

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202192727** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки  
**2022.03.04**

(51) Int. Cl. **B60L 9/00** (2019.01)  
**B60L 50/53** (2019.01)  
**B60L 53/302** (2019.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2020.05.20**

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ТРОСОВОМ КАБЕЛЕ ШАХТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

(31) **19175916.6**

(72) Изобретатель:

(32) **2019.05.22**

**Верхо Самули, Ватанен Харри,  
Тиихонен Томми (FI), Куво Микко  
(SE), Юнтунен Раймо, Китула Микко  
(FI)**

(33) **EP**

(86) **PCT/EP2020/064097**

(87) **WO 2020/234366 2020.11.26**

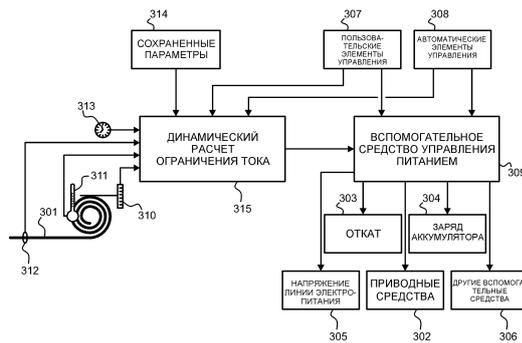
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

**САНДИК МАЙНИНГ ЭНД  
КОНСТРАКШН ОЙ (FI)**

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,  
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(57) Предложены способ и устройство для управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства с электрическим приводом. В способе определяют показатель тока эквивалентного цикла, протекающего через указанный тросовый кабель, и получают один или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля. На основании указанного показателя и указанных дескрипторов определяют предельное значение тока и ограничивают общее количество тока, потребляемого шахтным транспортным средством через указанный тросовый кабель, до значения, которое меньше указанного определенного предельного значения тока или равно ему.



**A1**

**202192727**

**202192727**

**A1**

## **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ТРОСОВОМ КАБЕЛЕ ШАХТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

### **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ**

Изобретение в целом относится к шахтным транспортным средствам с электрическим приводом, например, погрузчикам с электрическим приводом, буровым кареткам и т.п. В частности, изобретение относится к задаче управления количеством тока, протекающим через тросовый кабель такого шахтного транспортного средства.

### **УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

Шахтные машины с электрическим приводом имеют ряд преимуществ по сравнению с машинами с двигателями внутреннего сгорания, например, отсутствие выхлопных газов и независимость от доставки топлива. Пока технологии аккумуляторов не позволяют накапливать электрическую энергию с достаточно высокой плотностью, трудно предположить, что шахтные транспортные средства большой мощности могут быть выполнены с возможностью работы исключительно от бортовых аккумуляторов в течение значительного времени. Известное решение заключается в создании в шахте электрической сети, к которой шахтное транспортное средство с электрическим приводом подключено с помощью длинного кабеля, достаточную длину которого сматывают с кабельного барабана или катушки в задней части транспортного средства.

На фиг.1 схематично показаны некоторые компоненты традиционного шахтного транспортного средства с электрическим приводом. Электрическая сеть 101 шахты содержит точки 102 подключения, к которым может быть подключен разъем 103 шахтного транспортного средства. С барабана или катушки 105 сматывают тросовый кабель 104 такой длины, которая достаточна для того, чтобы транспортное средство могло добраться до своего рабочего местоположения. Для преобразования напряжения сети, которое составляет обычно порядка 1000В переменного тока, в напряжение более низкого уровня, например, 400В переменного тока, которое может быть подано на асинхронный двигатель 107, может быть использован трансформатор 106. Другая возможность заключается в запитывании асинхронного двигателя 107 непосредственно от напряжения сети, в данном случае трансформатор 106 не нужен, как показано с помощью соединения 114, обозначенного пунктирной линией на фиг.1. Асинхронный двигатель 107 и трансмиссия

109 транспортного средства, от которой идут приводные валы 110 и 111 к приводным колесам 112 и 113, соединены с помощью преобразователя 108 крутящего момента. Непосредственно с трансмиссией может быть соединен гидравлический насос, который в данном случае вращается всегда, пока электродвигатель получает электроэнергию от сети, так что гидравлическую мощность регулируют с помощью дроссельных клапанов. Как вариант, электроэнергия может быть подана, например, от вторичной обмотки трансформатора 106 к гидравлическим насосам, которые предназначены для поддержания давления в гидравлических средствах, используемых для функционирования рабочих механизмов, для автоматического управления кабельной катушкой 105 и для других подобных задач.

На фиг.2 показано альтернативное решение, в котором кабельное соединение между шахтным транспортным средством с электрическим приводом и электрической сетью представляет собой кабельное соединение постоянного тока. Точка 213 подключения содержит трансформатор и выпрямитель 212, а бортовая линия 201 электропитания шахтного транспортного средства является линией электропитания постоянного тока. В варианте выполнения, показанном на фиг.2, тяговый двигатель 203 и связанную с ним трансмиссию 204 приводят в действие с помощью инвертора 202, а для приведения в действие других бортовых средств, содержащих двигатели 207 и 208 переменного тока, могут быть использованы другие инверторы 205 и 206. Предусмотрен аккумулятор 209 для откатки, который подключен к линии 201 электропитания постоянного тока через преобразователь 210, выполненный с возможностью обеспечения функций преобразования постоянного тока в постоянный, зарядки аккумулятора и управления уровнем заряда.

Номинальный ток тросового кабеля 104 может стать ограничивающим фактором для работы шахтного транспортного средства с электрическим приводом. Попытка пропустить чрезмерный ток через тросовый кабель 104 вызовет нагрев материала проводника кабеля, что приведет к неблагоприятным последствиям для изолирующих слоев оболочки кабеля. В крайнем случае изоляционный материал может расплавиться или сгореть, вызвав незамедлительный отказ, но даже степени нагрева, которые ниже критических, вызывают ускоренное ухудшение характеристик изоляционного материала. Кабель, смотанный с барабана или катушки 105, рассеивает тепло гораздо эффективнее, чем плотно намотанный кабель.

