

Р 2 6 4 1 2 8 9  
У 2 6 4 1 2 8 9  
С 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU

(11)

2 641 289

<sup>(13)</sup> С2

(51) МПК  
*C25B 15/02* (2006.01)  
*H02J 7/04* (2006.01)  
*C25C 7/06* (2006.01)  
*C25D 17/02* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК

*C25B 15/02* (2006.01); *H02J 7/04* (2006.01); *C25C 7/06* (2006.01); *C25D 17/02* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2015110618, 26.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.08.2013

Дата регистрации:  
17.01.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
28.08.2012 US 61/694,208;  
15.02.2013 US 61/765,142

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2016 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 17.01.2018 Бюл. № 2

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 30.03.2015

(86) Заявка РСТ:  
AU 2013/000948 (26.08.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/032085 (06.03.2014)

Адрес для переписки:  
191002, Санкт-Петербург, а/я 5, ООО "Ляпунов  
и партнёры"

(72) Автор(ы):

БУН Крис (AU),  
ФРЕЙЗЕР Роб (AU),  
ГАРСЕС БАРОН Хорхе (CL),  
ДЖИЛЛ Джералд (AU),  
ДЖОНСТОН Тим (AU),  
ДЖОНСТОН Ноэл (AU),  
ЙЕСБЕРГ Джон (AU),  
НОЛЕТ Себастьян (AU)

(73) Патентообладатель(и):  
ХЭТЧ ПТИ ЛТД (AU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2012020243 A1, 16.02.2012. WO  
2011123896 A1, 13.10.2011. WO 2006117035 A1,  
09.11.2006. DE 10347991 A1, 12.05.2005. US  
5516412 A, 14.05.1996. US 20040069640 A1,  
15.04.2004. RU 93048269 A, 27.04.1996.

**(54) УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ  
ТОКОМ ДЛЯ ЦЕХОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

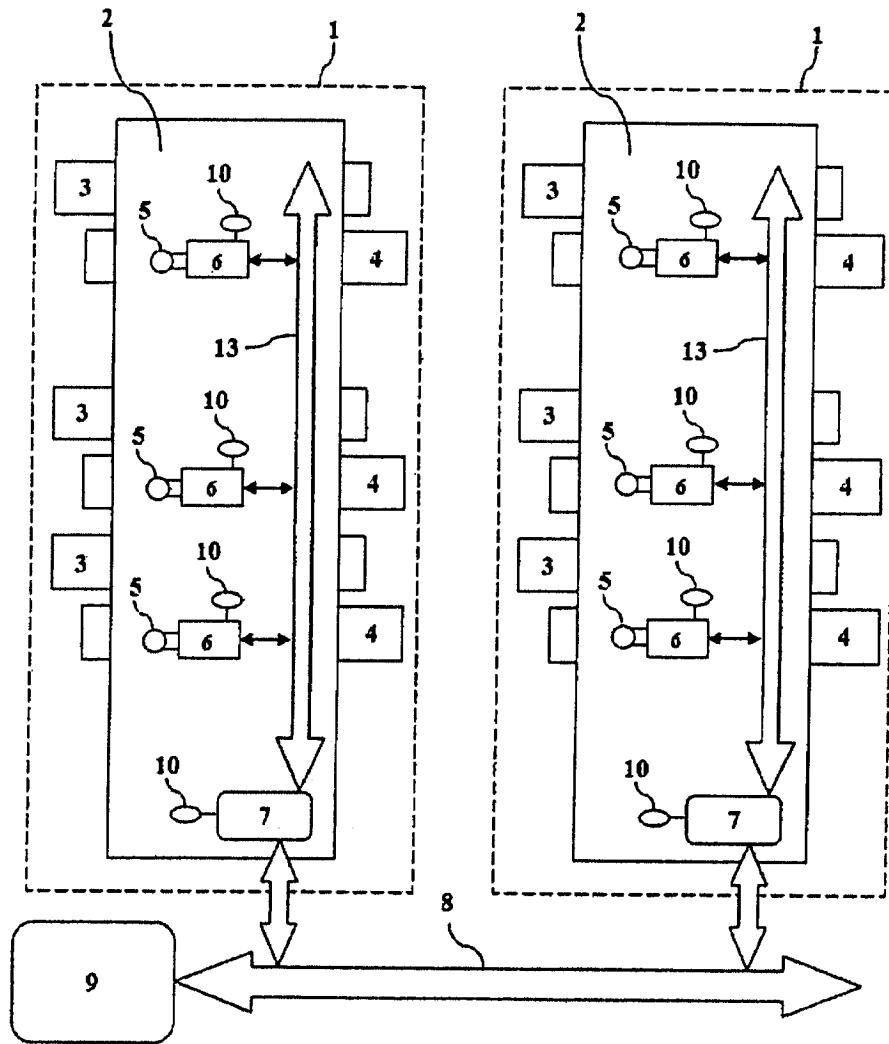
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и системе  
управления электрическим током (ЕСМ) в по  
меньшей мере одном электролизере, имеющем  
по меньшей мере два электрода, находящихся в  
контакте с электролитической средой, множество  
сенсорных средств для измерения тока,  
проходящего через один или более электрода,  
при этом указанные сенсорные средства  
расположены внутри по меньшей мере одной  
панели ЕСМ, установленной в одном или более  
работающих электролизерах. Система также

содержит поддерживающие средства для  
поддержания по меньшей мере одной панели  
ЕСМ в каждом электролизере, причем  
поддерживающие средства выполнены с  
возможностью предотвращения нарушений  
нормальных перемещений электродов и  
повреждений панели ЕСМ. Система выполнена  
с возможностью измерения электрического тока,  
проходящего через электрод или множество  
электрода в электролизере. Указанные  
усовершенствования включают в себя средства

для минимизации воздействий на измерение тока переменных нескольких типов, например, электромагнитных помех, геометрии электролизера и конфигурации контакта, чтобы обеспечить достоверную аппроксимацию тока, проходящего через каждый электрод. Кроме того, вышеупомянутые усовершенствования относятся к максимальному повышению функциональности, адаптивности и управляемости устройства, обеспечивая полную модернизацию

металлургических систем, при которой важно обеспечить надежное управление электрическим током, проходящим через электроды. Повышение точности контроля в реальном режиме времени величины тока, проходящего через каждый катод или анод, содержащийся в электролизере электролитического рафинирования металлов, а также оптимизация работы электролизеров, является техническим результатом изобретения. 3 н. и 28 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг. 1

R U 2 6 4 1 2 8 9 C 2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU (11) 2 641 289<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.  
*C25B 15/02* (2006.01)  
*H02J 7/04* (2006.01)  
*C25C 7/06* (2006.01)  
*C25D 17/02* (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

*C25B 15/02* (2006.01); *H02J 7/04* (2006.01); *C25C 7/06* (2006.01); *C25D 17/02* (2006.01)

(21)(22) Application: 2015110618, 26.08.2013

(24) Effective date for property rights:  
26.08.2013

Registration date:  
17.01.2018

Priority:

(30) Convention priority:  
28.08.2012 US 61/694,208;  
15.02.2013 US 61/765,142

(43) Application published: 20.10.2016 Bull. № 29

(45) Date of publication: 17.01.2018 Bull. № 2

(85) Commencement of national phase: 30.03.2015

(86) PCT application:  
AU 2013/000948 (26.08.2013)

(87) PCT publication:  
WO 2014/032085 (06.03.2014)

Mail address:  
191002, Sankt-Peterburg, a/ya 5, OOO "Lyapunov i  
partneriya"

(72) Inventor(s):

BUN Kris (AU),  
FREJZER Rob (AU),  
GARSES BARON Khorkhe (CL),  
DZHILL Dzherald (AU),  
DZHONSTON Tim (AU),  
DZHONSTON Noel (AU),  
JESBERG Dzhon (AU),  
NOLET Sebasten (AU)

(73) Proprietor(s):

KHETCH PTI LTD (AU)

(54) IMPROVED SYSTEM OF MEASUREMENT AND CONTROL OF ELECTRIC CURRENT FOR CELL PLANTS

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to a method and a system of electric current control (ECM) in at least one electrolysis cell having at least two electrodes in contact with an electrolytic medium, a plurality of touch sensitive measuring instruments for a current passing through one or more electrodes, besides the mentioned touch sensitive instruments are located within at least one ECM panel installed in one or more operating electrolysis cells. The system also includes the supporting means for supporting at least one ECM panel in electrolysis each cell, the supporting means being

arranged to prevent disturbances in normal electrode movements and damage of the ECM panel. The system is executed with a possibility to measure an electric current passing through an electrode or a plurality of electrodes in the electrolysis cell. These improvements include means for minimization of impacts on measurement of current of variables of several types, for example, electromagnetic interference, electrolysis cell geometry and contact configuration, in order to provide a reliable approximation of the current passing through each electrode. In addition, the aforementioned improvements relate to maximizing the functionality,

R U 2 6 4 1 2 8 9 C 2

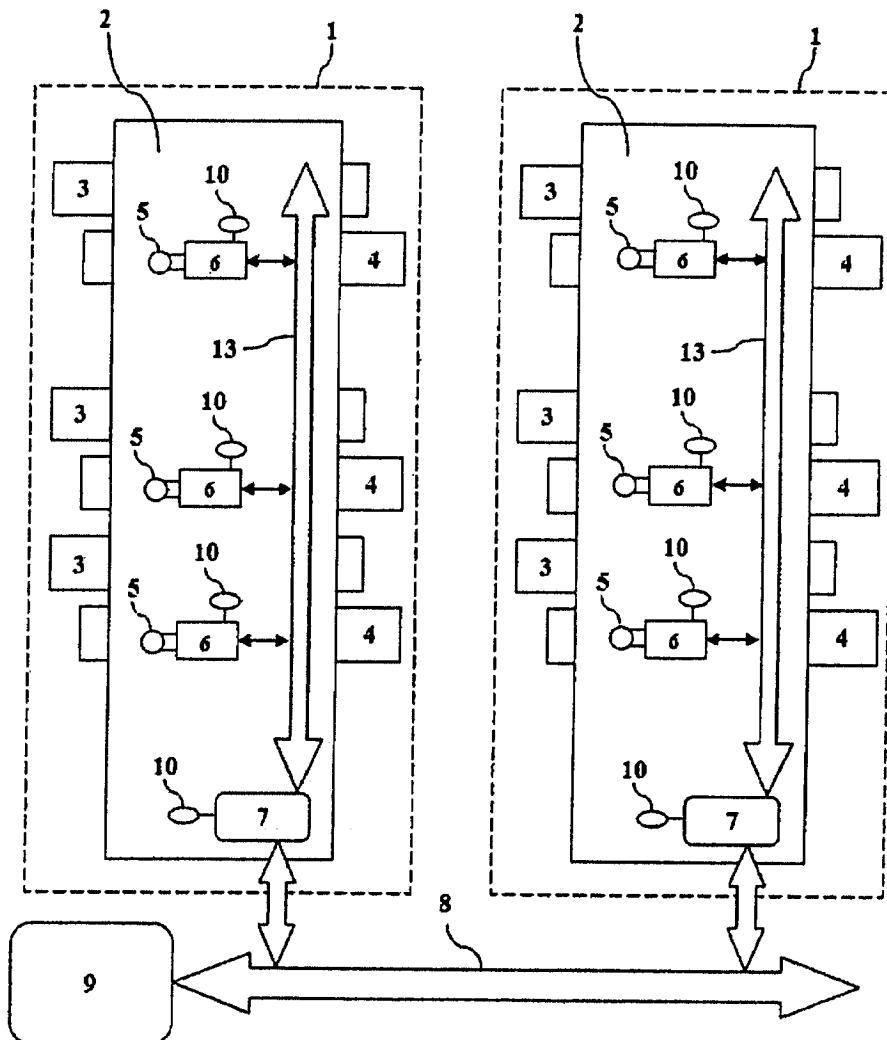
R U 2 6 4 1 2 8 9 C 2

adaptability and manageability of the device, providing a complete upgrade of the metallurgical systems, in which it is important to provide reliable control of the electric current passing through the electrodes.

EFFECT: increase in the accuracy of real-time

monitoring of current magnitude passing through each cathode or anode contained in the electrolysis cell of electrolytic refining of metals, as well as optimisation of the electrolysis cells operation.

31 cl, 13 dwg



ФИГ. 1

R U 2 6 4 1 2 8 9 C 2

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к металургическим системам, в особенности к электрометаллургическим системам, и к улучшению характеристик электролизера и/или электролизного цеха.

5 В частности, настоящее изобретение может быть использовано для контроля в реальном времени над каждым катодом или анодом, являющимся частью электролизера для электролитического получения или электролитического рафинирования металлов, или другого электролизера с параллельными электродами.

### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

10 Процессы извлечения металла, например, меди, часто содержат этапы электролитического получения или электролитического рафинирования. Данные этапы имеют преимущество, заключающееся в возможности контроля в реальном времени производительности каждой металлической пластины для получения оптимальной производительности цехов электролиза.

15 В процессе электролиза может произойти короткое замыкание, если электроды не выровнены относительно друг друга, если из-за физических дефектов наращивание металла на поверхности происходит неравномерно, что, в частности, может быть результатом рабочих проблем, например, наличия примесей, катодных токов, превышающих допустимое значение, наличия частиц в электролите, повреждений

20 электродов или отслаивания электролитического покрытия, которое затем соприкасается со смежным электродом. Кроме того, в случае плохого электрического контакта между анодами или катодами и их источниками тока может иметь место ситуация слабого тока, приводящая к снижению эффективности системы. В обоих случаях результатом может являться низкое качество продукта, или, как в случае электролитического

25 рафинирования меди, невозможность достичь требуемой чистоты, причем результатом в данных случаях также может быть уменьшение коэффициента использования тока и энергии, что может снизить производительность цеха и увеличить затраты. В этом контексте контроль над током, проходящим через электроды каждого

30 электролитического модуля, важен для улучшения процессов, продуктов и производительности систем, в которых используют вышеупомянутую процедуру.

Проблема контроля каждого электролизера описана в патенте CL 44909 (J. Garcés Baron). В этом патенте описана система контроля электрического тока, проходящего через каждый катод, образующий набор электродов, причем данная система контроля содержит множество бесконтактных сенсоров электрического тока, соединенных со 35 средствами обмена данными, при этом указанные средства обмена данными выполнены с возможностью поддержания связи с устройством управления и обработки данных, имеющим графический интерфейс пользователя. Такие бесконтактные сенсоры выполнены с возможностью измерения электрического тока, проходящего через электрод, путем измерения величины магнитной индукции, генерируемой этим 40 проходящим током.

