения, по меньшей мере, одного из:

производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения на одном или более анодных узлах; и производной дисперсии падения напряжения на одном или более анодных узлах, причем указанная дисперсия падения напряжения и производная дисперсии падения напряжения могут быть вычислены, когда электролитическая ячейка содержит множество анодных узлов. Способ также содержит: обнаружение термитной реакции при возникновении одного или более из: падения напряжения, превышающего, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, причем каждый пороговый уровень напряжения представляет собой предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией; изменения производной падения напряжения; изменения дисперсии падения напряжения на анодных узлах; и изменения производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах. При обнаружении термитной реакции, способ может дополнительно включать, при необходимости, регулирование, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления и/или подавления термитной реакции.

5

10

15 **[0012]** Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения, способ дополнительно включает отправку сигнала оператору электролитической ячейки при обнаружении термитной реакции.

[0013] Согласно предпочтительному варианту осуществления, пороговые уровни напряжения основаны на ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки.

20

[0014] Согласно предпочтительному варианту осуществления, пороговые уровни напряжения представляют собой пороговые уровни, выведенные компьютером на основе, по меньшей мере, одних из прошлых эксплуатационных данных электролитической ячейки, рабочих параметров и состава электролитической ячейки.

25

[0015] Согласно предпочтительному варианту осуществления, термитная реакция обнаруживается, когда изменение производной падения напряжения превышает пороговое изменение.

[0016] Согласно предпочтительному варианту осуществления, термитная реакция обнаруживается, когда изменение дисперсии падения напряжения на анодных узлах

30

превышает пороговое значение.

[0017] Согласно предпочтительному варианту осуществления, термитная реакция обнаруживается, когда изменение производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое значение.

[0018] Согласно предпочтительному варианту осуществления, регулирование, по

35

меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления

и/или подавления термитной реакции включает в себя одно или более из следующего:

замена анодного перекрытия на катодное (АКП) одного или нескольких анодных узлов;

извлечение одного или нескольких анодных узлов из электролитической ванны;

5 изменение тока, подаваемого, по меньшей мере, на один или более анодных узлов, или на электролитическую ячейку;

изменение температуры электролитической ванны; и

изменение химического состава электролитической ванны.

10 **[0019]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, когда падение напряжения на одном из анодных узлов превышает, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывается один или более превышенных пороговых уровней напряжения.

15 **[0020]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывается величина падения напряжения.

[0021] Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывается величина производной падения напряжения.

20 **[0022]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывается величина дисперсии падения напряжения.

25 **[0023]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывается величина производной дисперсии падения напряжения.

[0024] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ дополнительно включает фильтрацию падения напряжения, производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и/или производной дисперсии падения напряжения.

30 **[0025]** В настоящем изобретении также представлена система для обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке, содержащая, по меньшей мере, один анодный узел из одного или более анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи тока, подающую ток на, по меньшей мере, один анодный узел через анодный стержень, отдельный для каждого
35 анодного узла. Система содержит:

пару датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне каждого анодного узла для измерения падения напряжения, падения напряжения, соответствующего протеканию тока в анодном узле;

процессорный модуль для:

5 вычисление по измеренному падению напряжения, по меньшей мере, одного из:

 производной падения напряжения;

 дисперсии падения напряжения на одном или более анодных узлах; и

10 производной дисперсии падения напряжения на одном или более анодных узлах;

 причем указанные дисперсия падения напряжения и производная дисперсии падения напряжения высчитываются, когда электролитическая ячейка содержит множество анодных узлов; и

15 обнаружения термитной реакции при возникновении одного или более из:

 падения напряжения, превышающего, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, причем каждый пороговый уровень напряжения представляет собой предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией;

20 изменения производной падения напряжения;

 изменения дисперсии падения напряжения на анодных узлах; и

25 изменения производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах.

[0026] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система дополнительно содержит модуль передачи данных для отправки сигнала оператору электролитической ячейки при обнаружении термитной реакции.

30 **[0027]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, пороговые уровни напряжения основаны на ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки.

[0028] Согласно предпочтительному варианту осуществления, пороговые уровни напряжения представляют собой пороговые уровни, выведенные компьютером на
35 основе, по меньшей мере, одних из прошлых эксплуатационных данных

электролитической ячейки, рабочих параметров и состава электролитической ячейки

[0029] Согласно предпочтительному варианту осуществления, процессорный модуль выполнен с возможностью обнаружения термитной реакции, когда изменение в производной падения напряжения превышает пороговое изменение.

5 **[0030]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, процессорный модуль выполнен с возможностью обнаружения термитной реакции, когда изменение в дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

[0031] Согласно предпочтительному варианту осуществления, процессорный модуль выполнен с возможностью обнаружения термитной реакции, когда изменение в
10 производной падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

[0032] Согласно предпочтительному варианту осуществления, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления и/или подавления термитной реакции посредством:

15 замены анодного перекрытия на катодное (АКП) одного или нескольких анодных улов;

извлечения одного или нескольких анодных узлов из электролитической ванны; изменения тока, подаваемого, по меньшей мере, на один или более анодных узлов или на электролитическую ячейку;

20 изменения температуры электролитической ванны; и /или

изменения химического состава электролитической ванны.

[0033] Согласно предпочтительному варианту осуществления, когда падение напряжения на одном из анодных узлов превышает, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования,
25 по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом одного или нескольких превышенных пороговых уровней напряжения.

[0034] Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом
30 величины падения напряжения.

[0035] Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом величины производной падения напряжения.

35 **[0036]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения

термитной реакции, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом величины дисперсии падения напряжения.

5 [0037] Согласно предпочтительному варианту осуществления, в случае обнаружения термитной реакции, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом величины производной дисперсии падения напряжения.

10 [0038] Согласно предпочтительному варианту осуществления, процессорный модуль дополнительно выполнен с возможностью фильтрации падения напряжения, производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и/или производной дисперсии падения напряжения.

15 [0039] Другой аспект настоящего изобретения относится к электролитической ячейке, содержащей, по меньшей мере, один анодный узел из одного или более анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи тока, подающую ток, по меньшей мере, на один анодный узел через анодный стержень, отдельный для каждого анодного узла, и систему для обнаружения термитной реакции, как описано в настоящем изобретении. Предпочтительно, электролитическую ячейку используют для получения металла, такого как алюминий (Al), но не ограничиваясь им.

20 [0040] Способ, система и электролитическая ячейка, описанные здесь, обеспечивают особые преимущества, поскольку они позволяют уменьшить количество сигналов/падений напряжения, необходимых для обнаружения термитной реакции, в 10 раз. Далее подробно описываются другие преимущества.

Краткое описание чертежей

25 [0041] Вышеуказанные и другие аспекты, признаки и преимущества изобретения станут более очевидными из следующего описания, при этом делается ссылка на прилагаемые чертежи, на которых:

30 [0042] На Фиг. 1 представлено схематическое изображение анодного узла электролитической ячейки с горизонтальным расположением анодного стержня в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

[0043] На Фиг. 2 представлено схематическое изображение анодного узла электролитической ячейки с вертикальным расположением анодного стержня в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

35 [0044] На Фиг. 3 представлена диаграмма падений напряжения в ячейке согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором ячейка содержит четыре

анодных узла, в одном из которых происходит смоделированная термитная реакция;

[0045] На Фиг. 4 представлена диаграмма производных падений напряжения в ячейке согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором ячейка содержит четыре анодных узла, в одном из которых происходит смоделированная термитная реакция;

[0046] На Фиг. 5 представлена диаграмма дисперсии падений напряжения в ячейке согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором ячейка содержит четыре анодных узла, в одном из которых происходит смоделированная термитная реакция;

[0047] На Фиг. 6 представлена диаграмма производной дисперсии падений напряжения в ячейке согласно предпочтительному варианту осуществления, в котором ячейка содержит четыре анодных узла, в одном из которых происходит смоделированная термитная реакция;

[0048] На Фиг. 7 представлена блок-схема для иллюстрации способа обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления; и

[0049] На Фиг. 8 показано логическое модульное изображение системы для обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке в соответствии с принципами настоящего изобретения.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

[0050] Далее в настоящем документе описываются новая **система, способ и относящаяся к ним электролитическая ячейка**. Хотя они описаны в рамках конкретных иллюстративных вариантов осуществления, следует понимать, что представленные варианты осуществления приведены только в качестве примера и что объем изобретения этим не ограничивается.

