

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039900**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.25

(51) Int. Cl. **B60T 13/66** (2006.01)
B60T 17/22 (2006.01)

(21) Номер заявки
202191252

(22) Дата подачи заявки
2019.11.14

**(54) ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

(31) 102018000010349

(56) WO-A1-2018189693
DE-A1-102013201630
WO-A2-2013144543

(32) 2018.11.15

(33) IT

(43) 2021.09.30

(86) PCT/IB2019/059778

(87) WO 2020/100076 2020.05.22

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФАЙВЕЛЕ ТРАНСПОРТ ИТАЛИА
С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:
Тионе Роберто (IT)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Описана электронная система (500) управления торможением железнодорожного транспортного средства, содержащая модуль (501) экстренного торможения, который вырабатывает соответствующий промежуточный сигнал тормозного давления (523, 605), указывающий на экстренное торможение, и модуль (507) служебного торможения, который вырабатывает соответствующий сигнал (535) давления служебного торможения; при этом модуль (501) экстренного торможения выполнен с возможностью выработки управляющего сигнала (524) тормозного давления, соответствующего сигналу (535) давления служебного торможения, когда наибольший из одного или более промежуточных сигналов (523, 605) тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, меньше заранее заданного порога (529); выработки управляющего сигнала (524) тормозного давления, соответствующего наибольшему из одного или более промежуточных сигналов (523, 605) тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, когда наибольший из одного или более промежуточных сигналов тормозного давления, указывающих на экстренное торможение (523, 605), равен или превышает указанный порог (529), и преобразования управляющего сигнала тормозного давления (524) электропневматическим приводом (506).

B1**039900****039900****B1**

Область техники

Настоящее изобретение в общем относится к области железнодорожных тормозных систем и, в частности, к системе управления торможением железнодорожного транспортного средства.

Уровень техники

Обычные железнодорожные тормозные системы выполняют различные функции в зависимости от состояния, в котором находится железнодорожное транспортное средство. Известны две главные функции: "служебное торможение" и "экстренное торможение".

Служебное торможение представляет собой состояние, в котором железнодорожное транспортное средство замедляется во время обычных этапов эксплуатации. В этом состоянии торможение должно быть гарантировано с вероятностью отказа менее 10^{-7} . Эта величина соответствует уровню полноты безопасности (Safety Integrity Level) SIL2, относящемуся к стандарту EN50126.

Экстренное торможение представляет собой состояние, в котором поезд должен обеспечить торможение в пределах тормозного пути, установленного международными стандартами, при этом вероятность того, что рабочие характеристики не будут достигнуты, обычно должна быть равна или меньше 10^{-9} . Эта величина соответствует уровню полноты безопасности SIL4 стандарта EN50126.

Что касается служебного торможения, тормозными системами для железнодорожных транспортных средств теперь полностью управляют электронные средства, взаимодействующие с системами управления тяговыми двигателями, в которых используется рекуперация во время торможения (электродинамический тормоз), и с системой управления и контроля поездов (TCMS, Train Control and Monitoring System) для непрерывного обмена диагностической информацией и управления в реальном времени режимами компенсации в связи с возможными отказами системы служебного торможения или электродинамического тормоза.

Такой вариант выполнения с использованием электронных систем позволил значительно повысить комфорт пассажиров, например, благодаря обеспечению терпимых вариаций ускорения или динамической компенсации изменения коэффициентов трения трущихся материалов с переменной скоростью при сохранении однородного замедления.

С другой стороны, эти электронные системы управления служебным торможением становятся все более сложными и основываются на микропроцессорной архитектуре, включающей большие объемы программного кода, связанного не только с процессами в реальном времени для управления тормозами, но и с управлением процессами диагностики всей тормозной системы и управлением сложными протоколами связи, такими как Ethernet или MVB. Поэтому основные операторы в этом секторе предпочитают использовать на шаге экстренного торможения чисто пневматические решения.

Доказательством этому служит выход железнодорожного стандарта EN16185. Этот документ стандартизирует тормозные системы, обеспечивающие два конкурирующих пневматических канала для запроса экстренного торможения.

Причина этого выбора операторами связана с внутренним высоким коэффициентом безопасности и надежности, продемонстрированным с течением времени используемой пневматической архитектурой и пневматическими компонентами по сравнению с более низкой надежностью электронных систем. Более низкая их надежность связана, главным образом, с потенциальным наличием дефектов программного обеспечения общего типа, которые могут произойти одновременно во всем поезде при экстренном торможении, частично или полностью препятствуя соблюдению требуемых тормозных путей.

Однако этот технологический выбор начинает вступать в конфликт с возрастающими требованиями точности соблюдения тормозных путей во время экстренного торможения.

Недостатком пневматических систем и компонентов являются неточности, вызванные зависимостью от температуры пружин и резиновых субкомпонентов, а также их старением.

Последующий европейский стандарт EN15611 налагает строгие ограничения на допуски вышеуказанных пневматических систем и компонентов, которые трудно и очень дорого обеспечивать.

Известный специалистам пример пневматической тормозной системы, объединяющей служебное торможение и экстренное торможение, показан на фиг. 1.

Давление в главном трубопроводе 101 регулируется тормозным краном 102 в переменном диапазоне давлений между 5 и 3,5 бар, при этом 5 бар - это величина, соответствующая запросу отсутствия торможения, а 3,5 бар соответствует максимальному служебному торможению.

Аварийная кнопка 103 сбрасывает давление в главном трубопроводе ниже 3,5 бар, что соответствует запросу экстренного торможения. Распределительный клапан 104 регулирует давление на своем выходе в зависимости от давления в главном трубопроводе 101 согласно графику, показанному на фиг. 2.1.

При давлении в главном трубопроводе, равном 5 бар, давление на выходе распределительного клапана 104 равно нулю и соответствует запросу отсутствия торможения.

Для величины давления в главном трубопроводе между 5 и 3,5 бар давление на выходе клапана меняется линейно между 0 и 3,8 бар; при этом 3,8 бар - это давление, соответствующее экстренному торможению.

Для давления в главном трубопроводе ниже 3,5 бар давление на выходе клапана остается равным 3,8 бар или давлению, соответствующему экстренному торможению.

Назначение аварийной кнопки 103 заключается в разрядке главного трубопровода, чтобы привести давление ниже 3,5 бар намного быстрее, чем это сделает тормозной кран, ускоряя переход из состояния служебного торможения в состояние экстренного торможения.

Клапан 105 порожнего и груженого режимов, известный специалистам также как VCAV от французского определения "Vide-Chargè Auto-Variable", служит для коррекции давления, поступающего в тормозной цилиндр 106, в зависимости от весовой нагрузки транспортного средства в соответствии с характеристикой, показанной на фиг. 2.2.

