

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043789**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.06.23**

(51) Int. Cl. **H01M 8/18 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202390493**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.04.07**

---

(54) **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ПРОТОЧНАЯ БАТАРЕЯ С  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

---

(31) **102020120428.0**

(56) EP-A1-2648258  
WO-A1-9003666  
CN-A-101614794  
WO-A1-2011078774

(32) **2020.08.03**

(33) **DE**

(43) **2023.04.03**

(86) **PCT/EP2021/058989**

(87) **WO 2022/028743 2022.02.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФОЙТ ПАТЕНТ ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Лют Томас, Крюгер Клаус (DE)**

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

---

(57) Окислительно-восстановительная проточная батарея, содержащая комплект ячеек и резервуарное устройство для приема электролита, причем комплект ячеек содержит множество ячеек, и причем батарея содержит по меньшей мере одно измерительное устройство для определения свойства электролита по меньшей мере с одной измерительной ячейкой, при этом упомянутая по меньшей мере одна измерительная ячейка содержит по меньшей мере один соединительный патрубок для подвода электролита, по меньшей мере один соединительный патрубок для отвода электролита и канал, который соединен с одним из циркуляционных контуров электролита так, что при циркуляции электролита он течет через этот канал, и при этом канал содержит первый участок и второй участок, при этом поперечное сечение первого участка меньше поперечного сечения второго участка, и при этом соединительный патрубок для отвода электролита соединен соединительным трубопроводом с первым участком, а соединительный патрубок для подвода электролита - соединительным трубопроводом со вторым участком.

**B1**

**043789**

**043789**

**B1**

Изобретение относится к окислительно-восстановительной проточной батарее с измерительным устройством для определения свойства электролита. При этом речь идет, в частности, но не исключительно, об определении потенциала электрода. При этом батарея может эксплуатироваться автономно или как часть системы батарей. Такая система батарей состоит, например, из нескольких последовательно подключенных окислительно-восстановительных проточных батарей (цепи батарей).

Окислительно-восстановительная проточная батарея включает в себя комплект ячеек, т.е. комплект из множества окислительно-восстановительных проточных ячеек, и резервуарное устройство для подачи электролита по меньшей мере с двумя резервуарами, при этом в первый резервуар подается отрицательный электролит, а во второй резервуар - положительный электролит. Во время эксплуатации батареи отрицательный и положительный электролиты прокачиваются через ячейки в двух отдельных циркуляционных контурах. Для этого предусмотрены два рабочих колеса насоса, средства привода рабочих колес насоса и соответствующие трубные разводки. Для определения состояния заряда (от англ. SoC - State of Charge) окислительно-восстановительная проточная батарея включает в себя измерительное устройство для определения напряжения холостого хода (НХХ, от англ. open circuit voltage - OCV). При этом речь идет об электрохимической ячейке с камерами для положительного и отрицательного электролитов, которые разделяются мембраной. В этих камерах расположены электроды, с которых в качестве измеряемой величины может сниматься напряжение. Кроме того, такая окислительно-восстановительная проточная батарея может включать в себя другие электрохимические ячейки, которые построены подобно ячейкам для определения напряжения холостого хода. Однако у этих других ячеек одна из камер наполнена сравнительным электролитом, а другая камера наполняется отрицательным или положительным электролитом. Такие ячейки называются также сравнительными ячейками и служат для обнаружения смещения в электролите батареи. WO 2018/237181 A1 раскрывает окислительно-восстановительную проточную батарею с НХХ- и сравнительной ячейками. WO 2012/020277 A1 раскрывает окислительно-восстановительную проточную батарею с НХХ-ячейкой, при этом WO 2012/020277 A1 раскрывает детали встраивания этой НХХ-ячейки в батарею.

Изобретатели поставили перед собой задачу предложить окислительно-восстановительную проточную батарею, которая построена более просто или соответственно которая может проектироваться более гибко, чем традиционные окислительно-восстановительные проточные батареи.

Задача решается согласно изобретению с помощью варианта осуществления, соответствующего независимому пункту формулы изобретения на устройство. Другие предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения находятся в зависимых пунктах формулы изобретения.

