(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 040382 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.05.26

(21) Номер заявки
201890742

(22) Дата подачи заявки
2015.09.28

(51) Int. Cl. ***F02D 41/22*** (2006.01)
B63H 21/21 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

(43) **2018.09.28**
(86) **PCT/US2015/052544**
(87) **WO 2017/058133 2017.04.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
УЭСТИНГХАУС ЭЙР БРЕЙК ТЕКНОЛОДЖИЗ КОРПОРЕЙШН (US)

(72) Изобретатель:
Тэйлор Макл Аллен (US), Маралла Кусума Кумари (IN), Пёппель Скотт Кристофер (US), Сренивасан Винод Кумар (IN), Коннелли Джеймс Роберт (US), Таракан Атул Георг (IN)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В., Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев А.В. (RU)

(56) US-A-5605135
US-A1-20130068003
US-A1-20120271524
US-A1-20030200021
US-A-5706199

(57) Устройство управления содержит первый контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления двигателем, второй контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления упомянутым двигателем, схему переключения и арбитражную схему. Схема переключения включена между двигателем и контроллерами и сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в двигатель управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в двигатель управляющие сигналы из второго контроллера, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера. Арбитражная схема содержит три (или более) арбитра и сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование, любыми двумя из трех арбитров, вторых сигналов, указывающих на неисправность первого контроллера.

040382 B1

040382 B1

Область техники

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся, в общем, к блокам управления двигателями. А именно, варианты осуществления настоящего изобретения относятся к назначению и указанию блока управления, имеющего полномочия на управление двигателем, среди дублированных блоков управления двигателем.

Предпосылки создания изобретения

Морские суда и другие транспортные средства могут иметь основной контроллер для управления двигателем. Неисправность контроллера может привести к резкой и неожиданной остановке двигателя, или транспортное средство в результате может оказаться неспособным функционировать по своему назначению. По этой причине транспортные средства оснащают дублирующими контроллерами, например, может присутствовать основной контроллер и запасной, или резервный, контроллер. Однако подобные системы могут страдать от задержек при передаче управления, что может приводить к остановке транспортного средства. Также, если происходит передача управления резервному контроллеру, но при этом неисправности основного контроллера не произошло, могут возникать конфликты сигналов управления и/или циклическая передача управления между контроллерами туда-обратно (т.е. "дребезг" в логике переключения управления), что может отрицательно сказываться на работе транспортного средства.

Соответственно, необходимо предложить систему или способ управления двигателем, отличающиеся от существующих систем и способов.

Краткое описание изобретения

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения устройство управления (например, устройство управления двигателем или другой машиной) включает первый контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления двигателем или другой машиной, второй контроллер (например, резервный, или вторичный, контроллер), сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления машиной, схему переключения и арбитражную схему. Схема переключения включена между машиной и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера. Схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера. (Например, первый контроллер может быть сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом. Первый сигнал неисправности может быть сигналом нулевого напряжения, который формируется первым контроллером на основе упомянутого самостоятельного определения, или при отключении питания первого контроллера). Арбитражная схема функционально связана со схемой переключения и имеет по меньшей мере три арбитра. Арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние (для пропускания управляющих сигналов в машину из второго контроллера вместо первого контроллера) в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, вторых сигналов неисправности. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения арбитры сконфигурированы для формирования вторых сигналов неисправности в ответ на то, что первый контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом, например, на основе сравнения измеренного рабочего состояния машины, к примеру, измеренной частоты вращения двигателя, с заданным рабочим состоянием машины, например, заданной, при помощи дроссельной заслонки или иного органа управления оператора, частотой вращения двигателя. Таким образом, в соответствии с аспектами настоящего изобретения, управление машиной переключают на второй контроллер, даже если основной контроллер не формирует первого сигнала неисправности, в ответ на неисправность основного контроллера. Однако это происходит только при большинстве "голосов" арбитров, что позволяет сократить количество переключений между контроллерами туда-обратно, количество ошибочных переключений на второй контроллер и т.п.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения способ (например, способ управления двигателем или машиной) включает формирование, при помощи первого контроллера, управляющих сигналов для управления машиной. Способ также включает формирование, при помощи второго контроллера, управляющих сигналов для управления машиной, и, при помощи схемы переключения, включенной между машиной и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера, переключение из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера. Переключение из первого состояния во второе состояние выполняют в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера. Способ включает также, при помощи арбитражной схемы, функционально связанной со схемой переключения и имеющей по меньшей мере три арбитра, перевод схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых трех арбитров, вторых сигналов неисправности.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение может быть понято более детально при прочтении приведенного ниже описания неограничивающих вариантов его осуществления со ссылками на приложенные чертежи, где

фиг. 1 представляет собой эскизную блок-схему устройства управления в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 показан интерфейс оператора в устройстве управления в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3 схематически показана полоса нечувствительности по расхождению в частотах вращения, применяемая для решения о передаче управления двигателем, в соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения;

фиг. 4 представляет собой эскизную блок-схему другого варианта осуществления устройства управления;

фиг. 5 представляет собой эскизную блок-схему еще одного варианта осуществления устройства управления;

на фиг. 6 эскизно проиллюстрирована процедура арбитража, реализованная в варианте осуществления настоящего изобретения, показанном на фиг. 1. Эта процедура может быть также реализована при помощи устройств, показанных на фиг. 4-5.

Подробное описание изобретения

Далее настоящее изобретение будет описано более подробно с помощью конкретных примеров его осуществления, которые проиллюстрированы на приложенных чертежах. По возможности, чтобы не дублировать описание, для аналогичных, или сходных, элементов на всех чертежах использованы идентичные сквозные обозначения. Примеры осуществления настоящего изобретения описаны в отношении систем обеспечения движения с одним двигателем, однако варианты осуществления настоящего изобретения могут применяться в любых системах обеспечения движения, или иных системах, в которых требуется назначение полномочий на управление среди дублирующих блоков управления.

В соответствии с фиг. 1, аспекты настоящего изобретения относятся к устройству (например, устройству управления), имеющему блок 100 переключения. Блок 100 переключения относится к двигателю 10, в котором соленоиды 20 топливного насоса обеспечивают подачу топлива. Блок 100 переключения реализует процедуру 110 арбитража (показанную на фиг. 5), для приведения в действие реле 112 переключения с целью предоставления управления соленоидами 20 топливного насоса основному контроллеру 120 или резервному контроллеру 130. В обесточенном состоянии (без подачи питания, в исходном состоянии) реле 112 переключения предоставляет управление резервному контроллеру 130.

