

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201991433 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2019.12.30

(51) Int. Cl. C25C 3/10 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2017.12.04

(54) ПОДВЕСКА ДЛЯ АНОДНЫХ БАЛОК В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ ТИПА ХОЛЛА-ЭРУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ И СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ УКАЗАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

(31) 20162006

(32) 2016.12.15

(33) NO

(86) PCT/EP2017/081347

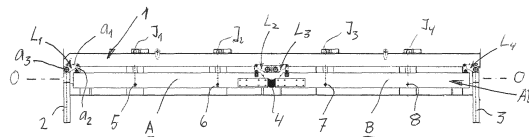
(87) WO 2018/108604 2018.06.21

(71) Заявитель:
НОРСК ХЮДРО АСА (NO)

(72) Изобретатель:
Ведерсхофен Эльмар, Фехнер Маркус
(DE), Лиане Мортен (NO)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Подвеска для анодных балок в электролизерах типа Холла-Эру для производства алюминия, содержащих анодную раму и расположенную параллельно ей прямоугольную анодную балку (AB), поддерживающую предварительно обожженные аноды, причем подвеска предназначена удерживать указанную анодную балку на указанной анодной раме с возможностью перемещения относительно анодной рамы. Анодная балка подразделяется на два элемента, а именно на анодную штангу (A) и анодную штангу (B), выровненные относительно друг друга в продольном направлении электролизера, причем каждая из анодных штанг снабжена двумя домкратами (J1, J2) и (J3, J4) и имеет торсионные устройства (L1, L2) и (L3, L4), расположенные на концах каждой из указанных анодных штанг, или вблизи них. Изобретение также относится к способу стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия посредством функционирования подвески.



A1

201991433

201991433

A1

ПОДВЕСКА ДЛЯ АНОДНЫХ БАЛОК В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ ТИПА ХОЛЛА-ЭРУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ И СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ УКАЗАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Изобретение относится к подвеске для анодных балок в электролизерах для производства алюминия. В электролизерах типа Холла-Эру обычно применяются углеродсодержащие аноды. Электролизер указанного типа для производства алюминия включает кожух из листовой стали с внутренней футеровкой. Основная часть футеровки, формирующая катод, выполнена из электропроводного материала. Анод, как правило, представляет собой предварительно обожженные углеродные блоки или элементы, надежно удерживаемые анододержателями. Анододержатели прочно закреплены на анодной балке, благодаря чему обеспечивается надежное механическое и электрическое соединение с анодной балкой. Углеродные блоки также называют анодными углеродными телами. Анодная балка разделена на две секции, каждая из которых имеет подвеску, приспособленную выполнять разные действия. Между указанными секциями обеспечена электрическая связь. Изобретение также относится к способу стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия посредством эффективного функционирования подвески.

Анодная балка, по существу, состоит из двух параллельных анодных балочных элементов, на каждом из которых закреплен один ряд анодов. Указанные балочные элементы, расположенные параллельно на определенном расстоянии друг от друга, могут быть соединены между собой посредством специальных конструктивных элементов.

Поскольку при проведении электролитического процесса нижние концы анодных углеродных тел срабатываются под действием осажденных газов, необходимо обеспечить одновременное опускание анодной балки и анодных углеродных тел для поддержания постоянного расстояния между анодом и катодом (расстояние между анодом и катодом, сокращенно обозначено ACD). Анодная балка оснащена вертикальным регулирующим устройством, под действием которого анодная балка достигает самого нижнего уровня, при этом все анододержатели отсоединяются от анодной балки и временно закрепляются на так называемой «перемычке». Когда анодная балка под действием указанного регулирующего устройства достигает самого верхнего уровня, анододержатели опять крепятся на анодной балке в ее новом положении.

В существующих в настоящее время электролизерах, например, в электролизерах на 250 кА анодная подвеска может иметь вес около 35 тонн, а длина анодной балки может составлять около 11 м. Очевидно, что при таких размерах анодная подвеска представляет

собой массивную и дорогостоящую конструкцию. Вертикальное регулирующее средство для анодной балки должно быть сконструировано таким образом, чтобы анодная балка при подъеме или опускании перемещалась параллельно самой себе, или принимала наклонное положение в результате наклона любого из концов балки в продольном направлении.

Известные подвески подразделяются на три типа, которые будут описываться ниже.

А: Указанный тип включает четыре домкрата, установленных по углам анодной балки, причем домкраты каждой пары одновременно приводятся в действие соответствующим двигателем. Домкраты расположены или подвешены на отдельных конструктивных элементах, которые установлены на торцах электролизера, либо на самоподдерживающейся анодной раме. (При использовании одного двигателя вместо двух невозможно обеспечить наклон анодной балки).

В: Указанный тип включает несколько домкратов, каждый из которых приводится в действие одним двигателем. Домкраты смонтированы на полу помещения по центральной линии электролизера вблизи торцов электролизера и обеспечивают перемещение анодной балки вверх.

С: Указанный тип включает один домкрат, смонтированный на одном из концов анодной рамы и приводимый в действие двигателем. Домкрат управляет двумя механизмами (каждый из указанных механизмов расположен на одной из сторон анодной рамы и закреплен на одном из элементов, составляющих анодную балку), при этом под действием домкрата обеспечивается вертикальное перемещение анодной балки вверх или вниз (однако отсутствует возможность наклона анодной балки).