В патенте US7 445696 (Eugene You и другие) также описан принцип, на котором основана система сенсоров тока, применяемая в электролизерах для электролитического получения и электролитического рафинирования металлов, и теоретические способы компенсации магнитных полей, генерируемых соседними электродами. Однако, в этом 45 патенте не описаны важные практические аспекты конструирования сенсорной панели, в том числе средства уплотнения панели, предотвращение электрических помех, практические аспекты калибровки, ограничения в отношении геометрии сенсорной панели, встраиваемой во многие системы электролизеров, и поддерживание такой

панели в электролизере. В частности, наличие систем измерения тока, выполненных в соответствии с уровнем техники, может вызвать затруднения при извлечении или замене электрода в электролизере из-за того, что при опускании в электролизер электроды могут соударяться с сенсорной системой, вызывая ее повреждение и мешая эффективной

5 загрузке электродов в электролизер. Ни в CL 44909, ни в US 7445696 не решена проблема затрудненного перемещения электрода в электролизере из-за наличия сенсорной системы или обеспечения наличия средств для защиты целостности сенсоров. Тюк для загрузки краном и мощные крюки для захвата электрода, используемые для поднятия катодов и анодов, могут сами по себе вызвать повреждение сенсорной системы. В

10 документе US 7445969 также описаны способы ослабления помех от соседних электрода. Такая система не обеспечивает возможности надежного измерения электрического тока, проходящего через электрод, так как на практике «идеальные» теоретические сценарии происходят редко. Так, известный из уровня техники способ, основанный на теоретическом расчете, не учитывает дополнительный вклад, вносимый 15 магнитным полем. Кроме того, известные из уровня техники решения не учитывают внешние воздействия, влияющие на измерение, например, температуру, которая влияет как на характеристики магнитных полей, так и на измеренный электрический ток.

Кроме того, в электролизерах для электролитического получения или электролитического рафинирования металлов присутствуют очень жесткие условия.

20 Это могут быть, например, химические условия, обычно характеризующиеся высокой кислотностью электролита, наличием капель кислотных паров и, возможно, галогенов, имеющихся в воздушном пространстве над электролитом. Такие чрезвычайные условия эксплуатации с частыми процессами извлечения и замены электрода создают большую вероятность повреждения сенсоров и создания сенсорами помех для перемещения 25 электрода. Варианты, описанные в известных из уровня техники документах, не предусматривают устойчивость в отношении указанных условий, что в результате приводит к частым поломкам.

Присутствующие над электролитом электролизера влага и условия, вызывающие химическую коррозию, требуют, чтобы сенсоры были полностью герметизированы 30 внутри корпуса. Существует дополнительное ограничение, заключающееся в том, что во многих системах электролизеров панель, имеющая круглый профиль, не подходит для ее установки под электродными штангами из-за толщины ее профиля, препятствующей проходу электрода при опускании их в электролизер, и крюков для подъема электрода, поскольку их могут опускать под штанги, чтобы поднять 35 электроды за их штанги. Таким образом, предпочтительно наличие некруглых профилей, поскольку их больше используют на практике и они позволяют расположить сенсоры ближе к штангам, что увеличивает точность показаний сенсоров. Решения, известные из уровня техники, эту проблему не затрагивают.

Кроме того, не существует четко определенного уровня техники в отношении способа 40 герметизации некруглого поперечного сечения некруглых профильных труб, подходящего для такого применения. Стандартные способы, известные из уровня техники, например, использование фланцев и резьбовых заглушек, в случае некруглого профиля применить невозможно с точки зрения геометрии. Способы внутренней герметизации, например, с использованием уплотнительных колец, на практике 45 неприменимы из-за изгибов малого радиуса, которые могут присутствовать на углу или углах некруглых профильных труб. Заявитель пытался применить склеивание, эпоксидную смолу и присоединение заглушки в торцевой части трубы, но эти попытки оказались неудачными в связи с различиями в тепловом расширении связующего

материала и трубчатого корпуса.

Что касается работы в цехах электролиза, то управление циклами снятия металла (также известными как циклы удаления металла) в цехах для электролитического получения или электролитического рафинирования металлов обычно осуществляют, используя письменное расписание или расписание, управляемое ЭВМ, чтобы определить, в каких электролизерах, и в какое время необходимо выполнить снятие. Такие системы неизбежно основаны на бумажных документах или вводимых вручную компьютерных записях о том, когда необходимо осуществлять снятие в электролизерах. Чтобы точно определить коэффициент использования тока, желательно знать точный период времени осаждения в отдельных электролизерах. Для этого необходимо наличие разработанных по заказу систем программного обеспечения и точных записей операторов, что обеспечит корректность данных. Это важно также тогда, когда изменяют текущие настройки в электролизном цеху, чтобы определить и отрегулировать время осаждения в соответствии с прошедшими ампер-часами, но это требует дополнительных расчетов для каждого электролизера. Кроме того, ошибки оператора, например, при неправильной записи данных и отсутствии снятия из электролизеров в приемлемые периоды времени, приводят к возникновению несоответствующих значений веса катодов, плохой структуры, коротких замыканий, поврежденных анодов и пониженных коэффициентов использования тока.

При наличии в цехах автоматических кранов они могут быть выполнены с возможностью записи точного времени снятия из электролизеров, однако такие системы имеют большую стоимость, и большая часть электролизных цехов не оснащена такими кранами.

Таким образом, изобретение, описанное в настоящей заявке, предназначено для устранения одной или нескольких вышеупомянутых проблем уровня техники путем достоверного измерения тока, что позволяет оптимизировать соответствующие процессы посредством надежного аппаратного решения.

## РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к усовершенствованию металлургических систем,

в частности электрометаллургических систем, относящимся к улучшению характеристик электролизера и/или электролизного цеха путем улучшения одной или большего количества следующих характеристик указанных систем: функциональности, адаптивности, управляемости или интерфейса пользователя, причем ключевым фактором является управление электрическим током, то есть его измерение и контроль.

Настоящее изобретение относится к системе управления электрическим током (ЕСМ), содержащей по меньшей мере один электролизер, имеющий по меньшей мере два электрода, находящихся в контакте с электролитической средой, множество сенсорных средств для измерения тока, проходящего через один или более электродов, причем указанные сенсорные средства расположены по меньшей мере в одной панели ЕСМ, установленной в одном или более работающих электролизерах, поддерживающие средства для поддержания по меньшей мере одной панели ЕСМ в каждом электролизере, причем поддерживающие средства предназначены для предотвращения нарушения нормальных перемещений электродов и повреждения панели ЕСМ.

Таким образом, изобретение относится к системе для усовершенствования контроля в реальном времени электрического тока, проходящего через каждый из множества отдельных катодов или анодов, образующих электролизер. В этом контексте данное изобретение также предлагает усовершенствования различных систем измерения электрического тока, измеряющих электрический ток, проходящий через электрод или

множество электродов внутри электролизера. Указанные усовершенствования содержат средства минимизации воздействий на измерение тока переменных нескольких типов, например, электромагнитных помех, геометрии электролизера и конфигурации контакта, чтобы обеспечить достоверную аппроксимацию тока, проходящего через каждый

5 электрод. Кроме того, вышеупомянутые усовершенствования относятся к повышению функциональности, адаптивности и управляемости устройства, обеспечивая полную модернизацию металлургических систем, при которой важно обеспечить надежную аппроксимацию электрического тока, проходящего через электроды. Следовательно, данное изобретение может быть использовано в частности для контроля в реальном  
10 времени над каждым катодом или анодом, содержащимся в электролизере для электролитического получения или электролитического рафинирования металлов, или другого электролизера с параллельными электродами.

Как указано выше, настоящее изобретение в частности относится к усовершенствованию систем, ключевым фактором в которых является управление  
15 электрическим током (ЕСМ). В этом контексте изобретение наличие надежной оптимизированной системы измерения в реальном времени электрического тока и/или обеспечивает модернизацию существующих измерительных устройств. Это объясняет адаптивность изобретения, согласно которому предложены решения, широко  
20 адаптируемые для различных используемых, разрабатываемых, изготавливаемых и/ или еще не сконструированных систем и устройств.

С учетом вышеизложенного система согласно изобретению содержит множество сенсорных средств для измерения тока, предпочтительно соответствующих сенсорам на эффекте Холла. Эти сенсоры расположены на сенсорной панели, или панели  
25 управления током электрода, которая может содержать средства для обработки и улучшения измеренных значений тока, в частности средства для минимизации влияний фоновых магнитных полей на измерение тока. Кроме того, в одном из вариантов осуществления изобретения такие сенсоры выполнены с возможностью обмена данными с центральными модулями, предпочтительно соответствующими по меньшей мере одному модулю предварительной обработки, причем указанные модули  
30 предварительной обработки выполнены с возможностью обмена данными с главным модулем контроллера, который в свою очередь выполнен с возможностью обмена данными с центральным серверным модулем, содержащим интерфейс пользователя. Указанные ниже модули и любые другие типы устройств, используемые для обработки, контроля и визуализации данных, именуются соответственно центральными модулями  
35 и устройствами отображения.

Настоящее изобретение также относится к способу, обеспечивающему возможность более точного измерения тока и управления током каждого электрода (катода или анода) в электролизере путем использования ферромагнитного устройства с двух сторон сенсоров для канализации магнитного потока, чтобы обеспечить направление и  
40 концентрацию влияния магнитных полей на сенсорные средства.

Изобретение также относится к способу герметизации полой панели с использованием узла торцевого уплотнения, содержащего опорную пластину, прокладку, торцевую заглушку и крепежные средства. После сборки узел обеспечивает сжатие гибкого  
45 уплотнения (прокладки) между торцевой заглушкой и опорной пластиной в результате затяжки креплений, проходящих от торцевой заглушки через прокладку и торцевую заглушку.

Предпочтительно, торцевая заглушка может иметь резьбовые отверстия под  
указанные крепления, гайки или другие крепежные средства.

Изобретение также относится к системе ECM, имеющей средства для детектирования циклов снятия металла, чтобы усовершенствовать управление электролизным цехом. Циклы снятия могут быть определены путем распознавания шаблонов, поскольку снятие в каждом электролизном цеху соответствует некоторому определенному шаблону подъема электродов. Поскольку система измеряет ток в каждом электроде, она может детектировать положение одновременно поднимаемых электродов и сравнивать их с шаблоном, заранее запрограммированным для электролизного цеха.

Предпочтительно, в системе ECM предусмотрено специфическое расположение одного или более сенсоров для автоматического детектирования смещения электродов и соответствующая корректировка расчетов электрического тока.

Предпочтительно, система ECM предназначена для работы с двухконтактной системой, содержащей по меньшей мере одну шину для выравнивания потенциалов, предназначенную для улучшения распределения тока по длине электролизера.

Предпочтительно, система ECM выполнена с возможностью контроля напряжения каждого отдельного электролизера.

Предпочтительно, система ECM содержит систему контроля для прогнозирования условий плохого контакта и/или короткого замыкания.

Предпочтительно, система ECM выполнена с возможностью автоматической корректировки текущих пороговых величин в соответствии с реальными условиями в электролизере для предотвращения ложной индикации короткого замыкания и плохих контактов.

Также, система ECM предпочтительно содержит средства установления приоритета технического обслуживания и ремонта коротких замыканий и плохих контактов, например, в соответствии с возрастом и серьезностью коротких замыканий.

Предпочтительно, поддерживающие средства для панели ECM содержат защитные средства, которые могут представлять собой дефлектор.

Дефлектор выполняет две задачи: предотвращение повреждения панели ECM в результате извлечения/замены электрода и направление электродов в правильное положение.

В альтернативном варианте осуществления изобретения поддерживающие средства для панели ECM представляют собой шарнирные поддерживающие средства, расположенные на верхней части электролизера.

Шарнирные поддерживающие средства обеспечивают возможность поворота панели ECM за пределы траектории электродов при выполнении снятия или при замене электродов в электролизере. В одном варианте осуществления изобретения шарнирная система выполнена с возможностью обеспечения поворота панели над контактной шиной электролизера и ее позиционирования возле штанг в смежном электролизере для выполнения измерений в смежном электролизере.

Также, шарнирные поддерживающие средства предпочтительно могут быть выполнены с возможностью крепления к любым имеющимся элементам электролизера, в том числе к фурнитуре электролизера, стенкам электролизера или контактной шине (1CCB) между электролизерами.

Поддерживающие средства для панели ECM предпочтительно предназначены для установки в ходе модернизации на существующих электролизерах. В альтернативном варианте поддерживающие средства представляют собой жесткое крепление фурнитуры электролизера.

В альтернативном варианте осуществления изобретения поддерживающие средства для панели ECM могут быть прикреплены к вентиляционным колпакам катода,

расположенным с упором на верхнюю часть электролизеров, или к щиткам, которые могут быть прикреплены к боковой части указанных колпаков. В данном варианте осуществления изобретения панель или панели ECM выполнены с возможностью подъема из электролизера вместе с вентиляционными колпаками при выполнении

5 операции снятия в электролизере.

Предпочтительно, система ECM содержит контроллеры для перенаправления информации из панелей ECM на центральный сервер.

Также, каждый контроллер предпочтительно выполнен с возможностью поддержания связи с одной или более панелями ECM.

10 Система ECM предпочтительно содержит дополнительные сенсоры для контроля других параметров, включая, но не ограничиваясь этим, pH, концентрацию электролитической среды и температуру.

Предпочтительно, система ECM выполнена с возможностью расчета общей производительности электролизера в относительно различных контролируемых

15 параметров.

Предпочтительно, панель ECM выполнена из одного или более металлических или неметаллических материалов. Если панель ECM выполнена из металлического материала, то предпочтительно панель ECM также содержит покрытие из изоляционного материала. Изоляционный материал предназначен для безопасного перемещения панели

20 в цеху электролиза, а также для предотвращения нежелательных коротких замыканий при установке панели.

Предпочтительно, система ECM содержит систему слежения за электродом.

Система слежения помогает оператору отслеживать эффективность наращивания металла на определенном электроде электролизера в процессе снятия, оценки качества, 25 взвешивания и определения коэффициента использования тока, что позволяет выявить соответствующие проблемы с конкретными катодными основами, электролизерами и положениями катодов в электролизере. Также, система слежения за электродом предпочтительно содержит, без ограничения этим, метки радиочастотной идентификации (RFID-метки).

30 Кроме того, система слежения предпочтительно обеспечивает возможность визуального определения состояния. Визуальное определение состояния может быть использовано в дополнение к электронному состоянию, чтобы обеспечить возможность для оператора в цеху немедленно определить состояние электрода, например, по цвету светодиода (норма, сильный ток, слабый ток).

35 Предпочтительно, система ECM содержит энергосберегающие элементы, причем в течение временных интервалов между последовательными показаниями сенсоров часть электронной схемы может быть отключена или переключена в режим малого энергопотребления, благодаря чему в любое время во всей панели в режиме полной нагрузки работает только один сенсор, что обеспечивает снижение требований как к

40 пиковой, так и к средней мощности.