[0051] Используемая здесь терминология соответствует определениям, изложенным ниже.

[0052] Описание, которое следует далее, и изложенные в нем варианты осуществления представлены в качестве разъяснения примера конкретных вариантов осуществления принципов и аспектов настоящего изобретения. Эти примеры приведены в целях разъяснения принципов изобретения, но не ограничивают их. В последующем описании и на чертежах аналогичные детали и/или этапы обозначены одинаковыми соответствующими ссылочными номерами.

[0053] Как указано выше, описанное изобретение представляет собой систему обнаружения и способ для обнаружения термитной реакции в электролитической

ячейке. Электролитическая ячейка обычно содержит, по меньшей мере, один катодный узел, имеющий, по меньшей мере, один катод, такой как вертикальные катоды, но не ограничиваясь ими, и выполненный с возможностью приема или взаимодействия, по меньшей мере, с одним соответствующим анодным узлом, имеющим, по меньшей мере, один анод, такой как вертикальные аноды, но не ограничиваясь ими. Электролитическая ячейка также выполнена с возможностью приема электролитической ванны с расплавленным электролитом (таким как криолит) для получения металлов, такого как алюминий, в процессе электролиза.

[0054] "Катод" — это электрод, заряженный отрицательно, а "анод" — это положительно заряженный электрод. Аноды, используемые в электролитических процессах, могут быть расходуемыми (например, углеродные и графитовые аноды, используемые в процессе Холла-Эру) или же нерасходуемыми, такими как инертные или выделяющие кислород аноды. «Инертные аноды» не окисляются в процессе электролиза и, таким образом, нерастворимы в электролитической ванне в процессе электролиза. Инертные аноды могут быть изготовлены из отдельных соединений, композитных материалов или сплавов. Примеры инертных анодов включают: керамические, металлокерамические, металлические аноды и любую их комбинацию. Инертные аноды могут быть изготовлены из электропроводящих материалов, таких как оксиды металлов. Под используемыми в настоящем изобретении «анодами, содержащими оксид металла» подразумевается анод, содержащий, по меньшей мере, часть оксидов металлов.

[0055] На Фигурах 1 и 2 представлены схематические изображения анодного узла в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления. На Фиг. 1 представлено горизонтальное расположение анодного стержня анодного узла, тогда как на Фиг. 2 представлено вертикальное расположение анодного стержня.

[0056] Более конкретно, анодный узел **10** на Фигурах 1 и 2 содержит анодный стержень **2** для подачи электрического тока на опорный кронштейн или балку **3**. Электрический ток, протекающий через анодный стержень **2**, подается через шины подачи электроэнергии (не показаны), которые подают электрический ток ко всем анодным узлам электролитической ячейки. Затем электрический ток распределяется через штыри **4** и распределительные пластины **5** ко множеству анодов **6**. Анодный узел дополнительно содержит пару датчиков напряжения **1**, используемых для измерения падения напряжения в анодном узле.

[0057] Как объяснялось выше, термитные реакции могут происходить при использовании инертных анодов на основе оксидов для электрохимического

восстановления металлов, таких как алюминий. Термитные реакции необходимо быстро обнаруживать и останавливать, поскольку они представляют опасность для персонала и оборудования.

5 [0058] Термитные реакции могут быть вызваны непосредственным контактом между анодами и источником расплавленного металла, таким как слой металла. Термитные реакции могут быть инициированы коротким замыканием, когда больше тока протекает по цепи короткого замыкания. Короткое замыкание может быть обнаружено при увеличении падений напряжения между одним или несколькими датчиками напряжения. В контексте настоящего изобретения, падение напряжения может быть
10 использовано для обнаружения потенциальной термитной реакции и инициирования соответствующих ответных действий, таких как удаление анодов от слоя металла и/или уменьшение подачи тока.

[0059] Под "падением напряжения" подразумевается разница напряжений между двумя объектами или двумя точками одного и того же объекта.

15 [0060] "Датчик напряжения" измеряет падение напряжения и выдает электрический сигнал, соответствующий измеренному падению напряжения.

[0061] В настоящем изобретении описана система, содержащая один датчик напряжения для каждого анодного узла в ячейке электрохимического восстановления, который может обнаруживать и способствовать предотвращению термитных реакций,
20 возникающих между анодом, содержащим оксид металла, и жидким металлом, таким как алюминий. Целью настоящего изобретения является сокращение общего количества сигналов, необходимых для обнаружения потенциального термитного состояния, по сравнению с решением, известным из уровня техники. Такое снижение можно достичь за счет размещения датчиков для максимального увеличения
25 отношения сигнал/шум и учета зависящих от времени производных сигналов и дисперсии сигнала, чтобы улучшить интерпретацию сигналов.

[0062] В предпочтительном варианте осуществления, используют пара датчиков напряжения для измерения падения напряжения в каждом анодном узле.

[0063] Идеальный датчик напряжения предпочтительно обеспечивает: простоту и
30 удобство подключения, абсолютную точность сигнала, нулевую нагрузку на источник сигнала и полную помехоустойчивость. Реальные датчики напряжения могут вызвать ряд проблем, таких как: физическое подключение датчика к электрической цепи, влияние датчика на работу цепи и точность сигнала. Реальные датчики напряжения по своей природе создают фоновый шум в данных измерений. Фоновый шум может быть
35 вызван различными факторами, такими как: ошибки измерения, перемещение цепи,

несовершенство измерительных устройств и т.д.

[0064] Измерение "отношения сигнал/шум" (ОСШ) позволяет сравнить уровень желаемого сигнала (например, падение напряжения) с уровнем фонового шума.

[0065] В предпочтительном варианте осуществления, пара датчиков напряжения располагается на анодном стержне. Расположение датчиков напряжения оптимизировано для максимального увеличения отношения сигнал/шум (ОСШ). Два датчика напряжения размещаются как можно дальше друг от друга, чтобы обнаруживать сигналы большего падения напряжения. Поскольку предполагается, что шум в анодном узле постоянный, отношение сигнал/шум (ОСШ) таким образом увеличивается до максимума.

[0066] Сокращение количества датчиков напряжения, устанавливаемых для обнаружения термитной реакции, позволяет уменьшить количество отслеживаемых сигналов. Предлагаемый способ позволяет сократить количество сигналов напряжения или падений в десять раз по сравнению с другими решениями, такими как, например, в патенте США 9,982,355 В2 (Д'Астольфо и др.), содержание которого включено в настоящее описание посредством ссылки. Таким образом, становится возможным сокращение затрат, связанных с обнаружением термитной реакции.

[0067] Электрический ток, проходящий через анод I_{anode} можно определить, зная падение напряжения V , удельное сопротивление материала ρ , длину L , и площадь A , с помощью уравнения:

$$I_{anode} = \frac{V * A}{\rho * L}$$

[0068] Электрический ток, необходимый для возбуждения термитной реакции на аноде, можно определить экспериментальным путем. Когда неизвестно точное местоположение потенциального короткого замыкания, можно сделать консервативное предположение, что любое увеличение электрического тока в анодном узле происходит только на одном аноде. Затем можно рассчитать одно или несколько пороговых уровней напряжения на основе порогового уровня тока для одного анода в анодном узле.

[0069] Под «пороговым уровнем напряжения» подразумевается предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией

[0070] В случае, когда для измерения падения напряжения в анодном узле используется пара датчиков напряжения, пороговые уровни напряжения V_{T_i} для термитных реакций можно рассчитать, применив уравнение:

$$V_{Ti} = \frac{1}{K_i} \left[\left(\frac{I}{\sum N} \right) (n_i - 1) + T_i \right]$$

где: V_{Ti} - падение напряжения для порогового уровня i , T_i – пороговое значение тока на один анод для порогового уровня i , N – количество анодов в электролитической ячейке, n_i - количество анодов на один датчик напряжения, I – полный ток ячейки, и $K_i = I/V$ коэффициент пропорциональности датчика напряжения.

5 **[0071]** Различные уровни i могут быть определены экспериментально на основе пороговых уровней тока на один анод, которые, как известно, вызывают термитную реакцию или повреждению анода.