Предлагаемые изобретением решения поясняются далее с помощью фигур. На фигурах, в частности, показано:

- фиг. 1 - окислительно-восстановительная проточная батарея;
- фиг. 2 - измерительные устройства окислительно-восстановительной проточной батареи;
- фиг. 3 - предлагаемая изобретением измерительная ячейка в первом варианте осуществления;
- фиг. 4 - предлагаемая изобретением измерительная ячейка в другом варианте осуществления;
- фиг. 5 - предлагаемая изобретением измерительная ячейка в еще одном варианте осуществления.

На фиг. 1 показана окислительно-восстановительная проточная батарея, которая обозначена позицией 1. Эта батарея включает в себя комплект ячеек, который обозначен позицией 2, и резервуарное устройство, которое обозначено позицией 3. Комплект 2 ячеек представляет собой комплект из множества окислительно-восстановительных проточных ячеек, которые могут быть расположены любым образом. Например, речь могла бы идти об одном отдельном пакете ячеек, последовательной цепи из нескольких пакетов, параллельной цепи из нескольких пакетов или о комбинации последовательной и параллельной цепей из нескольких пакетов. Резервуарное устройство 3 служит для подачи электролита и для снабжения комплекта 2 ячеек электролитом. Для этого резервуарное устройство 3 включает в себя по меньшей мере два резервуара для отрицательного и положительного электролитов, систему труб для соединения резервуара с комплектом 2 ячеек и рабочие колеса насоса для нагнетания электролита, с образованием каждым одного циркуляционного контура электролита. Батарея 1 также включает в себя измерительное устройство для определения так называемого напряжения холостого хода (НХХ, от англ. open circuit voltage - OCV), которое обозначено позицией 4. Значение НХХ является мерой состояния заряда батарейного модуля (от англ. SoC - State of Charge). В общем, батарея 1 включает в себя измерительное устройство 4 для определения свойства электролита. При этом на фиг. 1 в чисто схематичном виде показано расположение этого измерительного устройства 4 внутри батареи.

На фиг. 2 показаны два варианта осуществления такого измерительного устройства 4. Изображенный в верхней части вариант осуществления включает в себя измерительную ячейку, которая обозначена позицией 4.1. Эта измерительная ячейка 4.1 делится мембраной или сепаратором на две камеры. В каждой камере расположено по одному электроду. Между двумя электродами может сниматься напряжение холостого хода. Измерительная ячейка включает в себя четыре соединительных патрубка, при этом в каждую из двух камер впадают по два соединительных патрубка. Одна камера предназначена для приема отрицательного электролита, при этом один соединительный патрубок предназначен для подвода, а другой соединительный патрубок - для отвода отрицательного электролита. Другая камера предназначена

для приема положительного электролита, при этом один соединительный патрубок предназначен для подвода, а другой соединительный патрубок - для отвода положительного электролита. Это указывается на фиг. 2 стрелками, которые отображают приток или соответственно отток электролита.

Изображенный в нижней части фиг. 2 вариант осуществления включает в себя две измерительные ячейки, которые выполнены как сравнительные ячейки и обозначены позициями 4.2 и 4.3. Каждая из измерительных ячеек разделена мембраной или сепаратором на две камеры, и в каждой камере расположено по одному электроду. У каждой из измерительных ячеек 4.2 и 4.3 предусмотрено по одной камере для приема сравнительной (стандартной) жидкости или сравнительной субстанции. В названном последнем случае в деталях остановимся ниже. Т.е. следующие фрагменты относятся к сравнительным ячейкам со сравнительной жидкостью. Однако это не должно пониматься как ограничение одной жидкостью. Эти камеры обозначены позицией 4.4. Камеры 4.4 для приема сравнительной жидкости могут быть закрытыми, т.е. что показанные на фигуре соединительные патрубки закрываются после того, как была залита сравнительная жидкость. Камеры 4.4 могут быть также соединены между собой, как указывается внизу штриховым трубопроводом. Могут быть также предусмотрены средства, с помощью которых время от времени в камеры 4.4 вводится свежая сравнительная жидкость, при этом использованная сравнительная жидкость выводится из камер 4.4. Две остальные камеры имеют по два соединительных патрубка, при этом одна из этих камер предназначена для приема отрицательного электролита, и при этом один соединительный патрубок предназначен для подвода, а другой соединительный патрубок - для отвода отрицательного электролита. Другая камера предназначена для приема положительного электролита, при этом один соединительный патрубок предназначен для подвода, а другой соединительный патрубок - для отвода положительного электролита. Электроды камер, предназначенных для приема сравнительной жидкости, могут быть соединены друг с другом, как изображено на фиг. 2 штриховой линией, так, чтобы прямо между двумя оставшимися электродами могло сниматься напряжение холостого хода. Альтернативно, изображенное соединение средних электродов может отсутствовать, и между двумя электродами каждой ячейки может сниматься частичное напряжение. Тогда напряжение холостого хода получается из суммы этих двух частичных напряжений. Если эти два частичных напряжения отличаются от заданных сравнительных значений, по этим отличиям можно сделать заключение о наличии смещения в электролите батареи. Такое смещение может получаться вследствие окисления ванадия, других химических побочных реакций, а также вследствие "перехода" (от англ. "crossover") на мембранах пакета. Возможность обнаружения такого смещения делает изображенный на фиг. 2 внизу вариант осуществления особенно предпочтительным.