Основной контроллер 120 имеет в своем составе основной супервизорный модуль 122 ввода-вывода (supervisory input/output module, SIOM), а также основной блок 124 управления двигателем (engine control unit, ECU). Основной SIOM-модуль 122 сконфигурирован для приема и предварительной обработки аналоговых и/или цифровых сигналов, переданных из двигателя 10, и для передачи предварительно обработанных сигналов в основной ECU-блок 124. Основной SIOM-модуль 122 сконфигурирован также для работы в качестве первого арбитра, с целью контроля рабочего состояния основного ECU-блока 124, например, для указания на неисправность в случае, когда основной ECU-блок 124 не выдает команды, имеющие результатом заданное движение, обеспечиваемое двигателем 10. Основной ECU-блок 124 сконфигурирован для приема инструкций обеспечения движения от оператора, обработки предварительно обработанных сигналов с целью определения, каким образом следует выполнять инструкции обеспечения движения, и передачи команд в соленоиды 20 топливного насоса и другие части двигателя 10 с целью выполнения инструкций обеспечения движения.

Аналогично, резервный контроллер 130 имеет в своем составе резервный супервизорный модуль 132 ввода-вывода (SIOM), а также резервный блок 134 управления двигателем (ECU). Резервный SIOM-модуль 132 сконфигурирован для приема и предварительной обработки аналоговых и/или цифровых сигналов, переданных из двигателя 10, и для передачи предварительно обработанных сигналов в резервный ECU-блок 134. Резервный SIOM-модуль 132 сконфигурирован также для работы в качестве второго арбитра, с целью контроля рабочего состояния основного ECU-блока 124, например, для указания на неисправность в случае, когда основной ECU-блок 124 не выдает команды, имеющие результатом заданное движение, обеспечиваемое двигателем 10. Резервный ECU-блок 134 сконфигурирован для приема инструкций обеспечения движения от оператора, обработки предварительно обработанных сигналов с целью определения, каким образом следует выполнять инструкции обеспечения движения, и передачи команд в соленоиды 20 топливного насоса и другие части двигателя 10 с целью выполнения инструкций обеспечения движения. Резервный ECU-блок 134 сконфигурирован также для работы в качестве третьего арбитра, с целью контроля рабочего состояния основного ECU-блока 124.

Блок 100 переключения имеет в своем составе несколько (нормально замкнутых) арбитражных реле 101, 102, 103, которые, соответственно, принимают возбуждающие сигналы от трех арбитров 122, 132, 134. Блок переключения также имеет в своем составе два (нормально разомкнутых) реле 104 (MECUOK1, MECUOK2), которые принимают свои возбуждающие сигналы от основного ECU-блока 124, пусковой выключатель 105 в обслуживающей схеме, который используется для возбуждения (нор-

мально разомкнутого) реле 106 сброса при пуске, и управляющий выключатель питания/принудительного переключения 107, через который блок переключения принимает основное и вторичное электропитание. Чтобы блок 100 переключения мог предоставить управление основному контроллеру 120, по меньшей мере два из трех арбитражных реле должны быть обесточены (нормально замкнутое состояние), а основное реле и реле сброса должны быть возбуждены (нормально разомкнутое состояние); в дополнение, блок переключения должен получать питание от первичного и/или вторичного источника электропитания. В противном случае блок 100 переключения не возбуждает реле 112 переключения. Соответственно, несмотря на то, что основной контроллер 120 функционирует штатно, управляющий выключатель 107 питания может быть разомкнут, в результате чего обесточивается весь блок 100 переключения, и соответственно, управление принудительно передается резервному контроллеру 130.

Таким образом, во время пуска блок 100 переключения предоставляет управление резервному контроллеру 130. А именно, блок 100 переключения оставляет реле 112 переключения в обесточенном состоянии, в результате чего команды, подаваемые из резервного контроллера 130, достигают двигателя, тогда как команды из основного контроллера 120 никуда не проходят. После того, как основной и резервный контроллеры пройдут проверку с удовлетворительным результатом, оператор может привести в действие пусковой выключатель 105, возбуждающий реле 106, в результате чего блок 100 переключения возбуждает реле 112 переключения, переводя его в рабочее состояние, где реле переключения предоставляет (передает) управление основному контроллеру 120. Затем, при нормальных обстоятельствах, обслуживающая схема, относящаяся к пусковому выключателю 105, поддерживает реле 106 сброса в возбужденном состоянии. Таким образом, оба контроллера, основной контроллер 120 и резервный контроллер 130, отслеживают характеристики двигателя и инструктирующие сигналы, и выдают соответствующие команды для соленоидов 20 топливного насоса (или других элементов управления двигателем). Однако реле 112 переключения в своем рабочем состоянии пропускает в соленоиды 20 топливного насоса только команды, передаваемые из основного контроллера 120.

В случае неисправности основного контроллера 120 блок 100 переключения должен вернуть реле 112 переключения в его обесточенное состояние, или исходное состояние, в котором реле переключения не пропускает в соленоиды 20 топливного насоса команды, передаваемые из основного контроллера 120, а пропускает команды из резервного контроллера. Неисправность основного контроллера 120 может распознаваться непосредственно при потере напряжения из основного ECU-блока 124, подаваемого на основное реле 104, в результате чего реле 112 переключения возвращается в исходное (обесточенное) состояние. Альтернативно, любой из арбитров 122, 132, 134 может обнаруживать неисправность основного ECU-блока 124 и обесточивать соответствующее арбитражное реле 101, 102 или 103.

Очевидно, что ECU-блок 124 не может подать ложный сигнал о собственном отказе. Однако он может ложно сообщать о своей нормальной работе. В то же время арбитры 122, 132, 134 могут подавать как ложные, так и истинные указания о том, функционирует ли основной ECU-блок 124 корректно. Предпочтительным представляется не переключать реле 112 переключения без достаточных на то причин. Соответственно, блок 100 переключения реализует процедуру 110 арбитража с голосованием о том, корректно ли функционирует основной ECU-блок 124.

А именно, при нормальной работе ECU-блок 124 непрерывно подает сигнал через цифровой выход ECU на основное реле 104 в блоке 100 переключения. Этот сигнал служит указанием на нормальное состояние системы и поддерживает реле 104, указывающее на нормальное состояние основного ECU-блока, в замкнутом состоянии, в котором реле 112 удерживается подключенным к командным сигналам основного ECU-блока 124, в результате чего основной контроллер продолжает обеспечивать управление двигателем. К примеру, для индикации нормального состояния системы может использоваться текущий выход EFR системы управления двигателем для передачи управления. В случае потери электропитания ECU-блока 124 или иного его неисправности, он перестает подавать команды и позволяет реле 104 разомкнуться, переключая реле 112 переключения на резервный контроллер 130.

Если основной ECU-блок 124 не может распознать собственную неисправность или сообщить о ней, основное реле 104 остается в возбужденном состоянии, то есть без дополнительных входных сигналов в блоке 100 переключения реле 112 переключения останется в рабочем состоянии и будет передавать команды из неисправного ECU-блока 124 в соленоиды 20 топливного насоса. Чтобы исключить такую ситуацию, применяют арбитры, состоящие из основного SIOM-модуля, резервного SIOM-модуля 132 и резервного ECU-блока 134, которые обеспечивают возврат реле 112 переключения в его исходное положение. Арбитражные реле 101, 102, 103 соединены в последовательно-параллельную схему, благодаря чему все эти арбитры имеют равнозначные "голоса" в отношении переключения на резервное управление, однако только два голоса из трех необходимы для принятия решения о необходимости переключения. Каждый из арбитров может голосовать за переключение, переводя свои цифровые выходы в высокое состояние и размыкая соответствующее ему нормально замкнутое реле. Таким образом, если арбитр теряет электропитание, он не может голосовать за передачу управления.