Предпочтительно, система ECM содержит систему аварийной сигнализации.

Предпочтительно, система аварийной сигнализации выполнена с возможностью автоматического срабатывания при детектировании неисправности в работе.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

45 Другие аспекты изобретения будут лучше поняты из нижеследующего подробного описания предпочтительных вариантов его осуществления, которые приведены только в качестве примера и со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

на фиг. 1 показана схема электролизера, содержащего основные устройства, согласно

одному из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 2 схематически показан вид электролизера, на котором показана панель ECM согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 3 схематически показан вид в перспективе панели ECM, защищенной

5 посредством дефлектора, согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 4 схематически показан вид в поперечном разрезе дефлектора, показанного на фиг. 3;

на фиг. 5 в разобранном виде показан узел торцевого уплотнения на одном конце панели ECM согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

10 на фиг. 6 схематически показан вид в перспективе выполненной с возможностью поворота панели ECM, установленной на верхнюю часть двух смежных электролизеров, согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 7 схематически показан вид первого варианта осуществления поддерживающих средств панели ECM;

15 на фиг. 8 схематически показан детальный вид в поперечном разрезе поддерживающих средств, показанных на фиг. 7;

на фиг. 9 схематически показан детальный вид в поперечном разрезе второго варианта осуществления поддерживающих средств панели ECM;

20 на фиг. 10 схематически показан детальный вид третьего варианта осуществления поддерживающих средств панели ECM;

на фиг 11 схематически показан вид варианта осуществления изобретения, на котором показано канализирующее устройство или система измерения тока электрода, установленная над катодной или анодной штангой;

25 на фиг. 12 схематически показан вид варианта осуществления изобретения, на котором показано канализирующее устройство или устройство измерения тока электрода, установленное над катодной или анодной штангой и над анодной или катодной пластиной, причем сеть представляет собой контур, используемый для компьютерного моделирования;

30 на фиг. 13 схематически показан вид группы катодов или анодов с канализирующим устройством или устройством для измерения тока электрода согласно варианту осуществления изобретения, причем сеть представляет собой контур, используемый для компьютерного моделирования.

## ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Как показано на фиг. 1, в одном варианте осуществления изобретение содержит

35 электролизер (1), содержащий множество катодов (4) и анодов (3) в электролитической среде, расположенных поочередно относительно друг друга. В данном изобретении катоды (4) и аноды (3) представляют собой расположенные параллельно друг другу пластины. Вблизи каждой пластины, предпочтительно вблизи каждой катодной пластины, на сенсорной панели (2) или панели ECM установлены сенсорные средства

40 (5). Такая сенсорная панель, представляющая собой часть системы ECM согласно изобретению, расположена вблизи выходной (или входной) токоведущей шины из катодной пластины (или в анодную пластину). Такая сенсорная панель и такие сенсорные средства не должны находиться в непосредственном контакте с электродами. Кроме того, панель (2) ECM может быть расположена в одном из многих других мест

45 электролизера (1), например, в стенке электролизера, в электролизере (как показано на фиг. 2-10), в верхней фурнитуре электролизера или изоляторах, или может быть прикреплена к электродам или другим элементам. Геометрия сенсорной панели, в особенности ее корпуса, может иметь различную форму, например, полый профиль

прямоугольного сечения (RHS), длина которого приблизительно равна длине электролизера, форму трубы или другую форму. В одном варианте осуществления изобретения сенсорная панель может быть расположена в электролизере с использованием одного из следующих возможных поддерживающих средств, как

5 показано на фиг. 6-10.

- С использованием крюков, прикрепленных к панели посредством кабельных хомутов из нержавеющей стали или пластика, прикрепленных над стенкой электролизера под контактной шиной между электролизерами, крышкой между электролизерами или фурнитурой между электролизерами. Чтобы предотвратить перемещение крюков, они

10 могут быть приклеены. Для этого может быть выполнено снятие крышки или фурнитуры электролизера для обеспечения возможности прохода крюков под ними.

- С использованием кронштейнов специальной формы, приклешенных к внутренней поверхности электролизера, что обеспечивает возможность снятия или замены корпуса сенсора без необходимости замены опорных кронштейнов. Кроме того, кронштейны

15 могут быть привинчены к стенке, крышке или верхнему изоляционному модулю электролизера или к другим компонентам оборудования верхней части электролизера.

- Крюки или кронштейны могут быть изготовлены из нержавеющей стали, пластика, алюминия или другого подходящего материала.

- Электролизеры могут быть заменены или изготовлены новые электролизеры с 20 поддерживающими средствами, например, с особым выступом, шпоночной канавкой или держателем, обеспечивающими встроенные поддержку и возможность позиционирования. Данная конструкция решает проблемы, существующие в уровне техники, так как она исключает вероятность прямого соударения панели ECM с электродами, тюком крана или другими механическими предметами при их установке 25 в электролизер или удалении из него.

- Наличие данных узлов обеспечивает преимущества в сравнении с уровнем техники, так как такая конструкция:

- позволяет уменьшить ударную нагрузку, которую необходимо выдерживать вспомогательным деталям электролизера;

30 - облегчает работу оператора при установке электродов в электролизер; - позволяет устанавливать панель ближе к электродным штангам, повышая точность системы;

- может быть установлена с минимальным временем простоя электролизера.

35 Все варианты осуществления вышеуказанных технологий крепления были разработаны для предотвращения повреждения сенсорных устройств, установленных в панели ECM.

Поддерживающие кронштейны были разработаны для обеспечения возможности жесткого крепления панели ECM к электролизеру. Такая конструкция обеспечивает физическую прочность, достаточную для защиты от механических воздействий,

40 связанных с перемещением электродов в электролизер и из электролизера, в то же время обеспечивает сохранение узкого профиля, чтобы избежать ограничений в отношении установки и извлечения электродов. Ключевыми элементами конструкции поддерживающих кронштейнов являются средства поддержания расположения сенсоров на одной линии относительно друг друга в панели и поддержания заданных положений 45 электродов. Этого достигают посредством фрикционного соединения между поддерживающими кронштейнами и панели ECM. Некоторые варианты осуществления изобретения также содержат установку дефлекторов, используемых для защиты панели от физического повреждения и для помощи операторам при позиционировании

электродов.

Как показано на фиг. 1, в предпочтительном варианте осуществления изобретения сенсоры (5) соединены с модулями (6) предварительной обработки данных, чтобы улучшить качество сигнала и облегчить его считывание и интерпретацию в последующих 5 модулях системы, причем модуль (6) предварительной обработки предпочтительно представляет собой микропроцессорный модуль. В этом случае каждый отдельный сенсорный модуль (содержащий один или несколько сенсорных устройств (5) и модуль (6) предварительной обработки) может поддерживать связь непосредственно с центральным серверным модулем. Однако предпочтительным является наличие на 10 одной сенсорной панели отдельных сенсоров, передающих данные в имеющийся на этой панели единственный главный контроллер. В этом случае главный контроллер (7) может передавать все данные от панели в центральный серверный модуль (9). Если для связи с центральным серверным модулем (9) используют беспроводную связь (например, Wi-Fi), то это уменьшает число довольно дорогих беспроводных интерфейсов 15 приблизительно в 60 раз. Для получения преимуществ относительно затрат в главном контроллере (7) также могут быть расположены другие детали совместно используемых схем сенсоров, например, регуляторы напряжения. Наконец, в предпочтительном варианте осуществления изобретения в цеху электролиза целесообразно иметь одно или более мест, в которых может быть обеспечена возможность контроля токов 20 электродов. Это помогает оператору немедленно увидеть, какой электрод и в каком электролизере имеет либо слабый, либо сильный ток, и, следовательно, быстро исправить это состояние. Информация от каждого электролизера (обычно, но не обязательно, от главного контроллера, или от каждого сенсора) может быть передана в центральное вычислительное устройство, где эта информация отображается.

25 Если информацию для отображения принимает центральное вычислительное устройство, то она также может быть сохранена для последующего дополнительного анализа. Этот анализ может дать информацию о тренде за прошедший период, которая может помочь оператору идентифицировать источники отклонений, снижающих общее качество производства. Путем детектирования того, когда начинаются циклы осаждения 30 (в результате детектирования извлечения одной трети электродов во время снятия) возможно помочь оператору определить, когда данный электрод (и, следовательно, электролизер) получил достаточный заряд (в ампер-часах) для того, чтобы с него можно было снимать металл. Система может содержать таблицу, показывающую предпочтительный порядок, в котором должны осуществлять снятие. Кроме того, 35 система может сообщить время, истекшее с момента очистки электролизера, и, таким образом, дать рекомендации в отношении времени и порядка очистки электролизеров. Следовательно, система согласно изобретению не только осуществляет управление электрическим током, но и обеспечивает усовершенствования в различных сферах эксплуатации систем электролиза.

40 Что касается основных частей системы, то каждое из сенсорных средств (5) выполнено с возможностью передачи данных в соответствующий модуль (6) предварительной обработки, который в свою очередь выполнен с возможностью передачи данных в канал обмена данными, например, в шину (13) данных сенсоров, чьи сигналы принимает главный контроллер (7), расположенный на каждой из сенсорных панелей (2). 45 Вышеупомянутая передача данных может быть осуществлена при помощи различных средств, в том числе оптического кабеля или шины. Кроме того, сигналы от каждого главного контроллера (7) поступают в канал обмена данными, который может представлять собой главную шину (8) данных, выполненную с возможностью передачи

данных в центральный серверный модуль (9). Основная функция главного контроллера (7) заключается в контроле обмена данными между центральным серверным модулем (9) и каждым из модулей (6) предварительной обработки. В этом отношении передача данных от устройства, например, данных, передаваемых между сенсорами (5) и главным контроллером (7), в центральный серверный модуль (9), может быть осуществлена при помощи различных средств, либо беспроводных средств, в том числе Wi-Fi или Bluetooth, либо при помощи лицензированной широкополосной проводной связи в случае использования локальной вычислительной сети (LAN). Вышеупомянутая схема передачи данных является предпочтительной, так как при этом обеспечена возможность

10 использования любых комбинаций компонентов, предназначенных для других вариантов осуществления изобретения. В этом смысле могут быть использованы различные топологии средств передачи данных: шина, звезда, кольцо, ячеистая сеть или другие топологии обмена данными, а также различные способы обработки и различное оборудование. В этом случае специалисту в области техники очевидно, что существует

15 множество вариантов централизации или распределения элементов вычислительных устройств, и что данные могут быть переданы в аналоговой или цифровой форме, в необработанном или закодированном виде. В частности, в настоящем изобретении могут быть использованы любые известные или неизвестные средства обработки и передачи данных. По этой причине модуль (6) предварительной обработки, главный

20 контроллер (7) и центральный серверный модуль (9) упоминаются в общем как центральные модули, взаимодействующие друг с другом с использованием имеющихся средств обмена данными.

Сенсорные средства (5) содержат сенсоры электрического тока и сенсоры любого другого типа, используемые для измерения характеристик процесса и электродов в

25 электролизере. Предпочтительно, сенсоры электрического тока представляют собой магнитные сенсоры, известные как сенсоры на эффекте Холла, или любые другие сенсоры, имеющие калибруемую реакцию сенсора в пределах рабочего диапазона электролизеров (1). В одном варианте осуществления изобретения обеспечено наличие сенсорных средств других типов для контроля состояния каждого отдельного

30 электролизера, в том числе в отношении температуры электролита, концентрации кислоты, pH, концентрации ионов и проводимости. Хотя панель (2) ЕСМ может не находиться в контакте с электролитом, для выполнения таких измерений она может иметь проходящие в электролит зонды. Эти зонды могут иметь соответствующую механическую поддержку и защитные механизмы для улучшения реакции сенсора. В

35 другом варианте осуществления изобретения сенсорная панель может быть выполнена с возможностью измерения и сообщения величины напряжения электролизера, как вариант, с использованием проводов, подключенных между смежными шинами.

Кроме того, в целях защиты сенсорные средства (5) и предпочтительно модули (6) предварительной обработки, а также любое другое необходимое электронное

40 оборудование, используемое в изобретении, может быть выполнено заключенным в корпус из коррозионно-стойкого материала. Указанное заключение в корпус является частью вышеупомянутой сенсорной панели или панели (2) ЕСМ. В этом контексте отличительная особенность изобретения заключается в его стойкости к повреждениям, связанным с кислотным электролитом и кислотным туманом. Для реализации данного

45 признака электронные схемы заключают в корпус из нержавеющей стали, алюминия, стеклопластика или другого герметичного коррозионно-стойкого материала. В предпочтительном варианте осуществления изобретения один край корпуса заварен, а с другого края к корпусу приклеен отформованный поливинилхлоридный компонент.

Поливинилхлоридный компонент установлен там, где расположена беспроводная связь (поскольку беспроводная связь через металлический корпус невозможна). При использовании металлического корпуса он может быть защищен непроводящей защитной оболочкой, которая может быть выполнена (например, с использованием 5 термоусадочного изоляционного материала) по всей длине панели. Это обеспечивает некоторую антикоррозионную защиту средств измерения тока электрода, а также электрическую изоляцию для предотвращения случайного возникновения короткого замыкания в электролизере или во время установки (безопасность). В альтернативном 10 варианте осуществления изобретения оборудование беспроводной связи может быть установлено вне корпуса.

В этом контексте другой вариант осуществления изобретения содержит магнитное канализирующее устройство, которое направляет и концентрирует требуемый магнитный поток по всем необходимым сенсорным средствам, обеспечивая возможность снижения помех при измерениях, что, таким образом, позволяет получить более точные данные, 15 так как это увеличивает отношение сигнал-шум.

Для канализации магнитного потока существует множество возможных схем канализирующего устройства. В этом контексте возможно использовать две части ферритного материала, красочное покрытие или материал любого другого вида, 20 относящийся к направлению и концентрации магнитного потока, по одной части с двух сторон сенсоров на эффекте Холла. Альтернативная схема содержит ферритное (или аналогичное) кольцо или подкову (19) из материала, заключающего в себя три из четырех сторон катодной штанги (20) с целью направления и концентрации магнитного поля к сенсорам под открытой стороной подковы (19), как показано на фиг. 11. В этом смысле на фиг. 12 показан вариант осуществления канализирующего устройства, в 25 котором для канализации магнитного поля над пластиной (21) электрода используют ферритное устройство (22). Кроме того, на фиг. 12 и 13 изображена сеть (23), представляющая контур, используемый для моделирования свойств канализирующего устройства, при этом на фиг. 13 показаны несколько штанг нескольких электродов, 30 используемых с указанным устройством. Как упомянуто выше, при наличии этих устройств на каждом катоде можно существенно уменьшить помехи, связанные с магнитным потоком, генерируемым соседним катодом, так как они препятствуют распространению магнитного потока вне ферритного материала. В предпочтительном варианте осуществления изобретения ферритное или подковообразное кольцо, 35 расположенное вокруг штанги, заключено в коррозионно-стойкий материал, например, поливинилхлорид.