И в самой сравнительной ячейке может происходить "переход". Для уменьшения этого нежелательного эффекта предпочтительно, если сравнительная жидкость имеет как можно более высокую вязкость. Поэтому в качестве сравнительной жидкости может предпочтительно применяться так называемый "gelled electrolyte" (т.е. гелеобразный электролит), который описывается в WO 02/11227 A1. В окислительно-восстановительных проточных батареях на основе ванадия применяется, как правило, электролит  $V^{3+}/V^{4+}$ .

Другой вариант осуществления сравнительной ячейки заключается в том, что вместо традиционного электрода и сравнительной жидкости применяется расположенная в соответствующей камере платиновая проволока, которая расположена вблизи мембраны или, соответственно, сепаратора и по которой во время измерения протекает ток. Наряду с платиной, в качестве материала для такой проволоки может применяться также серебро-хлорид серебра.

Другой вариант осуществления сравнительной ячейки основывается на совершенно другом принципе измерения. При этом сравнительная ячейка состоит из одной единственной узкой камеры или соответственно, тесного пространства, через которое протекает электролит. Тогда измерение свойства электролита осуществляется не электрически с помощью электрода, а оптически, при этом спектроскопически исследуется электролитная пленка. Более подробные сведения об этом находятся, например, в "A review on the electrolyte imbalance in vanadium redox flow batteries" авторов Tossaporn Jirabovornwisut, Amornchai Arpornwichanop, опубликовано в International Journal of Hydrogen Energy 44 (2019), страницы 24485-24509, начиная с раздела "U-vis spectroscopic measurement" на странице 24497.

Общим для всех вариантов осуществления является то, что измерительное устройство 4 для определения свойства электролита включает в себя по меньшей мере одну измерительную ячейку и по меньшей мере два соединительных патрубка, при этом один соединительный патрубок предусмотрен для подвода электролита, а другой соединительный патрубок - для отвода электролита. При этом ясно, что соединительные патрубки выполнены так, чтобы снабжать упомянутую по меньшей мере одну измерительную ячейку или камеру измерительной ячейки протекающим электролитом.

Если измерительное устройство 4 включает в себя только одну измерительную ячейку для определения напряжения холостого хода, как изображено в верхней части фиг. 2, то эта измерительная ячейка также называется далее НХХ-ячейкой. Две сравнительные ячейки могут вместе образовывать одно устройство измерения НХХ, как указано в нижней части фиг. 2.

В изображенном на фиг. 2 варианте осуществления предлагаемая изобретением батарея включает в себя по меньшей мере одну измерительную ячейку, причем эта измерительная ячейка включает в себя

мембрану и две камеры, и при этом по меньшей мере одна камера предусмотрена для приема электролита, и при этом измерительная ячейка включает в себя по меньшей мере один соединительный патрубок для подвода электролита и по меньшей мере один соединительный патрубок для отвода электролита.