[0072] Коэффициент пропорциональности датчика напряжения K_i может быть рассчитан как функция удельного сопротивления материала, температуры и формы датчика напряжения.

[0073] Падение напряжения на каждом датчике напряжения измеряется по «исходному напряжению», когда в электролитической ячейке не происходит термитная реакция.

[0074] В примере, где для измерения падения напряжения в анодном узле используют пару датчиков напряжения, исходное напряжение V_b может быть задано как:

$$V_b = \frac{1}{K_i} \left[\left(\frac{I}{\sum N} \right) n_i \right]$$

15 **[0075]** Следовательно, отношение порогового уровня напряжения к исходному напряжению задается как:

$$\frac{V_{Ti}}{V_b} = 1 - \frac{1}{n_i} + \frac{T_i}{(I/N)n_i}$$

[0076] Для промышленной электролитической ячейки предыдущее уравнение может быть приближенно представлено следующим уравнением:

$$\frac{V_{Ti}}{V_b} = 1 + \frac{1.5}{n_i}$$

[0077] Для порогового напряжения первого уровня V_{T1} , количество анодов n_i на один датчик напряжения может достигать 100. Поэтому отношение порогового напряжения к исходному $\frac{V_{T1}}{V_b}$, может составлять всего 1.015. Таким образом, система обнаружения должна быть способна обнаруживать увеличение падения напряжения на 1.5%.

[0078] Одним из способов повышения чувствительности системы обнаружения является выбор расположения датчиков напряжения, которое оптимизирует отношение сигнал/шум (ОСШ). Как объяснялось выше, датчики напряжения располагаются как можно дальше друг от друга в целях распознавания сигналов о большем падении напряжения. Поскольку предполагается, что шум в анодном узле постоянный,

отношение сигнал/шум (ОСШ), таким образом, увеличивается до максимума.

5 [0079] На Фиг. 3 представлена диаграмма падений напряжения в ячейке, содержащей четыре анодных узла, в одном из которых происходит смоделированная термитная реакция. В данном случае анодные узлы 1 и 2 были последовательно закорочены (сначала узел 1, затем 2).

[0080] Из Фиг. 3 видно, что при моделировании термитной реакции падение напряжения на закороченном узле увеличивается (сначала на узле 1, затем на узле 2). На закороченном узле наблюдается явное падение напряжения, в то время как на других узлах падение напряжения уменьшилось, поскольку к ним подводилось меньше
10 электрического тока.

[0081] Как показано на Фиг. 3, падение напряжения на каждом анодном узле не зависит от падений напряжения на других анодных узлах, что позволяет установить местоположение анодного узла, в котором происходит термитная реакция. Таким образом, можно рассмотреть возможность целенаправленного реагирования для
15 ослабления и, в идеале, подавления термитной реакции.

[0082] Из Фиг. 3 видно, что каждый анодный узел может испытывать разное исходное напряжение.

[0083] Падение напряжения имеет следующие характеристики: наличие переменного исходного напряжения, зависящего от положения анодов и их количества и зависящего
20 от размеров перекрытия анода и катода (АКП). Действительно, АКП влияет на силу электрического тока, протекающего через анодный узел. Следовательно, изменение АКП влияет на падение напряжения, испытываемое анодным узлом. Падение напряжения также может изменяться в зависимости от расстояния между анодом и катодом (РАК).

25 [0084] Термитное состояние обычно возникает внезапно, что позволяет рассмотреть ряд возможных способов обработки сигналов для улучшения возможности обнаружения термитных реакций, помимо прямого считывания напряжения с датчика напряжения. Один из способов состоит в использовании производной по времени от
30 падения напряжения для указания на возникновение потенциальной термитной реакции. Внезапное изменение падения напряжения привело бы к большому скачку производного сигнала (т.е. производной падения напряжения), что позволило бы обнаружить потенциальную термитную реакцию.

[0085] На Фиг. 4 представлена диаграмма производных падений напряжения, вычисленных по падениям напряжения на Фиг. 3. Из Фиг. 4 видно, что для каждой
35 смоделированной термитной реакции получена отдельная производная падения

напряжения, сначала положительная, затем отрицательная. Положительная производная падения напряжения соответствует первоначальному увеличению электрического тока, протекающего через закороченный анодный узел. Отрицательная производная падения напряжения соответствует падению электрического тока в конце смоделированной термитной реакции.

[0086] Как показано на Фиг. 4, производная падения напряжения каждого анодного узла не зависит от производной падения напряжения других анодных узлов, что позволяет определить местоположение термитной реакции (т.е. в каком анодном узле происходит термитная реакция). Таким образом, можно рассмотреть целенаправленное реагирование для ослабления и, в идеале, подавления термитной реакции.

[0087] Производная падения напряжения учитывает изменение падения напряжения, а не его величину. Поэтому производная падения напряжения имеет нулевое исходное напряжение и более чувствительна к внезапным изменениям падения напряжения.

[0088] Одним из недостатков производной падения напряжения является то, что она может не давать четкой информации об окончании термитной реакции.

[0089] Другой способ заключался бы в использовании дисперсии многократных падений напряжения в каждый промежуток времени. «Дисперсия» системы измеряет, до какой степени множество значений отклоняется от их среднего значения.

[0090] Поскольку промышленная электролитическая ячейка содержит множество анодов или анодных узлов, может быть выполнено сравнение падений напряжения на каждом из этих узлов. Как правило, если в анодном узле происходит короткое замыкание, к этому узлу будет поступать больше тока, а к другим анодным узлам - меньше. Поэтому величина дисперсии изменится для всей электролитической ячейки. Это состояние является индикатором изолированного короткого замыкания. В случаях, когда падения напряжения на анодных узлах находятся в узком диапазоне, внезапное изменение падения напряжения на анодном узле увеличит дисперсию группы. Однако в случаях, когда падения напряжения имеют высокую изменчивость, внезапное изменение падения напряжения может не привести к предсказуемому изменению дисперсии всей ячейки.

[0091] На Фиг. 5 представлена диаграмма дисперсии падений напряжения, вычисленной по падениям напряжения на Фиг. 3. Падение напряжения измеряется для каждого анодного узла в каждый момент (или интервал времени). Дисперсия падения напряжения вычисляется для каждого момента (или интервала времени) на основе сигнала падения напряжения. Полученный таким образом сигнал представляет собой дисперсию падения напряжения.

- 5 [0092] В случае первого закороченного анодного узла дисперсия фактически уменьшилось, когда анодный узел был закорочен. Это может быть связано с тем, что через узел уже протекал слабый электрический ток, и короткое замыкание привело к тому, что он приблизился к другим узлам, что уменьшило дисперсию. В случае второго закороченного анодного узла ток был таким же, как и в трех других, поэтому короткое замыкание привело к увеличению дисперсии.
- [0093] Преимущество способа дисперсии падения напряжения заключается в отслеживании одного сигнала в электролитической ячейке вместо отслеживания нескольких сигналов.
- 10 [0094] Дисперсия падения напряжения учитывает падение напряжения на каждом анодном узле электролитической ячейки. Поэтому дисперсия падения напряжения зависит от всех анодных узлов электролитической ячейки. Дисперсия падения напряжения не позволяет определить местоположение термитной реакции.
- [0095] Дисперсия падения напряжения имеет следующие характеристики: наличие 15 переменного исходного напряжения, зависящего от положения анодов и их количества и зависящего от размеров перекрытия анода и катода АКП и т.д.
- [0096] Дополнительным усовершенствованием может быть использование 20 производной дисперсии в качестве способа обработки сигнала. Этот способ позволил бы надежно предсказать внезапное изменение падения напряжения, даже если начальная дисперсия велика.
- [0097] На Фиг. 6 представлена диаграмма производной дисперсии падений 25 напряжения, вычисленной по падениям напряжения на Фиг. 3.
- [0098] На Фиг. 6 показана производная дисперсии падения напряжения, сначала положительная, затем отрицательная для каждой смоделированной термитной реакции. Положительная производная дисперсии падения напряжения соответствует 30 первоначальному увеличению электрического тока, протекающего через закороченный анодный узел. Отрицательная производная дисперсии падения напряжения соответствует падению электрического тока в конце смоделированной термитной реакции. В этом случае знаком дисперсии можно пренебречь, поскольку производная 35 зависит в основном от скорости изменения.
- [0099] На Фиг. 6 видно, что пики производной дисперсии падения напряжения имеют большую величину. Таким образом, обеспечивается наиболее чувствительное обнаружение термитной реакции.
- [00100] Преимущество способа, основанного на производной дисперсии падения 40 напряжения, заключается в отслеживании одного сигнала в электролитической ячейке

вместо отслеживания нескольких сигналов.