Следовательно, важно, чтобы внутри корпуса все сенсоры (5) были расположены на нужном расстоянии друг от друга, соответствующем интервалам между электродами внутри электролизера (1). В предпочтительном варианте осуществления изобретения это выполнено посредством экструдированного поливинилхлоридного «несущего 40 элемента», который удерживает по длине все печатные платы (PCB), в которых установлены сенсоры вместе с другими электронными компонентами. Несущий элемент имеет расположенные через соответствующие промежутки отверстия под штифт для установки отдельных сенсорных плат. В этом случае несущий элемент установлен по длине корпуса.

На измерения посредством сенсоров могут влиять переменные параметры окружающей среды, например, напряжение питания или высокочастотные помехи. В предпочтительном варианте осуществления изобретения сенсорная панель содержит средства для детектирования данных переменных параметров окружающей среды и 45

компенсации их влияния для обеспечения как можно более точных результирующих значений.

В соответствии с результатами измерения тока состояние каждого электрического модуля, в частности каждого катода, относительно предварительно заданных пороговых величин может соответствовать любому из следующих трех состояний:

(а) ток меньше нижней пороговой величины: ситуация изоляции катода или высокого сопротивления;

(б) ток между нижней и верхней пороговыми величинами или ситуация нормального функционирования катода; или

(с) ток выше верхней пороговой величины или ситуация сверхтока. Для вышеописанных состояний может быть целесообразно обеспечить наличие системы слежения за общим зарядом, проходящим через отдельный электрод в течение цикла осаждения, и сравнивать его с массой продукта, снятого в итоге с электрода. Это сравнение дает коэффициент использования тока электрода, который обычно могут

рассчитать, как составное значение для всего электролизного цеха или электролизного модуля. Однако желательно детектировать наличие проблем с отдельными электродами (например, плохие контакты) или отдельными электролизерами. Это означает, что необходимо записывать заряд данного электрода и отслеживать массу продукта, получаемого с того же электрода. Для этого необходимо обеспечить возможность

идентификации отдельного электрода. В этом смысле данный электрод в течение срока его службы может быть использован в различных положениях в различных электролизерах.

Для обеспечения возможности точного определения оператором местоположения нарушений работы, детектируемых системой, в предпочтительном варианте

осуществления изобретения обеспечено наличие индикаторов (10) состояния катода и состояния электролизера в каждом модуле (6) предварительной обработки, а также в каждом главном контроллере (7), которые в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения могут представлять собой световые индикаторы, например, светодиоды разных цветов, соответствующие каждому из вышеупомянутых

функциональных состояний катода. Следовательно, кроме индикации состояния катода, которая может быть отображена на экране центрального серверного модуля (9), может быть обеспечена возможность генерации локальной визуальной индикации для каждого катода посредством индикаторов (10) состояния катода, а также посредством индикаторов состояния электролизера перед каждым электролизером (1).

В случае наличия индикации состояния электролизера стратегия индикации в вышеупомянутом варианте осуществления изобретения состоит из следующих видов индикации:

- индикация «нормальный катод», если каждый катод находится в этом нормальном состоянии; или

- индикация «слабый ток», если по меньшей мере один из катодов находится в этом состоянии (слабый ток), а остальные катоды находятся в нормальном состоянии (один активированный цвет); или

- индикация «сильный ток», если по меньшей мере один из катодов находится в этом состоянии (сильный ток), один активированный цвет; или, наконец,

- индикация «слабый ток и сильный ток», если ток в одном или более катодах ниже нижнего предела, а также, если ток в одном или более катодах выше верхнего предела (два активированных цвета).

В другом варианте осуществления изобретения идентификацию катодов выполняют

посредством меток радиочастотной идентификации (RFID-меток), но этот вариант также может подразумевать наличие визуальных индикаторов, например, цветных или рельефных полос вдоль корпуса устройств (например, вышеупомянутых световых индикаторов), цифр или других аналогичных письменных обозначений на устройстве,

5 электролизере или фурнитуре электролизера (изоляционных панелях). Кроме того, предпочтительно обеспечена помощь оператору при нахождении определенного катода в определенном электролизере. Например, система может идентифицировать, что катод 47 в электролизере 36 имеет сильный ток. Оператору необходимо найти этот катод, в этом случае счет от 1 до 47 может представлять собой утомительный процесс, и

10 преимуществом может являться наличие способа быстрого определения того, в каком электроде возникла проблема. Кроме того, корпус может содержать RFID-метки, которые с целью идентификации отдельных катодов или анодов могут считывать при помощи как вышеописанного, так и нижеописанного устройства.

Полученная от сервера информация о протекании циклов осаждения на каждом

15 катоде и в каждом электролизере относительно прошедшего времени и ампер-часов помогает информировать операторов о наиболее подходящей последовательности снятия с электродов осажденного материала. Эта информация также может быть использована для автоматической регистрации моментов времени, когда очищались электролизеры (при считывании нулевого тока электродов) и, следовательно, для

20 рекомендации последовательности и привязки по времени будущих действий по очистке электролизера. Благодаря этому также можно в любое время получить информацию об общем уровне запасов осажденных продуктов в электролизном цеху.

Так как основные компоненты настоящего изобретения определены, причем используют как компоненты, известные из уровня техники, так и компоненты,

25 являющиеся предметом настоящей патентной заявки, можно определить способ, применяемый в новой системе управления электрическим током. В этом контексте важно отметить, что, поскольку выполняют измерение тока каждого катода в электролизере, то измеряя ток двух катодов (4), смежных с одним анодом (3), можно вывести величину тока, проходящего через этот конкретный анод (3). Преимущество 30 такого подхода состоит в том, что он обеспечивает возможность определения плохих контактов анода или анодов, работающих не с такой величиной тока, которая ожидается в нормальных условиях.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения выходные сигналы сенсоров обрабатывают и отбирают посредством модулей предварительной обработки.

35 Данные этапы включают в себя усиление, коррекцию воздействий питания, фильтрацию и аналого-цифровое преобразование.

Что касается средств питания системы, то существует множество различных источников, например, батареи, отдельное подключение питания (либо сетевого питания, либо питания другого типа), питание через Ethernet, соединение с шинами с двух сторон

40 электролизера, соединение с шинами, связанными с другими электролизерами, соединение с шинами, между которыми имеется несколько электролизеров (данний вариант обеспечит более высокое напряжение, что может способствовать работе устройства, и при необходимости может обеспечить продолжение работы устройства, даже если локальное напряжение электролизера является недостаточным, например, 45 при очистке данного электролизера), фотоэлектрические, термоэлектрические, пьезоэлектрические источники, индукция, если постоянный ток недостаточно сглажен, индукция через неметаллическую секцию корпуса панели, или любой другой подходящий источник питания.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способа модуль (6) предварительной обработки получает данные от сенсорных модулей и осуществляет коррекцию сигнала данных для обеспечения оптимальной передачи сигнала в следующие модули по каналу передачи данных и коррекции измерения тока, обусловленной действием внешних переменных, в отношении которых на основании флюктуации магнитного поля может быть осуществлена вышеупомянутая компенсация.

Может потребоваться выполнить этап преобразования, чтобы компенсировать различные возможные изменения в сенсоре магнитного поля, усилителе, опорном напряжении и цифро-аналоговых преобразованиях. Эти изменения могут возникнуть

вследствие воздействий питания, блюжающих токов, магнитного поля Земли, производственных и установочных допусков, геометрического расположения электролизера, магнитных полей от токов электродов соседних электролизеров, магнитных полей контактных шин между электролизерами, смещенных электродов, погнутых штанг и других воздействий.

Из уровня техники известно решение, содержащее основанный на теории расчет, показывающий, как осуществить корректировку магнитного поля соседних электродов и электролизеров. Предпочтительный вариант осуществления изобретения содержит такие расчеты, известные из уровня техники. Специалисту в области техники очевидно, что параметры расчетов будут меняться в зависимости от характеристик отдельных электролизеров. На практике необходимо моделировать электролизеры и корректировать расчеты.

Еще один источник возможного возникновения изменений заключается в том, что электроды не всегда могут быть установлены (посредством крана) в точном положении по горизонтали на шинах электролизера. Если электрод находится не непосредственно над сенсором, то вклад в поле этого сенсора будет меньше, чем должен быть. В предпочтительном варианте осуществления имеется не один сенсор (пара сенсоров), а линейный массив сенсоров или пар сенсоров магнитного поля. Может быть выполнено сравнение выходных сигналов этих сенсоров, чтобы найти сенсор с максимальным показанием (после коррекции на возможно большие вклады от токов соседних электродов), которое могут принять соответствующим положению электрода по горизонтали. Эта информация может быть использована, чтобы осуществить компенсацию не только пониженных показаний поля собственным сенсором этого электрода, но (что более важно) и измененных вкладов в поля, измеренные соседними сенсорами.

Затем измеренные токи сравнивают с минимальным пороговым током  $I_{min}$  и максимальным пороговым током  $I_{max}$ . В одном варианте осуществления изобретения  $I_{min}$  и  $I_{max}$  для всей системы могут установить заранее. В другом варианте эти значения могут корректировать динамически. Например, если в электролизере имеется короткое замыкание, то большая часть тока электролизера течет через это замыкание, а ток через остальные электроды меньше номинального значения. Если имелись довольно чувствительные заранее установленные пороговые величины, то короткое замыкание в одном электроде может привести к тому, что один или нескольких других электродов электролизера могут быть ошибочно определены, как имеющие плохой контакт. Однако при динамическом пересчете минимальной пороговой величины этого не произойдет. Данные пороговые величины  $I_{min}$  и  $I_{max}$  также могут быть скорректированы вручную или автоматически на основе изменений тока выпрямителя.

В одном варианте осуществления изобретения панель ECM расположена под анодными штангами на анодном соединении с той стороной электролизера, где

установлена основная контактная шина между электролизерами. Такое решение является предпочтительным в том случае, если геометрия обеспечивает большее влияние токов анодов на магнитные поля, чем влияние катодов. В одном варианте осуществления изобретения короткие замыкания и плохие контакты детектируют не по токам катодов, а по токам анодов.

В этом смысле вышеупомянутые варианты осуществления изобретения и следующие отличительные признаки изобретения содержат применение различных усовершенствований в отношении функциональности, адаптивности, контроля и/или интерфейса пользователя металлургических систем, причем эти системы

10 предпочтительно являются электрометаллургическими системами, например, системами для электролитического получения или электролитического рафинирования металла. Кроме того, такие усовершенствования можно применить в системах разного типа, в которых управление током, проходящим через электроды, является ключевым фактором работы и производительности системы.

15 Таким образом, в предпочтительном варианте осуществления изобретения вышеупомянутые усовершенствования применяют в электрометаллургических системах, имеющих устройства для измерения электрического тока, например, сенсоры на эффекте Холла, предназначенные для измерения тока, проходящего через электрод или множество электродов, например, в электролизере или электролизном цеху. В этом 20 отношении данные усовершенствования направлены на оптимизацию как производительности, так и работы указанного по меньшей мере одного электрода, например, чтобы оптимизировать измерение проходящего через него тока.

25 В следующих разделах описаны усовершенствования, касающиеся систем, устройств и/или средств, используемых для реализации этих усовершенствований. Следующие разделы классифицируют основные усовершенствования в соответствии с основной областью применения лишь с целью описания, и важно иметь в виду, что в большинстве случаев усовершенствования относятся к нескольким областям, а не к одной конкретной области. Следовательно, нижеследующее описание не следует рассматривать как ограничение типа усовершенствования, внедряемого благодаря различным описанным 30 здесь системам, устройствам и/или средствам. Кроме того, важно отметить, что нижеследующие усовершенствования можно применить в металлургических системах по отдельности или в виде любых возможных комбинаций.

#### Функциональные усовершенствования

35 Как упомянуто выше, функциональные усовершенствования направлены на оптимизацию работы металлургических систем путем максимального повышения надежности этих систем и, следовательно, готовой продукции, для производства которой предназначены указанные системы.

#### Правильное расположение и смещение электродов

40 Как указано выше, в некоторых электролизных цехах или электролизерах система (кран, фурнитура электролизера, изоляционные блоки) для установки анодов и катодов в электролизере не всегда может обеспечить установку этих электродов каждый раз в одном и том же расположении. То есть, электроды не располагаются физически посредством фурнитуры или аналогичных устройств. Следовательно, если изменение в местоположении электрода существенно, может быть целесообразным иметь по 45 меньшей мере один или несколько сенсоров магнитного поля для измерения указанных изменений. Затем, путем анализа магнитных полей, обнаруживаемых сенсорами, можно оценить наиболее вероятное смещение электродной штанги относительно ее номинального положения. Следовательно, любой признак смещения, детектируемый

конкретным сенсором, означает, что ток в соответствующей штанге оказывает немного другое влияние на поле, воздействию которого подвергаются соседние штанги, что может повлиять на измерение электрического тока. Следовательно, если вышеупомянутое смещение известно (или по меньшей мере оценено), то эту информацию можно применить для изменения алгоритмов, описанных другими лицами в существующем уровне техники, чтобы лучше компенсировать поля из-за токов в соседних электродах.

Степень смещения может также быть представлена в виде метрики для использования операторами цеха электролиза.

10 Измерение в двухконтактных системах

В простейших электролизерах аноды соединены с шиной с одной стороны электролизера (без потерь универсальности указанная сторона будет именоваться правой стороной электролизера), а катоды соединены с шиной с другой (левой) стороны электролизера. Левый конец анодной штанги изолирован, и ток в этой части не 15 протекает. Это означает, что при измерении токов катодной штанги единственные токи, которые при протекании влияют на магнитные поля, обнаруживаемые сенсорами, обусловлены токами катода.

Однако в некоторых электролизерах, обычно называемых «двуихконтактные 20 электролизеры», каждая электродная штанга может быть подсоединенна с обеих сторон.

20 Хотя аноды по-прежнему «запитаны» с правой стороны, левые стороны всех анодов подсоединенны посредством анодной «компенсационной шины», иногда называемой «уравнительная шина». Аналогично правые стороны всех катодных штанг также могут быть соединены с катодной компенсационной шиной. При возникновении плохого 25 соединения между данным анодом и основной анодной шиной ток по-прежнему может течь к этому аноду, проходя сначала по другим анодным штангам, затем по анодной компенсационной шине, а потом в анодную штангу данного анода. То же самое касается катодов. Двухконтактная система описана в патенте US 7993501 (Freeport McMoRan Corporation) и патенте US 7854825, раскрытия которых во всей их полноте включены в 30 данный документ посредством ссылки.