Известные подвески имеют ряд недостатков.

Указанная подвеска типа А отвечает определенным требованиям, однако в электролизерах большой длины анодная балка испытывает значительную нагрузку, следовательно, для обеспечения деформационной стабильности требуется слишком массивная балка, что является недостатком указанной подвески.

Подвеска типа В имеет тот же недостаток, что и подвеска типа А, при этом должна быть снабжена боковой опорой для анодной балки.

В подвеске типа С обеспечено оптимальное расположение точек опоры анодной балки и механизмов, следовательно, могут быть оптимизированы технические размеры анодной балки, однако отсутствуют средства для наклона анодной балки, при помощи которого обычно прекращают (гасят) анодный эффект.

В документе EP 0 256 848 B1 заявителя настоящего изобретения раскрывается

подвеска для анодной балки в электролизере для производства алюминия, содержащая два домкрата, расположенные вдоль центральной линии анодной балки между анодной рамой и анодной балкой. Анодная балка перемещается в вертикальном направлении с помощью указанных домкратов, каждый из которых может приводиться в действие отдельным двигателем или оба приводятся в действие одним общим двигателем. Для предотвращения поворота анодной балки вокруг ее продольной оси, предусмотрено торсионное устройство, расположенное между анодной балкой и анодной рамой. Предусмотрена боковая опорная конструкция, предотвращающая смещение указанной анодной балки в боковом направлении.

Указанное техническое решение обеспечивает устойчивую конструкцию, приспособленную для наклона анодной балки. Однако в мощных электролизерах, то есть на силу тока выше 300 кА, в связи с высокой нагрузкой на анодную балку, необходима балка большого размера, а также необходима система домкратов, чтобы обеспечить требуемую устойчивость.

В документе CN 2471795 Y раскрывается анодно-балочная система, причем каждая анодная балка подразделяется на две штанги. Между двумя противоположными концами штанг обеспечено электрическое соединение. Один двигатель приводит в действие два домкрата, расположенные вблизи концов анодных штанг для регулировки положения анодных штанг. Таким образом, выполняется подъем и опускание анодных штанг, но не обеспечивается их наклон. В документе отсутствуют какие-либо указания относительно индивидуального регулирования положения каждой из анодных штанг.

Задача изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание анодного устройства для мощных электролизеров, то есть на силу тока выше 300 кА, со стабильной подвеской для анодной балки и домкратами, обеспечивающими подъем и опускание одной группы анодов независимо от другой группы анодов. Конкретнее говоря, задачей изобретения является техническое решение, открывающее множество новых возможностей регулирования расстояния между анодами и катодами и управления ими как глобально, так и локально в электролизере, оснащенный подъемной системой и подвеской для разделяемой анодной балки.

Настоящее изобретение позволяет достичь перечисленных и других преимуществ, как определено в прилагаемой формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение будет описываться более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

на фиг. 1 – вид сбоку при частичном разрезе разделяемой анодной балки с подвеской согласно настоящему изобретению;

на фиг. 2 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 3 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 4 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 5 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 6 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 7 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 8 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 9 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений;

на фиг. 10 – схематичное изображение элементов разделенной анодной балки, занимающих одно из заданных положений.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 показана расположенная в продольном направлении электролизера анодная балка АВ, подразделяемая на элементы, а именно, на анодную штангу А и анодную штангу В. Две установленные параллельно разделяемые анодные балки, изготовленные, например, из алюминия, образуют каркасную конструкцию, расположенную над электролизером (не показано) в его продольном направлении, при этом на чертеже показана лишь одна из указанных анодных балок. Две соответствующие анодные штанги А, В, составляющие указанные две параллельные анодные балки, попарно соединены между собой посредством поперечных штанг (не показаны) в продольном направлении анодных штанг, предпочтительно, на концах анодных штанг в одной или нескольких точках, в зависимости от длины указанных анодных штанг. Указанная конструкция аналогична конструкции, представленной на фиг. 2 в документе ЕР 0 256 848 В1. Согласно чертежу, балки 10, 11 соединены четырьмя поперечными штангами 12.

Анодные штанги А, В электрически соединены посредством гибкого проводника 4.

Указанный проводник может быть изготовлен из любого подходящего материала с хорошей электропроводностью, предпочтительно, из Cu/Cu-сплавов или Al/Al-сплавов. Указанному проводнику конструктивно могут быть приданы оптимальные механические свойства, в частности, оптимальные прочностные и усталостные характеристики, чтобы обеспечивалась его долговечность в условиях перемещения.

Углеродные анодные тела соединены с указанными анодными балками посредством анододержателей (не показаны) с образованием двух параллельных рядов. Поскольку во время электролитического процесса нижние концы углеродных тел срабатываются, необходимо опускать анодные балки, чтобы компенсировать расход углеродного материала. Подвеска перемещает анодные балки в вертикальном направлении и передает усилия, прикладываемые к анодным балкам, на стальную конструкцию, именуемую анодной рамой 1, которая может быть самоподдерживающейся конструкцией, либо поддерживаемой конструктивными элементами 2, 3 катодного кожуха, частично показанными на фиг. 1, или поддерживаемой при помощи независимой отдельной строительной конструкции (не показана).