5 [00101] Производная дисперсии падения напряжения учитывает падение напряжения на каждом анодном узле электролитической ячейки. Поэтому производная дисперсии падения напряжения зависит от всех анодных узлов электролитической ячейки. Соответственно, производная дисперсии падения напряжения может не позволить определить местоположение термитной реакции.

[00102] Преимущества производной дисперсии падения напряжения заключаются в нулевом исходном напряжении и обнаружении внезапных изменений падения напряжения.

10 [00103] Одним из недостатков производной дисперсии падения напряжения является то, что она может не давать четкой информации об окончании термитной реакции.

[00104] На Фиг. 7 показан способ обнаружения **200**, основанный на измерениях напряжения, для прогнозирования потенциального термитного состояния и 15 реагирования на него. Способ **200** также позволяет предотвратить незатухающую термитную реакцию. В способе **200** используется преимущество отношения производной и дисперсии для повышения надежности интерпретации падения напряжения.

[00105] Способ **200** обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке 20 включает измерение **210** падения напряжения на каждом анодном узле. Падение напряжения соответствует протеканию тока в анодном узле. Падение напряжения измеряется с помощью пары датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне анодного узла. Способ **200** также включает вычисление **220** на основе измеренного падения напряжения, по меньшей мере, одной из производных **221** 25 падения напряжения, дисперсии **222** падения напряжения на одном или более анодных узлах и производной дисперсии **223** падения напряжения на одном или более анодных узлах. Дисперсия падения напряжения и производная дисперсии падения напряжения могут быть вычислены, когда электролитическая ячейка содержит множество анодных узлов.

30 [00106] Способ **200** может при необходимости дополнительно содержать фильтрацию **225** падения напряжения и/или фильтрацию производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и производной дисперсии падения напряжения.

[00107] Способ **200** дополнительно включает обнаружение **230** термитной 35 реакции, когда падение напряжения превышает, по меньшей мере, один пороговый

уровень напряжения **231**. Каждый пороговый уровень напряжения представляет собой предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией. Пороговые уровни напряжения также могут быть основаны на ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки. В другом варианте осуществления, пороговые уровни напряжения могут быть вычислены на основе, по меньшей мере, одного из следующих: ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки, рабочих параметров и конструкции электролитической ячейки.

[00108] В другом варианте или дополнительно, обнаружение **230** термитной реакции возможно, когда происходит изменение производной падения напряжения **232**, такое как, например, когда изменение производной падения напряжения превышает пороговое изменение.

[00109] В другом варианте или дополнительно, обнаружение **230** термитной реакции возможно, когда происходит изменение дисперсии падения напряжения на анодных узлах **232**, такое как, например, когда изменение дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

[00110] В другом варианте или дополнительно, обнаружение **230** термитной реакции возможно, когда происходит резкое изменение производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах **234**, такое, например, когда изменение производной падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

[00111] Как также показано на Фиг. 7, способ **200** может при необходимости включать регулирование **240** одного или нескольких рабочих параметров электролитической ячейки для ослабления и, в идеале, подавления термитной реакции при обнаружении термитной реакции. Регулирование **240** одного или нескольких рабочих параметров электролитической ячейки может включать замену анодного перекрытия на катодное (АКП) одного или нескольких анодных узлов

[00112] Согласно предпочтительным вариантам осуществления, регулирование **240** одного или нескольких рабочих параметров электролитической ячейки для ослабления и, в идеале, подавления термитной реакции, может также включать извлечение одного или нескольких анодных узлов из электролитической ванны; изменение тока, подаваемого, по меньшей мере, на один или более анодных узлов, или на электролитическую ячейку; изменение температуры электролитической ванны; и/или изменение химического состава электролитической ванны.

[00113] Согласно предпочтительным вариантам осуществления, когда падение напряжения на одном из анодных узлов превышает, по меньшей мере, один пороговый

уровень напряжения, при регулировании **240** одного или нескольких рабочих параметров электролитической ячейки могут быть приняты во внимание один или несколько превышенных пороговых уровней напряжения, величина падения напряжения, величина производной падения напряжения, величина дисперсии падения напряжения, величина производной дисперсии падения напряжения.

[00114] В соответствии с вышеизложенным, способ, система и электролитическая ячейка, описанные в настоящем изобретении, обеспечивают особые преимущества, поскольку они позволяют уменьшить количество сигналов или падений напряжения, необходимых для обнаружения термитной реакции. По результатам предварительных испытаний ожидается, что может быть достигнуто уменьшение в 10 раз. Хотя способ, система и электролитическая ячейка, раскрытые в настоящем изобретении, используют меньшее количество сигналов или падений напряжения, предусмотрена тонкая настройка расположения датчиков напряжения для получения лучшего соотношения сигнал/шум. Использование преимуществ отношения производной и дисперсии способствует повышению надежности интерпретации сигнала. Наконец, ожидается, что система, способ и электролитическая ячейка, описанные в настоящем изобретении, позволят снизить затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию электролитической ячейки за счет уменьшения количества сигналов, подлежащих установлению и отслеживанию.

[00115] На Фиг. 8 показано логическая модульная иллюстрация системы 1000 для обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке в соответствии с раскрытием настоящего изобретения. Как уже сказано, электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один анодный узел из одного или нескольких анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи электроэнергии, обеспечивающую подачу тока, по меньшей мере, к одному анодному узлу через анодный стержень, отдельный для каждого анодного узла. Система 1000 представляет примерный модульный вид контроллера 1100, участвующего в обнаружении. Система 1000 может также содержать станцию 1200 дистанционного мониторинга. В некоторых вариантах осуществления, контроллер 1100 может обмениваться данными со станцией 1200 дистанционного мониторинга, и контроллер 1100, следовательно, способен обмениваться одним или несколькими сообщениями и/или одной или несколькими командами со станцией 1200 дистанционного мониторинга.

[00116] В примере, изображенном на Фиг. 8, контроллер 1100 содержит модуль памяти 1120, процессорный модуль 1130 и модуль сетевого интерфейса 1140.

Процессорный модуль 1130 может представлять собой одиночный процессор с одним или несколькими процессорными ядрами или группу процессоров, каждый из которых содержит одно или несколько процессорных ядер. Модуль памяти 1120 может содержать различные типы памяти (модули оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) различных стандартов и видов, карты памяти, модули постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), программируемое ПЗУ и т.д.). Модуль сетевого интерфейса 1140 представляет, по меньшей мере, один физический интерфейс, который может быть использован для связи с другими узлами сети. Модуль сетевого интерфейса 1140 может выполняться видимым для других модулей контроллера 1100 через один или несколько логических интерфейсов. Фактические стеки протоколов, используемые физическим сетевым интерфейсом (интерфейсами) и/или логическим сетевым интерфейсом (интерфейсами) 1142, 1144, 1146, 1148 модуля сетевого интерфейса 1140, не влияют на раскрытие настоящего изобретения. Варианты процессорного модуля 1130, модуля памяти 1120 и модуля сетевого интерфейса 1140, применимые в контексте настоящей заявки, будут очевидны специалистам в данной области.

[00117] Шина 1170 изображена в качестве примера устройства для обмена данными между различными модулями контроллера 1100. На настоящее изобретение не влияет способ обмена информацией между различными модулями. Например, модуль памяти 1120 и процессорный модуль 1130 могут соединяться параллельной шиной, но также могут быть связаны последовательным соединением или включать промежуточный модуль (не показан), не влияя на принципы настоящего изобретения.

[00118] Аналогично, даже несмотря на то, что в описании различных вариантов осуществления нет конкретных ссылок на модуль памяти 1120 и/или процессорный модуль 1130, специалисты в данной области без затруднений поймут, что такие модули используются совместно с другими модулями контроллера 1100 для выполнения обычных, а также инновационных действий, связанных с настоящим изобретением.