Попытка заранее оценить, насколько большие токи будут встречаться во время использования, может привести к чрезмерному ограничению тока или к использованию кабеля такой толщины, что только ограниченная его длина сможет поместиться в

пространстве, имеющемся на борту шахтного транспортного средства. Для обеспечения возможности использования оптимальной длины кабеля, имеющего оптимальную толщину, было бы очень желательно использовать более интеллектуальные и универсальные способы ограничения тока.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей настоящего изобретения является создание способа и устройства для управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства так, чтобы было обеспечено оптимальное использование мощности кабеля. Другой задачей изобретения является создание таких способа и устройства, которые позволяют оптимизировать использование электроэнергии на борту шахтного транспортного средства с электрическим приводом.

Эти и другие преимущественные задачи решены путем создания способа и устройства, которые имеют признаки, перечисленные в соответствующих независимых пунктах приложенной формулы изобретения. В зависимых пунктах формулы изобретения описаны другие предпочтительные варианты выполнения изобретения.

Согласно одному аспекту предложен способ управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства с электрическим приводом. Указанный способ включает определение показателя тока эквивалентного цикла, протекающего через указанный тросовый кабель, получение одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля, определение предельного значения тока на основании указанного показателя и указанных дескрипторов и ограничение общего количества тока, потребляемого шахтным транспортным средством через указанный тросовый кабель, до значения, которое меньше указанного определенного предельного значения тока или равно ему.

Согласно одному варианту выполнения, показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока прошлого эквивалентного цикла, который протекал через указанный тросовый кабель в течение недавнего периода времени. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что фактические события недавнего прошлого могут быть приняты во внимание при определении предельного значения тока.

Согласно одному варианту выполнения, показатель тока прошлого эквивалентного цикла определяют как кумулятивную сумму мгновенных значений электрического тока, возникших в указанном тросовом кабеле, деленную на продолжительность указанного недавнего периода времени. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что относительно простым и надежным способом может быть получен достаточно

точный показатель фактически имевшего место тока.

Согласно одному варианту выполнения, показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока будущего эквивалентного цикла, который, как ожидается, будет протекать через указанный тросовый кабель в течение будущего периода времени. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что возможна предварительная установка предельного значения тока, что обеспечивает более универсальное управление.

Согласно одному варианту выполнения, в указанном способе получают показатель скорости движения шахтного транспортного средства и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя скорости движения. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что наиболее вероятное количество смотанного кабеля в ближайшем будущем может быть принято во внимание при установке предельного значения тока.

Согласно одному варианту выполнения, в указанном способе получают показатель расчетной продолжительности рабочего цикла и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя расчетной продолжительности рабочего цикла. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что информация о наиболее возможном рабочем графике может быть заранее учтена в процессе установки предельного значения тока.

Согласно одному варианту выполнения, в указанном способе получают показатель расчетной продолжительности цикла простоя и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя расчетной продолжительности цикла простоя. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что информация о наиболее возможном рабочем графике может быть заранее учтена в процессе установки предельного значения тока.

Согласно одному варианту выполнения, указанные один или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля содержат одно или более из следующего: количество указанного тросового кабеля, находящегося в настоящее время в пространстве накопителя кабеля указанного шахтного транспортного средства; температуру части указанного тросового кабеля; температуру указанного пространства накопителя кабеля. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что легко обнаруживаемые фактические условия могут оказывать динамическое воздействие на установку предельного значения тока, что приводит к повышению точности установки указанного предельного значения на приемлемом уровне.

Согласно одному варианту выполнения, в указанном способе реагируют на кратковременную потребность шахтного транспортного средства в электроэнергии, которая больше величины, допускаемой определенным предельным значением тока, путем временного увеличения количества электрической энергии, доступной в бортовой линии электропитания шахтного транспортного средства, за счет электрической энергии, получаемой от аккумулятора, находящегося на борту шахтного транспортного средства. Благодаря этому обеспечивается преимущество, состоящее в том, что возможен доступ по меньшей мере временно к большей мощности, чем та, которую может обеспечить только кабельное соединение.

Согласно второму аспекту предложено устройство для управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства с электрическим приводом. Указанное устройство содержит блок обработки, выполненный с возможностью определения показателя тока эквивалентного цикла, протекающего через указанный тросовый кабель, с возможностью получения одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля, с возможностью определения предельного значения тока на основании указанного показателя и указанных дескрипторов, и ограничитель тока, выполненный с возможностью ограничения общего количества тока, потребляемого указанным шахтным транспортным средством через указанный тросовый кабель, до значения, меньшего или равного указанному определенному предельному значению тока.

Согласно одному варианту выполнения, указанное устройство содержит преобразователь напряжения, выполненный с возможностью преобразования напряжения указанного тросового кабеля в напряжение электропитания бортовой линии электропитания шахтного транспортного средства, причем указанный ограничитель тока выполнен с возможностью управления указанным преобразователем напряжения для обеспечения выбора указанного напряжения линии электропитания указанным преобразователем напряжения в зависимости от указанного предельного значения тока.

Согласно одному варианту выполнения, блок обработки обеспечивает выполнение этапов любого из вышеописанных вариантов выполнения способа. При этом обеспечиваются те же преимущества, которые описаны выше со ссылкой на варианты выполнения способа.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Сопроводительные чертежи, которые приложены для обеспечения дальнейшего понимания изобретения и являются частью материалов данной заявки, иллюстрируют

варианты выполнения изобретения и вместе с описанием служат для пояснения принципов работы изобретения. На указанных чертежах:

фиг.1 изображает шахтное транспортное средство с электрическим приводом;

фиг.2 изображает другое шахтное транспортное средство с электрическим приводом;

фиг.3 иллюстрирует принцип динамического управления ограничением тока в шахтном транспортном средстве с электрическим приводом;

фиг.4 иллюстрирует возможные аспекты определения предельного значения тока; и

фиг.5 иллюстрирует примерные методы, которыми может быть выполнено ограничение тока.

### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

На фиг.3 схематично показаны некоторые компоненты шахтного транспортного средства с электрическим приводом. Использован тросовый кабель 301 для подключения шахтного транспортного средства к внешнему источнику электроэнергии, например, к электрической сети шахты или другой среды, в которой будет использовано шахтное транспортное средство, к специальной станции доставки электричества или, например, к генераторной тележке. Различные бортовые вспомогательные средства шахтного транспортного средства приводят в действие с помощью электрической энергии, получаемой от внешнего источника электроэнергии через тросовый кабель 301. Примерами таких вспомогательных средств являются, например, приводные средства 302, то есть, например, подъемные механизмы, используемые погрузчиком для перемещения его ковша. Другим примером бортового вспомогательного средства с электрическим приводом на борту является средство 303 для откатки, то есть тяговый механизм транспортного средства и его двигателя. Также показано вспомогательное средство 304 для зарядки аккумуляторов, охватывающее в целом все бортовые аккумуляторные средства хранения электрической энергии, а также средства управления состоянием их заряда. Вспомогательное средство 305 напряжения линии электропитания содержит средства для управления напряжением (напряжениями) линии электропитания (линий электропитания) шахтного транспортного средства, например, для поддержания определенного уровня напряжения силовой шины, которая использована для распределения электрической энергии от кабельного соединения и/или от бортового аккумулятора к различным другим вспомогательным средствам. Другие вспомогательные средства 306 могут содержать поддерживающие средства, например, средства освещения, вентиляции, связи, сбора и хранения данных и т.п.

Шахтное транспортное средство может содержать различные виды

пользовательских элементов 307 управления, предназначенных для использования в качестве командного интерфейса, с помощью которого пользователь может управлять операциями шахтного транспортного средства. Если шахтное транспортное средство является средством пилотируемого типа, где пользователь фактически находится на борту, пользовательские элементы 307 управления могут содержать средства управления, используемые в кабине водителя, например, джойстики, рулевые колеса, кнопки, рычаги управления, клавиатуры, сенсорные экраны и т.п. Если шахтное транспортное средство имеет дистанционное управление, аналогичные пользовательские элементы управления могут быть расположены на станциях дистанционного управления, так что бортовые пользовательские элементы 307 управления являются только средствами связи, которые выполнены с возможностью передачи дистанционно заданных команд на соответствующие компоненты шахтного транспортного средства.

Шахтное транспортное средство может содержать также автоматические элементы 308 управления, которые обеспечивают контроль по меньшей мере некоторых операций шахтного транспортного средства без участия пользователя. Примеры автоматических элементов управления содержат, например, средство управления, которое управляет кабельной катушкой или барабаном для обеспечения наличия только требуемого количества тросового кабеля в любой момент времени. Не обязательно проводить резкое различие между пользовательскими элементами 307 управления и автоматическими элементами 308 управления, так как многие функции управления могут включать различные степени автономной работы, одновременно обеспечивая пользователю возможность отмены или направления их при необходимости. Примером случая, когда одновременно задействованы и пользовательское, и автоматическое управление, является случай, когда пользователь активировал тормоза для замедления движения транспортного средства, а автоматическое средство принимает решение, в какой степени торможение может быть осуществлено путем регенерации электрической энергии из кинетической энергии движения и насколько (при необходимости) такая регенерация должна быть дополнена использованием гидравлического или механического тормоза, который просто преобразует кинетическую энергию в тепло.

Пользовательские элементы 307 управления и автоматические элементы 308 управления обеспечивают влияние на средство 309 управления питанием вспомогательных средств. В качестве простого примера пользователь, который обеспечивает ускорение транспортного средства вперед, по существу обеспечивает команду направления большей мощности на вспомогательное средство 303 для откатки. Общая кратковременная

мощность, направленная на все вспомогательные средства с помощью функций 309 управления питанием, определяет кратковременное количество электрического тока, которое необходимо провести через тросовый кабель 301. Очевидно, что существует предел того, сколько электрического тока может быть выработано, поэтому степень, в которой команды от пользовательских элементов 307 управления и автоматических элементов 308 управления могут фактически обеспечивать влияние на подачу питания к вспомогательным средствам, имеет свои пределы. В частности, электрический ток, проходящий через тросовый кабель 301, должен быть ограничен значением меньшим, чем предельное значение тока, для предотвращения вредных или опасных последствий из-за чрезмерного тока, например, опасного перегрева какой-либо части тросового кабеля 301.

Способ управления электрическим током в тросовом кабеле 301 шахтного транспортного средства с электрическим приводом также обеспечивает преимущество, состоящее в определении показателя тока эквивалентного цикла, протекающего через тросовый кабель 301. Ток эквивалентного цикла – это значение силы тока, которое показывает, какое постоянное количество непрерывного электрического тока вызовет такую же нагрузку тросового кабеля (и, следовательно, такую же величину нагрева), как и фактический, возможно, циклически изменяющийся среднеквадратичный переменный или постоянный ток. Говоря о токе эквивалентного цикла, который «протекает» через тросовый кабель, можно иметь в виду либо прошлый ток, который протек через кабель, либо будущий ток, который, как ожидается, будет протекать через тросовый кабель, либо и то, и другое. Эти случаи (прошлый ток и будущий ток) будут более подробно рассмотрены далее в данном описании.

Способ управления электрическим током в тросовом кабеле 301 шахтного транспортного средства с электрическим приводом также обеспечивает преимущество, состоящее в получении одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля 301. Динамически изменяющиеся условия – это такие условия, изменение которых происходит со временем при нормальной эксплуатации шахтного транспортного средства, часто нерегулярно и достаточно тесно связанные с тем, как используют шахтное транспортное средство, так что точный прогноз изменений этих условий затруднено или невозможно. Примеры дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля включают, без ограничений, количество указанного тросового кабеля, находящегося в настоящее время в пространстве накопителя кабеля указанного шахтного транспортного средства, температуру части указанного тросового кабеля и температуру указанного пространства

накопителя кабеля. На фиг.3 они схематично представлены как датчик 310 количества троса и датчик 311 температуры.