Анодная подвеска содержит четыре домкрата J1, J2, J3, J4, нижние концы которых поворотно соединены с поперечными валами 5, 6, 7, 8, расположенными между анодными штангами А, В, а верхние концы домкратов соединены с анодной рамой 1. Валы 5, 6, 7, 8, расположенные между анодными штангами А, В (из параллельно выровненных разделяемых анодных балок показана только одна), установлены с определенным интервалом между собой и балками, чтобы к домкратам прикладывались, практически равные силы, а в анодных штангах (то есть в разделенных анодных балках) создавались наименьшие силы натяжения и напряжения, насколько это возможно. Конкретнее говоря, в вертикальной плоскости симметрии домкраты J1, J2, J3, J4 размещены между двумя анодными балками, соответственно, между параллельными анодными штангами А (одна из которых не показана) и двумя параллельными анодными штангами В (одна из которых не показана).

Индивидуально приводимые в действие домкраты J1, J2, J3, J4 способны обеспечить вертикальное параллельное перемещение и наклон анодных штанг А, В, а также расположенных параллельно им анодных штанг (не показаны). Контроллер электролизера регулирует приведение в действие домкратов, при этом запускает запрограммированный режим активизации домкратов, если возникают какие-либо отклонения в режиме работы электролизера. Причиной запуска указанного запрограммированного режима активизации домкратов могут служить, например, анодные эффекты, возникающие на одном или нескольких анодах.

На концах анодных штанг А, В предусмотрены, соответственно, торсионные устройства L1, L2, L3, L4, предотвращающие поворот анодных штанг вокруг своей продольной оси. Каждое из торсионных устройств содержит комплект из двух рычажных элементов а1, а2 (здесь описан только один комплект), которые связаны между собой. Нижние концы рычажных элементов а2 поворотной соединены с соответствующей штангой А, в то время как свободные концы рычажных элементов а1 жестко закреплены на концах соответствующего торсионного вала а3, который с возможностью поворота установлен на анодной раме 1.

Ниже будет описываться действие торсионных устройств. Поскольку функции всех торсионных устройств аналогичны, в настоящем документе описывается действие только одного торсионного устройства, установленного на наружном конце анодной штанги А. При тенденции анодной штанги к скручиванию вокруг своей продольной оси рычажные элементы а2 на одном конце штанги будут толкать рычажные элементы а1, расположенные на том же конце штанги, стремясь вызвать поворот торсионного вала а3. В то же самое время соответствующие рычаги (не показаны), предусмотренные на другом конце параллельно расположенной анодной штанги, будут препятствовать указанному повороту торсионного вала, благодаря чему, анодная штанга будет сохранять свое горизонтальное положение, по меньшей мере, по существу, горизонтальное положение относительно своей оси.

Для противодействия боковым силам, действующим на анодные штанги, предусмотрено механическое направляющее или опорное устройство (не показано), установленное между анодными штангами и анодной рамой. Указанное устройство может включать ролики, которые расположены, например, по углам анодной штанги с возможностью поворота и способны катиться по направляющей на анодной раме 1. Как вариант, указанное устройство может содержать направляющие башмаки, установленные на анодной штанге, способные скользить по вертикальным направляющим на анодной раме (не показано).

В основе описанной конструкции анодной подвески, содержащей домкраты, торсионные устройства и механическое направляющее или опорное устройство между анодными штангами и анодными рамами, лежит конструкция, раскрытая заявителем настоящего изобретения в документе EP 0 256 848 B1.

На фиг. 1 и нижеследующих схематичных изображениях нейтральное положение анодной балки обозначено ссылочной позицией О - - - О.

На фиг. 2 схематично показано начальное положение анодных штанг А и В. Под действием домкратов J1, J2, соответственно, в положениях P1, P2 и домкратов J3, J4,

На фиг. 10 схематично показано начальное положение анодных штанг А и В. Под действием домкратов J1, J2, соответственно, в положениях P1, P2 и домкратов J3, J4, соответственно, в положениях P3, P4 анодные штанги А и В занимают новое положение, в

котором они обозначены, соответственно, А' и В'.

Следует отметить, что указанные анодные штанги А и В можно независимо друг от друга поднимать, опускать, а также наклонять как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки, насколько позволяет гибкий проводник 4. Если каждая из анодных штанг снабжена отдельным источником тока, отсутствует необходимость в гибком проводнике, в таком случае анодная штанга может иметь большую независимость при перемещении.

Ниже обобщаются преимущества, связанные с функциональными возможностями разделяемой или разъединяемой анодной балки согласно настоящему изобретению, которые были установлены опытным путем.

Кривизна слоя металла в электролизере будет выравниваться, если уменьшить силу тока в электролизере, что приведет к изменению расстояния анод - катод (ACD) для отдельных анодов вдоль анодной балки, то есть для анодов на концах электролизера величина ACD будет меньше, чем при установившемся режиме работы, в то время как для анодов в середине электролизера величина ACD будет больше. Указанное изменение величины ACD для отдельных анодов приведет к увеличению пиковых значений тока на концах и уменьшению пиковых значений тока в середине электролизера и, соответственно, к нестабильности магнитогидродинамики (MHD) в электролизере, а в тяжелых ситуациях концевые аноды могут погрузиться в металл, что приведет к высокой токовой нагрузке и, соответственно, к высокому тепловыделению, вызывающему расплавление/разрушение биметаллического сварного шва, соединяющего анодную штангу с анодным кронштейном. При уменьшении силы тока можно поддерживать более или менее постоянную величину ACD для отдельных анодов, опуская средние концы и поднимая наружные концы двух анодных балок. Указанная опция регулирования двух анодных штанг показана на фиг. 9.