[00119] Контроллер 1100 может также содержать дополнительный модуль графического интерфейса пользователя (ГИП) 1150, содержащий один или несколько экранов дисплея, образующих систему отображения контроллера 1100. Экраны дисплея модуля ГИП 1150 могут разделяться на одну или несколько плоских панелей, но также могут представлять собой единый плоский или изогнутый экран, видимый с предполагаемого местоположения пользователя (не показан). Специалисты без труда поймут, что модуль ГИП 1150 может использоваться в различных контекстах, не ограничиваясь ранее упомянутыми примерами.

[00120] Система 1000 может содержать систему хранения данных 1500, которая

содержит данные, относящиеся к позиционированию блоков, и может дополнительно регистрировать данные в ходе производственного процесса. На Фиг. 8 показаны примеры системы хранения 1500 в виде отдельной системы базы данных 1500А, отдельного модуля 1500В контроллера 1100 или подмодуля 1500С модуля памяти 1120 контроллера 1100. Система хранения 1500 может также содержать модули хранения (не показаны) на станции дистанционного мониторинга 1200. Система хранения 1500 может распределяться по различным системам А, В, С и/или станции дистанционного мониторинга 1200 или может находиться в одной системе. Система хранения 1500 может содержать один или несколько логических или физических, а также локальных или удаленных накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД) (или их массив). Система хранения 1500 может дополнительно содержать локальную или удаленную базу данных, доступную контроллеру 1100 через стандартизированный или собственный интерфейс или через модуль сетевого интерфейса 1140. Варианты системы хранения 1500, применимые в рамках настоящего изобретения, будут очевидны специалистам в данной области.

[00121] В контроллере 1100 предусмотрены модуль ввода измерений 1160 и дополнительный модуль управления 1161. Модуль ввода измерений 1160 и модуль управления 1161 будут отмечены далее в настоящем изобретении как отдельные логические модули, но специалист без труда определит, что вместо этого мог быть показан единый логический модуль.

[00122] В некоторых вариантах осуществления могут быть предусмотрены дополнительный модуль внешнего ввода-вывода (В/В) 1162 и/или дополнительный модуль внутреннего ввода-вывода (В/В) 1164 вместе с модулем ввода измерений 1160 и модулем управления 1161. Модуль внешнего ввода-вывода 1162 может потребоваться, например, для взаимодействия с одним или несколькими роботами, одним или несколькими устройствами ввода (например, измерительным датчиком) и/или одним или несколькими устройствами вывода (например, принтером). Модуль 1164 внутреннего ввода-вывода 1164 может потребоваться, например, для взаимодействия контроллера 1100 с одним или несколькими приборами или элементами управления (не показаны), обычно используемыми в контексте управления электролитической ячейкой (например, датчиками). Модуль ввода-вывода 1164 может содержать необходимый интерфейс (интерфейсы) для обмена данными, установки данных или получения данных от таких приборов или элементов управления.

[00123] Модуль ввода измерений 1160 и процессорный модуль 1130 имеют непосредственное отношение к обнаружению термитной реакции. В примере системы

1000 модуль ввода измерений 1160 и процессорный модуль 1130 могут использоваться на различных этапах способа 200, описанного выше в настоящем изобретении.

[00124] Хотя выше были подробно описаны иллюстративные и предпочтительные варианты осуществления изобретения, следует понимать, что изобретательская
5 концепция может быть реализована и использована иным образом, и прилагаемая формула изобретения должна быть истолкована как включающая такие варианты, за исключением тех, которые ограничены предшествующим уровнем техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке, содержащей, по меньшей мере, один анодный узел из одного или нескольких анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи электроэнергии, обеспечивающую подачу тока, по меньшей мере, на один анодный узел через отдельный анодный стержень для каждого анодного узла, способ, включающий:

- измерение падения напряжения с использованием, по меньшей мере, одной пары датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне каждого анодного узла, падения напряжения, соответствующее протеканию тока в каждом анодном узле;

- вычисление на основе измеренного падения напряжения, по меньшей мере, одного из:

- производной падения напряжения,
- дисперсии падения напряжения на одном или нескольких анодных узлах; и
- производной дисперсии падения напряжения на одном или нескольких анодных узлах,

причем, по меньшей мере, одну из производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и производной дисперсии падения напряжения вычисляют, когда электролитическая ячейка содержит множество анодных узлов; и

- обнаружение термитной реакции при возникновении одного или нескольких из:

○ падения напряжения, превышающего, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, причем каждый пороговый уровень напряжения представляет собой предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией;

- изменения производной падения напряжения;
- изменения дисперсии падения напряжения на анодных узлах; и
- изменения производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий, при обнаружении термитной

реакции, регулирование, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления и/или подавления термитной реакции.

3. Способ по п. 1 или 2, дополнительно включающий отправку сигнала оператору электролитической ячейки при обнаружении термитной реакции.

4. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что пороговые уровни напряжения основаны на ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки.

10

5. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что пороговые уровни напряжения представляют собой пороговые уровни, рассчитанные компьютером на основе, по меньшей мере, одних из ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки, рабочих параметров и конструкции электролитической ячейки.

15

6. Способ по любому из пп. 1-5, отличающийся тем, что термитная реакция обнаруживаются, когда:

- изменение падения напряжения превышает пороговое изменение;
- изменение производной падения напряжения превышает пороговое изменение;
- изменение дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение; и/или
- изменение производной падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

20

25

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что регулирование, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления и/или подавления термитной реакции включает в себя одно или несколько из:

- замена анодного перекрытия на катодное (АКП) одного или нескольких анодных узлов;
- извлечение одного или нескольких анодных узлов из электролитической ванны;
- изменение тока, подаваемого, по меньшей мере, на один или несколько анодных узлов, или на электролитическую ячейку;
- изменение температуры электролитической ванны; и
- изменение химического состава электролитической ванны.

30

35

8. Способ по любому из пп. 1-7, отличающийся тем, что, когда падение напряжения на одном из анодных узлов превышает, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывают одно или несколько превышенных пороговых уровней напряжения.
9. Способ по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что в случае обнаружения термитной реакции при регулировании, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки учитывают:
- величину падения напряжения;
 - величину производной падения напряжения;
 - величину дисперсии падения напряжения; и/или
 - величину производной дисперсии падения напряжения.
10. Способ по любому из пп. 1-8, дополнительно включающий:
- фильтрацию падения напряжения, производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и/или производной дисперсии падения напряжения.
11. Система для обнаружения термитной реакции в электролитической ячейке, содержащая, по меньшей мере, один анодный узел из одного или нескольких анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи электроэнергии, обеспечивающую подачу тока, по меньшей мере, на один анодный узел через отдельный анодный стержень для каждого анодного узла, система, содержащая:
- измерительный модуль, содержащий для каждого, по меньшей мере, одного анодного узла пару датчиков напряжения, расположенных на анодном стержне анодного узла, для измерения падения напряжения, соответствующего протеканию тока в анодном узле; и
 - процессорный модуль, выполненный с возможностью:
 - производить вычисления по измеренному падению напряжения, по меньшей мере, одного из:
 - производной падения напряжения;
 - дисперсии падения напряжения на одном или нескольких анодных узлах; и

- производной дисперсии падения напряжения на одном или нескольких анодных узлах;
причем, по меньшей мере, одну из производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и производной дисперсии падения напряжения вычисляют, когда электролитическая ячейка содержит множество анодных узлов; и
- обнаружения термитной реакции при возникновении одного или нескольких из:
 - падения напряжения, превышающего, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, причем каждый пороговый уровень напряжения представляет собой предварительно установленное падение напряжения, прежде вызванное термитной реакцией;
 - изменения производной падения напряжения;
 - изменения дисперсии падения напряжения на анодных узлах; и
 - изменения производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах.

12. Система по п. 11, дополнительно содержащая модуль сетевого интерфейса, функционально связанный с процессорным модулем для отправки сигнала оператору электролитической ячейки при обнаружении термитной реакции.

13. Система по п. 11 или 12, отличающаяся тем, что пороговые уровни напряжения основаны на ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки.

14. Система по любому из пп. 11-13, отличающаяся тем, что пороговые уровни напряжения представляют собой пороговые уровни, рассчитанные компьютером на основе, по меньшей мере, одних из ранее полученных эксплуатационных данных электролитической ячейки, рабочих параметров и конструкции электролитической ячейки.

15. Система по любому из пп. 11-14, отличающаяся тем, что процессорный модуль выполнен с возможностью обнаружения термитной реакции, когда изменение производной падения напряжения превышает пороговое изменение.