Целью последней функции является ограничение давления согласно доступному сцеплению, которое заложено на стадии проектирования транспортного средства, другими словами - обеспечить максимально возможное тормозное давление, выше которого была бы превышена доступная сила сцепления. Преодоление доступной силы сцепления привело бы к блокировке осей с последующим скольжением колеса и потерей тормозного усилия вследствие перехода от трения качения к трению скольжения с колес.

Распределительный клапан 104 и клапан 105 порожнего и груженого режимов, схематично показанные на фиг. 3 и 4, являются чрезвычайно сложными пневматическими компонентами.

В частности, в каждом новом приложении клапан 105 порожнего и груженого режимов требует доработки внутренних деталей, например, нагрузки пружин или коэффициента масштабирования платформы, поскольку необходимо приспособиться к новым диапазонам веса между пустой платформой и полной нагрузкой транспортного средства и сцеплению, доступному в данном приложении.

Кроме того, обычно принято иметь различные конфигурации субкомпонентов для клапанов 105 порожнего и груженого режимов для одного и того же поезда при изменении диапазона "пустая платформа - полная нагрузка" между различными транспортными средствами, составляющими сам поезд, например между моторными вагонами и прицепными вагонами.

Наконец, во время эксплуатации поезда непрерывные запросы на перекалибровку включают частую замену самих субкомпонентов, пока не будет достигнута правильная конфигурация.

Реализация электронных систем для железнодорожных приложений в настоящее время регулируется следующими европейскими железнодорожными стандартами:

EN50126 "Железнодорожные приложения. Спецификация и демонстрация надежности, доступности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS, reliability, availability, maintainability and safety). Основные требования и общий процесс";

EN50128 "Железнодорожные приложения. Системы связи, передачи и обработки сигналов - Программное обеспечение для железнодорожных систем управления и защиты";

EN50129 "Железнодорожные приложения. Системы связи, передачи и обработки сигналов. Электронные системы для передачи сигналов, связанные с обеспечением безопасности".

В частности, стандарт EN50126 определяет методологию для назначения уровней безопасности SIL0/1/2/3/4 подсистемам на основе результатов анализа безопасности, а стандарты EN50128 и EN50129 определяют критерии разработки, применяемые к компонентам программного и аппаратного обеспечения, на основе назначенных уровней SIL.

На основе применения указанных выше стандартов можно сформулировать следующие положения и принципы:

электронные системы, используемые для реализации функции служебного торможения, в общем случае могут быть выполнены согласно предписаниям, заданным вышеуказанными стандартами и ограничивающим указанную реализацию уровнями безопасности не выше SIL2;

электронные системы, используемые для реализации функции экстренного торможения, могут быть выполнены согласно предписаниям, заданным вышеуказанными правилами и ограничивающим указанную реализацию уровнями безопасности не ниже SIL3.

Обеспечение соответствия электронных систем уровням $SIL \leq 2$ для управления служебным торможением является известным уровнем техники; напротив, очень сложно и трудоемко разработать и обслуживать электронные системы, которые удовлетворяют уровням $SIL \geq 3$.

Отношение сложности и стоимости разработки для сертификации между системами $SIL \leq 2$ и системами $SIL \geq 3$, как правило, лежит в диапазоне между 1:20 и 1:40.

Кроме того, уполномоченные органы и национальные агентства по обеспечению безопасности не допускают ни совместного существования программных модулей, разработанных для различных уровней SIL и выполненных посредством одной и той же аппаратной архитектуры, ни программных модулей уровня $SIL \geq 3$, выполненных посредством аппаратных архитектур $SIL \leq 2$ для электронных архитектур, которые должны достигнуть общего уровня $SIL \geq 3$.

Поэтому очевидно, что разработка единой электронной архитектуры, которая может одновременно обеспечить функцию служебного торможения, функцию экстренного торможения, диагностические и другие функции, не представляется удобной, поскольку все эти архитектуры должны быть осуществлены согласно уровням $SIL \geq 3$ с высокими расходами экономических ресурсов и времени.

В документе WO 2018189693 предложено решение вышеуказанной проблемы посредством элек-

тронной системы управления аварийным и служебным торможением железнодорожного транспортного средства, разработанной для создания тормозного давления, соответствующего большому из сигнала давления служебного торможения, поступающего из модуля служебного торможения, и сигнала давления экстренного торможения.

Однако решение, предложенное в документе WO 2018189693, не охватывает случая, когда во время экстренного торможения отключена противоюзная система.

Как описано выше, экстренное торможение требует соответствия общим уровням безопасности SIL4 стандарта EN50126. Как следствие, известно, что в общем случае устройства, благодаря которым достигается экстренное торможение, если они разработаны с использованием электронной технологии, должны соответствовать уровням безопасности $SIL \geq 3$ согласно стандартам EN50128 и EN50129.

В современных противогазных системах используются очень сложные алгоритмы, например, описанные в документах EP 3393873, WO 2017175108 и EP 1874601, при этом трудно достичь уровней безопасности $SIL \geq 3$ с использованием способов, рекомендованных стандартом EN50128. Это подразумевает запрос некоторыми европейскими агентствами обеспечения безопасности на железных дорогах запретить использование противогазных устройств во время экстренного торможения, несмотря на то, что противоюзные устройства могут способствовать сокращению тормозного пути в случае ухудшенного сцепления.

В этой конфигурации выбрано решение понизить давление экстренного торможения путем допущения большего тормозного пути по сравнению со служебным торможением для снижения риска возникновения юза, который при отключении противоюзной системы привел бы к неизбежной блокировке колес.

В документе WO 2018189693, где предложено всегда использовать большее из давления служебного торможения и давления экстренного торможения, в определенных случаях не выполняется требование, чтобы давление экстренного торможения было ниже, чем давление служебного торможения.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является создание электронной системы управления торможением железнодорожного транспортного средства, которая позволяет сделать функцию экстренного торможения отделенной и независимой от функции служебного торможения и других сопутствующих функций, обеспечивая полную изоляцию частей, соответствующих уровням $SIL \geq 3$, от частей, соответствующих уровням $SIL \leq 2$, но при этом создание тормозных давлений обеспечивается единственным общим исполнительным механизмом, таким образом, уменьшается стоимость разработки, установки и обслуживания полностью электронной системы управления торможением на железной дороге.

Очевидно, что управление торможением железнодорожного транспортного средства относится как к управлению служебным торможением, так и к управлению экстренным торможением.

Кроме того, система управления отдает предпочтение приложению давления экстренного торможения во время запроса экстренного торможения.