Поскольку в электролизере кривизна слоя металла является разной, в электролизере практически невозможно обеспечить постоянную величину ACD. Для коррекции величин ACD для отдельных анодов необходимо выполнить описанный выше наклон анодных штанг, однако коррекция будет более точной, если наклон штанги на выпускном конце ТЕ электролизера будет больше, чем наклон штанги на противоположном конце электролизера, в частности, подобно анодной штанге В', показанной на фиг. 10, наружный конец которой находится выше, чем наружный конец анодной штанги А'.

Помимо компенсации кривизны слоя металла, использование разделяемой балки/конфигурации с четырьмя двигателями позволяет компенсировать неравномерное

распределение тока во время запуска и начального этапа работы. В этом случае во время запуска/начального этапа работы также уменьшается потребность в регулировке высоты анода с помощью машины для обработки электролизеров (РТМ).

Гашение анодного эффекта (АЕ)

Разнообразные перемещения анодных штанг для создания высокотурбулентного потока в ванне, способствующего продвижению обогащенного глиноземом раствора в область ACD, для облегчения отвода газа за счет наклона поверхности/нижней стороны огарка, и/или временного замыкания концов анодов на каждой анодной штанге на металл благоприятствуют гашению возникшего анодного эффекта. Типичные положения анодных штанг после перемещения приведены на фиг. 2 и фиг. 4.

Гашение анодного эффекта только на нескольких анодах в электролизере

Изменение наклона одной, или в некоторых случаях, обеих анодных штанг с целью добавления обогащенного глиноземом раствора локально к анодам, на которых возник анодный эффект, и/или для уменьшения силы тока на указанных анодах является возможным вариантом гашения возникшего локального анодного эффекта, и, следовательно, для исключения/уменьшения выделения газа CF_x и/или для исключения возникновения анодного эффекта во всем электролизере. На фиг. 3 показано типичное перемещение анодных штанг, однако возможны более сложные перемещения анодных штанг и другие сочетания положений перемещаемых анодных штанг при условии получения точной информации о возникновении локального анодного эффекта(ов). Однако эта опция зависит от системы контроля пиковых значений тока на аноде, например, от системы измерения тока отдельного анода (IACM). Чтобы сократить продолжительность локальных анодных эффектов, предпочтительно, распределенную подачу глинозема сочетать с описанными выше перемещениями анодных штанг.

Нарушение нормального режима работы анодов

При возникновении общеизвестных неполадок в отдельном аноде(ах) можно выполнить разные варианты наклона анодных штанг с целью уменьшения локального пикового значения тока на указанных анодах, что является временной мерой до тех пор, пока не будут предприняты постоянные корректирующие действия (например, до приведения в действие машины для обработки электролизеров (РТМ), если имеется в наличии). В зависимости от расположения анодов выполняется перемещение одной анодной штанги или обеих анодных штанг с целью увеличения расстояния анод-катод (ACD) для анода, режим работы которого нарушен.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Подвеска для анодных балок в электролизерах типа Холла-Эру для производства алюминия, содержащих анодную раму и расположенную параллельно ей прямоугольную анодную балку, поддерживающую предварительно обожженные аноды, причем подвеска предназначена удерживать указанную анодную балку на указанной анодной раме с возможностью перемещения относительно анодной рамы, при этом содержит домкраты, расположенные с определенным интервалом вдоль продольной центральной линии анодной балки и поддерживающие указанную анодную балку на анодной раме для избирательного подъема и опускания анодной балки вертикально относительно анодной рамы и для избирательного подъема и опускания любого из продольных концов анодной балки относительно противоположного конца указанной балки, а также содержащая торсионные средства, установленные на указанной анодной балке и указанной анодной раме для предотвращения поворота указанной анодной балки вокруг своей продольной оси, отличающаяся тем, что

анодная балка (АВ) подразделяется на два элемента, а именно, на анодную штангу (А) и анодную штангу (В), которые выровнены относительно друг друга в продольном направлении электролизера, причем каждая из анодных штанг (А) и (В) снабжена двумя домкратами (J1, J2) и (J3, J4), соответственно, и имеет торсионные устройства (L1, L2) и (L3, L4), соответственно, расположенные на концах каждой из указанных анодных штанг (А, В) или вблизи них.

2. Подвеска по п. 1, отличающаяся тем, что

анодные штанги (А) и (В) электрически соединены гибким проводником (4).

3. Подвеска по п. 1, отличающаяся тем, что

каждое торсионное устройство (L1) содержит торсионный вал (a3), поворотный установленный на указанной анодной раме, вблизи каждого из указанных концов указанных анодных штанг (А) и (В), пару первых рычажных элементов (a1), первые концы которых жестко закреплены на соответствующих концах указанного торсионного вала (a3), и пару вторых рычажных элементов (a2), первые концы которых соединены со вторыми концами соответствующих указанных первых рычажных элементов, причем вторые концы указанных вторых рычажных элементов поворотны соединены с соответствующими концами указанных анодных штанг (А) и (В).