16. Система по любому из пп. 11-15, отличающаяся тем, что процессорный модуль выполнен с возможностью обнаружения термитной реакции, когда:

- изменение падений напряжения превышает пороговое изменение;
- изменение производной падения напряжения превышает пороговое изменение;
- 5 - изменение дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение; и /или
- изменение производной дисперсии падения напряжения на анодных узлах превышает пороговое изменение.

10 17. Система по любому из пп. 11-16, дополнительно содержащая модуль управления, функционально связанный с процессорным модулем, выполненный с возможностью регулирования, по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки для ослабления и/или подавления термитной реакции посредством:

- замены анодного перекрытия на катодное (АКП) одного или нескольких анодных
- 15 узлов;
- извлечения одного или нескольких анодных узлов из электролитической ванны;
- изменения тока, подаваемого, по меньшей мере, на один или несколько анодных узлов, или на электролитическую ячейку;
- изменения температуры электролитической ванны; и /или
- 20 - изменения химического состава электролитической ванны.

18. Система по любому из пп. 11-17, отличающаяся тем, что когда падение напряжения на одном из анодных узлов превышает, по меньшей мере, один пороговый уровень напряжения, процессорный модуль выполнен с возможностью регулирования,

25 по меньшей мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом одного или нескольких превышенных пороговых уровней напряжения.

19. Система по любому из пп. 11-18, отличающаяся тем, что в случае обнаружения термитной реакции, процессорный модуль обеспечивает регулирование, по меньшей

30 мере, одного рабочего параметра электролитической ячейки с учетом:

- величины падения напряжения;
- величины производной падения напряжения;
- величины дисперсии падения напряжения; и/или
- величины производной дисперсии падения напряжения.

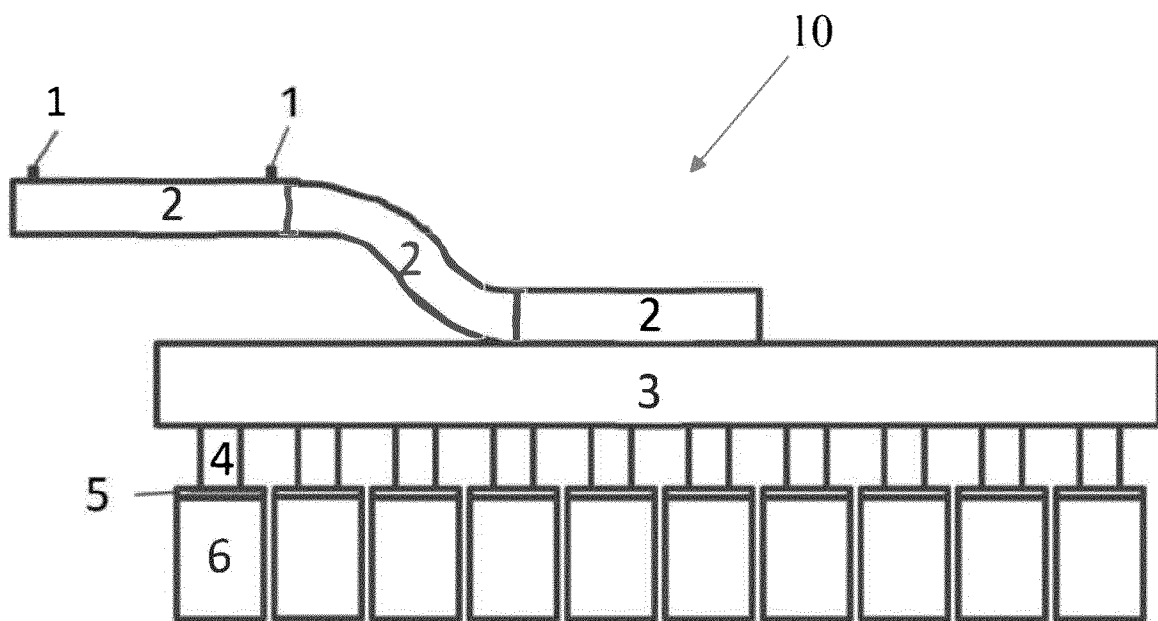
35

20. Система по любому из пп. 11-19, отличающаяся тем, что процессорный модуль дополнительно обеспечивает возможность фильтрации падения напряжения, производной падения напряжения, дисперсии падения напряжения и/или производной дисперсии падения напряжения.

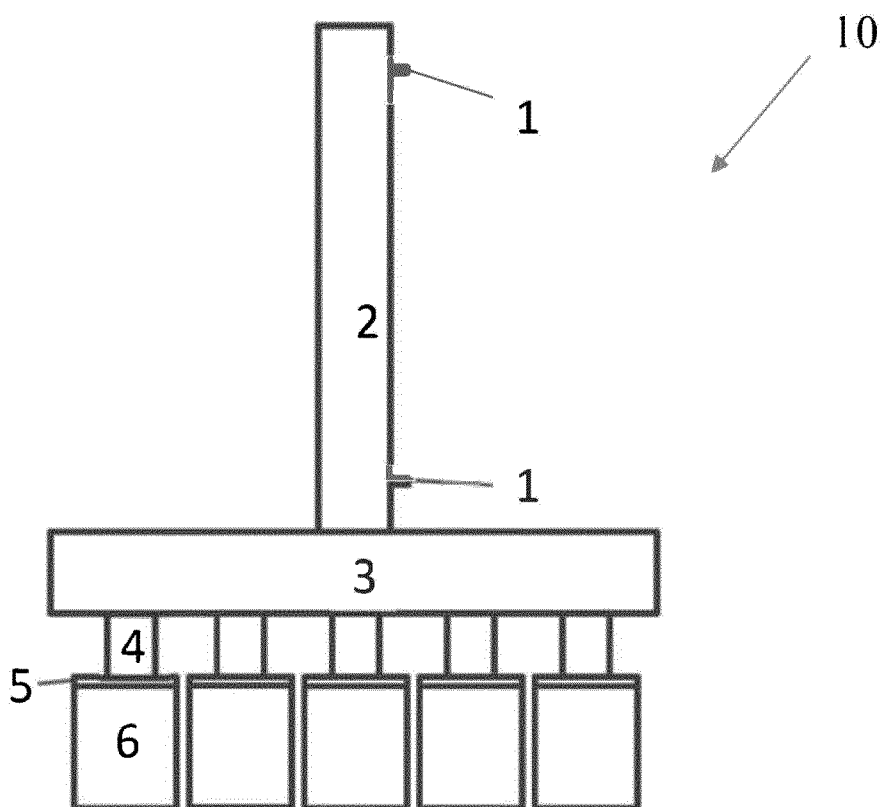
5

21. Электролитическая ячейка, содержащая, по меньшей мере, один анодный узел из одного или нескольких анодов, содержащих оксид металла, по меньшей мере, один катод, электролитическую ванну и шину подачи электроэнергии, обеспечивающую подачу тока, по меньшей мере, на один анодный узел через отдельный анодный стержень для каждого анодного узла, и систему для обнаружения термитной реакции по любому из пунктов 11-20.