Согласно одному из аспектов изобретения вышеуказанные и другие цели и преимущества изобретения достигаются в электронной системе управления торможением железнодорожного транспортного средства, признаки которой указаны в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные варианты выполнения настоящего изобретения охарактеризованы в зависимых пунктах формулы изобретения.

Краткое описание чертежей

Ниже указаны функциональные и структурные признаки некоторых предпочтительных вариантов выполнения электронной системы управления торможением железнодорожного транспортного средства согласно изобретению. Сделаны ссылки на сопровождающие чертежи, где

на фиг. 1 упрощенно показана известная пневматическая тормозная система, объединяющая как служебное, так и экстренное торможение; для простоты не показаны главный и дополнительные резервуары, а также все сопутствующие функции, которые не являются необходимыми для иллюстрации изобретения;

на фиг. 2.1 показана передаточная функция ввод-вывод для распределительного клапана;

на фиг. 2.2 показана кривая, функционально имитирующая клапан 105 порожнего и груженого режимов, где термин "аварийная нагрузка" указывает на условия, не характерные для пассажирской нагрузки;

на фиг. 3 схематично показан распределительный клапан;

на фиг. 4 показано сечение клапана порожнего и груженого режимов;

на фиг. 5 показан вариант выполнения электронной системы управления торможением железнодорожного транспортного средства согласно изобретению;

на фиг. 6 показан второй вариант выполнения модуля экстренного торможения согласно изобретению;

на фиг. 7 показан третий вариант выполнения модуля экстренного торможения согласно изобретению;

на фиг. 8 на качественном уровне поясняется кривая уровня сцепления между колесом и рельсом как функция коэффициента сцепления и скорости транспортного средства.

Подробное описание изобретения

Перед подробным рассмотрением множества вариантов выполнения настоящего изобретения следует отметить, что изобретение не ограничено его приложением к деталям конструкции и к конфигурации компонентов, представленных в последующем описании или показанных на чертежах. Изобретение может включать и другие варианты его выполнения и может быть реализовано или осуществлено на практике различными путями. Нужно также понимать, что использованные фразы и термины приведены только для описания изобретения и не ограничивают его. Использование терминов "содержит" и "включает" и их вариантов подразумевает включение указанных элементов и их эквивалентов, а также дополнительных элементов и их эквивалентов.

Всюду в данном описании термин "модуль" предпочтительно относится к модулю, который может быть выполнен посредством электронной аппаратно-программной архитектуры, термин "подмодуль" предпочтительно указывает на подмодуль, внутри которого, в свою очередь, могут быть реализованы функции посредством программного или аппаратного обеспечения, которым управляет указанное программное обеспечение. Программное обеспечение может исполняться, например, микропроцессорами или программируемой вентильной матрицей (FPGA).

На чертежах линии, соединяющие различные подмодули в пределах модуля, предпочтительно должны рассматриваться как электрические сигналы или программные переменные.

Электронная система 500 управления торможением железнодорожного транспортного средства согласно изобретению отличается тем, что она содержит модуль 501 экстренного торможения и модуль 507 служебного торможения, каждый из которых содержит электронную архитектуру, сконфигурированную для выработки величины тормозного давления, при этом указанные электронные архитектуры являются независимыми и отдельными друг от друга.

Модуль 507 служебного торможения сконфигурирован для приема, по меньшей мере, сигнала 530 запроса замедления или служебного торможения и выработки соответствующего сигнала 535 давления служебного торможения. Модуль 501 экстренного торможения связан с указанным модулем 507 служебного торможения посредством канала 536 связи для приема указанного сигнала 535 давления служебного торможения.

Указанный модуль 501 экстренного торможения сконфигурирован для приема по меньшей мере одного сигнала, указывающего на запрос экстренного торможения, и выработки соответствующего промежуточного сигнала 523 тормозного давления, указывающего на экстренное торможение.

Модуль 501 экстренного торможения также выполнен с возможностью выработки управляющего сигнала 524 тормозного давления, соответствующего сигналу 535 давления служебного торможения, когда больший из одного или более промежуточных сигналов 523, 605 тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, ниже, чем заранее заданная пороговая величина 529 давления.

Кроме того, модуль 501 экстренного торможения также выполнен с возможностью выработки управляющего сигнала 524 тормозного давления, соответствующего большему из одного или более сигналов 523, 605 тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, когда больший из одного или более промежуточных сигналов 523, 605 тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, равен или превышает заранее заданную пороговую величину 529 давления.

Кроме того, модуль 501 экстренного торможения также выполнен с возможностью преобразования указанного управляющего сигнала 524 тормозного давления в тормозное давление путем управления электропневматическим приводом 506.

В варианте выполнения настоящего изобретения, показанном на фиг. 5, модуль 507 служебного торможения содержит подмодуль 508 вычисления давления служебного торможения, который принимает запрос 530 служебного торможения или замедления, вырабатываемый, например, манипулятором ("Запрос от тормозного рычага") посредством запроса 530 служебного торможения или замедления, и вес транспортного средства ("Вес") через первый сигнал 522 веса.

Указанный первый сигнал 522 веса представляет собой, например, но не исключительно, принятую величину давления, поступающую из подвески, или электрическое напряжение с выхода датчика положения корпуса относительно тележки.

Подмодуль 508 вычисления давления служебного торможения выполняет в режиме реального времени вычисление величины давления, необходимой для служебного торможения, соответствующего вышеуказанному запросу 530 служебного торможения или замедления, и вырабатывает соответствующий сигнал 535 давления служебного торможения, имеющий величину, соответствующую величине давления, необходимой для расчетного служебного торможения.

Величину давления, необходимую для служебного торможения, получают, объединяя, например, но не исключительно, указанный сигнал 530 запроса служебного торможения или замедления и указанный первый сигнал 522 веса посредством соответствующей функции, которая известна специалистам в данной области техники и аналогична показанной на фиг. 2.2.

Второй сигнал 531 запроса служебного торможения или замедления, поступающий из системы 532

управления и контроля поездов (TCMS), также может быть передан в подмодуль 508 вычисления давления служебного торможения из подмодуля 509 связи.

Подмодуль 509 связи управляет всеми протоколами связи, например, но не исключительно, в отношении поезда, в отношении системы TCMS 532 и в отношении тяговой системы 533.

Могут присутствовать и другие подмодули, входящие в блок 510, показанный штриховой линией. Например, но не исключительно, это могут быть подмодули управления вводом/выводом для управления и хранения диагностической информации 534 и управления отображением, подмодули связи для диагностических инструментов и другие подмодули, не связанные с экстренным торможением, что известно специалистам.

Канал 536 связи, проводной или беспроводной, используется модулем 507 служебного торможения и модулем 501 экстренного торможения для обмена информацией между собой.