Измерение количества тросового кабеля, находящегося в данное время в пространстве накопителя кабеля шахтного транспортного средства, может быть заменено или расширено его дополнением, а именно, измерением количества смотанного тросового кабеля. Идея здесь заключается в том, чтобы оценить, сколько тросового кабеля находится на катушке или барабане или иным образом плотно упаковано, так что его возможности по рассеиванию выделяемого тепла гораздо более ограничены, чем если бы он находился в свободном пространстве. Чем большая часть кабеля была смотана, тем больше он может выделять тепла и, следовательно, тем больше тока может быть пропущено через него без риска перегрева.

Измерение температуры либо непосредственно кабеля, либо косвенно пространства накопителя кабеля или его ближайшего окружения дает представление о том, насколько сильно кабель уже нагрелся. Чем выше его текущая температура, тем меньше возможностей для дополнительного нагрева. Кроме того, многократное измерение температуры и объединение этой информации с информацией о том, сколько тока фактически прошло через кабель и насколько плотно был упакован кабель, накапливает сведения о том, как каждое возможное количество тока повлияет на температуру в будущем.

На фиг.3 также схематично показаны средство 312 для измерения фактического значения электрического тока, протекающего через тросовый кабель 301, и средство 313 для предоставления информации о времени. Кроме того, возможно хранение параметров 314 любого рода, например, критических значений температуры, которые не должны быть превышены, длины кабеля и характеристики пространства накопителя (которые могут быть использованы для расчета количества плотно упакованного кабеля, если измерено количество смотанного кабеля), и т.п.

Любой или все показатели, дескрипторы и другая информация, представленная выше, могут быть использованы для определения предельного значения тока на их основе. Другими словами, функциональность, представленная блоком 315 на фиг.3, может быть использована для динамического определения того, какой ток может быть пропущен через тросовый кабель 301 в ближайшее время. В схематическом представлении на фиг.3 определенное предельное значение тока выполнено в качестве входной информации для средства 309 управления питанием, при этом задача состоит в том, чтобы сообщить средству 309 управления питанием, сколько общей мощности доступно для распределения между всеми различными вспомогательными средствами.

В качестве первого варианта возможно рассмотрение реактивной формы ограничения тока, в которой упомянутый выше показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока прошлого эквивалентного цикла, который протекал через указанный тросовый кабель в течение недавнего периода времени. Этот показатель может быть задан, например, в качестве кумулятивной суммы мгновенных значений электрического тока, возникших в указанном тросовом кабеле, деленной на длину указанного недавнего периода времени. Под мгновенными значениями электрического тока здесь понимаются абсолютные значения, так как любой протекающий ток вызывает нагрев независимо от его направления. Комбинируя такую накопленную информацию о том, сколько тока недавно протекало в тросовом кабеле, с информацией, например, о текущей температуре тросового кабеля и последней тенденции ее развития, возможно сделать вывод о том, возможно ли обеспечения того же уровня тока в тросовом кабеле, возможно ли его увеличение (в ответ на то, что температура не показывает чрезмерно высоких значений или тенденцию к увеличению), или требуется его уменьшение (в ответ на то, что температура показывает чрезмерно высокие значения или тенденцию к увеличению).

В качестве второго варианта возможно рассмотрение прогнозируемой формы ограничения тока, в которой показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока будущего эквивалентного цикла, который, как ожидается, будет протекать через тросовый кабель в течение будущего периода времени. Существует различная информация, которая может быть получена и использована для такого прогнозируемого ограничения тока.

Одной из форм такой информации является показатель скорости движения шахтного транспортного средства. Может быть достаточно получить показатель того, является ли скорость положительной (т.е. направленной в сторону от исходного положения, в котором тросовый кабель был подсоединен к точке соединения) или отрицательной (т.е. направленной в сторону точки соединения). В соответствии с данными определениями, положительная скорость означает, что из пространства накопителя смотано больше кабеля, что, в свою очередь, означает, что тепло будет более эффективно отведено от тросового кабеля в целом в ближайшем будущем. Соответственно, отрицательная скорость означает, что в пространство накопителя намотано большее количество кабеля, что соответствующим образом сказывается на его способности рассеивать выделяемое тепло. Дополнительно или в качестве варианта показатель скорости движения может указывать на величину скорости. Большая величина скорости означает большую вероятность того, что шахтное транспортное средство находится в процессе перемещения на большое расстояние,

что означает, например, большую вероятность того, что вспомогательное средство для откатки потребует большого количества питания в течение значительного будущего периода времени. Показатель тока будущего эквивалентного цикла может быть рассчитан по меньшей мере частично на основании полученного показателя скорости движения.

Другая форма информации, которая может быть получена и использована для прогнозируемого ограничения тока – это показатель расчетной продолжительности рабочего цикла. Для шахтных транспортных средств характерно, что их использование подчиняется довольно регулярному расписанию, например, потому что добыча полезных ископаемых происходит с чередованием процессов бурения, взрывных работ и погрузки. Водитель погрузчика может знать, что даже если погрузчик должен интенсивно работать в течение следующего периода (по меньшей мере примерно) известной продолжительности, после этого наступит период простоя, когда он практически или совсем не будет использоваться. Информация такого рода может поступать даже автоматически от средства управления шахтой или другим местом использования. Для активного периода работы может быть разрешено немного большее предельное значение тока, с учетом того, что небольшой перегрев, который может произойти, может быть компенсирован впоследствии путем предоставления достаточного времени для охлаждения нагретых частей транспортного средства.

То, что было сказано выше о получении показателя расчетной продолжительности рабочего цикла, может быть применимо к получению показателя расчетной продолжительности цикла простоя. Показатель тока будущего эквивалентного цикла может быть рассчитан по меньшей мере частично на основании полученного показателя расчетной продолжительности цикла простоя.

