



(51) МПК
G05B 23/02 (2006.01)
G05B 19/04 (2006.01)
H03K 17/00 (2006.01)
H01H 51/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G05B 23/0256 (2018.02); *G05B 19/048* (2018.02); *H03K 17/00* (2018.02); *H01H 51/00* (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2016143638, 07.11.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.11.2016

Дата регистрации:
14.06.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.11.2016

(43) Дата публикации заявки: 07.05.2018 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 14.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

141070, Московская обл., г. Королев, ул. Ленина,
4а, ПАО "РКК "Энергия", отдел защиты
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Ефимов Сергей Николаевич (RU),
Федосов Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"Ракетно-космическая корпорация "Энергия"
имени С.П. Королева" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2101748 C1, 10.01.1998. SU
1615676 A1, 23.12.1990. RU 2017197 C1,
30.07.1994. US 2013119971 A1, 16.05.2013.

(54) Система коммутации исполнительных органов и способ неразрушающего контроля работоспособности и разобъённости элементов коммутации и исполнительных органов

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к контролю систем управления. Система коммутации исполнительных органов содержит блок электропитания, исполнительные органы, положительную и единую отрицательную цепи электропитания, силовые ключи с управляющими входами, соединенные последовательно с исполнительными органами, блок управления и контроля, электрический выключатель положительной цепи электропитания, контрольное устройство, два одинаковых по сопротивлению токозадающих резистора и имитатор нагрузки. Измерительный мост контрольного устройства образован двумя

резисторами, имитатором нагрузки, исполнительными органами и силовыми ключами. Дифференциальный вход контрольного устройства соединен со вторыми выводами резисторов и является входом измерительного моста. Также заявлен способ неразрушающего контроля работоспособности и разобъённости элементов коммутации и исполнительных органов. Технический результат заключается в улучшении эксплуатационных свойств и расширении функциональных возможностей системы коммутации исполнительных органов. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G05B 23/02 (2006.01)
G05B 19/04 (2006.01)
H03K 17/00 (2006.01)
H01H 51/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G05B 23/0256 (2018.02); G05B 19/048 (2018.02); H03K 17/00 (2018.02); H01H 51/00 (2018.02)

(21)(22) Application: **2016143638, 07.11.2016**

(24) Effective date for property rights:
07.11.2016

Registration date:
14.06.2018

Priority:

(22) Date of filing: **07.11.2016**

(43) Application published: **07.05.2018** Bull. № 13

(45) Date of publication: **14.06.2018** Bull. № 17

Mail address:

**141070, Moskovskaya obl., g. Korolev, ul. Lenina,
4a, PAO "RKK "Energiya", otdel zashchity
intellektualnoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Efimov Sergej Nikolaevich (RU),
Fedosov Aleksej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoje obshchestvo
"Raketno-kosmicheskaya korporatsiya
"Energiya" imeni S.P. Koroleva" (RU)**

(54) **SWITCHING SYSTEM OF EXECUTIVE BODIES AND METHOD OF NONDESTRUCTIVE TESTING OF OPERABILITY AND DISCONNECTION OF SWITCHING POINTS AND EXECUTIVE BODIES**

(57) Abstract:

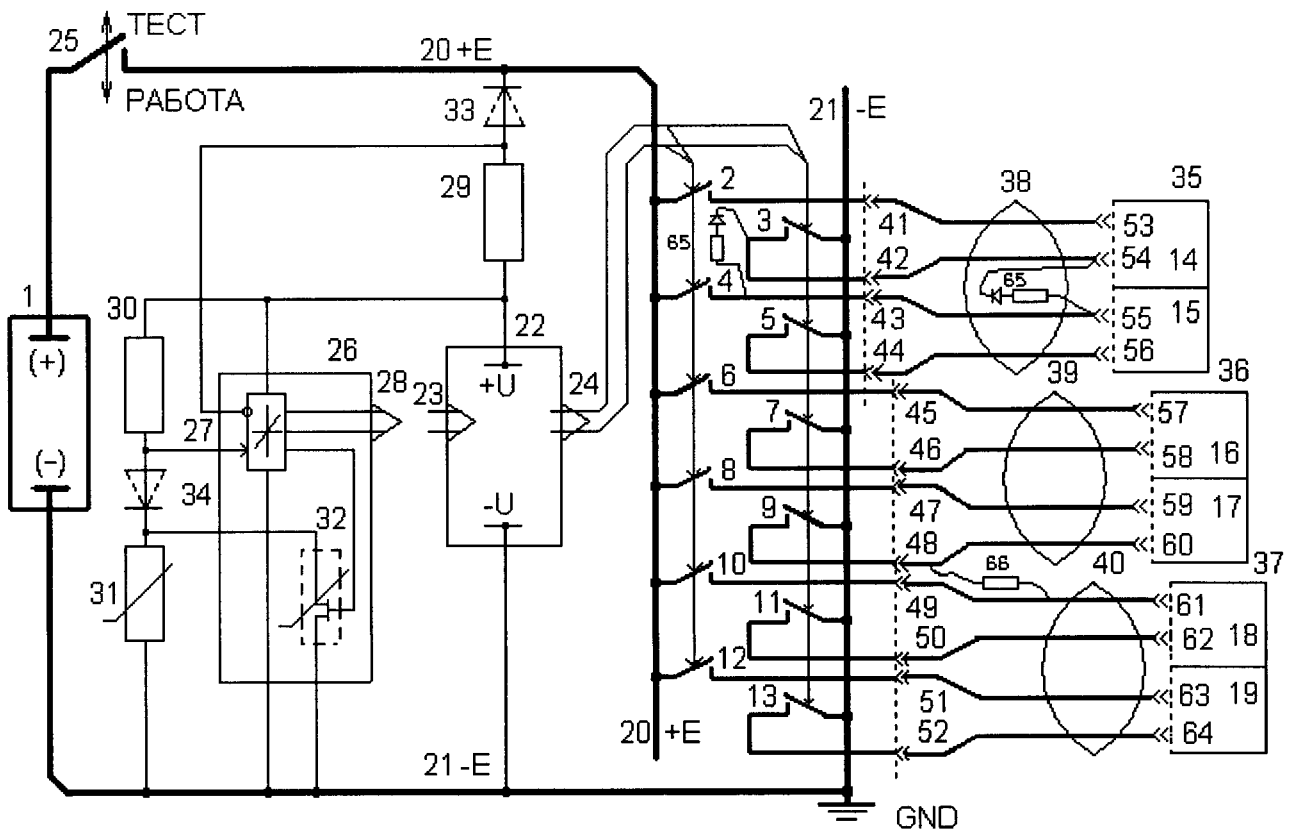
FIELD: management system control.

SUBSTANCE: group of inventions refers to management system control. Switching system of the executive bodies comprises a power supply unit, actuating elements, a positive and a single negative power supply circuit, power keys with control inputs, connected in series with the executive bodies, the control and monitoring unit, an electrical circuit breaker for the positive power supply circuit, a control device, two resistors with the same resistance and a load simulator. Measuring bridge of the monitoring device

is formed by two resistors, a load simulator, actuators and power switches. Differential input of the monitoring device is connected to the second terminals of the resistors and is the input of the measuring bridge. Also, a method for nondestructive testing of the operability and disconnection of switching elements and executive bodies is stated.