В некоторых из вариантов осуществления настоящего изобретения основной SIOM-модуль 122, резервный SIOM-модуль 132 и резервный ECU-блок 134 принимают решения о передаче управления на

основе поведения частоты вращения двигателя по сравнению с заданной частотой вращения, в соответствии с иллюстрацией фиг. 3. Каждый из арбитров 122, 132, 134 принимает сигнал 300 частоты вращения от независимого датчика частоты вращения (не показаны на чертеже), а также принимает опорный сигнал 302 заданной частоты вращения. Каждый из арбитров сравнивает частоту вращения двигателя, скорость изменения частоты вращения двигателя и опорный сигнал частоты вращения. Если частота вращения двигателя (например, в оборотах/мин) непрерывно уменьшается относительно опорного сигнала частоты вращения по меньшей мере в течение 500 мс (или иного заданного периода 304 времени) или падает более чем на полосу нечувствительности, равную 150 об/мин (или другой заданной величине 306 частоты вращения), ниже заданной частоты вращения, или же опускается ниже абсолютного минимума 308, установленного выше частоты вращения на холостом ходу на величину запаса 310, то арбитр голосует за передачу управления на резервный контроллер.

Таким образом, варианты осуществления настоящего изобретения имеют определенные основные особенности, а именно: передача управления при помощи релейной логики, передача управления при потере электропитания и отсутствие единой точки отказа. Блок 100 переключения позволяет получить быстрореагирующую систему резервирования, обеспечивающую непрерывную работу за счет мгновенной реакции на отказы основного контроллера, а также обеспечивает дублирование как аппаратных, так и программных элементов контроллера, что позволяет исключить общие отказы системы, снижает риск простоев, снижает риск общих отказов и повышает надежность. Также, что особенно важно в случае одномоторных судов, процедура 110 арбитража снижает вероятность того, что неисправность основного ECU-блока 124 скажется на работе или приведет к остановке двигателя 10, передавая управление от основного на резервный ECU-блок 134 и поддерживая работу нормальную работу двигателя.

Обратимся к фиг. 2, в вариантах осуществления настоящего изобретения блок 100 переключения имеет панель 200 оператора, на которой расположены переключатели и устройства сигнализации для назначения и указания полномочий на управление двигателем между основным контроллером 120 и резервным контроллером 130. Некоторые из аспектов настоящего изобретения относятся к конструкции и работе интерфейса 200 блока переключения, который обеспечивает возможность ручного выполнения процедуры переключения управления, и имеет световую индикацию (сигнализацию) на передней панели, а также несколько различных индикаторов состояния. Таким образом, интерфейс 200 информирует оператора о работе блока 100 переключения при помощи визуальной и/или звуковой индикации.

Среди переключателей присутствует также ручной выключатель 202 запрета переключения (показан также на фиг. 1), который может использоваться для принудительного предоставления управления основному контроллеру 120, независимо от состояния электрических элементов в блоке 100 переключения. Среди переключателей присутствует также выключатель 107 принудительного переключения управления, описанный выше, пусковой выключатель 105, переключатель 204 местного/удаленного управления, кнопка 206 аварийного останова, переключатель 206 регулировки частоты вращения двигателя и кнопка 210 сброса, обеспечивающая ручное управление реле 106. Когда переключатель 204 местного/удаленного управления находится в положении "местное", переключатель регулировки частоты вращения двигателя может использоваться для передачи сигналов регулировки частоты вращения в основной ECU-блок 124 и резервный ECU-блок 134; в противном случае ECU-блоки 124, 234 принимают управляющие инструкции из рулевой рубки или кабины оператора. Сигнализаторы могут иметь в своем составе светосигнализаторы первичного и вторичного источников 212, 214 питания; светосигнализаторы 215, 216, 217 арбитражных реле, питаемые сигналами высокого уровня, подаваемыми на соответствующие арбитражные реле 101, 102, 103; и светосигнализаторы состояния управления 218 (основное) и 220 (резервное).

Таким образом, интерфейс 200 шкафа переключения помогает индицировать состояния в блоке 100 переключения, что дает оператору возможность оперативно регулировать эти состояния при помощи ручных переключателей. Сигнализаторы и управляющие переключатели в интерфейсе 200 сгруппированы по четырем основным категориям: элементы управления двигателем, функции передачи управления, сигнализация электропитания и функции принудительного ручного управления.

В дополнение, в некоторых из вариантов осуществления настоящего изобретения, интерфейс 200 блока переключения имеет в своем составе кнопку 222 самотестирования переключения (показана также на фиг. 1), которая реализует функциональность самотестирования путем замыкания линии подачи питания в блоке 100 переключения с реле 112 на заземление блока. Данный аспект настоящего изобретения дает возможность при необходимости временно переключить управление с основного на резервный контроллер при помощи нажатия и удержания кнопки самотестирования переключения. В других вариантах осуществления настоящего изобретения оба контроллера, основной контроллер 134 и резервный контроллер 134, имеют соответствующие интерфейсы 126 или 136 сенсорного экрана, где отображена клавиша или кнопка "тест переключения", при помощи которой может быть смоделирована фактическая передача управления в случае неисправности основного контроллера. Кнопка тестирования переключения присутствует на экране для проверки, корректно ли работает функция передачи управления, и передается ли реально управление от основного контроллера к резервному. При нажатии на кнопку тестирования переключения оператор может наблюдать за состоянием светосигнализаторов 218, 220 управле-

ния, чтобы убедиться, что управление действительно передается от основного контроллера 120 на резервный контроллер 130. Кнопка тестирования переключения отображается на сенсорных экранах только тогда, когда управление осуществляет основной ECU-блок 124, и выключатель запрета переключения управления не включен. При нажатии на кнопку тестирования переключения на одном из сенсорных экранов 126 или 136 дисплей осуществляет связь с основным ECU-блоком 124, например, по протоколу Arcnet или другому распространенному протоколу шины данных, чтобы перевести цифровые выходы из высокого в низкое состояние и инициировать передачу управления резервному контроллеру 130.