30 В случаях использования двухконтактных систем магнитные поля, генерируемые вблизи катодных штанг, могут соответствовать не только токам в этих штангах, но и токам в анодных штангах.

35 Далее, в случаях использования двухконтактной системы, возможно установить дополнительные сенсоры, расположенные на одной линии (снизу или сверху) с анодными штангами. При применении немного более сложного алгоритма компенсации соседних электролов обеспечена возможность измерения тока как в катодных, так и в анодных штангах. В отношении процесса калибровки будет полезно отметить, что сумма токов 40 в анодных штангах (со стороны компенсационной шины) равна нулю, то есть токи будут течь в компенсационную шину от некоторых анодных штанг, а с компенсационной шиной в другие анодные штанги.

Использование сенсоров, установленных на одной линии с анодами, целесообразно в двух аспектах: (а) обеспечена возможность получения более точной оценки тока в катодных штангах, что в эксплуатационном отношении представляет собой наиболее полезное свойство; и (б) оценки токов компенсационной шины для анодных штанг 45 могут помочь определить местоположение плохих соединений между анодами и основной контактной шиной между электролизерами. Итак, конструкция EMC обеспечивает возможность измерения тока, проходящего через смежные электроды по компенсационной шине с целью коррекции дополнительного анода, обеспечивающего

балансировку текущего магнитного поля и наличие способа оценки аспектов распределения тока в электролизере.

#### Измерение напряжения

Еще одно усовершенствование, реализуемое посредством настоящего изобретения,

5 относится к многократным измерениям напряжения в различных точках электрической цепи электролизера или цеха электролиза, в котором установлены средства для измерения напряжения.

10 Зонды для измерения напряжения, соединенные с цепью электролиза в разных точках, включая главную шину, стояки главной шины и разные точки на различных контактных шинах по длине контактной шины между электролизерами, обеспечивают возможность контроля отдельных электролизеров и, следовательно, различных падений напряжения в цепи. Это помогает усовершенствовать управление всей цепью, поскольку могут быть определены падения напряжения и соответствующие потери энергии. Таким образом, как описано ниже, падение напряжения в электролизере может быть использовано в 15 сочетании с другими измерениями, например, с измерениями температуры и концентрации металла, как средства оценки качества отложения. Точный контроль напряжения электролизера также важен для контроля общей производительности анодов, например, анодов из смешанного металл-оксида (ММО) титана. Аноды из ММО титана используют благодаря их низким требованиям к напряжению по 20 сравнению с обычными анодами на основе свинца. Изменение напряжения электролизера может обозначать проблему с покрытием анодов в электролизере. Во время технического обслуживания и ремонта электролизер может генерировать напряжение благодаря обратному осаждению металла, в случае необнаружения это может привести к необратимому повреждению и снижению производительности анода из ММО титана.

25 Автоматическая корректировка пороговых величин короткого замыкания / плохого контакта

30 В своей простейшей форме система может классифицировать катод, как находящийся в состоянии «короткого замыкания», как только ток превышает конкретную заданную пороговую величину. Однако такие пороговые величины (для коротких замыканий и плохих контактов) лучше рассчитывать динамически, используя различные параметры.

35 Во время цикла снятия может возникнуть ситуация, когда из электролизера извлечена 1/3 электродов. Это может означать, что через остальные электроды может проходить ток, увеличенный на 50% (исходя из того, что общий ток выпрямителя остается неизменным). Это значит, что пороговую величину короткого замыкания следует увеличить, чтобы эта нормальная ситуация не привела к ложной индикации коротких замыканий.

40 Аналогично, если ток выпрямителя уменьшен, через каждый катод должен проходить меньший ток. Даже если распределение безупречно (то есть нет коротких замыканий и плохих контактов), это может, в зависимости от пороговой величины, привести к классификации плохих контактов.

45 В-третьих, если в электролизере существует короткое замыкание, то через это замыкание течет большая, чем обычно, часть общего тока электролизера, а по другим путям протекает меньший ток. Это может означать, что некоторые из остальных электродов классифицируют как плохие контакты, хотя фактически они работают нормально, и рабочая неисправность этих электродов отсутствует.

Затем, согласно настоящему изобретению, посредством вычислительных средств могут быть рассчитаны пороговые величины для коротких замыканий и плохих контактов, как функция (a) от общего тока электролизера, (b) от того, отсутствуют ли

электроды из-за снятия, и (с) от наличия коротких замыканий или плохих контактов в других точках электролизера. Следовательно, настоящее изобретение устанавливает динамические пороговые величины в зависимости от вышеуказанных параметров, что повышает надежность управления системой благодаря непрерывному расчету

5 пороговых величин.

Детектирование шаблонов для идентификации коротких замыканий и плохих контактов

Классификация катода как находящегося в состоянии короткого замыкания была описана как мгновенное сравнение тока катода с пороговой величиной, даже если эта

10 пороговая величина не является постоянным числом.

Однако, если катод имеет немного большее контактное сопротивление на шине или расположен на большем удалении от соседнего анода, то через электрод может течь немного меньший ток, и тем не менее в нем может возникнуть короткое замыкание.

Наблюдая последовательность значений измерения тока, значительно увеличивающихся 15 с течением времени, можно сделать вывод о том, что катод входит в состояние короткого замыкания, еще до того момента, когда он дойдет до фактической пороговой величины для коротких замыканий.

Кроме того, при образовании коротких замыканий они могут прекратиться, а затем восстановиться, приводя к колебательному току на ранней стадии возникновении 20 короткого замыкания. Один из вариантов осуществления панели ECM может быть выполнен с возможностью детектирования таких колебаний, чтобы классифицировать катод, как входящий в состояние короткого замыкания.

Следовательно, в настоящем изобретении обеспечено наличие средств детектирования шаблонов, чтобы иметь надежный алгоритм оценки коротких замыканий и плохих 25 контактов, помогающий улучшить управление системой.

Защитные средства для защиты от физического повреждения и разрушения при перемещении электродов

Существенное усовершенствование, обеспечиваемое настоящим изобретением, заключается во внедрении защитного средства или нескольких защитных средств, 30 установленных по длине панели ECM для ее защиты от механических повреждений и предотвращения нарушения нормальных перемещений электродов, причем панель ECM содержит средства для измерения электрического тока. В этом контексте на фиг. 3 и 4 подробно показан один из типов защитных средств, выполненных в виде дефлектора (11), причем его конструкция помогает избежать повреждения панели (2) 35 ECM во время нормальной работы крана на электролизере, и предназначена для толкания электродов в направлении их правильного положения при опускании электродов, например во время ввода электродов (3, 4), что может привести к повреждению панели (2) ECM в результате соударения панели с электродом.

Соответственно, важно подчеркнуть, что конструкция дефлектора, показанная на фиг. 40 3 и 4, не ограничивает конструкции защитных средств, то есть может быть использована конструкция любого типа, защищающая панель от ударов и других типов физических повреждений.

Кроме того, защитные средства могут быть прикреплены к поддерживающим средствам, панели или непосредственно к любой стандартной детали электролизера.

45 Это может быть в частности, но без ограничения этим, фурнитура электролизера, стенка электролизера или крышка.

Как указано выше, из уровня техники не известна конструкция для предотвращения возникновения помех при перемещении электрода и повреждений панели. Условия,

существующие в электролизере, чрезвычайно суровы, и надежность конструкции имеет критическое значение. Определенным средством для предотвращения нарушений нормальных перемещений электродов и повреждений панели ECM для поддерживающих устройств является наличие дефлектора. Дефлектор должен быть выполнен с

5 возможностью справляться с весом электродов, когда их опускают со скоростью, с которой крановая система опускает их при соответствующей нагрузке. Нагрузка не должна передаваться на сенсорную панель, а должна поглощаться в результате передачи на стенку электролизера и минимизироваться благодаря углу поверхности дефлектора. Кроме того, дефлектор должен защищать кронштейны, поддерживающие панель ECM.

10 Торцевое уплотнение

Электронные компоненты могут быть расположены герметично внутри материала, благодаря чему панель может не иметь наружного корпуса. Этот герметизирующий материал может представлять собой кислотоупорную эпоксидную смолу или другой герметизирующий материал.

15 Еще одно усовершенствование изобретения заключается в наличии уплотняющих средств в одном торце или обоих торцах панели (2) ECM, как показано на фиг. 5, причем данные уплотняющие средства обеспечивают защиту установленных в панели устройств. В этом смысле, как показано на фиг. 8, уплотняющие средства заключают в себе опорную пластину (12), прокладку (13), торцевую заглушку (14) и крепежные средства 20 (15), например, винты или любое другое крепежное устройство.

Далее, узел уплотнения согласно изобретению обеспечивает уплотнение одного или обоих торцов сенсорной панели в результате соединения опорной пластины (12), прокладки (13) и торцевой заглушки (14), так что прокладка зажата между опорной пластиной и торцевой заглушкой. После этого, собирая уплотнение, через торцевую 25 заглушку и прокладку в опорную пластину свободно ввинчивают крепежные средства (15). Указанный узел уплотнения вставляют в его правильном положении в панель (2) или корпус. Наконец, затягивают крепежные средства, уменьшая промежуток между торцевой заглушкой и опорной пластиной, уменьшая в результате толщину прокладки. В соответствии с коэффициентом Пуассона это приводит к увеличению ширины и 30 высоты прокладки. Увеличение в размере создает требуемое уплотнение между узлом уплотнения и внутренней стенкой панели.

Основное преимущество при наличии узла торцевого уплотнения на одном или обоих торцах панели ECM заключается в том, что он обеспечивает возможность уплотнения панели для защиты внутренних компонентов, например, для предотвращения контакта 35 электронных схем, расположенных внутри панели, с электролитом или любым другим предметом, который может повредить указанные компоненты. В этом смысле узел торцевого уплотнения обеспечивает возможность ввода электронных схем в панель, уплотнения панели и прохождения питающего кабеля через кабельный ввод к панели или от панели.

40 Кроме того, узел уплотнения также может быть выполнен с возможностью снятия для технического обслуживания, если оно необходимо.

Этот способ уплотнения может быть использован для панели любого профиля, например, квадратного, круглого, прямоугольного и углового.

Для конструкции панели ECM необходимо, чтобы внутренняя сторона панели имела 45 профиль, не препятствующий вставке электронных схем и несущего элемента в панель. Второе ограничение в отношении профиля панели состоит в том, что он должен быть настолько узким, насколько возможно, для предотвращения возникновения помех при перемещении крана/электрода в электролизер и из электролизера, и в то же время он

должен быть выполнен так, чтобы панель оставалась в непосредственной близости от электродных штанг. Эти два ограничения исключают использование фланцев или резьбовых фитингов с целью обеспечения уплотнения относительно суровой рабочей среды и герметизации электроники, расположенной в панели ECM. Использование 5 пластины, приваренной к концу панели, также оказалось непрактичным из-за тепла, создаваемого во время процесса сварки и вероятности повреждения во время этого процесса расположенной в панели электроники.

Несколько панелей ECM на один центральный модуль или контроллер

Еще одно усовершенствование заключается в применении контрольных устройств

10 в качестве связующего звена при обмене данными между каждой панелью и центральным сервером. Например, центральный сервер может быть выполнен с возможностью беспроводного обмена данными с контроллером, но обмен данными между контроллером и панелью (панелями) ECM могут осуществлять по проводам. Это означает, что в другом варианте осуществления изобретения одно контрольное 15 устройство может быть выполнено общим для нескольких панелей ECM. В этом контексте контрольное устройство может иметь отдельные шины обмена данными для обмена данными с различными панелями ECM, или все панели могут иметь одну общую шину.

Центральный сервер может быть выполнен с возможностью обмена данными

20 непосредственно с панелями ECM, без наличия каких бы то ни было промежуточных контроллеров, если такая топология соединения и протокол подходят для цеха.

Измерение распределения электрического тока

В одном варианте осуществления изобретения в каждом электролизере могут быть предусмотрены две панели ECM, причем указанные панели, в частности, могут быть 25 расположены с противоположных сторон электролизера. Задача этого варианта осуществления изобретения состоит в обеспечении возможности измерения катодных токов (и анодных компенсационных токов в случае двухконтактной системы) со стороны катодного контакта и анодных токов (и катодных компенсационных токов в случае применения двухконтактной системы) с противоположной стороны электролизера. 30 Таким образом, это усовершенствование обеспечивает возможность измерения всех втекающих и вытекающих токов, проходящих через соответствующие электролизеры, и получения полного распределения тока в электролизере. Равномерность распределения тока является мерой качества для производительности электролизера, поскольку равномерный ток приводит к равномерному отложению на каждом катоде, что 35 максимально повышает стабильность массы отложений и морфологии поверхности отложений, минимизирует тенденцию к коротким замыканиям и максимально увеличивает коэффициент использования тока.

Сенсоры концентрации и другие сенсоры

В соответствии с еще одним усовершенствованием панель ECM согласно изобретению 40 выполнена так, что учитывает возможность включения сенсоров концентрации и других сенсоров, как часть системы ECM. В этом смысле панель ECM может содержать инструменты для измерения в конкретном электролизере температуры, концентрации металла, расхода или уровня электролита, концентрации добавок, проводимости и так далее.

45 Комбинирование измеренных значений для определения качества производительности электролизера или качества электролита

Напряжение электролизера повышается с повышением общего катодного тока в электролизере. Кроме того, на напряжение электролизера влияет температура

электролизера, состав электролита, дозировка добавок, расстояние между электродами, а также возраст/состояние/тип анода. Если эти параметры находятся на заданных уровнях, то соотношение между напряжением электролизера и током прогнозируемо, и наилучшим образом для конкретного цеха электролиза его можно определить путем выполнения мелкомасштабного испытания. Любое отклонение от этого прогнозируемого соотношения показывает, что условия в электролизере не оптимальны, и следует принять соответствующие меры. Система ECM измеряет общий ток электролизера и напряжение электролизера, и это измерение может быть использовано как мера качества. Если система ECM измеряет любой другой параметр (например, 5 температуру, концентрацию), то она может использовать эти данные, чтобы обеспечить дальнейшее определение возможных проблем, приводящих к худшей производительности, чем оптимальная.