Чтобы измерительное устройство 4 могло надежно определять актуальное свойство электролита, камера должна или соответственно камеры должны снабжаться свежим электролитом. Это происходит таким образом, что измерительное устройство встраивается в циркуляционный контур электролита батареи. У традиционных батарей соединительные патрубки для подвода и отвода электролита соединяются с точками циркуляционного контура электролита, которые имеют такую разность давлений, что через камеры измерительного устройства 4 может протекать электролит. Надлежащие точки ответвления с высоким давлением находятся в трубопроводах, которые простираются от напорной стороны рабочих колес насоса до комплекта ячеек. Надлежащие точки ответвления с низким давлением находятся в трубопроводах, которые простираются от резервуаров до всасывающей стороны рабочих колес насоса или, соответственно, от комплекта ячеек до резервуаров. Низкое давление имеется также в верхней части самого резервуара, так что и с этой частью резервуара могут быть соединены соединительные патрубки для отвода электролита измерительного устройства 4. В традиционных батареях находит применение, как правило, названная последней возможность. Из сказанного ясно, что у традиционных батарей для снабжения измерительных ячеек электролитом нужны несколько трубопроводов и ответвительных частей, что усложняет батарею и что из-за этого повышает риск утечки электролита.

Поэтому изобретатели поставили перед собой задачу выполнить привязку измерительного устройства к циркуляционному контуру электролита так, чтобы избежать названных недостатков.

На фиг. 3 в схематичном изображении показана принципиальная конструкция предлагаемого изобретением измерительного устройства на примере сравнительной ячейки 4.2 с закрытой сравнительной камерой 4.4. При этом электроды для обзорности не изображены. Наряду со сравнительной ячейкой 4.2, предлагаемая изобретением измерительная ячейка включает в себя соединительный элемент, который обозначен позицией 5. Этот соединительный элемент 5 включает в себя канал, который обозначен позицией 5.1. Этот канал 5.1 включает в себя первый участок, который обозначен позицией 5.1.1, и второй участок, который обозначен позицией 5.1.2. При этом поперечное сечение первого участка 5.1.1 меньше поперечного сечения второго участка 5.1.2. Соединительный патрубок для отвода электролита сравнительной ячейки 4.2 соединен с первым участком 5.1.1. Соединительный патрубок для подвода электролита сравнительной ячейки 4.2 соединен со вторым участком 5.1.2. Соединительный элемент 5 соединен с циркуляционным контуром электролита так, что при циркуляции электролита в циркуляционном контуре электролита он течет через канал 5.1. На фиг. 3 это течение электролита указано вертикальными стрелками. При этом вследствие эффекта Бернулли в первом участке 5.1.1 возникает давление, которое ниже давления, имеющегося во втором участке 5.1.2. Поэтому получается течение электролита через левую камеру сравнительной ячейки 4.2, которое указывается горизонтальными стрелками. Предлагаемая изобретением компоновка делает возможной интеграцию измерительной ячейки в любом месте циркуляционного контура электролита, так как эта компоновка сама создает перепад давлений, необходимый для течения электролита через соответствующую камеру измерительной ячейки. Следует еще заметить, что направление течения через камеру независимо от направления течения в канале 5.1, т.е. применительно к фиг. 3, что при изменении направления вертикальных стрелок на обратное направление горизонтальных стрелок останется неизменным.

На фиг. 4 в схематичном изображении показана принципиальная конструкция предлагаемого изобретением измерительного устройства на примере НХХ-ячейки 4.1. Так как через обе камеры этой НХХ-ячейки должен протекать электролит, предлагаемая изобретением измерительная ячейка по фиг. 4 включает в себя другой соединительный элемент 5, который сконструирован, расположен аналогично описанному на фиг. 3 соединительному элементу 5 и соединен с правой камерой НХХ-ячейки 4.1.

Опционально, один или несколько или все соединительные трубопроводы между камерами и первым и вторым участками 5.1.1 и 5.1.2 канала 5.1 могут содержать запорные клапаны. На фиг. 3 показаны такие запорные клапаны, один из которых обозначен позицией 8. С помощью этих клапанов может перекрываться течение электролита через соответствующие камеры. Это может быть предпочтительно, чтобы разрешать течение электролита через камеры только тогда, когда от соответствующей измерительной ячейки нужны измеренные значения. Так может минимизироваться "переход" в сравнительной ячейке.