Канал 536 связи может быть каналом типа "точка-точка" или может совместно использоваться другими модулями, не обязательно относящимися к функциям торможения транспортного средства. Эти другие модули на фиг. 5 не показаны.

Канал связи 536 может, например, включать шину.

Информация, в частности сигнал 535 давления служебного торможения, поступает из модуля 507 служебного торможения в модуль 501 экстренного торможения, например, но не исключительно, согласно концепции "черного канала" как указано в европейском стандарте EN50159 "Железнодорожные приложения. Системы связи, передачи и обработки сигналов. Осуществление связи, относящейся к безопасности, в системах передачи". Канал 536 связи может также быть реализован посредством проводных линий аналогового типа, например, но не исключительно, с использованием напряжения, тока, широтно-импульсной модуляции или цифрового кодирования на множестве проводов.

В модуле 501 экстренного торможения подмодуль 502 вычисления первой передаточной функции принимает по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения.

В этом варианте выполнения настоящего изобретения указанный по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, является сигналом 520 пневматического торможения, указывающим на управляющее давление тормозной системы транспортного средства, например, подходящим образом принятым сигналом давления, соответствующим величине давления в тормозном трубопроводе (обозначен позицией 101 на фиг. 1), диапазон величин которого включает по меньшей мере одну величину, соответствующую экстренному торможению.

Эта величина, соответствующая экстренному торможению, может, например, быть величиной, которая выходит за пределы заранее заданного порога. Термин "выходит за пределы" соответствует случаю, когда эта величина больше, чем заранее заданный порог, или случаю, когда эта величина меньше, чем заранее заданный порог.

Подмодуль 502 вычисления первой передаточной функции вычисляет передаточную функцию согласно кривой, показанной на фиг. 2.1, функционально имитируя распределительный клапан 104, включая такие известные специалистам подфункции, как управление резервуаром и соответствующие меры против переполнения и опустошения.

Поэтому подмодуль 502 вычисления первой передаточной функции выдает на выходе сигнал 521 давления распределительного клапана, виртуальная величина которого может соответствовать величине давления между 0 и 3,8 бар согласно имитации распределительного клапана 104.

Указанный сигнал 521 тормозного давления распределительного клапана подается на вход подмодуля 503 вычисления второй передаточной функции вместе со вторым сигналом 528 веса транспортного средства ("Вес"), соответствующим полученной величине веса транспортного средства.

Сигнал давления тормозного трубопровода и второй сигнал 528 веса транспортного средства получают согласно процессам SIL $\geq$ 3, например, но не исключительно, посредством дублирующих и взаимно диагностируемых каналов и датчиков.

В альтернативном варианте выполнения настоящего изобретения второй сигнал 528 веса транспортного средства может быть передан через канал 536 связи в подмодуль 508 запроса торможения или замедления, который будет использовать указанный второй сигнал 528 веса транспортного средства вместо того, чтобы получать первый сигнал 522 веса.

Подмодуль 503 вычисления второй передаточной функции вычисляет передаточную функцию согласно кривой, показанной на фиг. 2.2, имитируя клапан 105 порожнего и груженого режимов.

На выходе подмодуля 503 вычисления второй передаточной функции вырабатывается промежуточный сигнал 523 тормозного давления, указывающий на экстренное торможение, который представляет собой виртуальную величину давления пневматического торможения, которое нужно подать в тормозной цилиндр, после торможения, выполненного путем модуляции сигналов тормозного давления в трубопроводе. Диапазон величин, которые может принимать сигнал тормозного давления в трубопроводе, включает величину, соответствующую величине экстренного торможения. Указанная величина предпочтительно представлена максимальной величиной, которая может быть достигнута пневматическим торможением, т.е. является промежуточным сигналом 523 тормозного давления, указывающим на экстренное торможение.

Двухходовый подмодуль 504 выбора давления экстренного торможения принимает в качестве входного сигнала промежуточный сигнал 523 тормозного давления, указывающий на экстренное торможение и выработанный подмодулем 503 вычисления второй передаточной функции, и сигнал 535 давления служебного торможения, соответствующий величине давления служебного торможения и выработанный подмодулем 508 вычисления давления служебного торможения внутри модуля 507 служебного торможения.

Двухходовый подмодуль 504 выбора давления экстренного торможения выполняет функцию выбора. В частности, двухходовый подмодуль 504 выбора давления экстренного торможения передает на выход сигнал виртуального давления, соответствующий сигналу 535 давления служебного торможения, когда промежуточный сигнал 523 тормозного давления, указывающий на экстренное торможение, меньше заранее заданной пороговой величины 529 давления, и передает на выход сигнал виртуального давления, соответствующий сигналу 523 тормозного давления, указывающему на экстренное торможение, когда промежуточный сигнал 523 тормозного давления, указывающий на экстренное торможение, равен или больше заранее заданной пороговой величины 529 давления.

Заранее заданная пороговая величина 529 может быть представлена величиной, доступной в коде модуля 501 экстренного торможения.

Управляющий сигнал 524 тормозного давления поступает затем в подмодуль 505 регулировки давления, который обеспечивает управление электропневматическим приводом 506 посредством подходящих двунаправленных электрических сигналов 525, преобразуя управляющий сигнал 524 тормозного давления на входе модуля 505 в реальное давление на входе тормозного цилиндра 527.

Специалистам известны дополнительные элементы, типичные для железнодорожной тормозной системы и относящиеся к электропневматическому приводу 506, такие как дополнительные резервуары или противоюзные системы управления, не показанные на фиг. 5, так как они в строгом смысле не связаны с сущностью настоящего изобретения.

Предлагаемое решение выдвигает на первый план функциональную независимость и независимость в принятии решений модуля 501 экстренного торможения от модуля 507 служебного торможения.

Если модуль 501 экстренного торможения разработан согласно критериям $SIL \geq 3$, то вероятность, что запрос пневматического торможения, включая по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, соответствующий максимальной величине пневматического торможения, не будет применен к тормозному цилиндру 527, находится в пределах критериев, обычно применяемых для эквивалентной традиционной пневматической системы, но при этом обеспечиваются меньшая стоимость и более высокая точность.

Кроме того, для любого типа отказов аппаратного или программного обеспечения, которые могут произойти в модуле 507 служебного торможения, двухходовый подмодуль 504 выбора давления экстренного торможения в модуле 501 экстренного торможения в любом случае отдаст предпочтение запросу экстренного торможения, что всегда позволит привести общую систему в безопасное состояние.

Поэтому это решение позволяет обеспечить разработку модуля 507 служебного торможения согласно уровням безопасности $SIL \leq 2$, как это имеет место в известном уровне техники, что не увеличивает затраты на разработку и периодические издержки при сохранении неизменными функциональных рабочих характеристик.