4. Подвеска по п. 1, отличающаяся тем, что

дополнительно содержит направляющие средства, установленные на анодных штангах (А) и (В) и на указанной анодной раме, которые за счет сцепления предотвращают боковое смещение анодных штанг (А) и (В) в противоположных

горизонтальных направлениях, поперечных указанной продольной оси.

5. Подвеска по п. 4, отличающаяся тем, что

указанные направляющие средства содержат направляющие, вертикально продолжающиеся на указанной анодной раме, и направляющие башмаки, которые установлены на анодных штангах (А) и (В) и при вертикальном скольжении сцепляются с указанными направляющими.

6. Подвеска по п. 4, отличающаяся тем, что

указанные направляющие средства содержат направляющие, вертикально продолжающиеся на указанной анодной раме, и ролики, которые установлены на анодных штангах (А) и (В) и при вертикальном качении сцепляются с указанными направляющими.

7. Подвеска по п. 1, отличающаяся тем, что

каждая анодная штанга (А, В) может быть наклонена независимо от другой штанги.

8. Подвеска по п. 1, отличающаяся тем, что

каждая анодная штанга (А, В) может быть поднята/опущена независимо от другой штанги.

9. Способ стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия с использованием подвески по пп. 1 – 8, отличающийся тем, что

разделяемая анодная балка (АВ) в заданном положении может скорректировать изменение расстояния анод – катод, вызванное изменением кривизны слоя металла в электролизере.

10. Способ стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия с использованием подвески по пп. 1 – 8, отличающийся тем, что

разделяемая анодная балка (АВ) в заданном положении может компенсировать неравномерное распределение тока во время запуска и начального этапа работы электролизера.

11. Способ стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия с использованием подвески по пп. 1 – 8, отличающийся тем, что

применим для подавления анодного эффекта путем создания высокотурбулентного потока в ванне, способствующего перемещению в область АСД раствора, обогащенного глиноземом, и облегчения отвода газа за счет наклона нижней стороны анода.

12. Способ стабилизации режима работы электролизера типа Холла-Эру для производства алюминия с использованием подвески по пп. 1 – 8, отличающийся тем, что

применим в ситуации с общеизвестными неполадками в отдельном аноде(ах), причем разные варианты наклона балок могут временно использоваться для снижения

локальных пиковых значений тока на действующих анодах до тех пор, пока не будут предприняты постоянные корректирующие действия.