На фиг. 4 показан другой вариант осуществления устройства управления (например, устройство управления для управления машиной) 400, которое включает первый контроллер 402, сконфигурированный для формирования сигналов 404 управления для управления двигателем или другой машиной 406, второй контроллер (например, резервный, или вторичный, контроллер) 408, сконфигурированный для формирования сигналов 404 управления для управления машиной, схему переключения 410 и арбитражную схему 412. Схема переключения включена между машиной и соответствующими управляющими выходами 416, 418 первого контроллера и второго контроллера. Схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера, в ответ на прием первого сигнала 420 неисправности от первого контроллера. (Например, первый контроллер может быть сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом. Первый сигнал неисправности может быть сигналом нулевого напряжения, который формируется первым контроллером на основе упомянутого самостоятельного определения или при отключении питания первого контроллера). Арбитражная схема функционально связана со схемой переключения и имеет по меньшей мере три арбитра 422, 424, 426. Арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние (для пропускания управляющих сигналов из второго контроллера в машину вместо пропускания из первого контроллера в машину) в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, вторых сигналов 428 неисправности. (Как уже отмечалось выше, арбитры могут иметь в своем составе части схем контроллеров 402, 408. То есть, несмотря на то, что арбитры на фиг. 4 показаны как отдельные от контроллеров устройства, они не обязательно должны быть отдельными компонентами.)

В вариантах осуществления настоящего изобретения устройство 400 имеет в своем составе один или более датчиков 414 и/или другое оборудование для предоставления информации о рабочем состоянии двигателя или иной машины 406 в контроллеры, схемы переключения и/или арбитражные схемы.

На фиг. 5 показан другой вариант осуществления устройства управления (например, устройства для управления машиной) 500, которое включает первый контроллер 502, сконфигурированный для формирования сигналов 504 управления для управления двигателем или другой машиной 506, второй контроллер (например, резервный или вторичный контроллер) 508, сконфигурированный для формирования сигналов 504 управления для управления машиной, схему переключения 510 и арбитражную схему 512. Схема переключения включена между машиной и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера. Схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера в ответ на прием первого сигнала 520 неисправности от первого контроллера. (Например, первый контроллер может быть сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом. Первый сигнал неисправности может быть сигналом нулевого напряжения, который формируется первым контроллером на основе упомянутого самостоятельного определения или при отключении питания первого контроллера). Арбитражная схема функционально связана со схемой переключения и имеет по меньшей мере три арбитра 522, 524, 526. Арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние (для пропускания управляющих сигналов в машину из второго контроллера вместо первого контроллера) в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, вторых сигналов 528 неисправности. (Как уже отмечалось выше, арбитры могут иметь в своем составе части схем контроллеров 402, 408, например SIOM-модули двух контроллеров, а также собственно сам второй контроллер. То есть, несмотря на то, что арбитры на фиг. 5 показаны как отдельные от контроллеров устройства, они не обязательно должны быть отдельными компонентами.) В этих целях арбитражная схема может иметь в своем составе схему 530 подсчета голосов. Схема 530 подсчета голосов сконфигурирована для выдачи управляющего сигнала 532 для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние всякий раз, когда два или более из трех арбитров 522, 524, 526 (например, первый и второй, или второй и третий, или первый и третий, или все три) формируют второй сигнал 528 неисправности. В этих целях схема 530 подсчета голосов может иметь в своем составе схему дискретной или иной логики, реализующую таблицу истинности, показанную на фиг. 5.

Альтернативно, схема подсчета голосов может иметь в своем составе параллельные цепи из последовательно соединенных ключей, описанную далее. Арбитры 522, 524, 526 сконфигурированы для формирования вторых сигналов 528 неисправности в ответ на то, что первый контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом, например, на основе сравнения измеренного рабочего состояния машины, к примеру, получаемого из машины при помощи сигналов датчиков или иного сигнала 534, с заданным рабочим состоянием машины, например, получаемым из командного сигнала 536 от элементов 538 управления оператора. В тех вариантах осуществления настоящего изобретения, где машиной является двигатель, арбитры могут принимать решение в соответствии с приведенным выше описанием, касающимся фиг. 3.

На фиг. 6 представлена диаграмма состояний для процедуры переключения управления, которая может быть реализована в устройстве, показанном на фиг. 1, или при помощи устройств, показанных на фиг. 4 и 5. В соответствии с иллюстрацией, при пуске управление принадлежит резервному контроллеру. При нажатии на пусковой выключатель управление передают основному контроллеру. Затем, если основной контроллер выдает сигнал неисправности или ошибки, управление передают в резервный контроллер, если не включен переключатель запрета переключения. В дополнение, затем, если включен переключатель принудительной передачи управления, управление передают в резервный контроллер. В дополнение, затем, если любые два из трех арбитров (например, основной SIOM-модуль, резервный SIOM-модуль и резервный контроллер) формируют сигналы, указывающие на и/или являющиеся реакцией на неисправность основного контроллера, управление передают в резервный контроллер, при условии, что переключатель запрета переключения не включен. Управление между двумя контроллерами передают путем управления реле переключения, которое включено между контроллерами и управляемой машиной (например, двигателем).

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения устройство управления (например, устройство управления двигателем или другой машиной) включает первый контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления двигателем или другой машиной, второй контроллер (например, резервный или вторичный контроллер), сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления машиной, схему переключения (управления) и арбитражную схему. Схема переключения включена между машиной и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера. Схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера. (Например, первый контроллер может быть сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом. Первый сигнал неисправности может быть сигналом нулевого напряжения, который формируется первым контроллером на основе упомянутого самостоятельного определения или при отключении питания первого контроллера). Арбитражная схема функционально связана со схемой переключения и имеет по меньшей мере три арбитра. Арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние (для пропускания в машину управляющих сигналов из второго контроллера вместо первого контроллера) в ответ на формирование вторых сигналов неисправности любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения арбитры сконфигурированы для формирования вторых сигналов неисправности в ответ на то, что первый контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом, например, на основе сравнения измеренного рабочего состояния машины, к примеру, измеренной частоты вращения двигателя, с заданным рабочим состоянием машины, например, заданной, при помощи дроссельной заслонки или иного органа управления оператора, частотой вращения двигателя.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения устройство управления (например, устройство управления двигателем) имеет в своем составе первый контроллер двигателя, сконфигурированный для формирования сигналов управления двигателем, второй контроллер двигателя, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления двигателем, схему переключения и арбитражную схему. Схема переключения включена между двигателями и соответствующими управляющими выходами первого контроллера двигателя и второго контроллера двигателя Схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину сигналы управления двигателем из первого контроллера двигателя, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину сигналы управления двигателем из второго контроллера двигателя, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера двигателя. Арбитражная схема функционально связана со схемой переключения и имеет по меньшей мере три арбитра. Арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование вторых сигналов неисправности любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения устройство также имеет в своем составе один или более датчиков частоты вращения двигателя, функционально связанных с арбитрами. Арбитры сконфигурированы для приема соответствующих одного или более сигналов частоты вращения двигателя от одного или более датчиков частоты вращения. Арбитры сконфигурированы также для приема опорного сигнала заданной частоты вращения двигателя, а также сконфигурированы для формирования вторых сигналов неисправности на основе частоты вращения двигателя и заданной частоты вращения. К примеру, каждый из арбитров может быть сконфигурирован для формирования вторых сигналов неисправности: в ответ на непрерывное снижение частоты вращения двигателя относительно заданной частоты вращения двигателя в течение по меньшей мере заданного периода времени (например, заданная частота вращения может быть неизменна, однако частота вращения двигателя может снизиться в течение заданного периода времени); и/или в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданной частоты вращения по меньшей мере на заданную величину частоты вращения; и/или в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданного нижнего порога частоты вращения, установленного с некоторым запасом выше частоты вращения двигателя на холостом ходу.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения упомянутые три арбитра включают первый SIOM-модуль первого контроллера двигателя, второй SIOM-модуль (например, второго контроллера двигателя или иного устройства) и второй контроллер двигателя.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения схема переключения содержит реле переключения и параллельные цепи ключей для управления реле переключения. Параллельные цепи ключей содержат первый и второй ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от первого и второго из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, третий и четвертый ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от второго и третьего из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, а также пятый и шестой ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от первого и третьего из упомянутых по меньшей мере трех арбитров. В ответ на наличие вторых сигналов неисправности одновременно первом или втором ключе, или одновременно на третьем и четвертом ключе, или одновременно на пятом и шестом ключе, параллельные цепи ключей сконфигурированы для перевода реле переключения в схеме переключения во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в двигатель сигналы управления двигателем из второго контроллера двигателя.