На фиг. 6 показан второй вариант выполнения модуля 501 экстренного торможения. Модуль 501 экстренного торможения, в целом разработанный согласно критериям $SIL \geq 3$, по меньшей мере частично, копирует конструкцию, описанную в предыдущем варианте выполнения настоящего изобретения, но также содержит заранее установленный подмодуль 602 назначения давления экстренного торможения.

Заранее установленный подмодуль 602 назначения давления экстренного торможения принимает в качестве входного второй сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения. Второй сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, в этом варианте выполнения настоящего изобретения является сигналом 604, указывающим на запрос экстренного торможения, поступающий, например, но не исключительно, из аварийного электрического контура.

Аварийный электрический контур, такой как электрическая цепь, способен обнаружить условие экстренного торможения и, следовательно, выработать сигнал 604, указывающий на запрос экстренного торможения.

В случае запроса экстренного торможения посредством сигнала 604, указывающего на запрос экстренного торможения и поступившего из аварийного электрического контура, заранее установленный подмодуль 602 назначения давления экстренного торможения назначает заранее заданную виртуальную величину давления соответствующему сигналу 605 давления экстренного торможения.

Вместо двухходового подмодуля 504 выбора давления экстренного торможения имеется трехходовый подмодуль 606 выбора давления экстренного торможения, который выполняет функцию выбора.

В частности, трехходовый подмодуль 606 выбора давления экстренного торможения

а) выдает на выходе сигнал виртуального давления, соответствующий сигналу 535 давления служебного торможения, когда больший из сигнала 605 давления экстренного торможения, поступающий из

аварийного электрического контура, и промежуточного сигнала 523 тормозного давления, указывающего на экстренное торможение, ниже, чем заранее заданная пороговая величина 529 давления, и

б) выдает на выходе больший из сигнала 605 давления экстренного торможения, поступающего из аварийного электрического контура, и промежуточного сигнала тормозного давления 523, указывающего на экстренное торможение, когда больший из сигнала 605 давления экстренного торможения, поступающего из аварийного электрического контура, и промежуточного сигнала тормозного давления 523, указывающего на экстренное торможение, равен или превышает заранее заданную пороговую величину 529 давления.

Управляющий сигнал 607 тормозного давления, поступающий из трехходового подмодуля 606 выбора давления экстренного торможения, поступает затем в подмодуль 505 регулировки давления, который управляет электропневматическим приводом 506 посредством подходящих двунаправленных электрических сигналов 525, преобразуя управляющий сигнал виртуального тормозного давления 607 на входе модуля 505 в реальное давление на входе тормозного цилиндра 527.

Посредством подмодулей модуля 501 экстренного торможения можно создать различные комбинации, например, модулируя величину сигнала 605 давления экстренного торможения величиной сигнала 528 веса транспортного средства с помощью второго подмодуля 503 вычисления второй передаточной функции, прежде чем послать указанную величину сигнала 605 давления экстренного торможения в трехходовый подмодуль 606 выбора.

В варианте выполнения настоящего изобретения (не показан) по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, может представлять собой только один сигнал 604, указывающий на запрос экстренного торможения и поступающий, например, но не исключительно, из аварийного электрического контура.

В другом неисключительном варианте выполнения настоящего изобретения модуль 501 экстренного торможения может не использовать сигнал тормозного давления в трубопроводе, а использовать лишь сигнал 605 давления экстренного торможения, модулированный или не модулированный сигналом 528 веса.

Расширение того, что описано на фиг. 5 и 6, показано на фиг. 7, согласно которой во время экстренного торможения используется электродинамический рекуперативный тормоз.

Управление тягой в настоящее время включает инверторы, основанные на архитектуре процессора цифрового сигнала (DSP), которая не подходит для разработки согласно критериям $SIL \geq 3$.

Поэтому невозможно направить запрос экстренного торможения прямо в системы тяги, если непрерывно не контролировать регулировку тягового усилия системой $SIL \geq 3$ во время экстренного торможения.

На фиг. 7 иллюстрируется третий вариант выполнения модуля 501 экстренного торможения, разработанного полностью согласно критериям $SIL \geq 3$.

Подмодуль 702 принятия решения, называемый также "смесительным модулем", выполняет функцию принятия решения, должен ли управляющий сигнал 607 тормозного давления, поступающий из трехходового подмодуля 606 выбора давления экстренного торможения, быть реализован пневматически посредством подмодуля 505 регулировки давления и подмодуля 506 электропневматического привода, или же он должен быть подходящим образом преобразован в сигнал 703 запроса тормозного момента и передан в тяговые системы (не показаны) непосредственно через канал 536 связи или передан через модуль 507 служебного торможения.

Подмодуль 702 принятия решения непрерывно принимает информацию о величине сигнала тормозного момента двигателей 704, измеренной соответствующим датчиком 705 крутящего момента. Датчик 705 крутящего момента, включающий, например, но не исключительно, трансформаторы для измерения токов, создаваемых двигателями при рекуперации, или реальные преобразователи крутящего момента, размещенные после моторов, разработан согласно критериям $SIL \geq 3$, например, с использованием дублирующих и взаимно диагностируемых каналов.

Таким образом, полный путь от измерения электродвижущего тормозного момента выше датчика 705 крутящего момента до принятия решения о том, как управлять тормозным моментом подмодуля 702 принятия решения, соответствует требованиям $SIL \geq 3$.

В присутствии управляющего сигнала 607 тормозного давления, поступившего из трехходового подмодуля 606 выбора давления экстренного торможения, подмодуль 702 принятия решения передает эквивалентный запрос крутящего момента в тяговую систему, измеряет фактическую реакцию посредством датчика 705 крутящего момента и, если полученная в результате величина меньше заранее заданной величины, немедленно компенсирует недостающее количество, запрашивая его от подмодуля 505 регулировки давления и подмодуля 506 электропневматического привода.

Другими словами, модуль 501 экстренного торможения создает тормозной момент, требующий создания электродинамического тормозного момента, непрерывно контролируя электродинамический тормозной момент посредством датчика 705 крутящего момента, и компенсирует любой частичный или полный дефицит электродинамического тормозного момента посредством создания пневматического

тормозного момента.

Поэтому рассмотренное решение обеспечивает управление и осуществление экстренного торможения на уровне $SIL \geq 3$ частично или полностью посредством электродинамической рекуперативной тормозной системы, несмотря на тот факт, что указанная электродинамическая рекуперативная тормозная система и системы, через которые подмодуль передает сигнал 703 запроса тормозного момента в тяговую систему, разработаны согласно критериям $SIL \leq 2$.