EFFECT: technical result consists in improving the operational properties and expanding the functionality of the switching system of the executive bodies.

4 cl, 1 dwg



Фиг.1

RU 2657724 C2

RU 2657724 C2

Предложенная группа изобретений относится к области электротехники, электроники и может быть использована для управления электропитанием разветвленных систем исполнительных органов, в том числе и одноразового использования, датчиковой и иной аппаратуры, для неразрушающего контроля работоспособности, проверки
5 разобщенности цепей питания и элементов коммутации самого блока управления и исправности исполнительных органов в системах управления повышенной ответственности, где недопустимо включение исполнительного органа при любом одном отказе в системе коммутации исполнительных органов.

Для управления и контроля за исполнительными органами в системах коммутации
10 используют силовые ключи, в простейшем случае - реле, контакты которых подключают напряжение электропитания к управляемой аппаратуре и исполнительным органам, или силовые транзисторы, например, с оптическим управлением (оптроны) в ключевом режиме.

Реле и транзисторы перед установкой в состав изготавливаемой аппаратуры всегда
15 проходят проверку (входной контроль). Сам факт и метод проверки реле и транзисторов с точки зрения данного предложения не является принципиальным. Однако, например, устройство для контроля электромагнитных реле (патент RU 2017197, опубликован 30.07.1994, МПК: G05B 23/02 (2006.01), H01H 49/00 (2006.01)), содержит источник питания, коммутатор и индикаторы контроля, два конденсатора, соединенные через коммутатор
20 с источником питания и через диод с выводами, предназначенными для подключения обмотки испытуемого электромагнитного реле и его контактов. Здесь обмотку реле подключают к заряженному конденсатору и, если реле срабатывает, оно своим контактом подключает обмотку реле к источнику постоянного напряжения и переводит его на самоблокировку. Такой режим работы реле необходим при проверке и при
25 отработке новых реле, чтобы в серийных изделиях они работали безотказно.

Вместе с тем, такие устройства не обеспечивают технологическую проверку состояния системы коммутации исполнительных органов на предмет оценки правильности ее сборки (после изготовления) или проверки такой системы коммутации после хранения или в процессе эксплуатации, на отсутствие обрывов, замыкания между цепями
30 коммутируемой аппаратуры, дефектов изоляции и т.п.

Состояние любой аппаратуры, особенно после длительного хранения в условиях воздействия различных факторов, как то - перепады температуры, влажность, вибрации, удары и т.д., может заметно измениться, в частности - со временем, может ухудшиться изоляция между гальванически разобщенными цепями питания приборов этой
35 аппаратуры, от вибрации и ударов могут нарушиться монтаж, появиться непредвиденные обрывы или соединения цепей этой аппаратуры и т.п. Все это может привести к нарушениям работоспособности с непредсказуемыми последствиями. Поэтому любая ответственная аппаратура требует периодического контроля ее состояния, особенно - перед ее использованием. Вместе с тем, контроль недоступных систем управления с
40 целью оценки их технического состояния, к сожалению, также зачастую недоступен.

Известен способ испытаний электронного прибора (патент RU 2173872, опубликован 20.09.2001, МПК: G05B 23/02 (2006/01)). Здесь рассматриваются испытания транзисторов на момент перехода из ключевого режима в активный и обратно, в том числе и в составе аппаратуры для подтверждения работоспособности прибора в реальных режимах
45 эксплуатации. При такой, практически экстремальной, проверке сильноточной аппаратуры из-за перегрузки ключа в переходном режиме, он может выйти из строя, что, естественно, недопустимо для недоступных для ремонта систем управления.

Такая проверка может использоваться, скорее всего, в исследовательских целях в

режимах, близких к штатным, и даже более жестких, для подтверждения запасов их работоспособности в будущем.

Известны способ и система управления, по меньшей мере, одним исполнительным органом (патент RU 2538337, опубликован 10.01.2015, МПК: G05B 19/042 (2006.01)).

5 При этом имеется в виду, что эта система может управлять по единому алгоритму любым количеством исполнительных органов посредством двух резервирующих блоков управления (А, В) и логической схемы выбора, причем каждый из блоков управления (А, В) выполнен с возможностью самодиагностики. Однако проверяются
10 самодиагностикой блоки управления (А, В), а логическая схема будет работать в объеме собственной логики, даже если произошел некоторый сбой. При этом мощный коммутатор диагностике недоступен и его работоспособность не проверяется. Более того, некоторый исполнительный орган из их числа в схеме может даже «отсутствовать», например, потому что у него «сгорел предохранитель» и управлять им бесполезно, но это системе управления неизвестно. Однако команда для него при фактической
15 необходимости будет сформирована и передана, но не исполнена.

Таким образом, известное устройство не обеспечивает проверки работоспособности своих элементов коммутации и исполнительных органов и даже не оценивает - все ли исполнительные органы фактически в составе системы.

Прототипом заявленной системы коммутации исполнительных органов является
20 устройство для контроля управляемых ключей (патент RU 2101748, опубликован 10.01.98, МПК: G05B 23/00 (2006.01), G05B 23/02 (2006.01)), содержащий источник электропитания, два блока включения в составе шин электропитания, рассчитанные на максимальный суммарный ток, фиксирующее устройство, силовые ключи VTi, к которым подключены токозадающие резисторы Ri и, через диоды VDi, подключены
25 исполнительные органы Ki. Данное устройство позволяет проверить управление всех силовых ключей, для чего содержит блок управления силовыми ключами (на схеме не показан).

Недостатков у известного устройства несколько. При любом включенном силовом ключе VTi через токозадающие резисторы Ri всегда протекает некоторый ток, как в
30 режиме проверки, так и в штатном режиме, диоды VDi снижают напряжение на исполнительных органах Ki и выделяют вместе с резисторами некоторую энергию, увеличивая температуру в объеме устройства. Резисторы Ri и диоды VDi при штатной работе устройства являются бесполезными элементами. Блоки включения должны быть рассчитаны на суммарные токи всех одновременно включаемых исполнительных
35 органов. Отказ любого блока включения приведет к отказу всего устройства управления и потребует полного перехода на резервную систему управления. Исполнительные органы Ki в рабочем состоянии каждый управляется одним силовым ключом VTi, что в штатном режиме работы при включенных блоках включения при несанкционированном замыкании любого силового ключа VTi может сформировать
40 нежелательную команду.

Прототипом заявленного способа неразрушающего контроля работоспособности элементов коммутации и исполнительных органов может быть признан способ неразрушающего контроля управляемых силовых ключей упомянутого устройства-прототипа, изложенный в описании устройства для контроля управляемых ключей
45 (патент RU №2101748, опубликован 10.01.98, МПК: G05B 23/00 (2006.01), G05B 23/02 (2006.01)). Задача контроля подтвердить работоспособность управляемых силовых ключей или зафиксировать любую неисправность в цепи каждого управляемого силового ключа (замыкание или обрыв). Здесь для контроля работоспособности включают блок

питания и при каждом включенном силовом ключе K_i оценивают с помощью фиксирующего устройства выходной сигнал, свидетельствующий о включении силового ключа и протекании контрольного тока определенного уровня через токозадающий резистор R_i . При последующем увеличении входного сигнала фиксирующее устройство формирует второй выходной сигнал, предупреждающий о наличии неисправности силового ключа V_{Ti} типа короткого замыкания или силового ключа с недопустимо большим током утечки или пробой одного из диодов V_{Di} (последнее в описании не отражено, но по схеме устройства это выполняется).