В любом из описанных здесь вариантов осуществления настоящего изобретения устройство управления может быть размещено на морском судне для управления двигателем морского судна. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения морское судно может иметь только один двигатель. В другом варианте осуществления настоящего изобретения морское судно может иметь корпус, двигатель может быть расположен внутри корпуса, и устройство управления может быть расположено внутри корпуса и сконфигурировано согласно настоящему описанию с целью управления двигателем.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения устройство управления содержит реле переключения и блок переключения. Реле переключения сконфигурировано, в обесточенном состоянии (т.е. в первом режиме или состоянии реле переключения), для пропускания в двигатель команд управления двигателем из резервного контроллера, а также сконфигурировано, в рабочем состоянии (т.е. во втором режиме или состоянии реле переключения), для пропускания в двигатель команд управления двигателем из основного контроллера. (Термины "основной" и "резервный" относятся, в общем, к двум контроллерам, которые сконфигурированы, по меньшей мере в некоторых из режимов работы, для формирования одинаковых выходных сигналов управления на основе одних и тех же входных сигналов управления). Блок переключения сконфигурирован, в рабочем состоянии (т.е. в первом режиме или состоянии блока переключения), для перевода реле переключения в рабочее состояние реле переключения, а также сконфигурирован, в исходном состоянии (т.е. во втором режиме или состоянии блока переключения) для перевода реле переключения в обесточенное состояние реле переключения. Блок переключения сконфигурирован для перехода из рабочего состояния блока переключения в исходное состояние блока переключения в ответ на прием первого указания на неисправность основного контроллера от основного контроллера. Блок переключения сконфигурирован также для перехода из рабочего состояния блока переключения в исходное состояние блока переключения в ответ на прием вторых указаний на неисправность основного контроллера от любых двух из трех арбитров. Такие три арбитра могут содержать, например, первый SIOM-модуль основного контроллера, второй SIOM-модуль (например, резервного контроллера или иного устройства), а также резервный контроллер.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения блок переключения содержит выключатель запрета переключения. Блок переключения сконфигурирован, в ответ на активное состояние выключателя запрета переключения, для не выполнения перехода из рабочего состояния блока переключения в исходное состояние блока переключения в ответ на прием первого или вторых указаний на неисправность основного контроллера.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения реле переключения содержит

множество однополюсных реле на два направления, имеющих соответствующие общие полюса, нормально замкнутые полюса, нормально разомкнутые полюса и обмотки реле. Общие полюса реле подключены к двигателю, нормально замкнутые полюса реле подключены для приема команд управления двигателем от резервного контроллера, нормально разомкнутые полюса реле подключены для приема команд управления двигателем от основного контроллера, а обмотки реле подключены для возбуждения в унисон с блоком переключения. К примеру, обесточенное состояние реле переключения может соответствовать электрическому соединению общих полюсов реле с нормально замкнутыми полюсами реле, когда обмотки обесточены, а рабочее состояние реле переключения может соответствовать электрическому соединению общих полюсов реле с нормально разомкнутыми полюсами реле, когда обмотки возбуждены.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения блок переключения содержит параллельные цепи ключей для возбуждения реле переключения. Параллельные цепи ключей содержат первый и второй ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от первого и второго из трех арбитров, третий и четвертый ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от второго и третьего из трех арбитров, а также пятый и шестой ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от первого и третьего из трех арбитров, то есть, в ответ на прием блоком переключения указаний от любых двух из трех арбитров, реле переключения обесточивается и возвращается в обесточенное состояние.

В еще одном вариантов осуществления настоящего изобретения ключи блока переключения представляют собой реле, а реле переключения допускает ручной перевод в обесточенное состояние или в рабочее состояние.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения реле переключения содержит множество полупроводниковых ключей, управляемых одним или более блоками управления отпиранием и сконфигурированных для возбуждения блоком переключения. Множество полупроводниковых ключей содержит первое множество полупроводниковых ключей, соединенных так, чтобы при их возбуждении доставлять в двигатель команды управления двигателем из основного контроллера, множество соединений для доставки команд управления двигателем из резервного контроллера в двигатель, и второе множество полупроводниковых ключей, сконфигурированных для перенаправления, при их возбуждении, команд управления двигателем из резервного контроллера из упомянутого множества соединений. Блок переключения имеет соединения для возбуждения и обесточивания как первого, так и второго множества полупроводниковых ключей.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения каждый из арбитров сконфигурирован для формирования второго указания на неисправность основного контроллера на основе измеренной частоты вращения двигателя и заданной частоты вращения двигателя. К примеру, каждый из арбитров может быть сконфигурирован для формирования второго указания на неисправность основного контроллера: в ответ на непрерывное снижение частоты вращения двигателя относительно заданной частоты вращения двигателя в течение по меньшей мере заданного периода времени; и в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданной частоты вращения по меньшей мере на заданную величину частоты вращения; и в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданного нижнего порога частоты вращения, установленного с некоторым запасом выше частоты вращения двигателя на холостом ходу.