Ниже описан следующий вариант выполнения настоящего изобретения, подходящий для управления экстренным торможением в условиях высоких скоростей.

Известно, что величина сцепления между колесом и рельсом уменьшается с увеличением скорости согласно закону, качественно проиллюстрированному на фиг. 8.

Сигнал 706 скорости транспортного средства, полученный через канал $SIL \geq 3$, например, но не исключительно, с использованием датчика 707 скорости, измеряющего вращение дублирующих и совместно диагностируемых колес, принимается подмодулем 702 принятия решения, который ограничивает запрос электродинамического тормозного момента и/или тормозного давления в зависимости от вида кривой на фиг. 8, ранее отображенной в подмодуле 702 принятия решения.

Таким образом, модуль 501 экстренного торможения способен корректировать тормозное давление, когда доступное сцепление меняется в зависимости от скорости транспортного средства.

Специалистам понятно, что модуль служебного торможения во всех возможных вариантах выполнения настоящего изобретения может быть осуществлен в устройстве системы управления и контроля поездов (TCMS) и может обмениваться данными с модулем экстренного торможения через канал 536 связи.

Кроме того, специалистам понятно, что приводная система может быть гидравлического типа, а не пневматического типа.

Например, но не обязательно, модуль 507 служебного торможения может быть выполнен внутри других систем на борту поезда.

Кроме того, модуль 501 экстренного торможения может содержать больше одной группы, включая подмодуль 505 регулировки давления и электропневматический привод 506, для независимого управления несколькими тормозными цилиндрами согласно типовой архитектуре транспортного средства.

В описанных выше вариантах выполнения настоящего изобретения модуль 501 экстренного торможения может быть разработан в соответствии с требованиями $SIL \geq 3$ стандарта EN50128 и $SIL \geq 3$ стандарта EN50129, а модуль 507 служебного торможения может быть разработан в соответствии с требованиями $SIL \leq 2$ стандарта EN50128 и $SIL \leq 2$ стандарта EN50129.

В частности, модуль 501 экстренного торможения может быть выполнен на основе микропроцессорной архитектуры с резервированием или программируемых устройств с резервированием, например, но не исключительно, программируемых вентильных матриц, или с помощью микропроцессора и программируемой вентильной матрицы.

Выше были описаны различные аспекты и варианты выполнения электронной системы управления торможением железнодорожного транспортного средства согласно изобретению. Подразумевается, что каждый вариант выполнения настоящего изобретения может быть скомбинирован с любым другим вариантом выполнения изобретения. Кроме того, изобретение не ограничено описанными вариантами его выполнения и может изменяться в пределах сущности изобретения, определяемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электронная система (500) управления торможением железнодорожного транспортного средства, которая содержит модуль (501) экстренного торможения и модуль (507) служебного торможения, каждый из которых содержит электронную архитектуру, сконфигурированную для выработки величины тормозного давления, причем указанные электронные архитектуры являются независимыми и отдельными друг от друга; при этом

модуль (507) служебного торможения выполнен с возможностью приема, по меньшей мере, сигнала (530) запроса замедления или служебного торможения и выработки соответствующего сигнала (535) давления служебного торможения;

модуль (501) экстренного торможения связан с указанным модулем (507) служебного торможения посредством канала (536) связи для приема указанного сигнала (535) давления служебного торможения;

модуль (501) экстренного торможения выполнен с возможностью приема по меньшей мере одного сигнала, указывающего на запрос экстренного торможения, и выработки соответствующего промежуточного сигнала (523, 605) тормозного давления, указывающего на экстренное торможение;

модуль (501) экстренного торможения также выполнен с возможностью выработки управляющего сигнала (524) тормозного давления, соответствующего сигналу (535) давления служебного торможения, когда наибольший из одного или более промежуточных сигналов (523, 605) тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, меньше заранее заданной поро-

вой величины (529) давления;

выработки управляющего сигнала (524) тормозного давления, соответствующего наибольшему из одного или более промежуточных сигналов (523, 605) тормозного давления, указывающих на экстренное торможение, когда наибольший из одного или более промежуточных сигналов тормозного давления, указывающих на экстренное торможение (523, 605), равен или превышает заранее заданную пороговую величину (529) давления, и

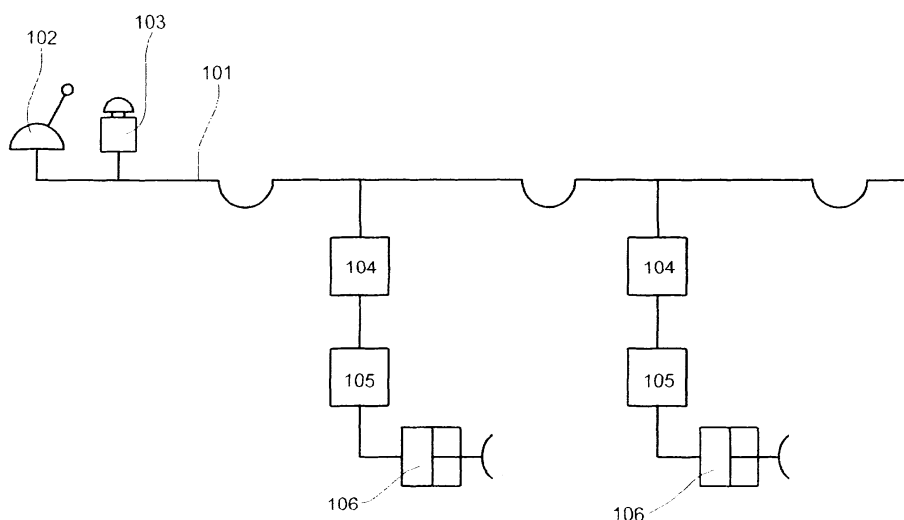
преобразования указанного управляющего сигнала тормозного давления (524) в тормозное давление путем управления электропневматическим приводом (506).

2. Электронная система управления по п.1, в которой указанный по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, является сигналом (520), указывающим на команду подачи давления тормозной системы транспортного средства, в которой, по меньшей мере, экстремальное значение указывает на условие экстренного торможения.