Основные недостатки известного способа контроля работоспособности элементов коммутации заключаются в том, что он не может проверить разобщенность коммутируемых цепей электропитания аппаратуры и исполнительных органов и не может предотвратить ошибочное (иногда - опасное) включение исполнительного органа при возникновении замыкания единственного ключевого транзистора в его цепи электропитания или из-за ошибки в управлении, не может оценить ток холостого хода устройства (ток утечек всех закрытых ключевых транзисторов), когда все исполнительные органы выключены. При этом деградация ключевых транзисторов, или одного из них, не будет замечена до тех пор, пока ток утечки не достигнет порога срабатывания фиксирующего устройства.

Кроме того, при реализации известного способа контроля работоспособности элементов коммутации имеется постоянное потребление тока, как при проверке работоспособности, так и непосредственно при штатной работе исполнительных органов устройства. Здесь при включенных ключевых транзисторах всегда протекают токи по цепям каждого токозадающего резистора.

Задачей группы изобретений является улучшение эксплуатационных свойств и расширение функциональных возможностей, обеспечение неразрушающего контроля работоспособности всех силовых ключей, коммутирующих цепи электропитания исполнительных органов и иной аппаратуры «в обесточенном режиме», возможность проверки разобщенности цепей электропитания исполнительных органов, исключение возможности срабатывания исполнительного органа при пробое или ошибочном включении любого одного силового ключа и проверка этого свойства.

Техническим результатом группы изобретений является улучшение эксплуатационных свойств и расширение функциональных возможностей за счет обеспечения проверки работоспособности силовых ключей, коммутирующих цепи электропитания исполнительных органов и иной аппаратуры, проверки разобщенности цепей электропитания исполнительных органов, в том числе - до и после выполнения штатного сеанса управления, при этом в «обесточенном режиме» проверяется и подтверждается надежная и безопасная проверка логики управления, исполнения всех команд и работоспособность элементов коммутации исполнительных органов.

Технический результат достигается тем, что в систему коммутации исполнительных органов, содержащую блок электропитания с положительной и отрицательной силовыми шинами электропитания (+) и (-), положительную цепь электропитания +E и единую отрицательную цепь электропитания -E, исполнительные органы, силовые ключи с управляющими входами, соединенные последовательно с исполнительными органами и подключенные непосредственно к положительной и отрицательной цепям электропитания +E и -E блок управления и контроля, содержащий источник электропитания $\pm U$, вход управления, обратной связи и контроля и информационный выход, через который цепи управляющих команд соединены с управляющими входами силовых ключей, электрический выключатель цепи электропитания +E, включенный

между положительной силовой шиной (+) блока электропитания и положительной цепью электропитания +E, причем в исходном состоянии электрического выключателя положительная цепь электропитания +E отключена от положительной силовой шины (+) блока электропитания, контрольное устройство, имеющее дифференциальный вход и информационный выход с возможностью подключения его к входу блока управления и контроля, введены два одинаковых по сопротивлению токозадающих резистора, подключенные первыми выводами к положительной цепи электропитания +U, имитатор нагрузки, соединенный первым выводом со вторым выводом первого токозадающего резистора, и подключенный своим вторым выводом к единой отрицательной цепи электропитания -E, второй токозадающий резистор вторым выводом соединен с положительной цепью электропитания +E, измерительный мост контрольного устройства, образованный двумя упомянутыми токозадающими резисторами, имитатором нагрузки, и исполнительными органами с силовыми ключами, дифференциальный вход контрольного устройства соединен со вторыми выводами упомянутых токозадающих резисторов, и является входом измерительного моста.

В предложенной системе коммутации исполнительных органов имитатор нагрузки может быть выполнен в виде магазина сопротивлений, с возможностью установки по необходимости сопротивления, равного максимальному или минимальному сопротивлению исполнительного органа из системы коммутации исполнительных органов.

Кроме того, в состав измерительного моста могут быть введены два диода, включенные последовательно с одинаковыми по сопротивлению токозадающими резисторами.

Технический результат достигается тем, что способ неразрушающего контроля работоспособности и разобщенности элементов системы коммутации и исполнительных органов характеризуется тем, что подсчитывают сумму предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей через токозадающий резистор, подают напряжение на цепи электропитания и контроля исполнительных органов от источника электропитания через токозадающий резистор, оценивают фактический уровень тока холостого хода системы коммутации исполнительных органов, сравнивают его с суммой предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей, делают вывод, об отсутствии замечаний в цепях электропитания и среди элементов коммутации исполнительных органов, и проводят проверку работоспособности элементов коммутации, цепей питания и исполнительных органов, для чего поочередно кратковременно включают по одному все силовые ключи, подключенные к положительной цепи электропитания +E исполнительных органов и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать предельно допустимого уровня суммарного тока утечки всех выключенных силовых ключей, и подтверждают выключенное состояние всех силовых ключей, соединенных последовательно с исполнительными органами и силовыми ключами, подключенными к отрицательной цепи электропитания -E, поочередно кратковременно включают по одному все силовые ключи, подключенные к единой отрицательной цепи электропитания -E и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня суммарного тока утечки всех выключенных силовых ключей, и подтверждают выключенное состояние силовых ключей, соединенных последовательно с исполнительными органами и силовыми ключами, подключенными к положительной цепи электропитания +E, при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к положительной цепи электропитания +E, включением

соответствующего силового ключа, подключенного к отрицательной цепи электропитания -Е, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный орган и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки, при балансе измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки, которое равно
 5 сопротивлению включенного исполнительного органа, при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания -Е, включением соответствующего силового ключа, подключенного к положительной цепи электропитания +Е, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный орган и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки, при балансе
 10 тока измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки, которое равно сопротивлению включенного исполнительного органа, проводят проверку разобщенности элементов коммутации, цепей питания и исполнительных органов, для чего при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к положительной цепи электропитания +Е, поочередно кратковременно включают по одному силовому
 15 ключу, подключенному к единой отрицательной цепи электропитания -Е, кроме силового ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень тока утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов,
 20 при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания -Е, поочередно кратковременно включают по одному силовому ключу, подключенному к положительной цепи электропитания +Е, кроме силового ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно
 25 превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов.