В вариантах осуществления настоящего изобретения устройство (например, устройство для назначения полномочий на управление двигателем между основным контроллером и резервным контроллером) содержит реле переключения, имеющее обесточенное состояние, в котором оно принимает сигналы управления двигателем от резервного контроллера и передает эти сигналы управления двигателем в двигатель, а также имеет рабочее состояние, в котором оно принимает сигналы управления двигателем от основного контроллера и передает эти сигналы управления двигателем в двигатель. Устройство также содержит блок переключения, имеющий соединения для приема указаний на неисправность основного контроллера от основного контроллера, а также от каждого из по меньшей мере трех арбитров. Блок переключения имеет рабочее состояние, в котором он устанавливает реле переключения в его рабочее состояние, а также имеет исходное состояние, в котором он устанавливает реле переключения в его обесточенное состояние. Блок переключения может быть переведен из исходного состояния в рабочее состояние оператором при помощи включения пускового выключателя, когда основной контроллер функционирует корректно. Блок переключения переходит из его рабочего состояния в исходное состояние, когда он принимает указание на неисправность основного контроллера от основного контроллера или от любых двух и трех арбитров, или когда оператор приводит в действие выключатель сброса.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения способ (например, способ управления двигателем или машиной) включает формирование, при помощи первого контроллера, управляющих сигналов для управления машиной. Способ также включает формирование при помощи

второго контроллера, управляющих сигналов для управления машиной и при помощи схемы переключения, включенной между машиной и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера, переключение из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в машину управляющие сигналы из второго контроллера. Переключение из первого состояния во второе состояние выполняют в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера. Способ включает также, при помощи арбитражной схемы, функционально связанной со схемой переключения и имеющей по меньшей мере три арбитра, перевод схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых трех арбитров, вторых сигналов неисправности.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения способ включает также формирование арбитрами вторых сигналов неисправности в ответ на определение того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или не функционирует нормально иным образом. Это определение может выполняться арбитрами, при этом оно может быть основано на сравнении измеренного рабочего состояния машины, например, измеренной частоты вращения двигателя, с заданным рабочим состоянием машины, например, заданной частотой вращения двигателя, при помощи дроссельной заслонки или иного органа управления оператора. К примеру, в случае двигателя такое сравнение может включать определение того, что частота вращения двигателя непрерывно снижалась относительно заданной частоты вращения по меньшей мере в течение заданного периода времени; и/или того, что частота вращения двигателя упала ниже заданной частоты вращения по меньшей мере на заданную величину частоты вращения; и/или того, что частота вращения двигателя упала ниже заданного нижнего порога частоты вращения, установленного с некоторым запасом выше частоты вращения двигателя на холостом ходу.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения способ (например, способ управления двигателем) включает, с помощью первого контроллера двигателя, формирование сигналов управления двигателем для управления двигателем, и, при помощи второго контроллера двигателя, формирование сигналов управления двигателем для управления двигателем. Способ также включает, с помощью схемы переключения, включенной между двигателем и соответствующими управляющими выходами первого контроллера двигателя и второго контроллера двигателя, переключение из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в двигатель сигналы управления двигателем из первого контроллера двигателя, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в двигатель сигналы управления двигателем из второго контроллера двигателя. Переключение из первого состояния во второе состояние выполняют в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера двигателя. Способ включает также при помощи арбитражной схемы, функционально связанной со схемой переключения и имеющей по меньшей мере три арбитра, перевод схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых трех арбитров, вторых сигналов неисправности. Способ может также включать формирование арбитрами вторых сигналов неисправности в ответ на определение того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом. Это определение может выполняться арбитрами, при этом оно может быть основано на сравнении измеренного рабочего состояния машины, например, измеренной частоты вращения двигателя, с заданным рабочим состоянием машины, например, частотой вращения двигателя, заданной при помощи дроссельной заслонки или иного органа управления оператора.

В аспектах настоящего изобретения предложен также способ арбитражного голосования о передаче управления двигателем от основного контроллера резервному контроллеру. Способ включает прием от основного контроллера и от каждого по меньшей мере из трех арбитров, голоса о передаче управления и передачу управления в ответ на то, что по меньшей мере два из арбитров проголосовали за передачу, а также в ответ на то, что за передачу проголосовал основной контроллер.

Нужно понимать, что приведенное выше написание имеет целью иллюстрацию, а не ограничение настоящего изобретения. К примеру, описанные выше варианты осуществления настоящего изобретения (и/или их аспекты) могут использоваться в сочетании друг с другом. При этом, в пределах объема настоящего изобретения, может быть внесено множество изменений для приспособления замысла настоящего изобретения к конкретной ситуации или к конкретным материалам. Размеры и типы материалов, описанные в настоящем документе, имеют целью определение параметров настоящего изобретения, но никоим образом не ограничивают его и являются всего лишь примерами его осуществления. По прочтении приведенного выше описания специалистам в настоящей области техники могут быть очевидны множество дополнительных вариантов осуществления настоящего изобретения. В приложенной формуле изобретения выражения "включающий" и "в котором" используются как эквиваленты соответствующих терминов "содержащий" и "где". При этом в приведенной ниже формуле изобретения выражения "первый", "второй", "третий", "верхний", "нижний", "низ", "верх" и т.д. используются исключительно как обозначения и не служат для наложения порядковых ограничений или ограничений по расположению на их объекты.

В данном документе для описания настоящего изобретения использованы несколько конкретных вариантов осуществления настоящего изобретения, включая лучший вариант его осуществления. Цель приведенных примеров - обеспечить возможность практического применения настоящего изобретения специалистами в данной области техники, что может включать создание и использование любых устройств или систем, или выполнение любых способов из состава изобретения.

В настоящем документе элемент или шаг, упомянутый в единственном числе, и такой, которому предшествует выражение "один" или "один из", нужно понимать как не исключающий множества таких элементов или шагов, если только на исключение не указано явно. При этом ссылки на "один из вариантов" осуществления настоящего изобретения не следует интерпретировать как исключающие существование дополнительных вариантов осуществления изобретения, также включающих перечисленные отличительные признаки. Также, если явно не указано обратное, варианты осуществления изобретения, "содержащие", "включающие" или "имеющие" элемент, или множество элементов, с конкретным свойством, могут дополнительно включать подобные элементы без упомянутого свойства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство управления двигателем, содержащее

первый контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления двигателем;

второй контроллер, сконфигурированный для формирования сигналов управления для управления упомянутым двигателем;

схему переключения, включенную между двигателем и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера, при этом схема переключения сконфигурирована для переключения из первого состояния, в котором схема переключения пропускает в двигатель управляющие сигналы из первого контроллера, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает в двигатель управляющие сигналы из второго контроллера, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера, при этом первый контроллер сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом;

арбитражную схему, функционально связанную со схемой переключения и имеющую по меньшей мере три арбитра, при этом арбитражная схема сконфигурирована для перевода схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование вторых сигналов неисправности любыми двумя или более из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, причем арбитры сконфигурированы для формирования вторых сигналов неисправности в ответ на определение того, что первый контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом; и