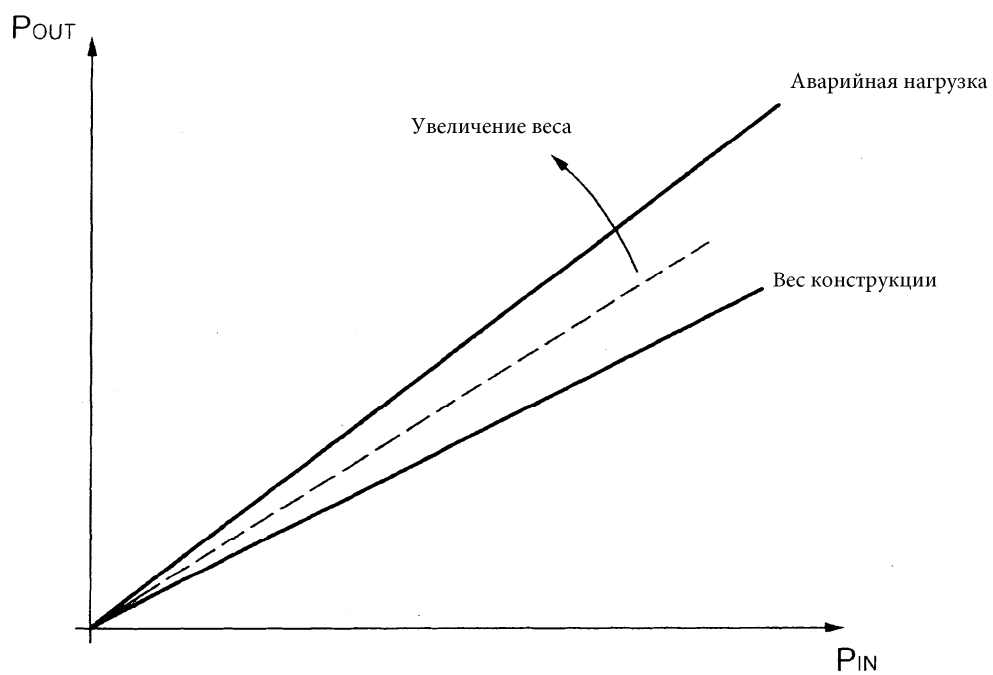
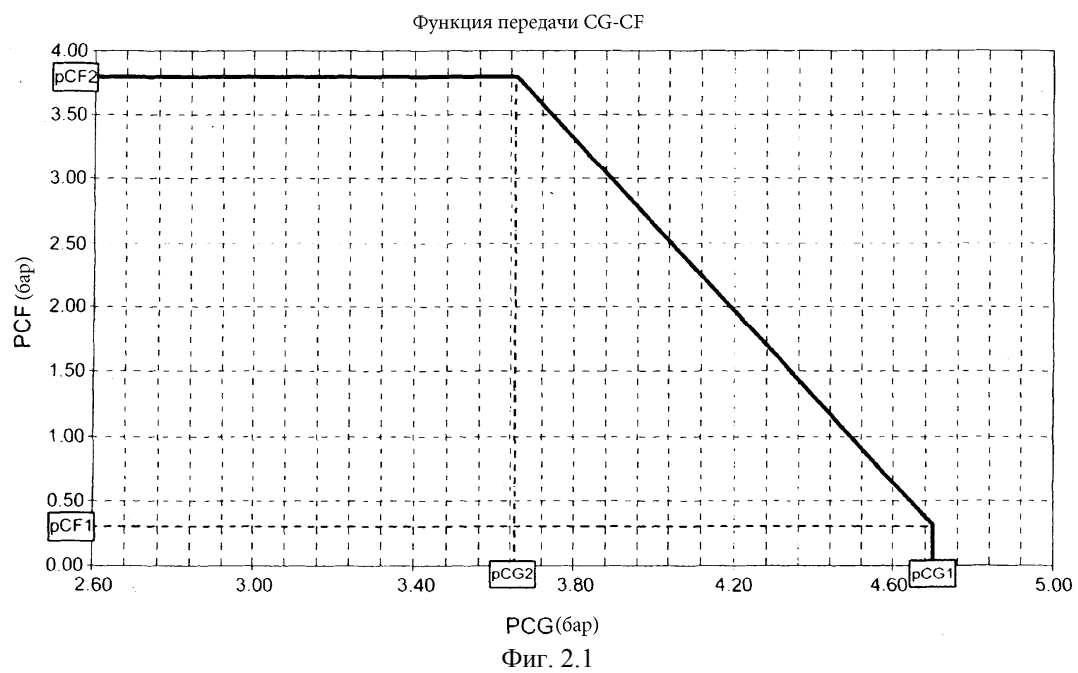
3. Электронная система управления по п.1 или 2, в которой указанный по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, является сигналом (604), поступающим из аварийного электрического контура.

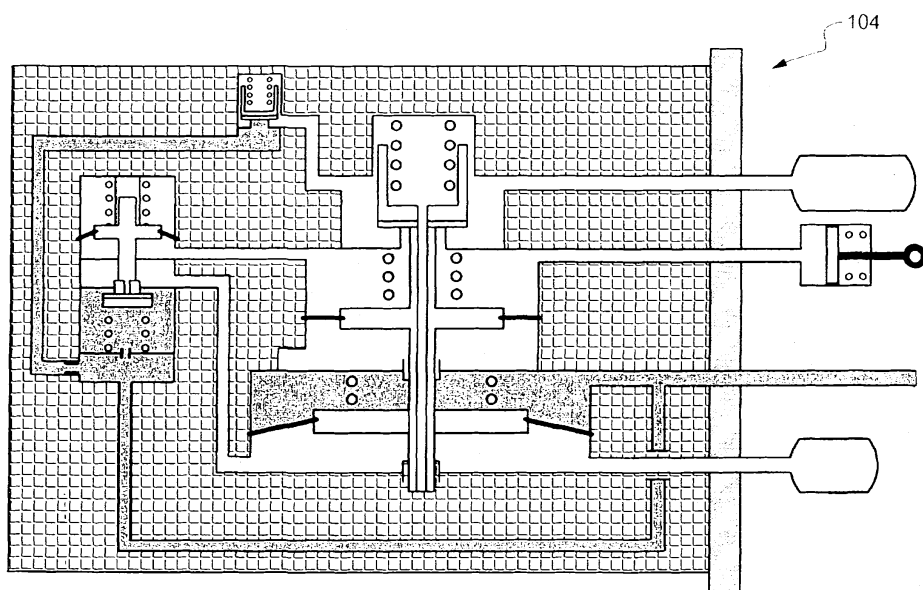
4. Электронная система управления по любому из предыдущих пунктов, в которой модуль (501) экстренного торможения модулирует по меньшей мере один сигнал, указывающий на запрос экстренного торможения, сигналом (528) веса транспортного средства.

5. Электронная система управления по любому из предыдущих пунктов, в которой модуль (507) служебного торможения модулирует сигнал запроса замедления или служебного торможения сигналом (522) веса транспортного средства, причем модуль (507) служебного торможения реализован в пределах других систем управления на борту поезда, а модуль (501) экстренного торможения связан с датчиком (705) крутящего момента электродинамического торможения.