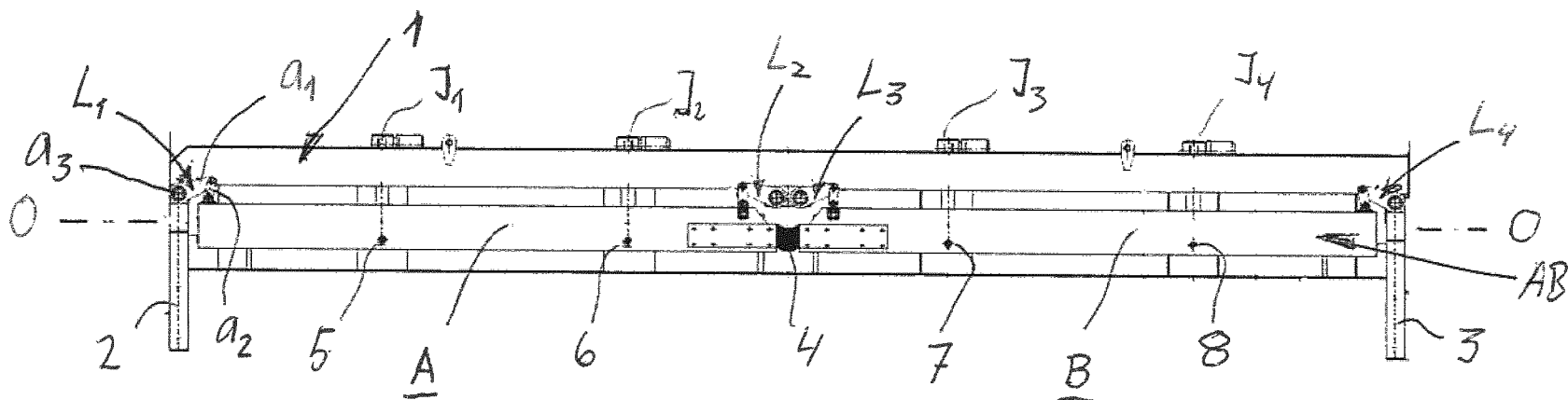


Fig. 1

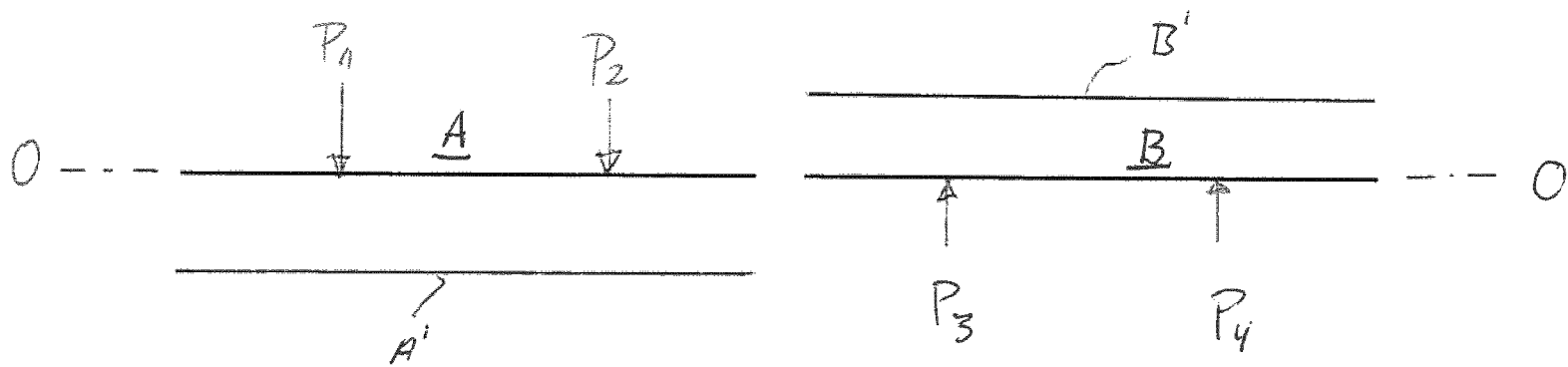


Fig. 2

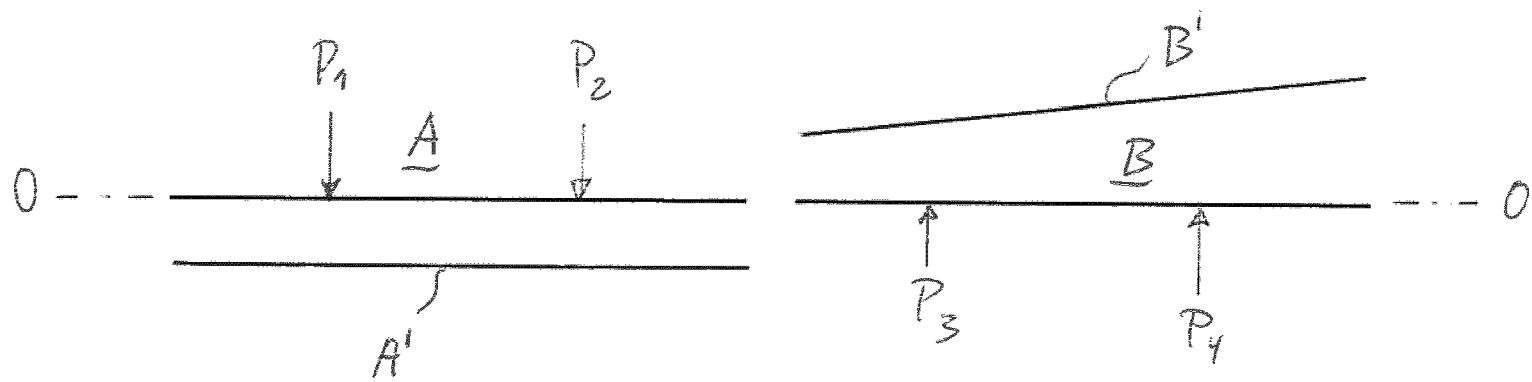


Fig. 3