один или более датчиков частоты вращения двигателя, функционально связанных с арбитрами, при этом арбитры сконфигурированы для приема соответствующих одного или более сигналов частоты вращения двигателя от одного или более датчиков частоты вращения двигателя, а также для приема опорного сигнала заданной частоты вращения двигателя и для формирования вторых сигналов неисправности на основе частоты вращения двигателя и заданной частоты вращения.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что каждый из арбитров сконфигурирован для формирования второго сигнала неисправности в ответ на непрерывное снижение частоты вращения двигателя относительно заданной частоты вращения двигателя в течение, по меньшей мере, заданного периода времени; и в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданной частоты вращения по меньшей мере на заданную величину частоты вращения; и в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданного нижнего порога частоты вращения, установленного выше частоты вращения двигателя на холостом ходу.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что по меньшей мере три арбитра включают первый SIOM-модуль первого контроллера двигателя, второй SIOM-модуль и второй контроллер двигателя.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что

схема переключения содержит реле переключения и параллельные цепи ключей для управления реле переключения;

параллельные цепи ключей содержат первый и второй ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от первого и второго из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, третий и четвертый ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от второго и третьего из упомянутых по меньшей мере трех арбитров, а также пятый и шестой ключи, соединенные последовательно и сконфигурированные так, чтобы быть соответственно управляемыми при помощи вторых сигналов неисправности от первого и третьего из упомянутых по меньшей мере трех арбитров; и

параллельные цепи ключей сконфигурированы для перевода реле переключения в схеме переключения во второе состояние, в котором схема переключения пропускает сигналы управления двигателем

из второго контроллера двигателя в двигатель, в ответ на наличие вторых сигналов неисправности одновременно на первом и втором ключе, или одновременно на третьем и четвертом ключе, или одновременно на пятом и шестом ключе.

5. Морское судно, содержащее корпус, устройство по п.1, размещенное внутри корпуса, а также двигатель, размещенный внутри корпуса.

6. Устройство управления двигателем, включающее:

реле переключения, которое сконфигурировано, в обесточенном состоянии, для пропускания команд управления двигателем из резервного контроллера в двигатель, и которое сконфигурировано, в рабочем состоянии, для пропускания команд управления двигателем из основного контроллера в двигатель; и

блок переключения, который сконфигурирован, в рабочем состоянии, для установки реле переключения в рабочее состояние реле переключения, и который сконфигурирован, в исходном состоянии, для установки реле переключения в обесточенное состояние реле переключения;

при этом блок переключения сконфигурирован также для перехода из рабочего состояния блока переключения в исходное состояние блока переключения в ответ на прием первого указания на неисправность основного контроллера из основного контроллера, а также в ответ на прием вторых указаний на неисправность основного контроллера от любых двух из трех арбитров, при этом основной контроллер сконфигурирован для формирования первого сигнала неисправности после самостоятельного определения того, что основной контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом, и арбитры сконфигурированы для формирования вторых сигналов неисправности в ответ на определение того, что основной контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом;

при этом каждый из арбитров сконфигурирован для формирования второго указания на неисправность основного контроллера на основе измеренной частоты вращения двигателя и заданной частоты вращения двигателя.

7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что блок переключения содержит выключатель запрета переключения, при этом блок переключения сконфигурирован, в ответ на активное состояние выключателя запрета переключения, не переходить из рабочего состояния блока переключения в исходное состояние блока переключения в ответ на прием первого или вторых указаний на неисправность основного контроллера.

8. Устройство по п.6, отличающееся тем, что

реле переключения содержит множество однополюсных реле на два направления, имеющих соответствующие общие полюса, нормально замкнутые полюса, нормально разомкнутые полюса и обмотки;

при этом общие полюса реле подключены к двигателю, нормально замкнутые полюса реле подключены для приема команд управления двигателем от резервного контроллера, нормально разомкнутые полюса реле подключены для приема команд управления двигателем от основного контроллера, а обмотки реле подключены для возбуждения в унисон с блоком переключения.

9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что обесточенное состояние реле переключения соответствует электрическому соединению общих полюсов реле с нормально замкнутыми полюсами реле, когда обмотки обесточены, а рабочее состояние реле переключения соответствует электрическому соединению общих полюсов реле с нормально разомкнутыми полюсами реле, когда обмотки возбуждены.

10. Устройство по п.8, отличающееся тем, что упомянутые три арбитра включают первый SIOM-модуль основного контроллера, второй SIOM-модуль и резервный контроллер.

11. Устройство по п.6, отличающееся тем, что блок переключения содержит параллельные цепи ключей для управления реле переключения, при этом параллельные цепи ключей содержат первый и второй ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от первого и второго из трех арбитров, третий и четвертый ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от второго и третьего из трех арбитров, а также пятый и шестой ключи, соединенные последовательно и соответственно возбуждаемые для перехода в разомкнутое состояние при указаниях на неисправность основного контроллера от первого и третьего из трех арбитров, так что в ответ на прием блоком переключения указаний на неисправность основного контроллера от любых двух из трех арбитров, реле переключения обесточивается и возвращается в обесточенное состояние.

12. Устройство по п.11, отличающееся тем, что упомянутые три арбитра включают первый SIOM-модуль основного контроллера, второй SIOM-модуль и резервный контроллер.

13. Устройство по п.11, отличающееся тем, что ключи в блоке переключения представляют собой реле, а реле переключения выполнено с возможностью ручного перевода в обесточенное состояние или в рабочее состояние.

14. Устройство по п.11, отличающееся тем, что реле переключения содержит множество полупроводниковых ключей, управляемых одним или более блоками управления отпиранием, сконфигурированными для возбуждения блоком переключения, при этом множество полупроводниковых ключей содер-

жит первое множество полупроводниковых ключей, соединенных для доставки команд управления двигателем из основного контроллера в двигатель при их возбуждении, множество соединений для доставки команд управления двигателем из резервного контроллера в двигатель, и второе множество полупроводниковых ключей, сконфигурированных, при их возбуждении, для перенаправления команд управления двигателем из резервного контроллера от упомянутого множества соединений, при этом блок переключения имеет соединения для возбуждения и обесточивания как первого, так и второго множества полупроводниковых ключей.

15. Устройство по п.6, отличающееся тем, что каждый из арбитров сконфигурирован для формирования второго указания на неисправность основного контроллера в ответ на непрерывное снижение частоты вращения двигателя относительно заданной частоты вращения двигателя в течение по меньшей мере заданного периода времени; и в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданной частоты вращения по меньшей мере на заданную величину частоты вращения; а также в ответ на падение частоты вращения двигателя ниже заданного нижнего порога частоты вращения, установленного выше частоты вращения двигателя на холостом ходу.

16. Морское судно, содержащее корпус, устройство по п.6, размещенное внутри корпуса, а также двигатель, размещенный внутри корпуса.