Показатель тока будущего эквивалентного цикла может быть более универсальным, чем одно значение. Он может содержать профиль значений тока эквивалентного цикла, который, как ожидается, будет протекать через тросовый кабель в различные моменты будущего периода времени. Дополнительно или в качестве варианта может быть рассчитано одно значение, которое учитывает предполагаемые колебания до меньших и больших значений фактического тока во времени. Это может обеспечить возможность кратковременного использования более высоких предельных значений тока, чем это было бы возможно в противном случае. Например, возможно предположить, что рабочий график шахтного транспортного средства определяет путь, который шахтное транспортное средство будет проходить достаточно регулярно. Этот путь может содержать участки с подъемами и спусками. Накопленная информация о таких факторах, как измеренное

потребление питания, измеренное ускорение, измеренное положение и обнаруженное местоположение, может сообщить, что, если принять текущую ситуацию и то, что происходило в прошлом, в следующий раз будет крутой подъем на 20 метров, после чего путь продолжится вниз на 380 метров. Если бы применялось постоянное значение ограничения тока, то шахтному транспортному средству пришлось бы проехать относительно короткий участок подъема на очень низкой скорости, чтобы потребляемая мощность вспомогательного средства для откатки не превысила фиксированное предельное значение тока. Прогнозируемое ограничение тока описанного выше типа может обеспечить потребление немного большего тока за время прохождения участка подъема в расчете на то, что после этого будет участок спуска, что обеспечит остывание нагретого кабеля.

Реактивные и прогнозирующие формы ограничения тока могут быть скомбинированы. Одна из возможностей такого комбинирования заключается в вычислении предельного значения тока в качестве взвешенной суммы того, что дали бы реактивное и прогнозируемое ограничение тока по отдельности. Весовые коэффициенты для такого взвешенного суммирования могут быть получены, например, путем наблюдения в течение длительного периода времени за тем, насколько точной была каждая из этих форм при получении хорошего предельного значения тока, или сколько изменений пришлось внести в ограничение тока позднее в зависимости от тех или иных причин, потому что какой-то предел безопасности или порог эффективности срабатывал при применении рассчитанного предельного значения тока. Другая возможность такого комбинирования заключается в оценке надежности того, что реактивное и прогнозируемое ограничения тока обеспечивают по отдельности, например, с помощью способов статистического анализа надежности, и в выборе предельного значения тока, которое связано с наилучшей оценкой надежности. Еще одна возможность – это обеспечение приоритета входной информации, предоставленной пользователем или другим надежным источником при определении нового предельного значения тока, по отношению к другой входной информации, например, когда пользователь знает, что после очень короткого, но интенсивного рабочего периода ожидается длительный период простоя. Также возможно предложение других путей комбинирования реактивных и прогнозирующих форм ограничения тока.

Указанный способ может также включать реагирование на кратковременную потребность шахтного транспортного средства в электроэнергии, которая больше величины, допускаемой заданным предельным значением тока, путем временного увеличения количества электрической энергии, доступной в бортовой линии электропитания шахтного транспортного средства, за счет электрической энергии,

получаемой от аккумулятора, находящегося на борту шахтного транспортного средства. Такой способ может быть использован вместо прохождения (или в дополнение к прохождению) немного большего тока через кабель в вышеописанном примере подъема-спуска. Шахтное транспортное средство может использовать часть заряда, накопленного в аккумуляторе во время подъема, для увеличения мощности, доступной для вспомогательного средства для откатки. Шахтное транспортное средство выполнено с возможностью осуществления по меньшей мере части необходимого торможения на участке спуска путем рекуперации электрической энергии и ее накопления в аккумуляторе для восполнения заряда, который был израсходован на участке подъема.

На фиг.4 схематично показано, что шахтное транспортное средство с электрическим приводом описанного выше типа может содержать блок 401 обработки, который выполнен с возможностью определения показателя тока эквивалентного цикла, который протекает через тросовый кабель. Блок 401 обработки также выполнен с возможностью получения одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля и с возможностью определения предельного значения тока на основании указанного показателя и указанных дескрипторов.

В качестве факторов, обеспечивающих увеличение предельного значения тока, показаны (возможно, большая) положительная скорость движения, короткий расчетный рабочий цикл, длинный расчетный цикл простоя, (относительно) короткая длина кабеля, низкая температура кабеля, низкая температура пространства накопителя кабеля и небольшое потребление тока в последнее время. Противоположные факторы показаны как факторы, обеспечивающие уменьшение предельного значения тока.

Блок 401 обработки может быть компьютером, который запрограммирован на выполнение подходящей управляющей программы. Компьютер может быть бортовым вычислительным блоком шахтного транспортного средства (или частью такого блока), или это может быть специальное вычислительное средство, расположенное в другом месте, а не в бортовом вычислительном блоке шахтного транспортного средства.

На фиг.5 схематично показано, как шахтное транспортное средство с электрическим приводом может содержать ограничитель 501 тока, выполненный с возможностью ограничения общего количества тока, потребляемого шахтным транспортным средством через его тросовый кабель 301, до значения, меньшего или равного определенному предельному значению тока. Один из способов выполнения такого ограничения тока заключается в воздействии на преобразование напряжения на линии питания шахтного транспортного средства. На фиг.5 предположено, что предложенное устройство содержит

первый преобразователь 502 напряжения, выполненный с возможностью преобразования напряжения тросового кабеля 301 в напряжение бортовой линии 503 электропитания шахтного транспортного средства. Из бортовой линии 503 электропитания возможно выполнение дальнейших преобразований 504 напряжения в напряжения, необходимые различным вспомогательным средствам 505-507 шахтного транспортного средства. Ограничитель 501 тока выполнен с возможностью управления по меньшей мере преобразователем 502 напряжения для обеспечения выбора напряжения линии электропитания в зависимости от предельного значения тока. Разница в напряжении кабеля и напряжении линии электропитания определяет, в конечном итоге, величину тока, который будет проходить через тросовый кабель 301.