Оценка коэффициента использования тока и стабильности тока для каждого электрода

Поскольку система ECM измеряет электрический ток и детектирует время снятия для отдельных электродов, в комбинации с взвешивающей системой, выполненной с возможностью взвешивания отдельных катодов после снятия (и, как вариант, перед снятием), система ECM может рассчитать коэффициент использования тока для отдельных катодов. Она может отслеживать положения отдельных электродов в 15 электролизере, чтобы определить, имеет ли коэффициент использования тока устойчивый тренд, соответствующий этому положению, что может указать на проблемы с соседним анодом, или, в комбинации с системой RFID (или другой системой идентификации катодов), она может определять, является ли данный тренд результатом проблем с конкретной катодной пластиной. В более простом виде, система может отслеживать 20 электрические токи при конкретных положениях электрода и определять, существует ли очевидный тренд от одного цикла к другому, или же (посредством локальной системы RFID или другой системы идентификации катодов) существует тренд тока для конкретного катода, что может указывать на проблему с конкретным электродом.

#### Усовершенствования адаптивности

Как упомянуто выше, усовершенствования адаптивности направлены на оптимизацию адаптивности металлургической системы, ключевым фактором в которой является управление током. В этом контексте следующие усовершенствования предназначены для максимального увеличения гибкости существующих и/или новых металлургических систем.

#### Панель ECM для измерения в двух смежных электролизерах

Одно из усовершенствований в отношении адаптивности системы заключается в возможности монтажа одной панели ECM на верхней части электролизера (или на любой детали электролизера, например, но не ограничиваясь этим, на фурнитуре электролизера, стенках электролизера или контактной шине между электролизерами) 30 так, что она опирается на кронштейны, действующие в качестве шарниров, причем панель ECM в результате поворота в соответствующее положение обеспечивает возможность выполнения измерений в двух соседних электролизерах. Благодаря этому можно установить одну панель ECM на два смежных электролизера, чтобы снизить затраты на измерения электрического тока. На фиг. 6 показан пример панели (2) ECM, 40 установленной сверху двух смежных электролизеров (16, 17), причем указанная панель прикреплена посредством поддерживающих средств (18), содержащих поворотные устройства (19) для поворота их вокруг одной оси, причем указанные поддерживающие средства (18) могут быть прикреплены к любой из существующих деталей электролизера.

Это могут быть, например, но не ограничиваясь этим, фурнитура электролизера, стенки электролизера или контактная шина между электролизерами. Кроме того, панель (2) ECM может быть прикреплена к указанным поддерживающим средствам (18) с использованием кабельных хомутов или других средств крепления. Поворотные средства

5 (19) обеспечивают возможность перемещения панели из своего положения в случае, когда необходимо извлечь электроды из электролизера или необходимо изменить положение электродов (таким образом, шарнирный узел также действует в качестве защитных средств панели ECM). Данная конфигурация обеспечивает возможность расположения панели ECM в один момент времени над электродными штангами одного

10 электролизера.

Кроме того, панель ECM вышеописанной конфигурации может содержать устройство, позволяющее определить, с какой ориентацией расположена панель, что способствует проявлению вышеупомянутого усовершенствования адаптивности.

#### Материал наружного кожуха панели ECM

15 Наружный кожух панели ECM может быть выполнен из любого материала, в том числе из нержавеющей стали, других металлов, пластика или композитного материала. Например, это могут быть материалы, которые содержат защитное наружное покрытие или оболочку, выполненные с возможностью замены через промежуток времени или с частотой, зависящей от условий.

20 Встроенная панель ECM

Панель ECM может быть встроена в электролизном цеху в конструкцию стенки электролизера или фурнитуры электролизера. Для расположения этого устройства необходимо, чтобы либо в стенках электролизера, либо в фурнитуре электролизера имелось гнездо достаточного объема. Такой тип расположения подходит для новых 25 конструкций электролизеров, в особенности предназначенных для встраивания устройств измерения электрического тока.

#### Конструкция поддерживающих средств

30 Панель ECM может быть выполнена с возможностью ее поддержания поддерживающими средствами (18), например, кронштейнами или любыми другими средствами, которые обеспечивают поддержку панели, причем указанные поддерживающие средства (18) могут быть прикреплены к фурнитуре электролизера, как показано на фиг. 7 и 8, смонтированы под крышкой электролизера, как показано на фиг. 9, и/или прикреплены к наружным поверхностям крышки, как показано на фиг. 10. Соответственно, поддерживающие средства (18) могут быть присоединены к 35 фурнитуре электролизера с применением крепежных средств, или иметь устройство типа зажима, обеспечивающее возможность их прикрепления к фурнитуре электролизера, или комбинацию этих устройств, как показано на фиг. 7 и 8. Они могут быть присоединены к верхней части стенки электролизера, или иметь устройство типа зажима, крепящее их к задней части стенки, или и то и другое, как показано на фиг. 9. Также, 40 они могут быть присоединены к открытой поверхности крышки, или прикреплены с применением крепежных средств, или и то и другое, как показано на фиг. 10.

45 Панель ECM может быть расположена внутри канала каждого из поддерживающих средств, при этом для крепления панели в требуемом положении могут быть использованы установочные винты без головки, и/или панель ECM может быть прикреплена к кронштейнам с использованием кабельных хомутов или других средств крепления.

Вышеуказанные детали могут зависеть от типа электролизера, который будет переоборудован для использования в нем панелей ECM. В этом контексте на фиг. 7, 8,

9 и 10 показаны различные поддерживающие средства (18), соответствующие приведенному выше описанию.

#### Переносная панель ECM

Еще одно усовершенствование заключается в создании переносного варианта системы

- 5 ECM, в которой панель не закреплена постоянно на электролизере, а выполнена с возможностью перемещения по электролизному цеху и установки сверху электродов или, как вариант, прикрепления к ручке, так что оператор может перемещать этот инструмент в соответствующее место. Переносная панель может иметь полную длину электролизера с числом сенсоров, достаточным для количества электродов в
- 10 электролизере, или представлять собой короткий вариант для измерения поля, например, вокруг 5 или 10 электродов, принимая во внимание то, что результат оценки токов в электродах на каждом конце может быть менее точным из-за влияния полей от соседних электродов, не имеющих сенсоров. В этом контексте переносная панель ECM позволяет улучшить адаптивность системы благодаря возможности использования указанной
- 15 панели в качестве инструмента в различных электролизерах.

#### Модульная панель ECM

В таком же контексте, как описано выше, панель ECM может быть изготовлена из нескольких панелей меньшего размера, которые могут быть либо соединены друг с другом физически, либо расположены встык.

- 20 Панель ECM, питаемая от электродных штанг

Другое усовершенствование в отношении адаптивности состоит в питании панели ECM не от контактных шин между электролизерами или от сети, а от электродных штанг, если используют устанавливаемый сверху узел позиционирования панели шарнирного типа. Это помогает уменьшить использование различных источников

- 25 питания, что улучшает управление системой.

#### Объединение с другими системами

В некоторых электролизных цехах имеются другие системы, выдающие определенные данные о режиме работы электролизного цеха. Например, может быть предусмотрено наличие системы оптического контроля, оценивающей качество металла, выделившегося

- 30 на каждом катоде, или системы, взвешивающей металл, снятый с каждого катода. Если эти данные комбинируют с данными, полученными от системы согласно изобретению, то могут получить информацию, имеющую еще большее значение. Например, можно определить, что отдельные дефекты, детектированные путем оптического контроля, появляются в одних электролизерах чаще, чем в других, или некоторые электролизеры
- 35 дают меньшее количество продукции, чем другие. В некоторых электролизных цехах могут иметься катоды с RFID-метками, штриховым кодом или другими идентификаторами, которые могут быть распознаны краном, стрипперной машиной или другим устройством. Если эти данные объединяют с информацией, полученной от системы сенсоров тока, то (например) может быть обеспечена возможность
- 40 детектирования того, что в определенном катоде ток изменяется в большей степени, или плохие контакты и короткие замыкания случаются в нем чаще, чем в других катодах.

В этом контексте система сенсоров тока согласно изобретению также может быть объединена с другими системами для создания единой системы управления электролизным цехом, обеспечивающей унифицированное общее управление и контроль

- 45 всех (или многих) аспектов электролизного цеха. Другие системы могут содержать систему слежения за катодом, стрипперную машину, оптический контроль, взвешивание продукта, контроль расхода, анализ электролита, подачу насосом, разработку графика, управление выпрямителем и управление добавками к электролиту.

### Усовершенствования контроля

Как было указано выше, усовершенствования контроля предназначены для оптимизации работы и технического обслуживания металлургических систем, ключевым фактором в которых является управление током электрода. В этом контексте следующие 5 усовершенствования предназначены для повышения надежности контроля и надежности системы.

#### Установление приоритетов коротких замыканий

При обычных операциях, осуществляемых в электролизном цеху, операторы могут 10 систематически просматривать электролизеры, детектируя и устраняя короткие замыкания и плохие контакты. Путем применения устройства контроля тока в реальном времени обеспечена возможность затрачивать больше времени на устранение дефектов, чем на детектирование коротких замыканий и плохих контактов.

В этом контексте система имеет средства установления приоритетов, которые 15 выполнены с возможностью рекомендовать оптимальный порядок устранения коротких замыканий, используя следующие параметры: возраст и критичность короткого замыкания, расстояние, которое необходимо пройти оператору между короткими замыканиями, число операторов в смене и другие параметры, относящиеся к любому из вышеназванных усовершенствований.

#### Калибровка

20 1. Необходимость калибровки. Магнитные поля, обнаруживаемые сенсорами, зависят не только от токов в соответствующих электродных, штангах, но и от магнитного поля Земли и, возможно, от полей, возникающих из-за токов в других проводниках (например, в шинах), которые могут быть непосредственно связаны или не связаны с работой электролизера. Если существуют поля из-за шин, по которым подают ток электролизера, 25 то эти поля могут меняться с изменением общего тока электролизера. Чтобы скорректировать такие поля, возможно вывести их теоретическую коррекцию, или может потребоваться применение эмпирического метода (то есть калибровки).

Обычно калибровка содержит измерение тока в каждой катодной штанге по длине 30 электролизера. В случае электролизера двухконтактной системы может возникнуть необходимость измерения тока в каждой анодной штанге, что может представлять собой трудоемкую операцию.

2. Использование снятия для первоначальной калибровки и обновлений. Для проверки 35 калибровки системы необходимо выполнить сравнение оценки тока системой с независимым измерением тока. Если существует любое отличие, то можно осуществить корректировку системных параметров. Большой частью получение независимых измерений токов (например, вручную посредством токоизмерительных клещей) является трудоемкой операцией. Однако во время цикла снятия ток, текущий через некоторые 40 катоды, определенно равен нулю, поскольку эти катоды физически удалены. Эта информация может быть использована во время первоначального ввода системы в эксплуатацию, а также во время ее технического обслуживания, чтобы установить и 45 точно отрегулировать некоторые из параметров калибровки. Импорт значений тока выпрямителя вручную или из локальных систем дает дополнительное известное значение, которое может быть использовано во время первоначального ввода системы в эксплуатацию, а также во время ее технического обслуживания, чтобы установить и точно отрегулировать некоторые из параметров калибровки.

#### Усовершенствования интерфейса пользователя

Как указано выше, усовершенствования интерфейса пользователя металлургических систем предназначены для оптимизации визуального отображения информации об

электродах, электролизерах и/или электролизных цехах, что соответственно, оптимизирует осуществляемые оператором управление и контроль. В этом контексте они предназначены для максимального повышения простоты эксплуатации, повышения надежности управления и надежности системы.

5 Идентификация коротких замыканий и плохих контактов электролов

К усовершенствованиям, полученным благодаря настоящему изобретению, относятся средства визуализации, предназначенные для визуализации состояния электролов, электролизеров и/или электролизных цехов. Указанные средства также содержат управляющие средства, благодаря которым оператор может предпринять действия, 10 соответствующие отображаемому статусу.

В одном варианте осуществления этого усовершенствования предусмотрен способ использования управляемой лазерной указки, установленной с нижней стороны крана (кранов) электролизного цеха или имеющей независимую опору и предназначеннной для выделения электролов, работающих за пределами предпочтительного для них 15 диапазона (короткое замыкание или плохой контакт). Таким образом, указанный тип средств визуализации позволяет оператору без труда идентифицировать в электролизном цеху конкретный электрод. Кроме того, этот способ может содержать определение расстояния или местоположения посредством лазера.

В другом варианте осуществления изобретения в фурнитуре электролизера или вблизи

20 электролов установлены/расположены средства визуализации, например светодиод(ы), обеспечивающие возможность идентификации статуса конкретного электрода.

Указанный статус может представлять собой нормальную работу, сильный ток (короткое замыкание), слабый ток (плохой контакт) и при необходимости другие параметры.

25 Визуализация статуса электролов и электролизеров

Другой вариант осуществления изобретения также содержит средства отображения статуса, благодаря которым, как описано выше, можно узнать статус конкретного электрода/электролизера. В этом контексте настоящее изобретение обеспечивает наличие 30 средств отображения статуса для показа релевантной информации пользователям устройств человеко-машинного интерфейса. Этот тип средств отображения статуса помогает оператору предпринять правильные действия в соответствии с рабочим статусом системы.

В одном варианте осуществления этого усовершенствования в средствах отображения статуса используют очки дополненной реальности, которые позволяют операторам

35 видеть статус электролов и электролизеров при их перемещении в электролизном цеху. При этом могут быть использованы лазеры, GPS или другие технологии определения местонахождения, чтобы определить местоположение пользователя и, следовательно, то, какой электролизный цех он наблюдает.

Кроме того, данное изобретение содержит использование программного обеспечения 40 для распознавания шаблонов в планшетном или портативном персональном компьютере с камерой или любого другого устройства визуализации, причем указанное устройство выполнено с возможностью наложения идентификационного номера каждого электрода или статуса системы ЕСМ каждого электрода на изображение электролизера в реальном времени. В одном варианте осуществления этого усовершенствования в системе также 45 может быть использована GPS или другая способность определения местонахождения.

Аварийная сигнализация и/или сообщения

Другое усовершенствование согласно настоящему изобретению заключается в том, что операторы могут конфигурировать один или более аварийных механизмов или

аварийных устройств (в том числе визуальные индикаторы, акустические устройства, электронную почту, пейджеры и службу коротких сообщений (SMS)), для обеспечения возможности индикации системой возникновения коротких замыканий или других рабочих неисправностей.

5 Информация может быть выдана посредством устройства визуализации любого типа, например, посредством отображения на экране, печатного отчета, в виде текстового сообщения электронной почты или SMS, или даже посредством голоса, генерируемого компьютером.