На фиг. 1 приведена схема заявленной системы коммутации исполнительных органов, при этом на схеме фиг. 1 приведены и далее в тексте используются следующие обозначения:

- 30 1 - блок электропитания с силовыми положительной (+) и отрицательной (-) шинами электропитания;
- 2-13 - силовые ключи с управляющими входами, соединенные последовательно с исполнительными органами и подключенными непосредственно к цепям электропитания +Е и -Е;
- 35 14-19 - исполнительные органы (при необходимости, иная коммутируемая аппаратура) с отдельными входами управления;
- 20 - положительная цепь электропитания +Е,
- 21 - единая отрицательная цепь электропитания -Е,
- 22 - блок управления и контроля, по необходимости, содержащий источник
 40 электропитания с напряжением $\pm U$, блоки памяти (хранения), обработки информации, программирования и т.д., или ЭВМ с необходимым набором функций (на фиг. 1 не показаны),
- 23 - вход управления, обратной связи и контроля блока управления и контроля 22;
- 24 - информационный выход блока управления и контроля 22;
- 45 25 - электрический выключатель силовой положительной цепи электропитания +Е, причем в исходном состоянии выключателя цепь электропитания +Е отключена от положительной силовой шины (+) блока электропитания 1,
- 26 - контрольное устройство,

27 - дифференциальный вход контрольного устройства 26,

28 - информационный выход контрольного устройства 26,

29 и 30 - токозадающие резисторы,

31 - регулируемый вручную имитатор нагрузки, например, магазин сопротивлений,
5 или набор резисторов с необходимыми сопротивлениями,

32 - автоматически регулируемый имитатор нагрузки (на фиг. 1 показан в виде транзистора в режиме регулируемого генератора тока, входящего в состав контрольного устройства 26 и управляемого сигналом контрольного устройства 26); второй вывод любого имитатора нагрузки (31 или 32) соединен с единой отрицательной цепью электропитания 21 -Е,
10

33, 34 - диоды,

35, 36, 37 - блоки исполнительных органов, сгруппированные по их функциональному назначению или по размещению в составе изделия,

38, 39, 40 - условные наборы цепей (кабели питания) исполнительных органов 14-19,

15 41-52 контакты соединителей системы коммутации исполнительных органов 14-19,

53-64 - контакты соединителей блоков 35 -37 исполнительных органов 14-19,

65 и 66 - имитаторы гипотетических элементов паразитных цепей (дефектов),

возникающих при появлении каких либо случайных связей, как между цепями электропитания исполнительных органов, так и между элементами системы коммутации исполнительных органов.
20

Предложенная система коммутации исполнительных органов содержит:

блок электропитания 1 с силовыми положительной (+) и отрицательной (-) шинами электропитания;

силовые ключи 2-13;

25 исполнительные органы 14-19, имеющие отдельные входы управления;

+Е - положительная цепь электропитания 20;

-Е - единая отрицательная цепь электропитания 21; в составе изделия, при необходимости, может быть соединена с корпусом изделия или с его общей шиной электропитания GND,

30 +U, -U - цепи источника электропитания блока управления и контроля 22.

Контакты электрического выключателя 25 положительной цепи электропитания +Е соединены: один - с силовой положительной шиной (+) блока силового электропитания 1, другой контакт выключателя силовой цепи электропитания 25 соединен с положительной цепью электропитания 20 +Е. С этой цепью электропитания 20 соединены
35 силовые ключи 2, 4, 6, 8, 10, 12. С единой отрицательной цепью электропитания 21 -Е соединены силовые ключи 3, 5, 7, 9, 11, 13, исполнительные органы 14-19 включены последовательно соответственно между парами силовых ключей 2 и 3, 4 и 5, 6 и 7, 8 и 9, 10 и 11, 12 и 13.

Исполнительные органы 14-19 в системе коммутации соединены последовательно
40 с силовым ключам 2-13 с помощью кабелей питания 38, 39, 40 и разъемных соединителей системы коммутации с контактами 41-52 с одной стороны кабелей питания и контактами 53-64 с другой стороны кабелей питания.

Блок управления и контроля 22 имеет вход 23, предназначенный для приема и, при необходимости, сохранения технологических и штатных программ управления,
45 алгоритмов управления и информации обратной связи от контрольного устройства 26, и информационный выход 24, цепи которого связаны с управляющими входами всех силовых ключей 2-13 (показано в общем виде стрелками). Блок управления и контроля 22 должен обеспечивать выдачу в заданной последовательности команд управления

силовыми ключами 12-19, обеспечивать, при необходимости, сохранение и анализ информации от контрольного устройства 26 (например, тип проконтролированного исполнительного органа - по его сопротивлению) и т.д. Такое и подобные решения блока управления и контроля 22 имеют много вариантов исполнения, поэтому подробно
5 здесь не рассматриваются и не включены в число признаков заявленной системы коммутации исполнительных органов. Источник электропитания $\pm U$ может входить в блок управления и контроля 22. Цепь электропитания $-U$ соединена с единой отрицательной шиной электропитания 21 -Е. Этот источник электропитания может быть самостоятельным и размещен за пределами блока управления и контроля 22. Он
10 же может обеспечивать электропитанием и контрольное устройство 26.

Дифференциальный вход 27 контрольного устройства 26 соединен со вторыми выводами токозадающих резисторов 29 и 30 с одинаковыми сопротивлениями и является входом измерительного моста. При этом первые выводы токозадающих резисторов 29 и 30 подключены к положительной цепи $+U$ источника электропитания $\pm U$, имитатор
15 нагрузки 31 соединен первым выводом со вторым выводом первого токозадающего резистора, и подключен своим вторым выводом к единой отрицательной цепи электропитания -Е, второй токозадающий резистор вторым выводом соединен с положительной цепью электропитания +Е.

Цепи информационного выхода 28 контрольного устройства 26, при необходимости автоматизации контроля, подключают к входу управления, обратной связи и контроля
20 23 блока управления и контроля 22.

Имитатор нагрузки 31 выполнен в виде магазина сопротивлений, с возможностью установки, по необходимости, сопротивления, равного максимальному или
25 минимальному сопротивлению исполнительного органа. Имитатор нагрузки 32 в ручном режиме должен быть отключен.

Имитатор нагрузки 32 входит в состав контрольного устройства 26, выполнен, как это показано на фиг. 1, и может регулироваться автоматически контрольным устройством 26 до баланса измерительного моста. При этом имитатор нагрузки 31 в
автоматическом режиме должен быть отключен.

Здесь следует отметить, что необходимость, порядок и последовательность включения имитаторов нагрузки 31 или 32 определяется программой, режимом и объемом работы системы коммутации исполнительных органов в составе изделия. Функционально они
30 равнозначны и включаются только по одному.

Каждое из устройств, являющихся функциональным исполнительным органом 14-
35 19, может, при необходимости, содержать некоторые технологические устройства (на фиг. 1 не показаны) для подтверждения по телеметрическому каналу состояния этого устройства в исходном положении, особенности самого устройства и его информационных особенностей и обязанностей: факт подачи напряжения электропитания на исполнительный орган, его состояние «включено/выключено»,
40 «положение», «исполнено» и т.п. Это обычная стандартная комплектация исполнительных органов любой системы дистанционного управления исполнительными органами или иной управляемой аппаратурой. Особенности устройства исполнительных органов и их функции не входят в объем притязаний, поэтому в схеме на фиг. 1 и в описании подробно не отражены.

Контрольное устройство 26 совместно с токозадающим резистором 29 и имитатором нагрузки 31 (или 32), с токозадающим резистором 30 и эквивалентным нестационарным сопротивлением R_z системы силовых ключей и исполнительных органов представляют измерительный мост с сопротивлениями плеч R_{29-R31} (или 32) и R_{30-R_z} , где R_z -

электрический эквивалент силовых ключей 2-13 и исполнительных органов и их комбинаций по мере переключения исполнительных органов 14-19 при их проверке.

Контрольное устройство 26 информацию с информационного выхода 28 может подавать на вход 23 блока управления и контроля 22 по типу «не более» или по типу «не менее», в зависимости от конкретной настройки измерительного устройства 26 и контролируемого диапазона сопротивлений исполнительных органов 14-19, уровня тока холостого хода.