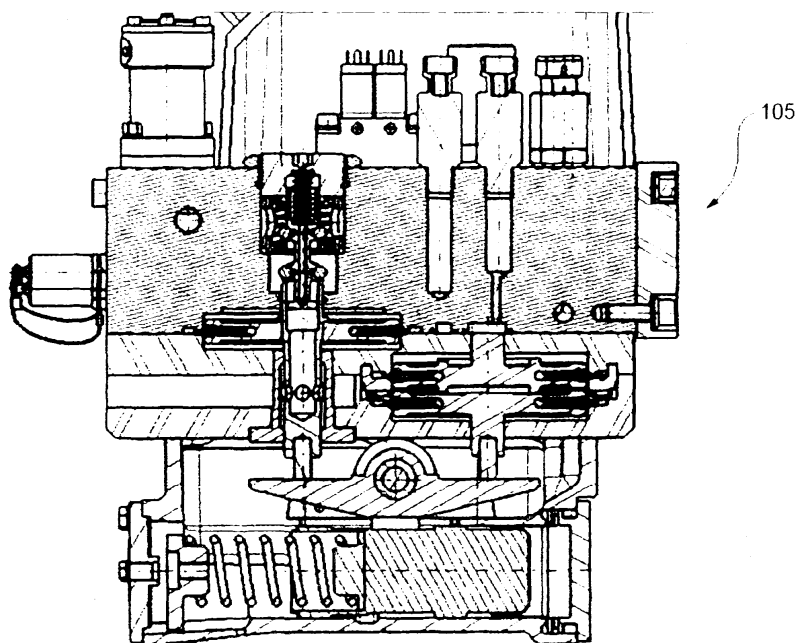


Фиг. 1

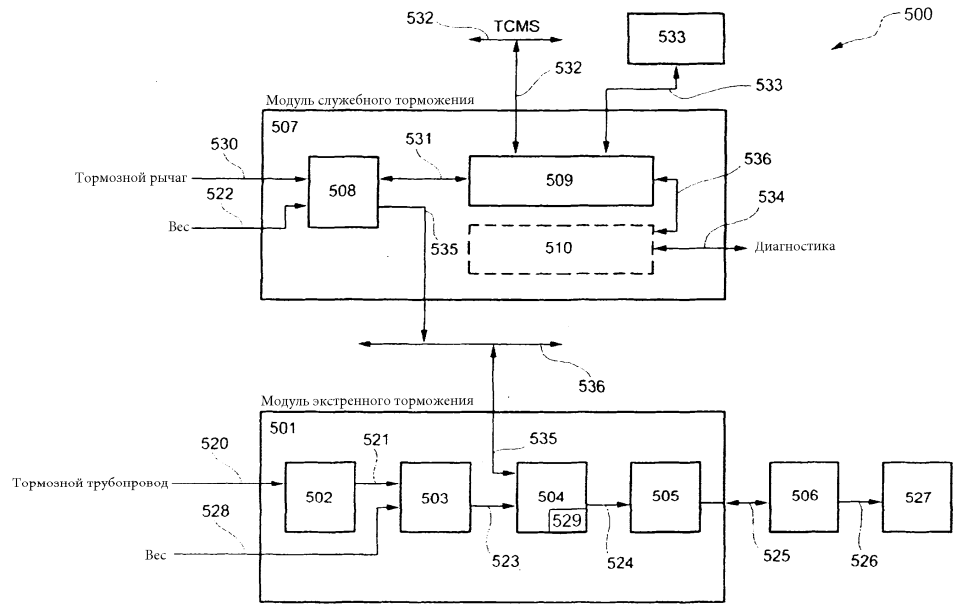




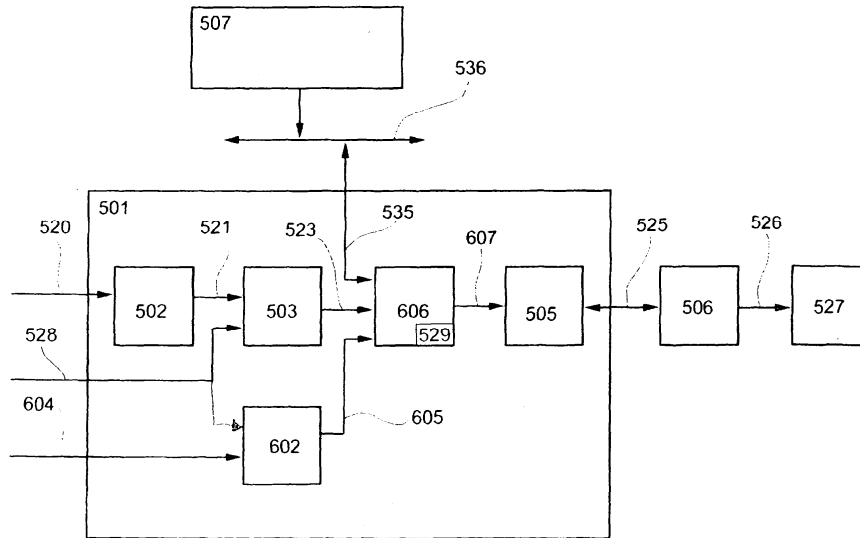
Фиг. 3



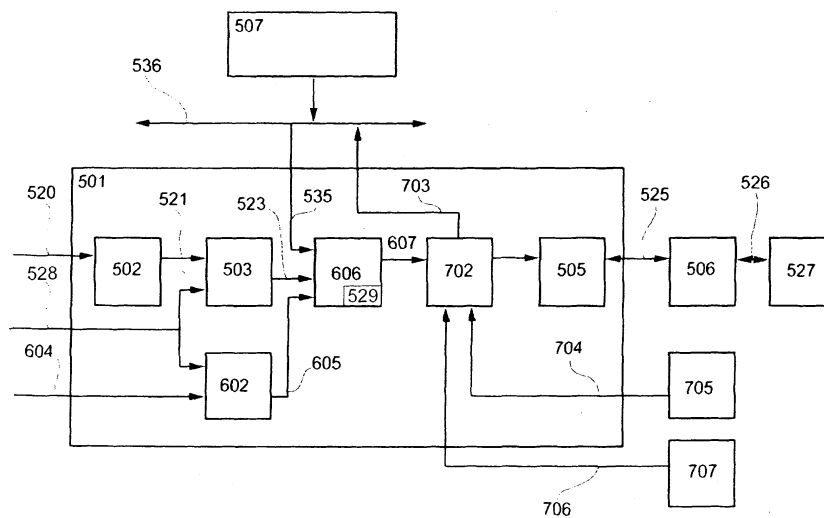
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