17. Способ управления двигателем, включающий

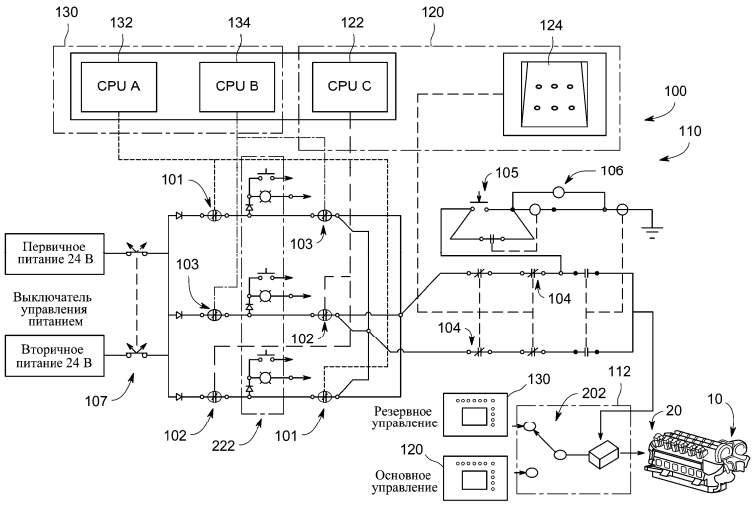
с помощью первого контроллера формирование сигналов управления для управления двигателем;

с помощью второго контроллера формирование сигналов управления для управления упомянутым двигателем;

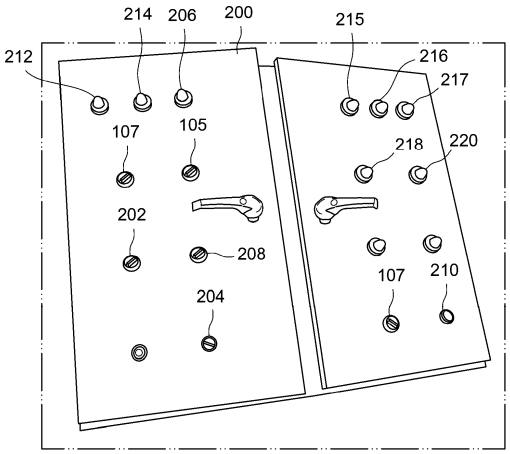
с помощью схемы переключения, включенной между двигателем и соответствующими управляющими выходами первого контроллера и второго контроллера, переключение из первого состояния, в котором схема переключения пропускает управляющие сигналы из первого контроллера в двигатель, во второе состояние, в котором схема переключения пропускает управляющие сигналы из второго контроллера в двигатель, в ответ на прием первого сигнала неисправности от первого контроллера, при этом первый сигнал неисправности сформирован первым контроллером после самостоятельного определения того, что первый контроллер отказал, перешел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом; и

с помощью арбитражной схемы, функционально связанной со схемой переключения и имеющей по меньшей мере три арбитра, перевод схемы переключения из первого состояния во второе состояние в ответ на формирование, любыми двумя или более из упомянутых трех арбитров, вторых сигналов неисправности, причем вторые сигналы неисправности сформированы арбитрами в ответ на определение того, что первый контроллер отказал, вошел в состояние или режим отказа, или функционирует аномально иным образом,

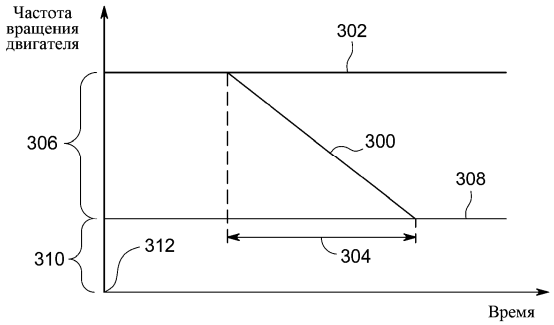
при этом каждый из арбитров формирует второй сигнал неисправности на основе измеренной частоты вращения двигателя и заданной частоты вращения двигателя.



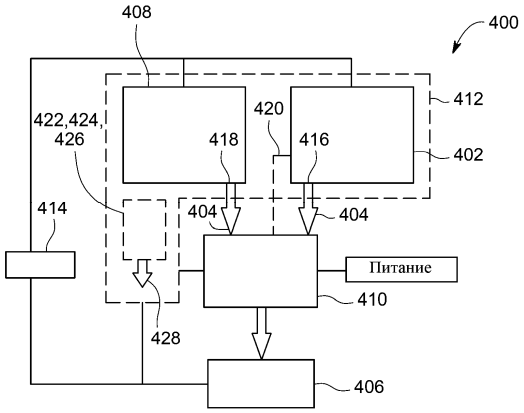
Фиг. 1



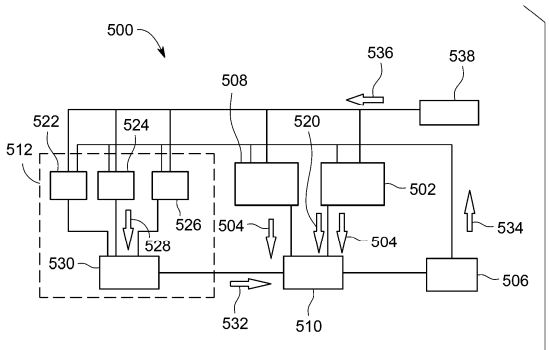
Фиг. 2



Фиг. 3

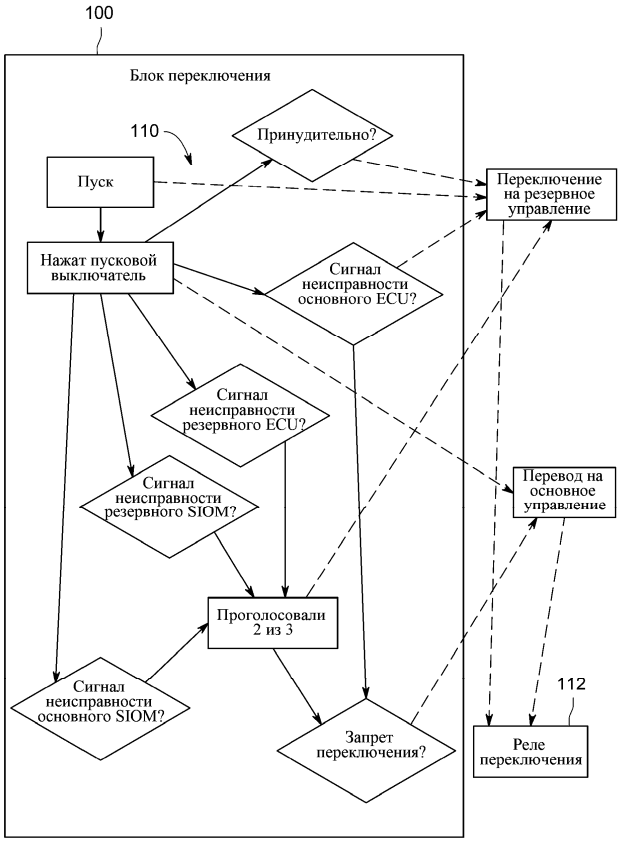


Фиг. 4



522?	524?	526?	532
N	N	Y	N
Y	N	N	N
N	Y	N	N
Y	Y	N	Y
Y	N	Y	Y
N	Y	Y	Y
Y	Y	Y	Y
N	N	N	N

Фиг. 5



Фиг. 6