Что касается вышеупомянутых усовершенствований, то для индикации

10 местоположения неисправности могут быть использованы оптические индикаторы или средства визуализации на каждом электроде в каждом электролизере цеха электролиза. Они могут представлять собой расположенные вблизи электродов источники света (например, светодиоды), как описано выше. В качестве альтернативы может быть использована установленная на крыше/стене лазерная система, например, система, 15 используемая во время представлений со световыми эффектами, которая может быть настроена на «рисование» индикации на полу электролизного цеха, как описано в одном и предыдущих вариантов осуществления изобретения. В простейшем варианте осуществления изобретения это может быть всего лишь световой индикатор статуса, расположенный в конце каждого электролизера для обеспечения наличия 20 альтернативных средств идентификации электролизера, имеющего неисправность, на которую необходимо обратить внимание.

Такая система аварийной сигнализации также может быть сопоставлена с автоматически генерируемым сообщением, дающим моментальный «снимок» рабочего состояния электролизного цеха, в том числе список необходимых исправлений с 25 установленной очередностью.

Автоматическое детектирование снятия

Наконец, как указано выше, операторы периодически должны снимать с катодов покрываемый их металл. При операциях электролитического получения обычно это осуществляют, поднимая из электролизера 1/3 (или 1/2) полностью покрытых металлом 30 катодов, подавая их в стрипперную машину, а затем устанавливая на их место в электролизер несколько чистых (не имеющих покрытия) катодов. Затем извлекают следующую 1/3 полностью покрытых металлом катодов, и заменяют их чистыми катодами. Наконец, снимают металл с последней трети. В соответствии с этим усовершенствованием система измерения согласно изобретению выполнена с 35 возможностью детектирования, даже при наличии шума, момента времени, когда происходят эти события, и их записи. В цехах с кранами с ручным управлением и без системы слежения за катодами другой записи о том, когда осуществляют снятие металла с каждого катода, может не быть. Эта информация может быть полезной для отслеживания проблем, чтобы избежать ситуаций, при которых металл в электролизерах 40 снимают не в соответствующий период времени, а также для документирования и планирования действий в электролизном цеху.

### (57) Формула изобретения

1. Система управления электрическим током (ЕСМ) для усовершенствования рабочего 45 процесса в цехах электролиза, содержащая:

- по меньшей мере один электролизер, имеющий по меньшей мере два электрода в электролитической среде;
- множество сенсорных средств для измерения тока, проходящего через один или

более электродов, причем указанные сенсорные средства расположены внутри по меньшей мере одной панели управления электрическим током (ЕСМ), в которой выполняют сравнение измеренных значений тока с заданными пороговыми значениями тока, и динамическую корректировку пороговых значений тока на основании общего

5 тока электролизера;

- одну или более панелей ЕСМ, установленных в одном или нескольких работающих электролизерах;

- поддерживающие средства для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ для каждого электролизера и

10 - защитные средства для панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере.

2. Система управления электрическим током по п. 1, в которой указанные сенсорные средства каждой панели ЕСМ расположены на расстоянии друг от друга, соответствующем интервалам между указанными электродами.

3. Система управления электрическим током по п. 2, в которой каждый электрод

15 снабжен штангой, каждая панель ЕСМ содержит удлиненный полый корпус,

представляющий собой отдельный компонент, установленный вблизи электродных штанг, причем каждая панель ЕСМ расположена либо непосредственно под электродной штангой, либо непосредственно над электродной штангой, при этом поддерживающие

20 средства предназначены для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере так, что каждая панель ЕСМ жестко закреплена внутри электролизера, причем защитные средства предназначены для защиты панели ЕСМ от повреждений в процессе извлечения или замены электродов.

4. Система управления электрическим током по п. 1, в которой защитные средства содержат дефлектор, установленный над панелью ЕСМ.

25 5. Система управления электрическим током по п. 1, в которой поддерживающие средства и защитные средства установлены в электролизер дополнительно или в которой поддерживающие средства и защитные средства выполнены в виде жестких креплений электролизера, фурнитуры электролизера или изоляторов электролизера.

6. Система управления электрическим током по п. 1, в которой поддерживающие

30 средства и защитные средства прикреплены к вентиляционным колпакам катода, опирающимся на верхнюю часть электролизеров, или к щиткам, которые прикреплены к боковой части указанных колпаков, причем панели ЕСМ предназначены для их подъема из электролизера вместе с вентиляционным колпаком, когда необходимо выполнить снятие в электролизерах.

35 7. Система управления электрическим током по п. 1, в которой панель ЕСМ содержит устойчивый к коррозии и герметичный корпус, содержащий в себе сенсорные средства и другое электронное оборудование.

8. Система управления электрическим током по п. 7, в которой указанный корпус защищен электроизоляционной оболочкой.

40 9. Система управления электрическим током по п. 1, дополнительно содержащая одно или более сенсорных средств для измерения изменения магнитного поля, возникшего в результате неправильного расположения и/или смещения электрода, чтобы определить отклонение электродных штанг от их номинальных положений.

10. Система управления электрическим током по п. 1, в случае

45 использования двухконтактного электролизера, в котором один конец анодной штанги соединен с шиной, а другой ее конец соединен с анодной компенсационной шиной, и один конец катодной штанги соединен с шиной, а другой ее конец соединен с катодной компенсационной шиной, на одной линии с анодными и катодными штангами

расположены дополнительные сенсорные средства для измерения магнитного поля вблизи обоих наборов электродов.

11. Система управления электрическим током по п. 1, дополнительно содержащая внутреннюю или внешнюю взвешивающую систему для измерения значений веса катода до и после выполнения снятия.

12. Система управления электрическим током по п. 1, дополнительно содержащая систему слежения, выполненную с возможностью записи заряда, проходящего через конкретный электрод.

13. Система управления электрическим током по п. 1, представляющая собой часть единой системы управления электролизным цехом.

14. Система управления электрическим током по п. 1, дополнительно содержащая средства установления приоритетов, предназначенные для установления очередности устранения коротких замыканий, посредством рассмотрения возраста и критичности короткого замыкания, расстояния, которое необходимо пройти оператору между местами возникновения коротких замыканий, и числа операторов.

15. Система управления электрическим током по п. 1, дополнительно содержащая индикаторы состояния электрода и/или электролизера, такие как световые индикаторы, пригодные для индикации измененных состояний электрода и/или электролизера и идентификации точного местоположения измененного состояния, причем указанные 20 состояние и местоположение подлежат визуализации на устройствах отображения.

16. Система управления электрическим током для усовершенствования рабочего процесса в цехах электролиза, содержащая:

- по меньшей мере один электролизер, содержащий по меньшей мере два электрода в электролитической среде;

25 - множество сенсорных средств для измерения тока, проходящего через один или более электродов, причем указанные сенсорные средства расположены внутри по меньшей мере одной панели управления электрическим током (ЕСМ), в которой выполняют сравнение измеренных значений тока с заданными пороговыми значениями тока, и динамическую корректировку пороговых значений тока на основании общего 30 тока электролизера;

- одну или более панелей ЕСМ, установленных в одном или нескольких работающих электролизерах;

- поддерживающие средства для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере и

35 - магнитное канализирующее устройство, выполненное из материала, обеспечивающего направление и концентрацию магнитного потока, расположенное вблизи сенсорных средств и предназначенное для канализации магнитного потока.

17. Система управления электрическим током по п. 16, в которой указанные сенсорные средства каждой панели ЕСМ расположены на расстоянии друг от друга, 40 соответствующем интервалам между указанными электродами.

18. Система управления электрическим током по п. 17, в которой каждый электрод снабжен штангой, каждая панель ЕСМ содержит удлиненный полый корпус, представляющий собой отдельный компонент, установленный вблизи электродных штанг, причем каждая панель ЕСМ расположена либо непосредственно под электродной 45 штангой, либо непосредственно над электродной штангой, при этом поддерживающие средства предназначены для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере так, что каждая панель ЕСМ жестко закреплена внутри электролизера, причем защитные средства предназначены для защиты панели ЕСМ от повреждений

в процессе извлечения или замены электродов.

19. Способ управления электрическим током для усовершенствования рабочего процесса в цехах электролиза, содержащий следующие этапы:

- измерение тока, проходящего через один или более электродов, находящихся в контакте с электролитической средой, посредством множества сенсорных средств, расположенных внутри панели управления электрическим током (ЕСМ), являющейся частью системы ЕСМ, причем указанная система ЕСМ дополнительно содержит одну или более панелей ЕСМ, установленных в одном или нескольких работающих электролизерах, поддерживающие средства для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере и защитные средства панели ЕСМ; и
- сравнение измеренных значений тока с заданными пороговыми значениями тока и выполнение динамической корректировки пороговых значений тока на основании общего тока электролизера.

20. Способ управления электрическим током по п. 19, в котором указанные сенсорные средства каждой панели ЕСМ расположены на расстоянии друг от друга, соответствующем интервалам между указанными электродами.

21. Способ управления электрическим током по п. 20, в котором каждый электрод снабжен штангой, каждая панель ЕСМ содержит удлиненный полый корпус, представляющий собой отдельный компонент, установленный вблизи электродных штанг, причем каждая панель ЕСМ расположена либо непосредственно под электродной штангой, либо непосредственно над электродной штангой, при этом поддерживающие средства предназначены для поддержания панели ЕСМ или панелей ЕСМ в каждом электролизере так, что каждая панель ЕСМ жестко закреплена внутри электролизера, причем защитные средства предназначены для защиты панели ЕСМ от повреждений в процессе извлечения или замены электродов.

22. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий следующие этапы:

- передача данных измерений в один или более центральных модулей, представляющих собой модуль предварительной обработки и/или главный контроллер и/или центральный серверный модуль, посредством средств обмена данными; и
- обработка результатов измерений в указанных центральных модулях.

23. Способ управления электрическим током по п. 19, в котором показания одного или более сенсорных средств используют для компенсации некорректного расположения одного или более электродов.

24. Способ управления электрическим током по п. 19, в котором указанные пороговые значения тока динамически корректируют на основании факта отсутствия электродов из-за циклов снятия, а также наличия коротких замыканий или плохих контактов в других точках электролизера.

25. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий этап детектирования шаблонов коротких замыканий и плохих контактов в последовательностях значений измерения тока для идентификации коротких замыканий и плохих контактов.

26. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий этап измерения всех втекающих и вытекающих электрических токов, чтобы получить полное распределение тока в электролизере.

27. Способ управления электрическим током по п. 19, в котором этап измерения содержит измерение катодного тока двух катодов, смежных с одним анодом, получение величины тока, проходящего через указанный анод и, таким образом, обнаружение

плохих контактов анода или обнаружение анодов, которые не работают на требуемом уровне тока.

28. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий этап взвешивания отдельных катодов до или после снятия, чтобы измерить коэффициент 5 использования тока и стабильность тока и установить наличие тренда в изменениях веса для определенного положения электрода.

29. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий этап установления очередности устранения коротких замыканий на основании возраста 10 и критичности замыканий, расстояния, которое необходимо пройти оператору между замыканиями, и числа операторов.

30. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий этап калибровки системы управления электрическим током, причем этап калибровки содержит использование циклов снятия для первоначальной калибровки и обновлений.

31. Способ управления электрическим током по п. 19, дополнительно содержащий 15 передачу аварийной сигнализации и/или сообщений для предоставления информации о работе электролизера или электролизеров, причем указанная информация подлежит отображению с помощью устройства отображения любого типа, и

дополнительно содержащий детектирование и запись событий снятия, очистки электролизера и правки электродов.