В составе системы коммутации исполнительных органов 14-19 возможны дефекты, например замыкание цепей, содержащих диоды, транзисторы, резисторы, на фиг. 1 условно показанных в виде гипотетических RD цепочек по типу 65, или цепочки с сопротивлением R, имитирующими ток утечки между дефектными цепями, вплоть до короткого замыкания по типу 66. Эти дефекты уверенно обнаруживаются при проведении проверки на разобщенность цепей. При обнаружении дефекта следует провести анализ причины его появления, принять меры для поиска, устранения дефекта и недопущения возникновения такого дефекта впредь.

С помощью комплекса устройств предложенной системы коммутации исполнительных органов 14-19 можно проверить работоспособность всех силовых ключей 2-13, целостность исполнительных органов и, что не менее важно, разобщенность цепей электропитания исполнительных органов 14-19, находить изменения, вызванные непредсказуемыми дефектами, например, соединениями, обрывами или иными нарушениями в цепях электропитания и контроля исполнительных органов.

Поскольку контрольное устройство 26 является неотъемлемой частью системы коммутации исполнительных органов, то сопротивление имитатора нагрузки 31 (или 32) и конкретное устройство его переключения должны быть спроектированы заранее и отлажены в составе конкретной готовой системы коммутации исполнительных органов с учетом ожидаемых параметров комплектующих элементов, в частности - максимального и минимального сопротивления реальных исполнительных органов совместно с сопротивлением открытых (замкнутых) силовых ключей 2-13, с сопротивлением цепей электропитания, токов утечки, составляющих ток холостого хода и т.д.

Если установить сопротивление имитатора нагрузки 31 исходя из максимальной суммы допустимых токов утечки закрытых силовых ключей (максимально допустимого тока холостого хода), то по принципу «не более» в процессе проверки можно подтверждать отсутствие паразитных связей между цепями электропитания исполнительных органов и цепями электропитания -E или +E, способных увеличить ток холостого хода сверх допустимого, а также фиксировать на общем фоне чрезмерно увеличившийся ток утечки любого силового ключа.

Еще следует отметить, что диоды 33 и 34 с одинаковыми параметрами, соединенные последовательно с одинаковыми токозадающими резисторами 29 и 30, практически не влияют на точность измерений при балансе моста и поэтому могут не учитываться в предложенной системе коммутации исполнительных органов именно при балансе моста.

Исполнительные органы 14-19 по их функциональному назначению или по месту нахождения и т.п. на фиг. 1 могут быть объединены в блоки 35, 36, 37. В реальной аппаратуре такого объединения может не быть.

Разъемные контакты 41-42 и 53-64 соединителей и цепи электропитания исполнительных органов 14-19 приведены на фиг. 1 в качестве примера для того, чтобы условно показать, где и какие дефекты типа 65, 66 могут возникнуть в системе коммутации исполнительных органов и как их определить с помощью предложенного

способа проверки работоспособности и разобщенности элементов и цепей в конкретной системе коммутации исполнительных органов.

Рассмотрим работу заявленной системы коммутации исполнительных органов с неразрушающим контролем работоспособности элементов коммутации и исполнительных органов (фиг. 1).

В течение срока службы и срока эксплуатации система коммутации исполнительных органов неоднократно выполняет непосредственно те функции, для которых она создана, а именно: управление исполнительными органами 14-19 (штатный режим работы) и проверка результатов исполнения команд, выданных системой коммутации исполнительных органов (в технологическом режиме) Кроме того, при необходимости или по графику, в технологическом режиме проводится проверка работоспособности элементов системы коммутации исполнительных органов 14-19 перед включением ее в штатном режиме и проверка разобщенности цепей системы коммутации исполнительных органов для подтверждений отсутствия каких-либо ошибок или дефектов в цепях управления исполнительных органов (в технологическом режиме).

Проверка системы коммутации исполнительных органов 14-19 в режиме, аналогичном штатному, обязательно должна быть проведена при штатном напряжении электропитания +E, со штатными исполнительными органами или с действующими имитаторами исполнительных органов по специальной программе, например, при проведении лабораторных и конструкторско-доводочных испытаний.

Проверка системы коммутации исполнительных органов при приемосдаточных испытаниях и перед штатной эксплуатацией производится всегда в технологическом облегченном режиме, когда не требуется или не допускается подавать на ее исполнительные органы 14-19 штатное напряжение электропитания, но требуется убедиться, что система управления исполнительными органами собрана полностью и правильно и, несмотря на то, что она не запитана рабочим напряжением $\pm E$, убедиться, что она работоспособна, а именно - убедиться, что элементы коммутации - силовые ключи 2-13 работоспособны, цепи электропитания исполнительных органов не имеют электрических связей между собой и с силовыми цепями электропитания и, что до этой конкретной проверки не был разрушен ни один элемент системы коммутации и ни один исполнительный орган.

Перед проверкой работоспособности элементов системы коммутации исполнительных органов подсчитывают (согласно технической документации на силовые ключи) сумму предельно допустимых токов утечки через все пары выключенных силовых ключей 2-13 и через токозадающий резистор 29. В процессе любой проверки ток холостого хода включенной в технологическом режиме системы коммутации исполнительных органов не должен превышать суммы допустимых токов утечки холостого хода, если иное не оговорено особо.

В технологическом режиме на цепь электропитания +E и на силовые ключи 2, 4, 6, 8, 10 и 12 через токозадающий резистор 29 подают напряжение +U. Поскольку все силовые ключи 2-13 и электрический выключатель 25 разомкнуты, то через токозадающий резистор 29 никакой иной постоянный ток не течет, кроме тока холостого хода, который всегда должен быть меньше допустимой суммы токов утечки всех пар закрытых силовых ключей 2-13, соединенных последовательно с исполнительными органами 14-19.

Измеряют реальный ток холостого хода, сравнивают его измеренное значение с предельно допустимым током холостого хода и делают вывод об отсутствии замечаний в цепях электропитания.

Для начала проверки в режиме «ТЕСТ» включают блок управления и контроля 22, включают блок электропитания 1 и не подключают при этом его шину (+) к цепи электропитания +E: (электрический выключатель 25 должен находиться в исходном, выключенном, положении). Силовое положительное напряжение (+) электропитания на цепь электропитания +E в режиме «ТЕСТ» подавать нельзя. В режиме «ТЕСТ» его присутствие не обязательно, хотя и желательно, чтобы в процессе проверки убедиться, что оно или его шины электропитания не искажают результатов проверки, например, за счет каких-нибудь дефектов типа чрезмерных токов утечки, ошибок в монтаже и т.п.