Как показано пунктирной линией на фиг.5, не исключено, что ограничитель тока в шахтном транспортном средстве с электрическим приводом может иметь даже некоторую мощность для подачи команд на преобразователи 508 напряжения, если таковые имеются, в электрической сети с тем же намерением, т.е. для создания разницы в напряжении кабеля (получаемым из указанной сети) и напряжении линии электропитания, имеющей подходящее значение, которое затем определяет величину тока, протекающего через тросовый кабель 301. Этот вид косвенного управления может быть выполнен, например, так, что блок связи шахтного транспортного средства передает запрос в центральное средство управления шахты, которое затем обеспечивает принятие решения, может ли этот запрос быть принят или нет.

Специалисту в данной области очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована по-разному. Таким образом, изобретение и варианты его выполнения не ограничены описанными выше примерами, а могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства с электрическим приводом, включающий  
определение показателя тока эквивалентного цикла, протекающего через указанный тросовый кабель,  
получение одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля,  
определение предельного значения тока на основании указанного показателя и указанных дескрипторов, и  
ограничение общего количества тока, потребляемого шахтным транспортным средством через указанный тросовый кабель, до значения, которое меньше указанного определенного предельного значения тока или равно ему.
2. Способ по п.1, в котором указанный показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока прошлого эквивалентного цикла, который протекал через указанный тросовый кабель в течение недавнего периода времени.
3. Способ по п.2, в котором указанный показатель тока прошлого эквивалентного цикла определяют как кумулятивную сумму мгновенных значений электрического тока, возникших в указанном тросовом кабеле, деленную на продолжительность указанного недавнего периода времени.
4. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанный показатель тока эквивалентного цикла содержит показатель тока будущего эквивалентного цикла, который, как ожидается, будет протекать через указанный тросовый кабель в течение будущего периода времени.
5. Способ по п.4, в котором получают показатель скорости движения шахтного транспортного средства и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя скорости движения.
6. Способ по п.4 или 5, в котором получают показатель расчетной продолжительности рабочего цикла и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя расчетной продолжительности рабочего цикла.
7. Способ по любому из п.п.4-6, в котором получают показатель расчетной

продолжительности цикла простоя и рассчитывают показатель тока будущего эквивалентного цикла по меньшей мере частично на основании полученного показателя расчетной продолжительности цикла простоя.

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанные один или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля включают одно или более из следующего:

количество указанного тросового кабеля, находящегося в настоящее время в пространстве накопителя кабеля указанного шахтного транспортного средства,

температуру части указанного тросового кабеля,

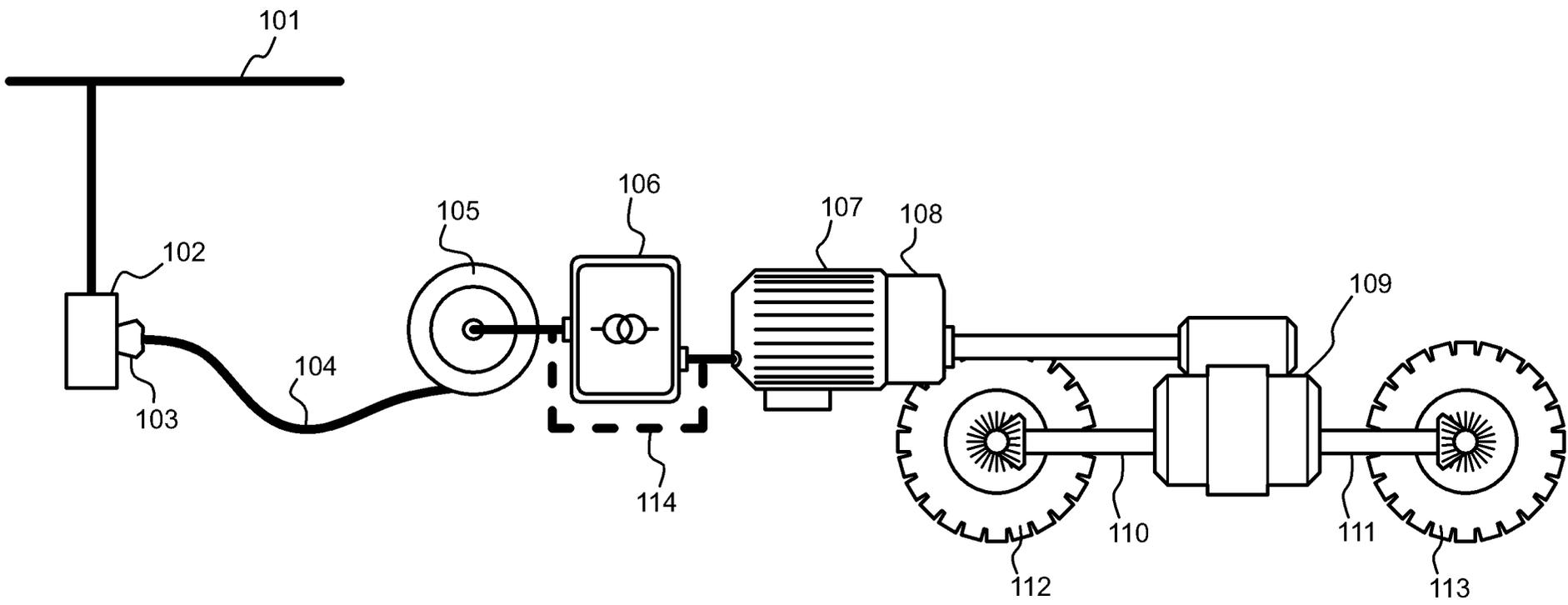
температуру указанного пространства накопителя кабеля.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором реагируют на кратковременную потребность шахтного транспортного средства в электроэнергии, которая больше величины, допускаемой определенным предельным значением тока, путем временного увеличения количества электрической энергии, доступной в бортовой линии электропитания шахтного транспортного средства, за счет электрической энергии, получаемой от аккумулятора, находящегося на борту шахтного транспортного средства.