20

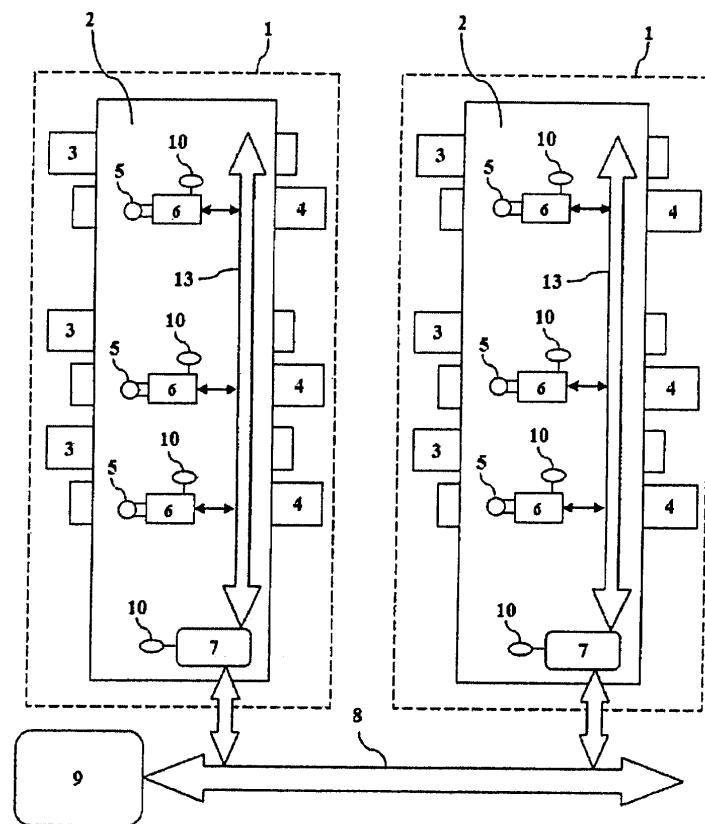
25

30

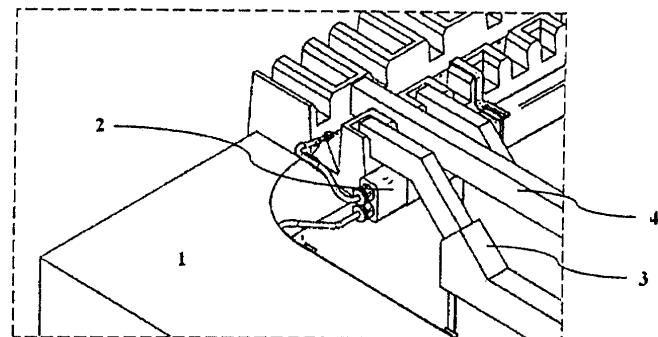
35

40

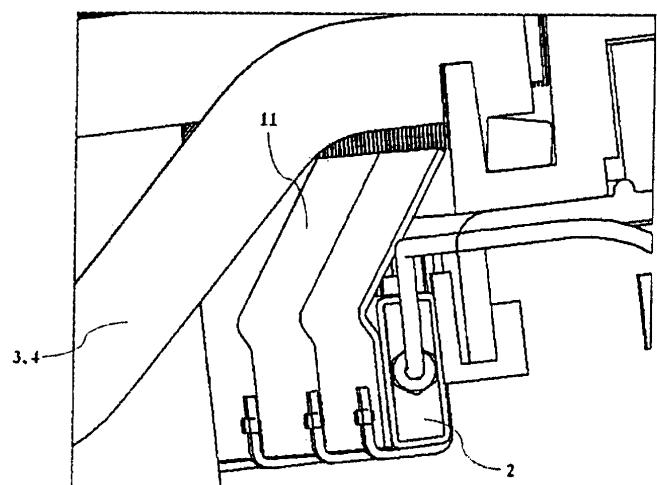
45



Фиг. 1

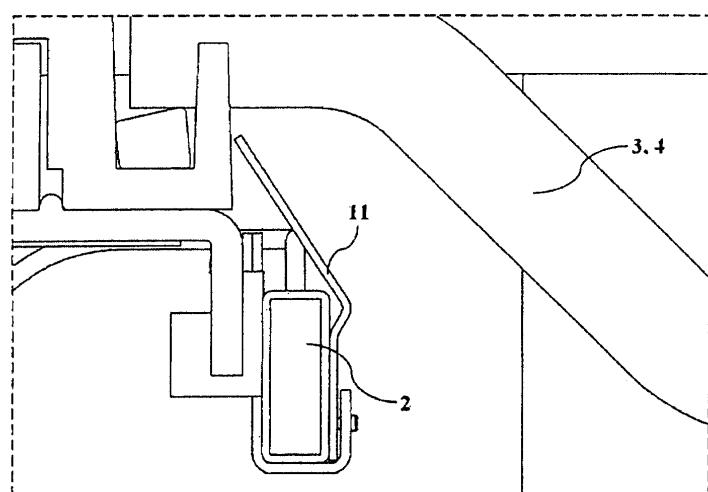


Фиг. 2



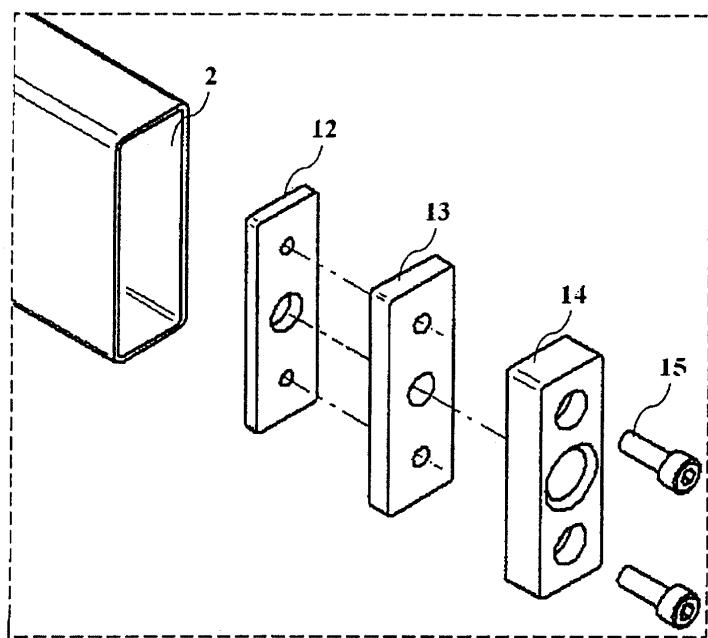
Фиг. 3

3/11



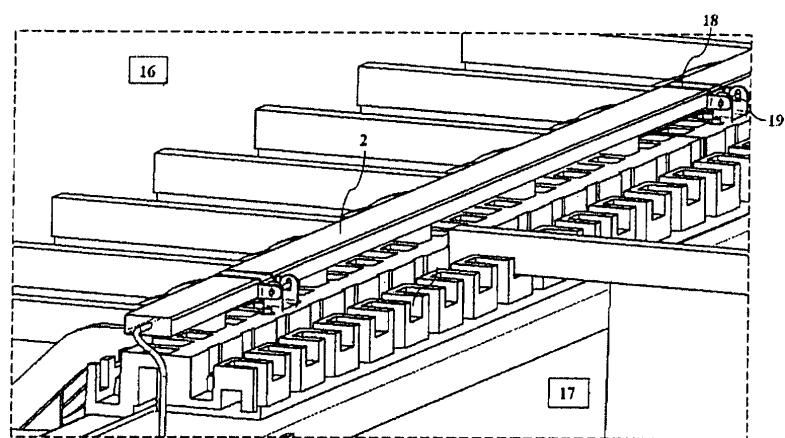
Фиг. 4

4/11



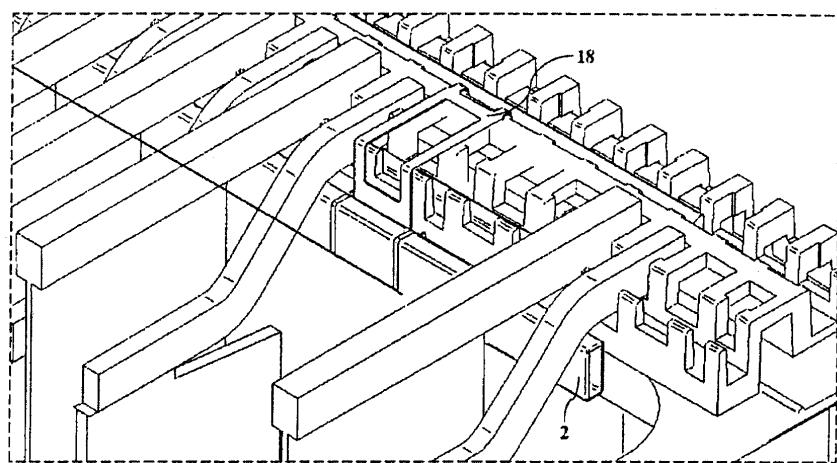
ФИГ. 5

5/11



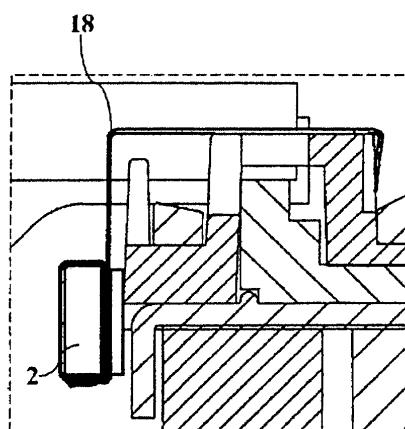
Фиг. 6

6/11

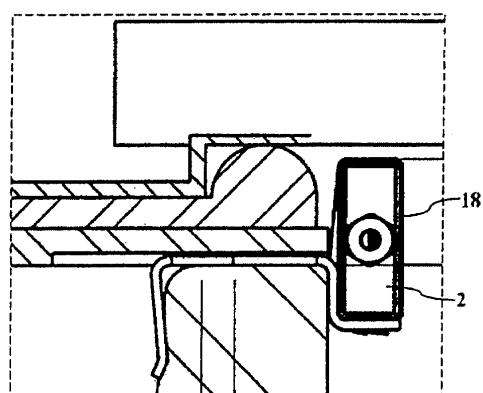


Фиг. 7

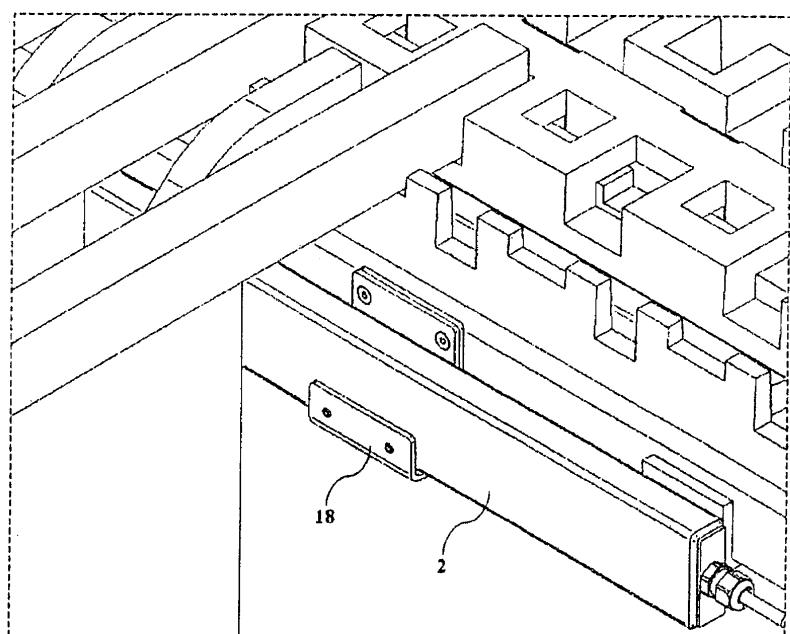
7/11



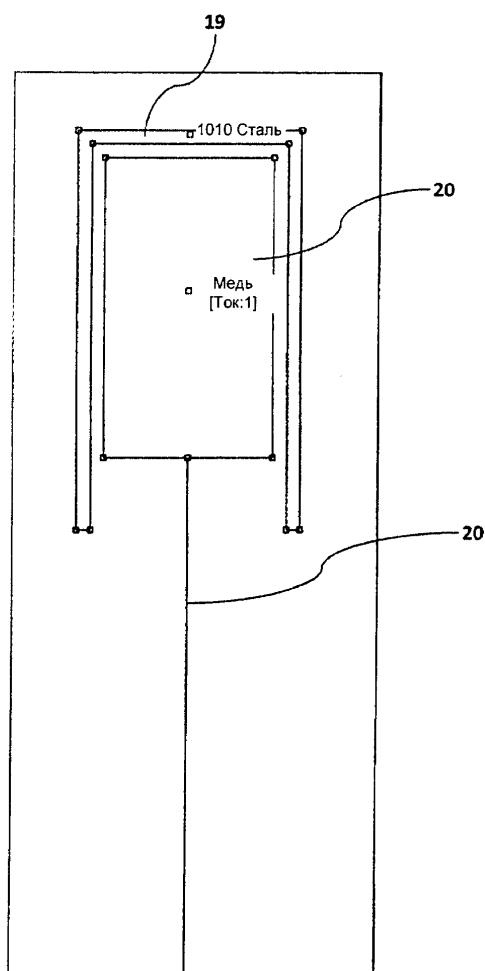
Фиг. 8



Фиг. 9

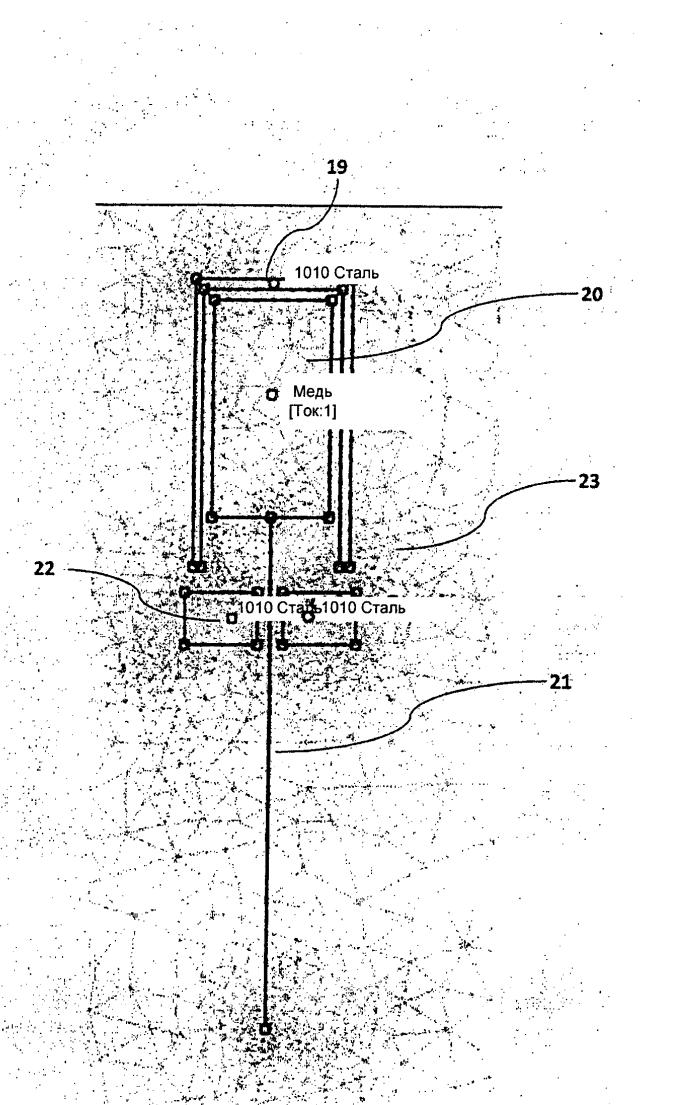


Фиг. 10

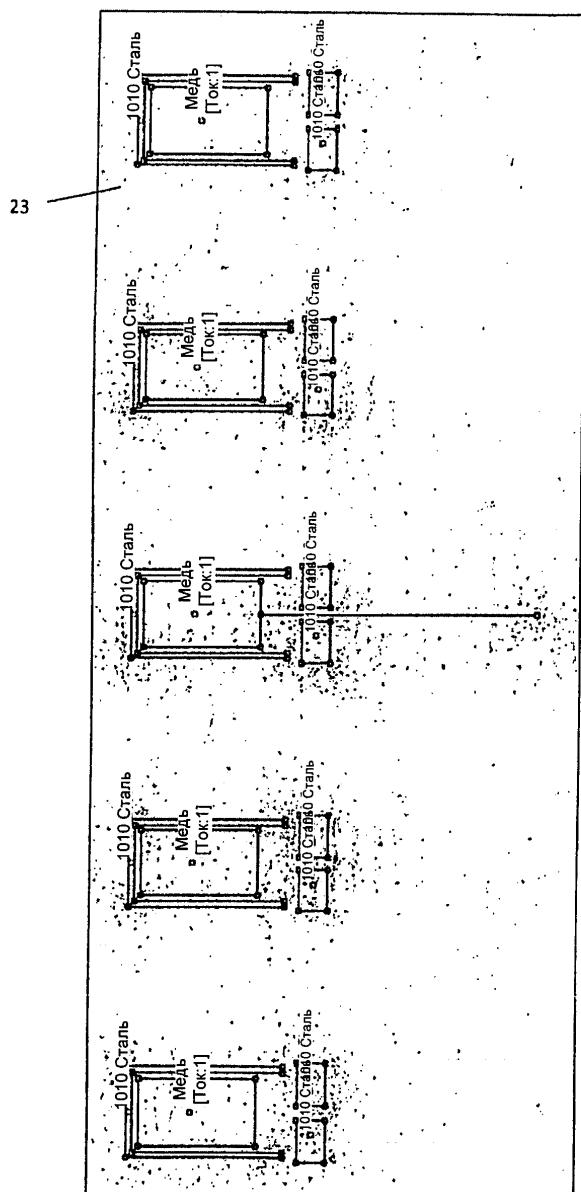


Фиг. 11

10/11



Фиг. 12



Фиг. 13