Способ неразрушающего контроля работоспособности и разобщенности элементов системы коммутации и исполнительных органов состоит в следующем:

согласно технической документации на силовые ключи подсчитывают сумму предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей 2-13 через токозадающий резистор 29,

подают напряжение +U на цепь электропитания +E от источника электропитания ±U через токозадающий резистор 29,

оценивают фактический уровень тока холостого хода элементов коммутации исполнительных органов, сравнивают его с суммой предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей 2-13,

делают вывод об отсутствии замечаний в цепях электропитания 20 +E и 21 -E и элементов коммутации исполнительных органов 14-19, и

проводят проверку работоспособности элементов коммутации, цепей электропитания 20 +E и 21-E и исполнительных органов 14-19, для чего

поочередно кратковременно включают по одному силовые ключи 2, 4, 6, 8, 10, 12, подключенные к положительной цепи электропитания 20+E и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать предельно допустимого уровня суммарного тока утечки всех выключенных силовых ключей, и подтверждают выключенное состояние силовых ключей 3, 5, 7, 9, 11, 13, соединенных последовательно с исполнительными органами 14-19 и силовыми ключами 2, 4, 6, 8, 10, 12,

подключенными к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E,

поочередно кратковременно включают по одному силовые ключи 3, 5, 7, 9, 11, 13, подключенные к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать предельно допустимого уровня суммарного тока утечки всех выключенных силовых ключей, и

подтверждают выключенное состояние силовых ключей 2, 4, 6, 8, 10, 12, соединенных последовательно с исполнительными органами 14-19 и силовыми ключами 3, 5, 7, 9, 11, 13, подключенными к положительной цепи электропитания 20 +E,

при каждом одном включенном силовом ключе 2, 4, 6, 8, 10, 12, подключенном к положительной цепи электропитания 20 +E, включением соответствующего силового ключа 3, 5, 7, 9, 11, 13, подключенного к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный орган 14, 15, 16, 17, 18, 19 и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки 31, при балансе измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки 31, которое равно сопротивлению включенного исполнительного органа,

при каждом одном включенном силовом ключе 3, 5, 7, 9, 11, 13, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E, включением соответствующего силового ключа 2, 4, 6, 8, 10, 12, подключенного к положительной цепи электропитания 20 +E, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный

орган 14, 15, 16, 17, 18, 19 и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки 31, при балансе тока измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки 31, которое равно сопротивлению включенного исполнительного органа,

и после этого проводят проверку разобшенности элементов коммутации, цепей питания и исполнительных органов, для чего

при каждом одном включенном силовом ключе 2, 4, 6, 8, 10, 12, подключенном к положительной цепи электропитания 20 +E, поочередно кратковременно включают по одному силовому ключу, подключенному к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E, кроме силового ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов,

при каждом одном включенном силовом ключе 3, 5, 7, 9, 11, 13, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания 21 -E, поочередно кратковременно включают по одному силовому ключу подключенному к положительной цепи электропитания 20 +E, кроме силового ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов.

При этом при проверке разобшенности цепей в любом случае, на дифференциальном входе 27 контрольного устройства 26 может быть некоторый разбаланс, в наличие которого можно убедиться по напряжению (или коду при цифровом исполнении устройства 26) на информационном выходе 28 контрольного устройства 26. В ручном режиме, изменяя сопротивление имитатора нагрузки 31, можно добиться баланса сигналов на дифференциальном входе 27 моста, контролируя напряжения на информационном выходе 28 и рассчитать значение суммарного тока утечки I_z (тока холостого хода) всех параллельно включенных цепей закрытых силовых ключей, соединенных попарно последовательно с исполнительными органами согласно фиг. 1, по формуле (1):

$$I_z = U/R_{31}, \quad (1)$$

где: I_z - ток холостого хода - суммарный ток утечки всех закрытых силовых ключей, включенных параллельно в несколько цепей по два силовых ключа с исполнительным органом в каждой, при этом ток утечки в каждой такой цепочке определяется

МЭНЬШИМ током утечки одного из последовательно соединенных силовых ключей,

U - напряжение на резисторе R_{31} при балансе моста (практически равное напряжению источника питания блока управления и контроля 22, поскольку токи утечки обычно составляют микроамперы и падением напряжения на резисторе 30 можно пренебречь),

R_{31} - сопротивление имитатора нагрузки 31 при балансе моста на дифференциальном входе 27 контрольного устройства 26 и закрытом транзисторе имитатора нагрузки 32.

Значения расчетного допустимого тока холостого хода должны быть записаны в технологической документации для проверки токов холостого хода цепей с конкретными силовыми ключами, с конкретными исполнительными органами и в конкретном технологическом режиме проверки.

При необходимости, ток холостого хода можно оценить, например, измеряя

высокоомным милливольтметром, подключая его к имитатору нагрузки 31 с известным сопротивлением, после чего по закону Ома рассчитать ток, холостого хода, поделив измеренное напряжение на установленное сопротивление имитатора нагрузки 31. Но балансировку моста все равно необходимо проводить, в противном случае ток через имитатор нагрузки нельзя будет соотнести с током потребления или с током холостого хода реальной аппаратуры.

Можно ток холостого хода измерить непосредственно миллиамперметром, при наличии возможности включения его последовательно с имитатором нагрузки 31 при балансе измерительного моста.

Результаты измерения, особенно сопротивления имитатора нагрузки 31, как наиболее доступного, здесь и далее целесообразно записывать для последующего анализа на предмет сравнения с требованиями документации и их стабильности в процессе проверки конкретной системы коммутации и контроля исполнительных органов, например, при разных температурах, при разных напряжениях питания, при разных вариантах включенных силовых ключей даже в одной последовательной цепи и т.п.

При включении по одному тех или иных ключей без включения исполнительных органов суммарный ток утечки может незначительно изменяться, поскольку при любом включенном силовом ключе через него течет уже не его ток утечки, а ток утечки другого не включенного силового ключа в этой цепочке, который может быть больше, чем был ток утечки открытого теперь силового ключа. В этом и иных подобных случаях незначительно изменяется суммарный ток утечки, то есть, ток холостого хода системы не включенных исполнительных органов. Если суммарный ток холостого хода заметно увеличивается, значит, ток холостого хода второго, не включенного, силового ключа в контролируемой цепи может быть за пределами допустимого. Этот факт требует проверки и принятия соответствующих мер с последующей перепроверкой токов холостого хода или корректировки ошибки в технической документации.

Реально ток утечки существует всегда, но в процессе проверки может появиться ток, значительно превышающий предельно допустимый ток холостого хода, за счет дефекта совершенно непредвиденного происхождения. В процессе проверки, изложенной ниже, дефект можно выделить, вычислить и принять меры к разбору причины появления этого дефекта, ее ликвидации и недопущения в дальнейшем.

Если разброс сопротивлений исполнительных органов невелик и все они низкоомные, то в качестве имитатора нагрузки 31 целесообразно установить контрольное сопротивление, равное сопротивлению самого высокоомного исполнительного органа с учетом допуска на разброс сопротивления этого исполнительного органа. В таком режиме измерительного моста при всех более низкоомных исполнительных органах, в том числе и при коротком замыкании исполнительного органа выходной сигнал контрольного устройства 26 (например, компаратора или операционного усилителя), условно, будет «положительный», а при более высокоомных и при обрыве - «отрицательный». Для системы управления и контроля 22 такой «положительный» сигнал будет свидетельствовать о целостности проверяемых исполнительных органов и о возможности продолжения проверки.

Чтобы выявить возможное короткое замыкание исполнительных органов, нужно на имитаторе нагрузки 31 установить новое значение сопротивления, равное сопротивлению самого низкоомного из исполнительных органов с учетом допуска на разброс сопротивления этого исполнительного органа. В таком режиме при коротком замыкании выходной сигнал контрольного устройства 26 будет «положительный» (по типу предыдущих измерений), а при остальных исполнительных органах и при обрыве

- «отрицательный».