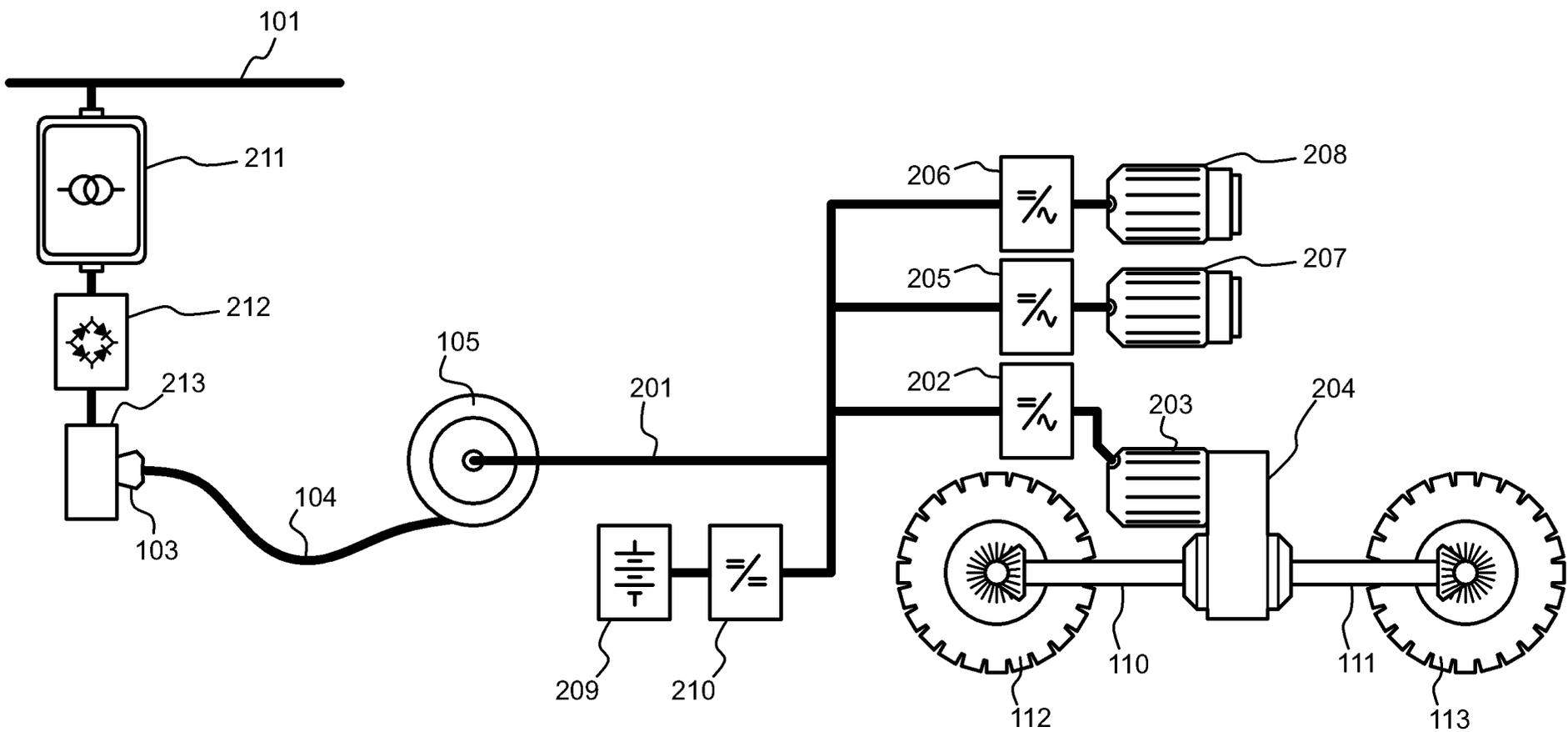
10. Устройство для управления электрическим током в тросовом кабеле шахтного транспортного средства с электрическим приводом, содержащее блок обработки, выполненный с возможностью определения показателя тока эквивалентного цикла, протекающего через указанный тросовый кабель, с возможностью получения одного или более дескрипторов фактического состояния динамически изменяющихся условий тросового кабеля и с возможностью определения предельного значения тока на основании указанного показателя и указанных дескрипторов, и ограничитель тока, выполненный с возможностью ограничения общего количества тока, потребляемого указанным транспортным средством через указанный тросовый кабель, до значения, которое меньше указанного определенного предельного значения тока или равно ему.

11. Устройство по п.10, которое содержит преобразователь напряжения, выполненный с возможностью преобразования напряжения указанного тросового кабеля в напряжение электропитания бортовой линии электропитания шахтного транспортного средства, причем ограничитель тока выполнен с возможностью управления указанным преобразователем напряжения для обеспечения выбора указанного напряжения линии электропитания указанным преобразователем напряжения в зависимости от указанного предельного значения тока.