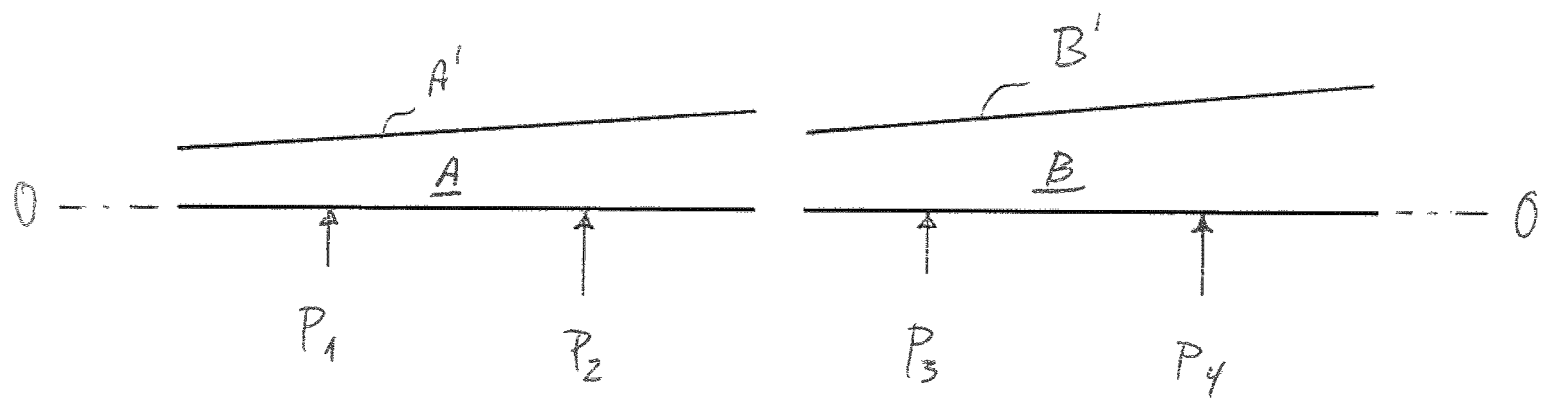


Fig. 4

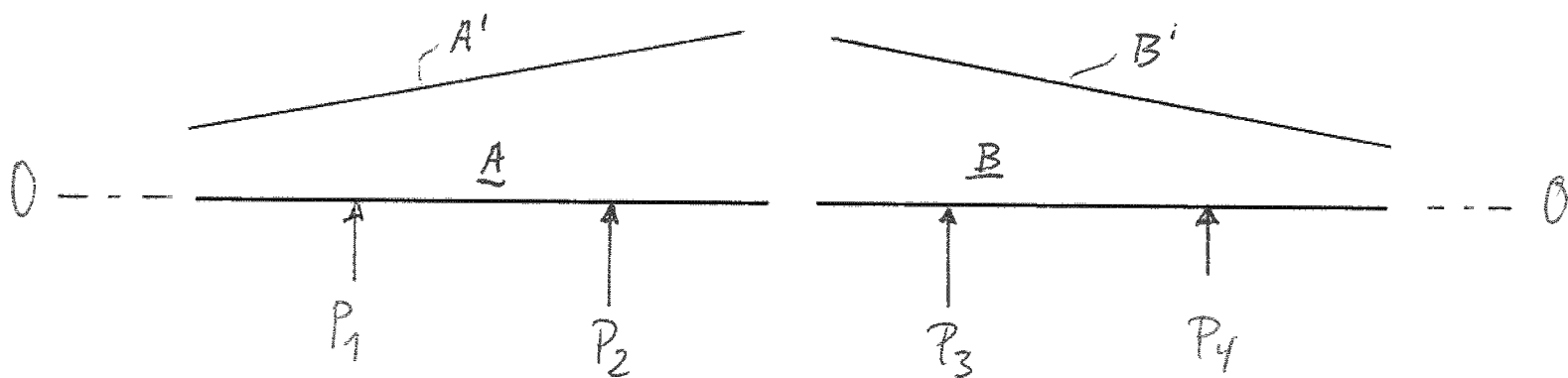


Fig. 5

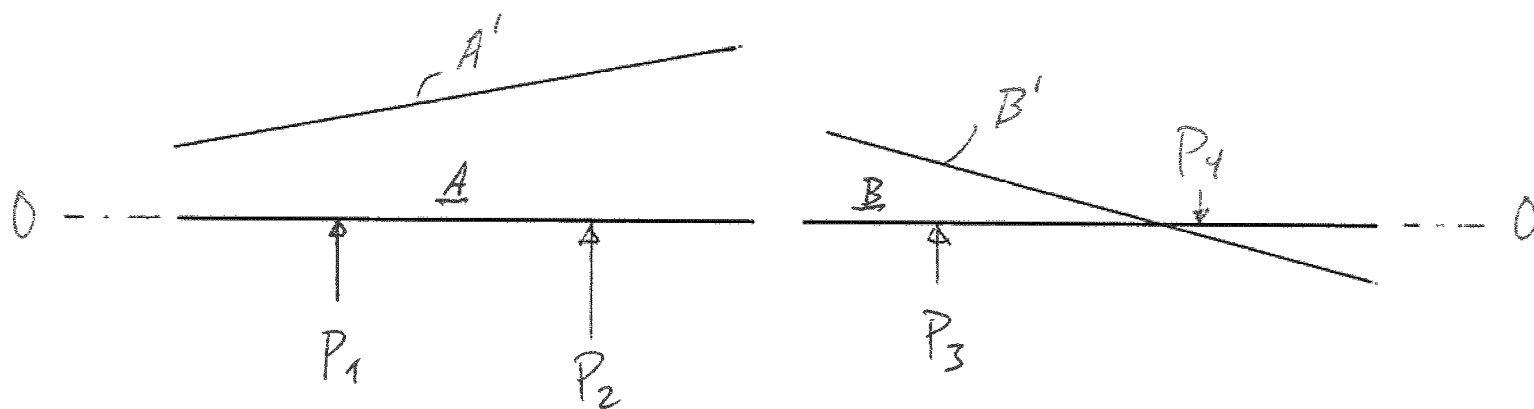


Fig. 6

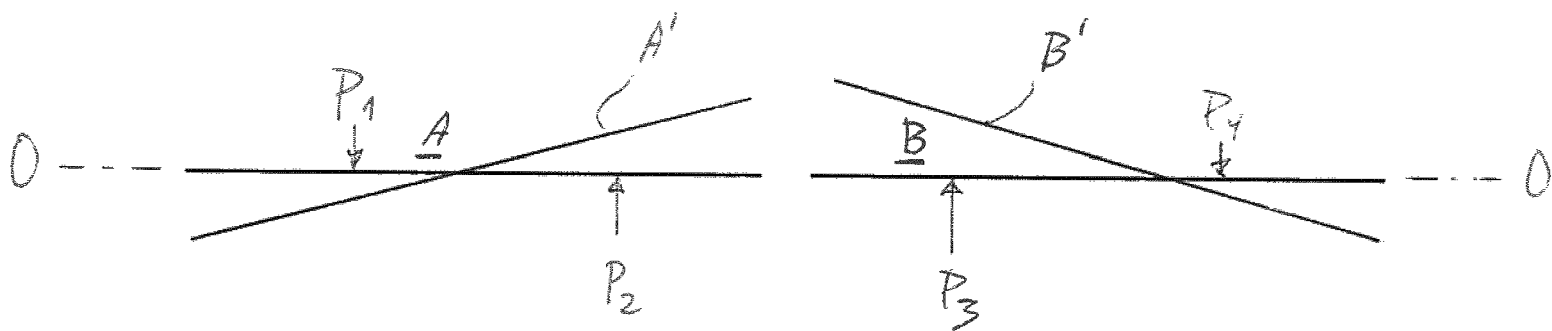