Таким образом, при большом количестве однотипных исполнительных органов достаточно устанавливать только два значения сопротивления имитатора нагрузки 31, имитирующие сопротивление самого высокоомного и самого низкоомного из исполнительных органов. И качество такой проверки будет без претензий. Если требуется подтверждение правильности размещения разнотипных исполнительных органов с разными их сопротивлениями, то при проверке каждого очередного исполнительного органа потребуется включение обоих силовых ключей проверяемой цепи, балансировка моста и проверка равенства сопротивления имитатора нагрузки 31 сопротивлению соответствующего исполнительного органа 14-19 согласно технической документации на него. Эта работа может быть проведена вручную или в автоматическом режиме в зависимости от возможностей контрольного устройства 26, информационных связей между измерительным устройством 26 (его выход 28) и блоком управления и контроля 22 (его вход 23) и от программы управления, заложенной в блок управления и контроля 22.

Проверяется работоспособность всей системы коммутации и контроля исполнительных органов достаточно просто. При этом проверку каждого исполнительного органа каждым силовым ключом (в том числе и составляющими элементами силового ключа, если силовой ключ резервирован) проводят только индивидуально. Для этого блоком управления и контроля 26 с его выхода 28 на управляющие входы (обмотки реле, входы оптронов и пр.) силовых ключей каждого исполнительного органа (по многопроводной линии с информационного выхода 24) подают необходимые команды на их включение и на выключение. При этом сигнал на выключение исполнительных органов, в зависимости от типа конкретных исполнительных органов, может быть выполнен путем снятия сигнала на включение этого исполнительного органа. Если управление исполнительным органом предусмотрено с запоминанием команды на включение, то предусматривается команда и на его выключение.

Перед подачей первой команды на включение первого силового ключа подсчитывают сумму предельно допустимых токов утечки через все выключенные силовые ключи 2-13 и через токозадающий резистор 29, или используют результаты подсчета суммы предельно допустимых токов утечки через все выключенные силовые ключи, занесенные ранее в техническую документацию, подают напряжение на цепи электропитания от источника электропитания $\pm U$ через токозадающий резистор 29, оценивают фактический уровень тока холостого хода системы коммутации исполнительных органов 14-19, сравнивают его с суммой предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей, делают вывод об отсутствии в цепях электропитания и среди элементов коммутации исполнительных органов замечаний и паразитных связей, проводят контроль работоспособности и разобщенности элементов коммутации и исполнительных органов.

С исполнением первой команды блока управления и контроля 22 на включение силового ключа 2 исполнительного органа 14 от цепи электропитания $+U$ при разомкнутом силовом ключе 3 потечет ток утечки по цепи $+U-29-20-2-41-53-14-54-42-3-E$, значение которого будет включено в сумму токов утечки остальных выключенных ключей и закрытого в данный момент конкретного силового ключа 3. При включенном силовом ключе 2 целесообразно зафиксировать изменение балансировки сбалансированного перед этим измерительного моста за счет возможного увеличения в данный момент конкретного тока утечки в цепи силового ключа 3 в составе общего

тока холостого хода.

Изменением сопротивления имитатора нагрузки 31 следует добиться нового баланса моста и по изменению сопротивлению имитатора нагрузки 31 в этом состоянии оценить эквивалентное сопротивление цепи суммарной нагрузки всех элементов коммутации с цепи положительного напряжения электропитания 20 +E на единую отрицательную цепь электропитания 21 -E и сравнить с предыдущим результатом изменения тока холостого хода и сопротивления нагрузки. Новое значение тока холостого хода может незначительно измениться в большую сторону, а сопротивление имитатора нагрузки - в меньшую сторону.

При включенном силовом ключе 2 формируется команда на включение силового ключа 3. С этого момента к цепям электропитания 20 +E и 21 -E, будет подключен исполнительный орган 14, сопротивление которого достаточно низкоомное и известное из конструкторской документации на этот исполнительный орган 14.

Все исполнительные органы 14-19 к силовым ключам 2-13 и далее - к цепям электропитания +E и -E подключают с помощью кабелей питания 38, 39, 40 и соединителей с контактами с 41 по 64. Номера контактов с 41 по 64 соединителей в описании без особой надобности не указываются. Указываются только номера включенных силовых ключей и исполнительных органов. При этом цепи протекания тока всегда легко прослеживаются по цепям между силовыми ключами, соединителями и исполнительными органами.

Подключение исполнительного органа 14 к схеме моста резко его разбалансирует. Но мост может быть вновь сбалансирован за счет изменения сопротивления имитатора нагрузки 31. При одинаковых сопротивлениях токозадающих резисторов 29 и 30 одинаковыми должны быть и сопротивление имитатора нагрузки 31 и исполнительного органа 14. В данном случае конкретная цепь 2-14-3 имеет низкоомное сопротивление, равное сумме сопротивлений пары открытых (включенных) силовых ключей 2 и 3, сопротивления цепей питания и сопротивления самого исполнительного органа 14. Это суммарное сопротивление многократно меньше R_z эквивалентного сопротивления утечки остальных силовых ключей, тем более что в этом режиме между силовыми цепями 20 +E и 21 -E напряжение может составлять единицы или, даже, доли вольта. Поэтому влиянием «токов утечки» на результаты измерений можно пренебречь.

Если измеренное сопротивление этой цепи согласно показаниям имитатора нагрузки 31 существенно меньше, чем должно быть у исполнительного органа 14 согласно его технической документации, значит, где-то параллельно подключилась еще какая-то низкоомная цепь, а это недопустимо и следует искать и устранять дефект.

Если измеренное сопротивление этой цепи оказалось больше, чем должно быть по технической документации на исполнительный орган 14, возможны следующие причины: обрыв или ошибка подключения исполнительного органа 14, не включился силовой ключ 3, не был включен силовой ключ 2, команда на включение которого поступила ранее, но не исполнилась, и это не было выявлено ранее, поскольку токи утечки обычно достаточно малы и их контроль производится по принципу «не более», т.е. измеренное значение тока утечки «должно быть не более» допустимого, то при малых значениях токах потребления это изменение трудно зафиксировать. Возможна и «функциональная» причина: «обрыв» цепи исполнительного органа 14, как и любого из последующих подобных исполнительных органов, а именно: после штатной команды, выданной ранее на включение, исполнительный орган 14 не был приведен в исходное состояние командой на выключение (на фиг. 1 не показано), либо у исполнительного органа 14, например, не установлен или сгорел предохранитель.

В любом случае причина отступления от технической документации и в этой части системы коммутации исполнительных органов должна быть выявлена и замечание устранено.

5 После устранения замечания или при его отсутствии изначально, подают команду на выключение силового ключа 3. Теперь по разомкнутой цепи вновь потечет ток утечки силового ключа 3. Если он не более допустимого (целесообразно оценивать по сопротивлению имитатора нагрузки при балансе моста, принимая во внимание и токи утечки остальных силовых ключей), подают команду на выключение силового ключа 2.

10 После выключения силового ключа 2 контрольное устройство 26 вновь разбалансируется и вновь потребует его балансировка изменением сопротивления имитатора нагрузки 31. Эта балансировка покажет, что ток холостого хода близок к измеренному ранее, поскольку мост сбалансирован при том же значении сопротивления имитатора нагрузки, при том же напряжении питания, что и ранее, при первой
15 балансировке, до включения каких-либо силовых ключей. Поэтому замечаний нет.