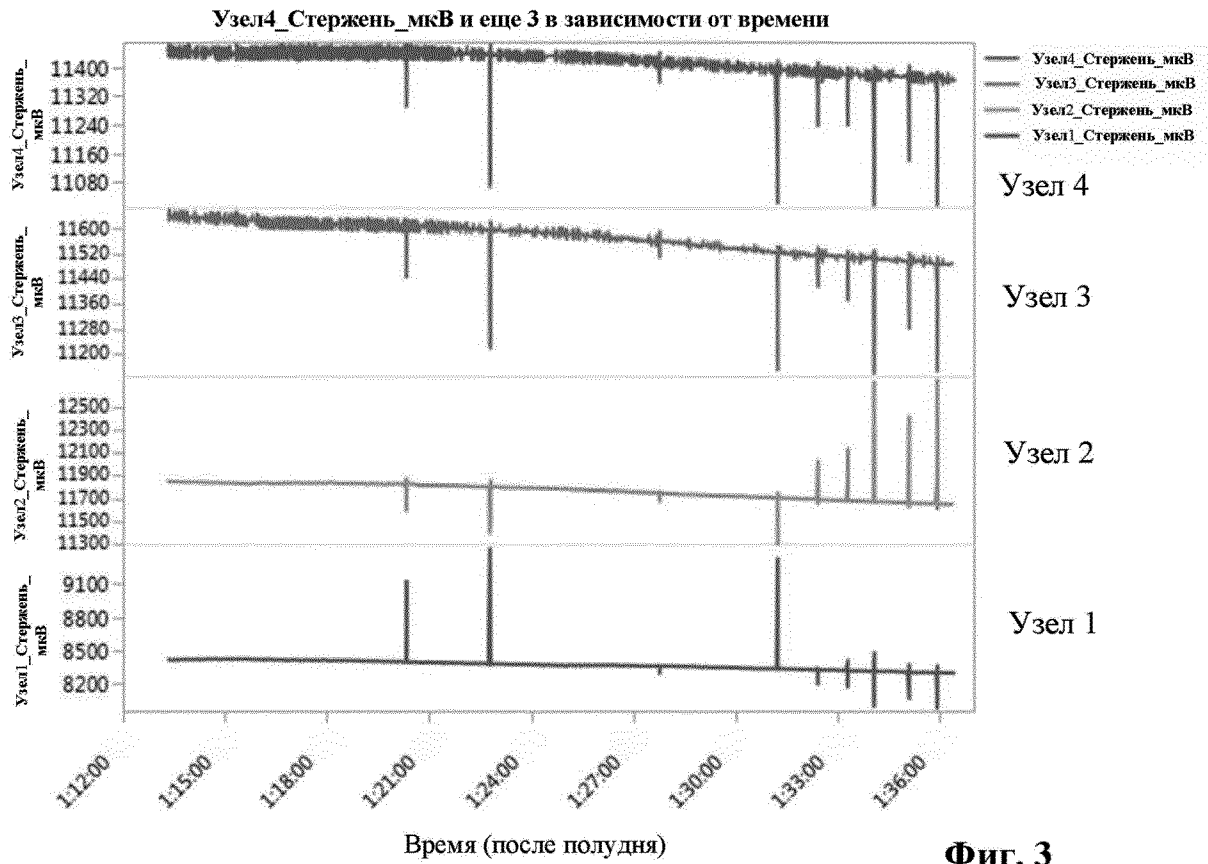
10



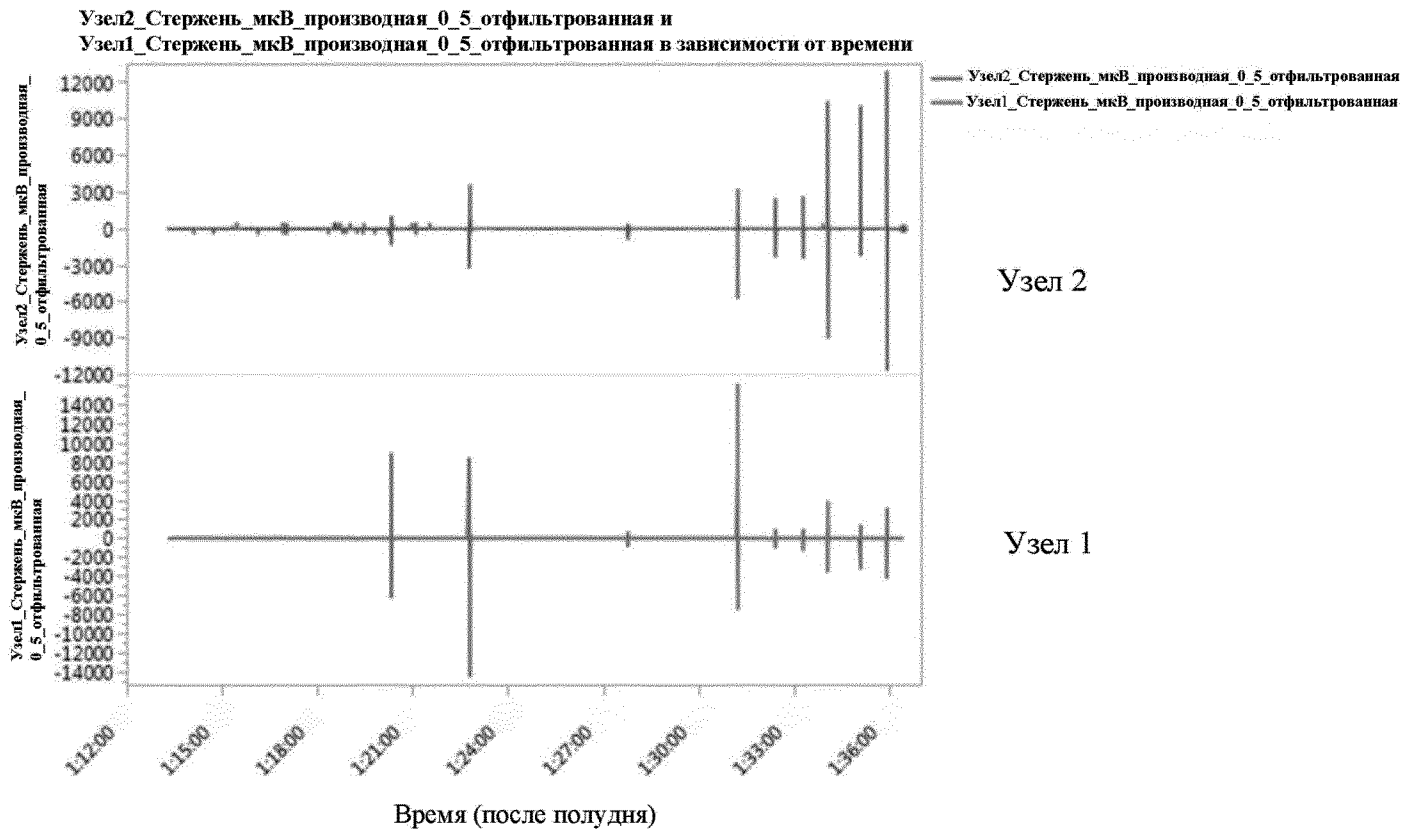
Фиг. 1



Фиг. 2

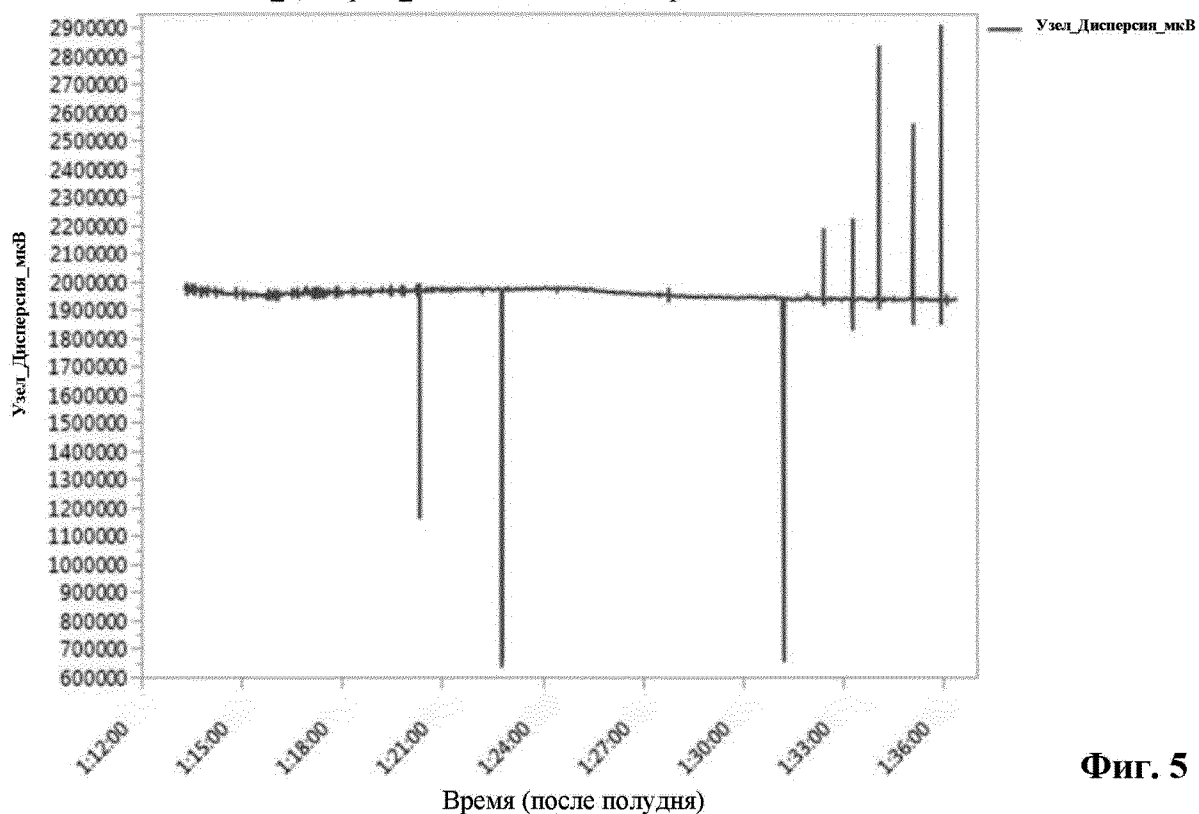


Фиг. 3



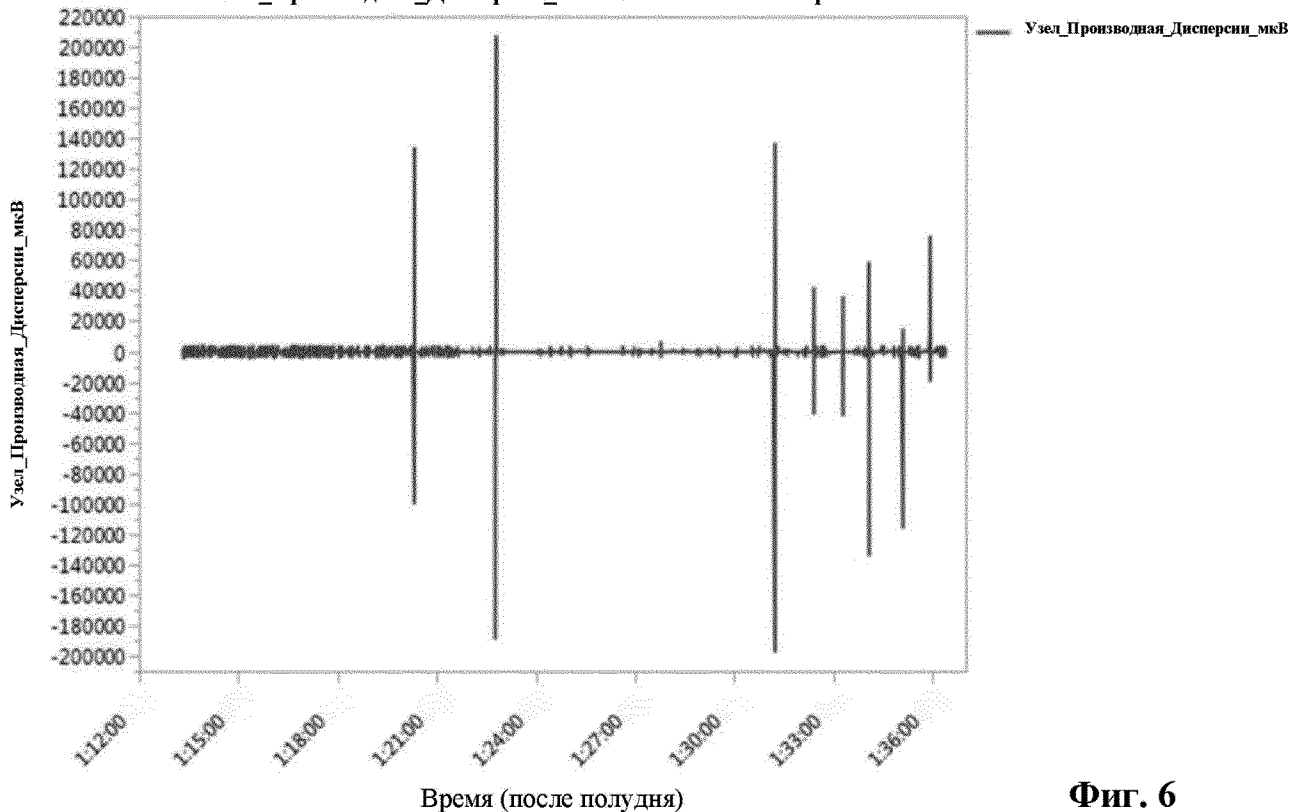
Фиг. 4