Fig. 7

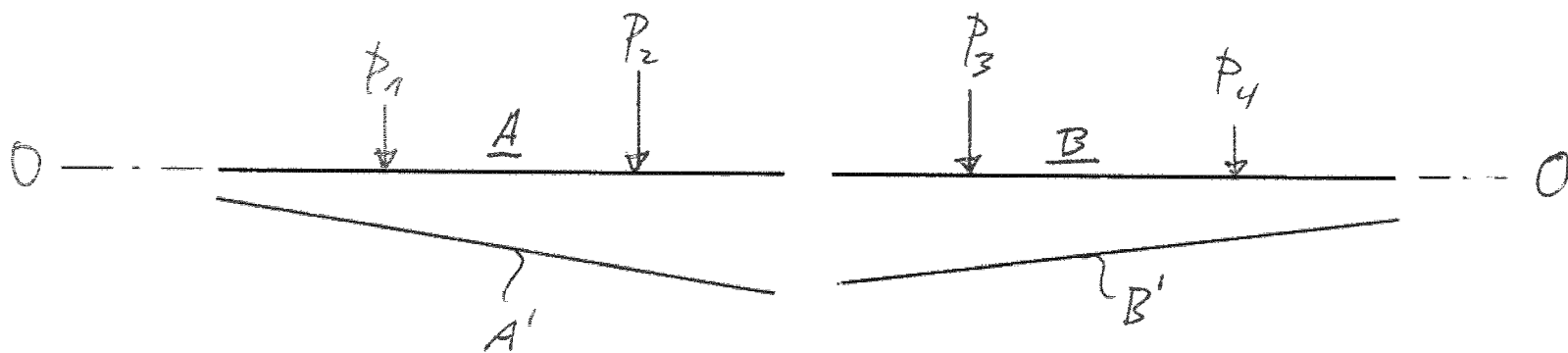


Fig. 8

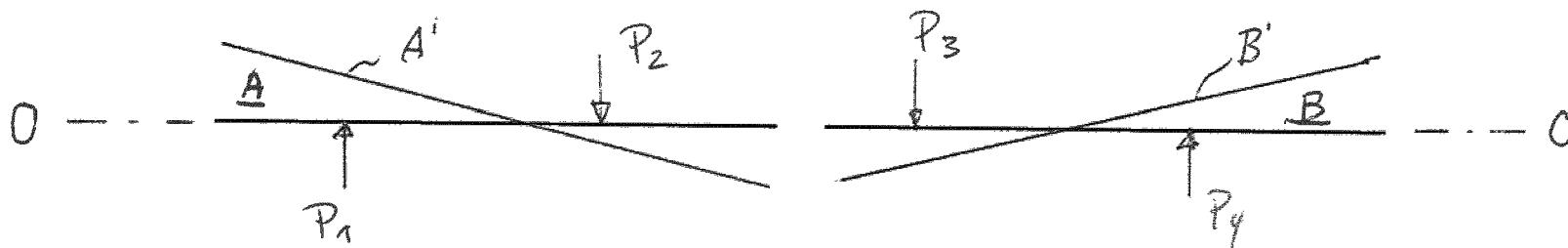


Fig. 9

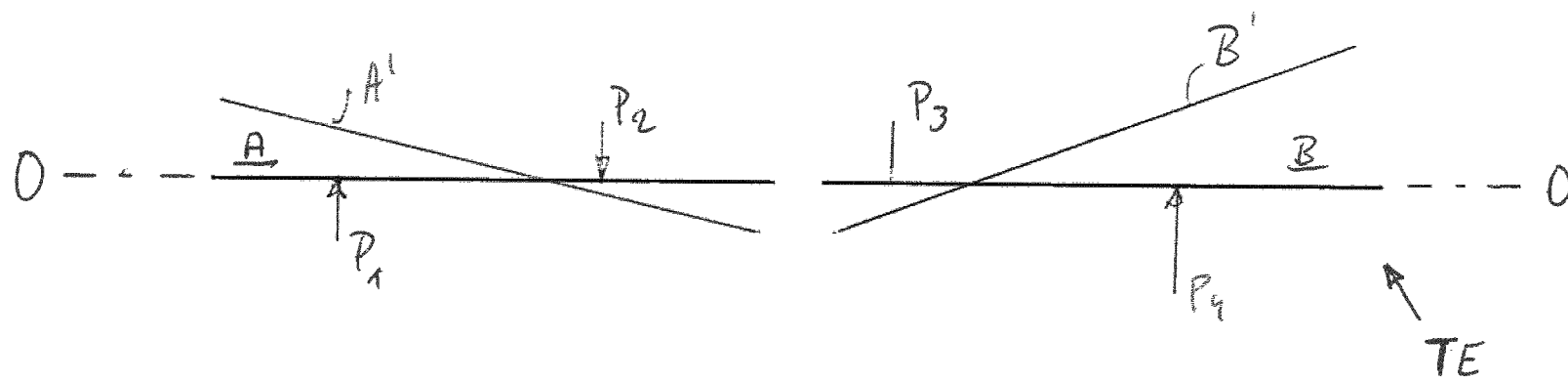


Fig. 10