Предлагаемая изобретением батарея может включать в себя следующие комбинации измерительных ячеек:

- одна сравнительная ячейка;
- одна НХХ-ячейка;
- одна НХХ-ячейка и одна сравнительная ячейка;
- две сравнительные ячейки, которые образуют одно устройство измерения НХХ;
- одна НХХ-ячейка и две сравнительные ячейки.

К ним могут добавляться другие измерительные ячейки, которые выполнены избыточными. В каждом случае предлагаемое изобретением преимущество проявляется уже тогда, когда только одна из имеющихся сравнительных ячеек построена по фиг. 3 или когда только одна из сторон имеющейся

НХХ-ячейки построена по фиг. 4. Предлагаемое изобретением преимущество максимально, конечно, тогда, когда все имеющиеся измерительные ячейки построены по фиг. 3 или 4.

На фиг. 3 и 4 контур сужения в канале 5.1 изображен в каждом случае симметрично применительно к самому узкому месту. Этот контур может также проходить асимметрично, например, когда, если смотреть в направлении течения электролита, канал сужается на отрезке, который короче того отрезка, на котором этот канал после самого узкого места снова расширяется. Когда этот так называемый отрезок успокоения после узкого места канала выбирается достаточно длинным, тогда обусловленная сужением потеря давления может оставаться очень низкой, так что связанные с этим потери тоже становятся очень низкими.

Особенно предпочтительно, если каждая из построенных согласно изобретению измерительных ячеек вместе с соединительным элементом или соединительными элементами образуют один конструктивный узел, так что камеры, мембрана или мембраны, упомянутый или упомянутые каналы и соединительные трубопроводы между камерами и каналами встроены в этот один конструктивный узел. Этот конструктивный узел может изготавливаться, например, по методу литья под давлением, причем этот конструктивный узел предпочтительно состоит из полимерного материала. Другая возможность изготовления заключается в том, чтобы названный конструктивный узел включал в себя два или более конструктивных элементов из полимерного материала, в которые посредством соответствующих выемок встроены камеры, каналы и соединительные трубопроводы. Тогда эти камеры, каналы и соединительные трубопроводы образуются путем стыкования этих конструктивных элементов. Выемки могут создаваться, например, фрезерованием. При этом стыкование может осуществляться путем скручивания, склеивания или сваривания. При скручивании, при необходимости, предусмотрены уплотнения. Особенно предпочтительно многоэлементная система может образовываться, когда одна камера измерительной ячейки предусматривается в одном из конструктивных элементов, а другая камера измерительной ячейки - в другом конструктивном элементе, так чтобы мембрана зажималась между этими двумя конструктивными элементами. При необходимости, в месте зажима предусмотрены уплотнения. Альтернативно, конструктивный узел может изготавливаться также по методу аддитивной технологии. Разумеется, названные методы изготовления могут также комбинироваться, например, когда одна часть конструктивных элементов изготавливается по методу литья, а другая часть конструктивных элементов создается фрезерованием.

В конструктивный узел могут быть предпочтительно интегрированы датчики. При этом речь может идти, например, о датчиках давления или температуры. Датчики температуры особенно важны, так как температура оказывает существенное влияние на находимый из уравнения Нернста потенциал.

Для подключения соединительного элемента или соединительных элементов к циркуляционному контуру электролита могут быть предусмотрены фланцы или соединительные штуцеры. Они могут быть предпочтительно интегрированы в конструктивный узел.

Другой предпочтительный вариант осуществления получается, когда система из соединительных трубопроводов вместе с НХХ-ячейкой конструируется самовентилирующейся. Например, можно выполнить соединительные трубопроводы монотонно поднимающимися в направлении течения электролита и/или посредством надлежащих геометрий НХХ-ячейки. Это облегчает автоматическую вентиляцию измерительных ячеек.

Один из особенно предпочтительных вариантов осуществления получается, когда в конструктивный узел наряду с каналом, камерами и подводными трубопроводами интегрируются также одно или оба рабочих колеса насоса батареи. Благодаря этому отпадают другие соединительные части в циркуляционном контуре электролита, так что может дополнительно уменьшаться сложность и уязвимость к утечкам. При этом канал с сужением может быть предусмотрен либо на напорной стороне, либо на всасывающей стороне рабочего колеса насоса. В этом варианте осуществления конструктивный узел представляет собой, так сказать, увеличенную насосную головку, в которую интегрированы измерительная ячейка, соединительный элемент или, соответственно, соединительные элементы и соединительные трубопроводы. Применительно к изготовлению этого варианта осуществления имеет силу вышесказанное.