Узел_Дисперсия_мкВ в зависимости от времени



Фиг. 5

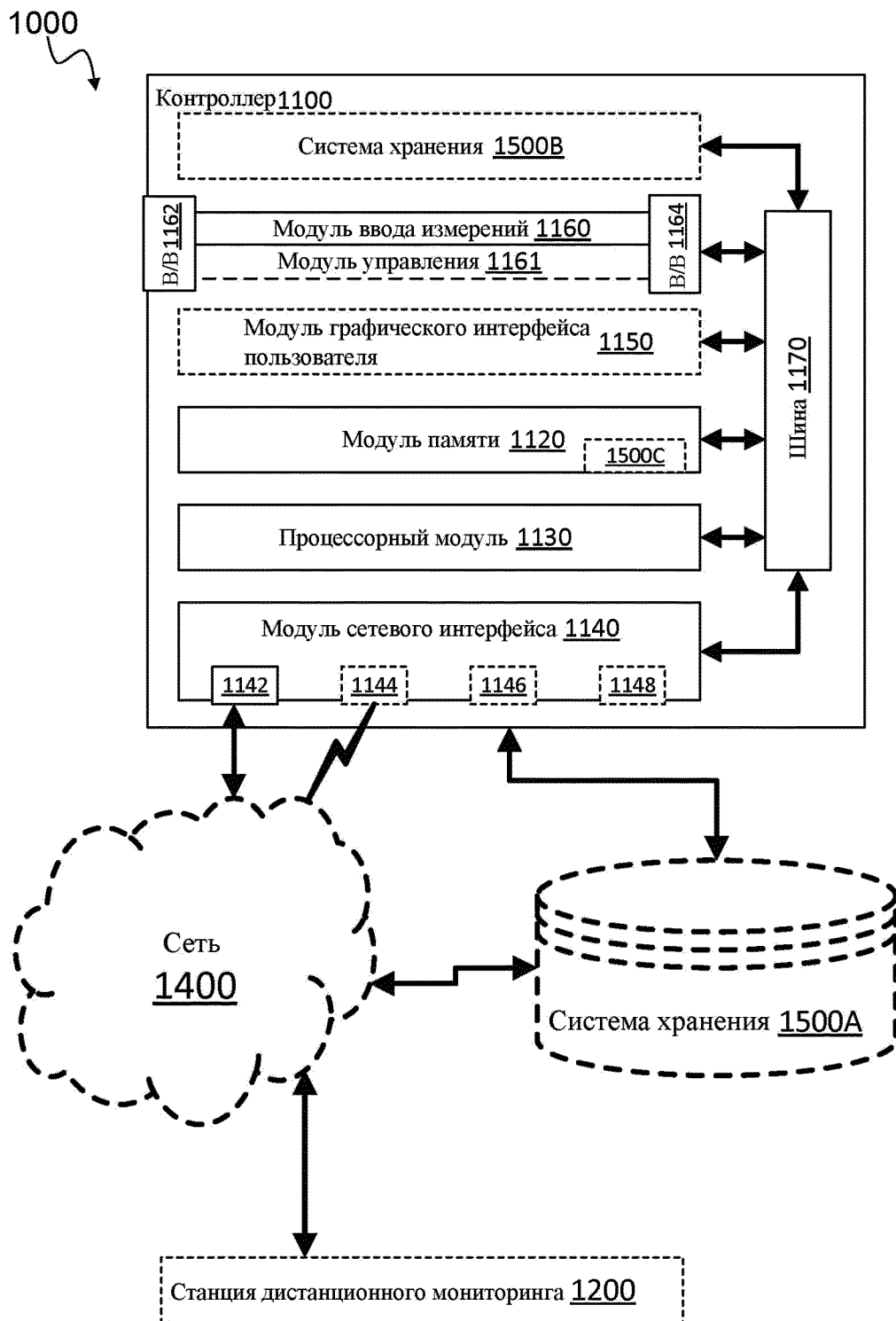
Узел_Производная_Дисперсии_мкВ в зависимости от времени



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8