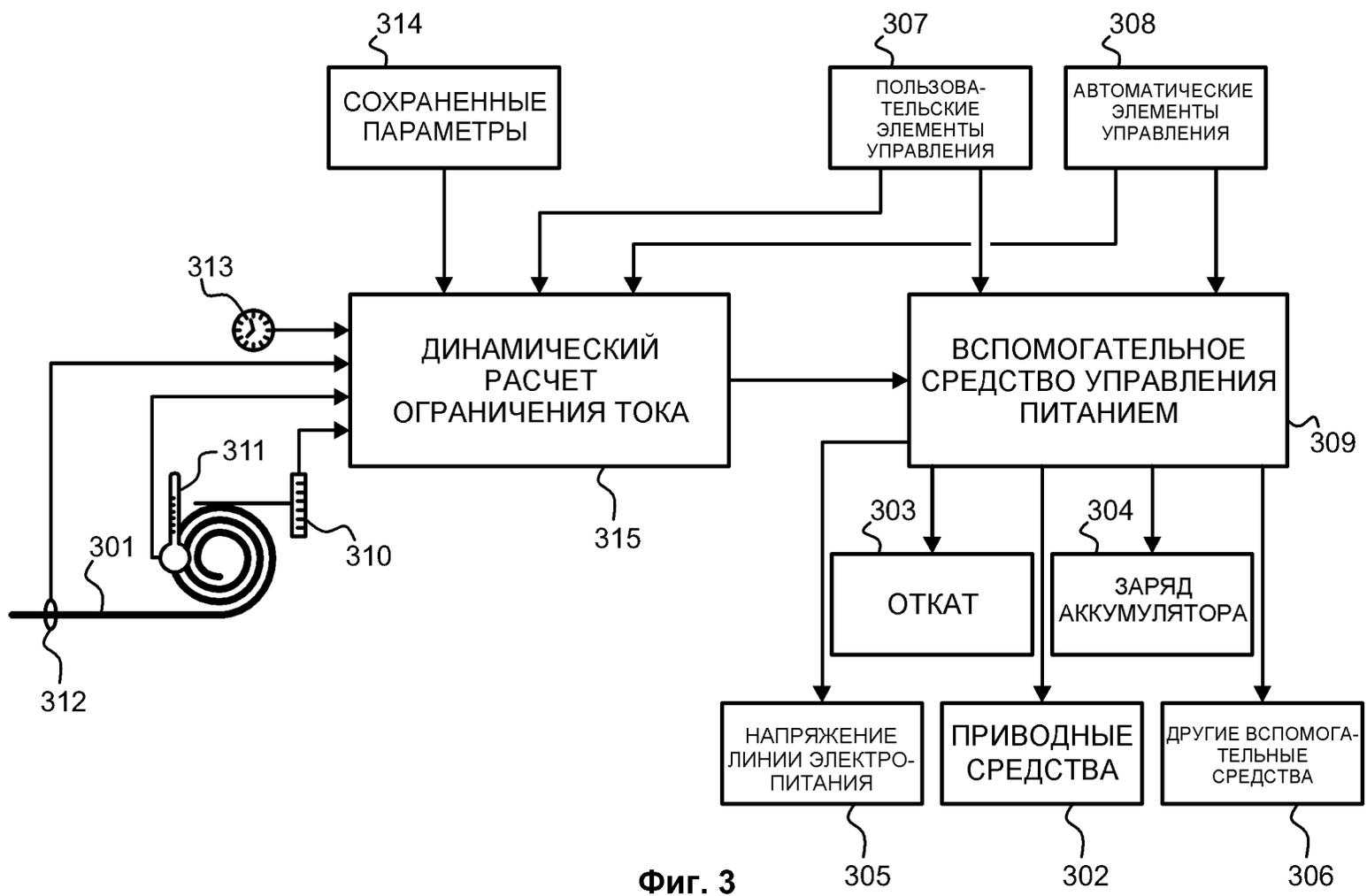
12. Устройство по п.п.10 или 11, в котором блок обработки выполнен с возможностью выполнения этапов способа по любому из п.п.1-9.



Фиг. 1



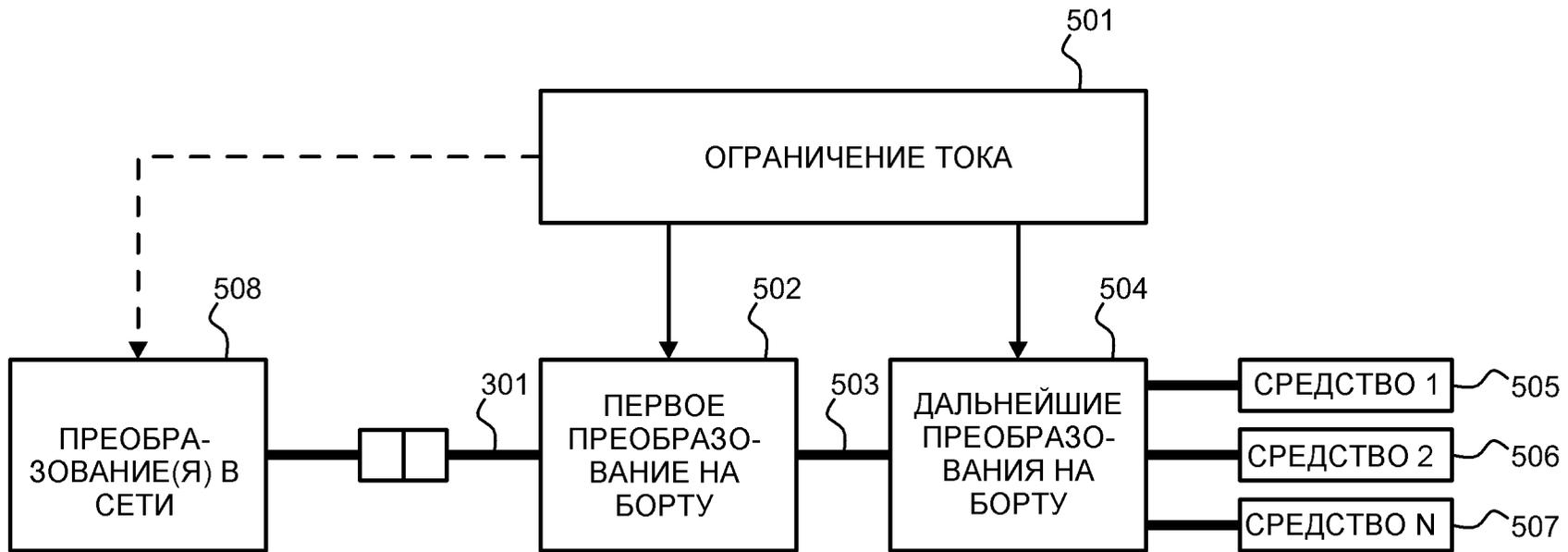
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4 401



Фиг. 5