На фиг. 5 в схематичном изображении показан такой вариант осуществления, при этом штриховой прямоугольник, который обозначен позицией 6, изображает конструктивный узел. Рабочие колеса насоса указаны окружностями, одна из которых обозначена позицией 7. Эти рабочие колеса насоса могут быть предпочтительно выполнены так, чтобы они могли приводиться в движение одним общим двигателем. Кроме того, на фиг. 5 показаны два интегрированных в конструктивный узел 6 датчика температуры, один из которых обозначен позицией 9. Эти датчики 9 температуры предпочтительно расположены так, что они имеют хороший тепловой контакт с находящимся в измерительной ячейке электролитом. Это происходит, например, тогда, когда датчики расположены так, что они находятся в непосредственной близости к электрическим подводным проводам, которые ведут в измерительную ячейку.

#### **Список ссылочных обозначений**

- 1 - Окислительно-восстановительная проточная батарея.
- 2 - Комплект ячеек.
- 3 - Резервуарное устройство.

- 4 - Измерительное устройство для определения свойства электролита.
- 4.1 - Измерительная ячейка/НХХ-ячейка.
- 4.2 - Измерительная ячейка/сравнительная ячейка.
- 4.3 - Измерительная ячейка/сравнительная ячейка.
- 4.4 - Сравнительная жидкость.
- 5 - Соединительный элемент.
- 5.1 - Канал.
- 5.1.1 - Первый участок канала.
- 5.1.2 - Второй участок канала.
- 6 - Конструктивный узел.
- 7 - Рабочее колесо насоса.
- 8 - Запорный клапан.
- 9 - Датчик температуры.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1), содержащая комплект (2) ячеек и резервуарное устройство (3) для приема электролита, причем комплект (2) ячеек содержит множество окислительно-восстановительных проточных ячеек, а резервуарное устройство (3) содержит по меньшей мере один первый резервуар для приема отрицательного электролита, по меньшей мере один второй резервуар для приема положительного электролита, систему труб для соединения резервуаров с комплектом (2) ячеек и рабочие колеса (7) насоса для нагнетания электролита, с образованием каждым одного циркуляционного контура электролита, и при этом окислительно-восстановительная проточная батарея (1) содержит по меньшей мере одно измерительное устройство (4) для определения свойства электролита по меньшей мере с одной измерительной ячейкой (4.1, 4.2, 4.3), при этом упомянутая по меньшей мере одна измерительная ячейка (4.1, 4.2, 4.3) содержит по меньшей мере один соединительный патрубок для подвода электролита, по меньшей мере один соединительный патрубок для отвода электролита и соединительный элемент (5) с каналом (5.1), который соединен с одним из циркуляционных контуров электролита так, что при циркуляции электролита в циркуляционном контуре электролит течет через этот канал (5.1), отличающаяся тем, что канал (5.1) содержит первый участок (5.1.1) и второй участок (5.1.2), при этом поперечное сечение первого участка (5.1.1) меньше поперечного сечения второго участка (5.1.2), и при этом соединительный патрубок для отвода электролита соединен соединительным трубопроводом с первым участком (5.1.1), а соединительный патрубок для подвода электролита соединен соединительным трубопроводом со вторым участком (5.1.2).

2. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.1, при этом упомянутая по меньшей мере одна измерительная ячейка (4.2, 4.3) выполнена как сравнительная ячейка.

3. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.1, при этом упомянутая по меньшей мере одна измерительная ячейка (4.2, 4.3) выполнена как НХХ-ячейка.

4. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.2, при этом сравнительная ячейка (4.2, 4.3) содержит две камеры и одна из этих камер наполнена сравнительной жидкостью, которая выполнена в виде гелеобразного электролита.

5. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.2, при этом сравнительная ячейка (4.2, 4.3) содержит две камеры и в одной из этих камер расположена платиновая проволока.

6. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.2, при этом определение свойства электролита осуществляется с помощью оптического спектроскопического измерения.

7. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по любому из предыдущих пунктов, при этом по меньшей мере в одном соединительном трубопроводе расположен запорный клапан (8).

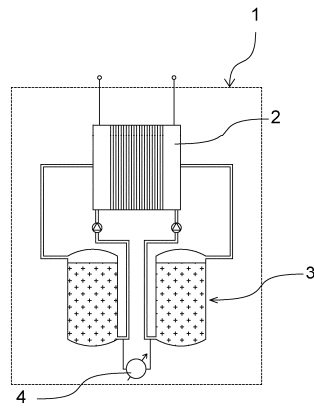
8. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по любому из предыдущих пунктов, при этом, если смотреть в направлении течения электролита, канал (5.1) сужается на отрезке, который короче отрезка, на котором канал расширяется.

9. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по любому из предыдущих пунктов, при этом соединительные трубопроводы выполнены монотонно повышающимися в направлении течения электролита.

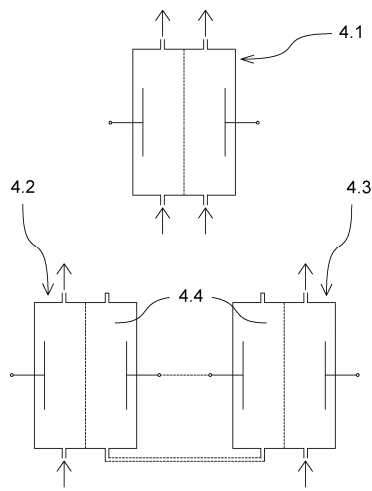
10. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по любому из предыдущих пунктов, при этом упомянутое по меньшей мере одно измерительное устройство (4) выполнено как один конструктивный узел (6), так что упомянутая по меньшей мере одна измерительная ячейка (4.1, 4.2, 4.3), канал (5.1) и соединительные трубопроводы между упомянутой по меньшей мере одной измерительной ячейкой (4.1, 4.2, 4.3) и каналом (5.1) встроены в этот конструктивный узел (6).

11. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.10, при этом в конструктивный узел (6) встроено по меньшей мере одно рабочее колесо (7) насоса.

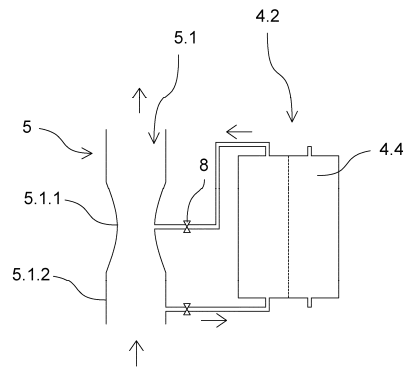
12. Окислительно-восстановительная проточная батарея (1) по п.10 или 11, при этом в конструктивный узел (6) встроено по меньшей мере один датчик (9) температуры.



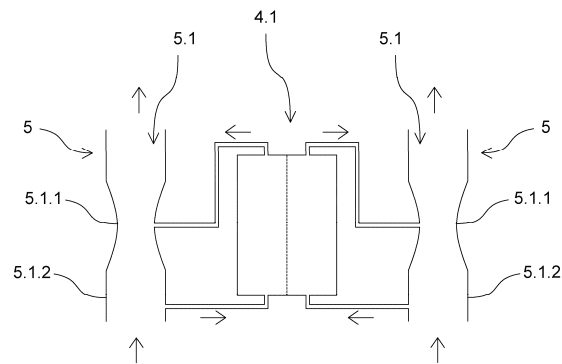
Фиг. 1



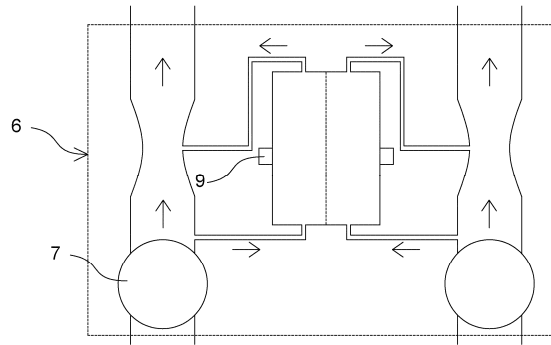
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