Вместе с тем, нет уверенности в том, что силовым ключом 2 был включен, а потом - выключен. При изначально замкнутом ключе 2 это не будет обнаружено. Здесь целесообразно управляемость исполнительного органа 14 дополнительно проверить с помощью иной последовательности подачи тех же команд:

- 20 - включить силовым ключом 3,
- убедиться, что ток потребления на холостом ходу изменился незначительно, значит силовым ключом 2 не включен и исполнительный орган 14 не подключен к цепям источника электропитания $\pm U$,
- включить силовым ключом 2, теперь исполнительный орган 14 подключен к цепям
25 источника электропитания $\pm U$;
- выключить силовым ключом 2, теперь исполнительный орган 14 отключен от цепей источника электропитания $\pm U$;
- выключить силовым ключом 3.

30 На этом проверка элементов коммутации исполнительного органа 14 закончена полностью. Перед проверкой каждой следующей группы силовых ключей исполнительного органа все силовые ключи, включенные ранее, должны быть выключены.

С исполнением следующей команды блока управления и контроля 22 на включение силового ключа 4 исполнительного органа 15 от цепи электропитания $+U$ потечет ток утечки по цепи $+U-29-20-4-43-55-15-56-44-5-E$, значение которого будет равно току
35 утечки закрытого в данный момент конкретного силового ключа 5.

Вместе с этим, напряжение с положительной цепи электропитания $20+E$ через силовым ключом 4, по цепи $43-55$ и через дефект 65 попадет на контакт 42 и далее $-54-14-53-41-2$, а также и еще далее: через элементы паразитной цепи 65, поступит на контакты 42, 54 соединителей и далее по цепи $42-54-14-53-41$ на силовым ключом 2, а также с контакта 42
40 соединителя - на силовым ключом 3. Однако ни по какой цепи ток не потечет, кроме токов утечки, которые трудно оценить. В результате дефект 65 окажется не замеченным, и поэтому «замечаний нет».

При включенном силовым ключом 4 формируется следующая команда на включение силового ключа 5. С этого момента к цепям электропитания $20 +E$ и $21 -E$ будет
45 подключен исполнительный орган 15, сопротивление которого достаточно низкоомное и, обычно, известное. По аналогии с изложенным выше производится балансировка моста и по результатам балансировки оценивается соответствие результатов измерения имитатора нагрузки 31 и реального сопротивления исполнительного органа 15 и его

данных по технической документации.

Отступления от технической документации в этой части системы коммутации исполнительных органов не должно быть. Если замечание проявилось, следует провести его анализ, как описано выше при проверке цепей исполнительного органа 14.

5 При отсутствии замечания изначально или, если оно проявилось, было выявлено, устранено и цепи питания исполнительного органа 15 перепроверены, выключают силовые ключи 4 и 5, отключая исполнительный орган 15 от цепей электропитания 20 +E и 21 -E.

Замечаний нет.

10 Здесь, также как показано выше следует проверить управляемость силового ключа 4, для чего поменять последовательность подачи команд на включение силовых ключей 4 и 5:

- включить силовой ключ 5,

15 - убедиться, что ток потребления на холостом ходу изменился незначительно, значит, силовой ключ 4 не был включен и исполнительный орган 15 не подключился к цепям питания $\pm U$,

- включить силовой ключ 4, теперь исполнительный орган 15 подключен к цепям источника электропитания $\pm U$;

20 - выключить силовой ключ 4, теперь исполнительный орган 15 отключен от цепей источника электропитания $\pm U$;

- выключить силовой ключ 5.

И вывод: замечаний нет.

На этом проверка элементов коммутации второго исполнительного органа 15 закончена полностью, перед проверкой каждой следующей группы силовых коммутаторов исполнительного органа все силовые ключи, включенные ранее, должны 25 быть выключены.

Аналогично проверяется работа остальных силовых ключей 6-13 по включению исполнительных органов 16-19. При этом результаты измерений при этой проверке должны соответствовать тем, которые записаны в технической документации на 30 проверку соответствующей аппаратуры включения исполнительных органов 16, 17, 18, 19 силовыми ключами 6-13.

Результаты этой проверки подтверждают работоспособность системы коммутации исполнительных органов.

Здесь следует отметить, что на любое отклонение результатов измерения 35 сопротивления исполнительных органов или токов холостого хода в процессе включения силовых ключей и исполнительных органов всегда следует обращать внимание, производить анализ таких отклонений, например, реальных сопротивлений исполнительных органов и реальных значений токов холостого хода. Результаты проверки должны быть в пределах допусков к фактическим данным, записанным в 40 технической документации на конкретную систему коммутации исполнительных органов. В случае обнаружения какого-либо замечания необходимо проводить анализ причины появления замечания, устранение замечания и перепроверку.

После проверки работы всех пар силовых ключей в цепях с соответствующими исполнительными органами следует обязательно провести проверку разобщенности 45 элементов коммутации и исполнительных органов по принципу «каждый с каждым», поскольку предыдущая проверка так и не обнаружила дефектов 65 и 66, специально показанных в схеме на фиг. 1 тонкими линиями. Только проверка по принципу «каждый с каждым» позволяет выявить любые дефекты между цепями электропитания разных

исполнительных органов, в том числе и дефекты с диодами в таких цепях. Такая проверка эквивалентна традиционной проверке сопротивления изоляции между разобщенными цепями и, даже, между разобщенными системами или приборами. Эта же проверка позволила бы обнаружить гипотетические замыкания, например, силовых ключей 2 или 4, если бы они реально имели место.

Здесь пришла пора обратить особое внимание на паразитную цепочку 65, показанную дважды на схеме фиг. 1 тонкими линиями, и на паразитную цепочку 66, которые до сих пор «не обнаружены». Паразитные цепочки могли образоваться конструктивно неизвестно где и когда, но в данном случае, при проверке исполнительных органов 14 и 15, они электрически не были замечены.

Изложенная ниже методика позволяет оперативно провести проверку разобщенности всех цепей электропитания всех исполнительных органов и позволяет выявить любое ложное соединение между любыми цепями электропитания исполнительных органов.

Начинать проверку можно также с включения того же первого по схеме силового ключа 2.

При включенном силовом ключе 2 в цепи электропитания и контроля 20 +E кратковременно последовательно по одному включают все силовые ключи 5, 7, 9, 11 и 13 в цепи электропитания -E, кроме силового ключа 3 (эта комбинация пары включенных силовых ключей 2 и 3 уже проверена ранее без замечаний при проверке цепей электропитания исполнительного органа 14). Замечаний по непредвиденному увеличению тока в процессе такой проверки не было, поскольку при подаче напряжения +U через резистор 29 на цепь 2-41-53-14-54-42 и далее через паразитную цепь 65 ток утечки не пройдет, поскольку на ее входе имеется диод 33, включенный встречно. И замечания не должно быть, если паразитный диод в дефекте 65 высокого качества.

Если замечания нет, силовой ключ 2 выключают.

Следующим включают в цепи электропитания и контроля 20 +E силовой ключ 4 и на фоне включенного силового ключа 4 последовательно в цепи электропитания -E включают по одному все силовые ключи 3, 7, 9, 11 и 13, кроме силового ключа 5 (комбинация включенных силовых ключей 4 и 5 проверена ранее при проверке цепей исполнительного органа 14; замечаний не было). В процессе проверки первая же комбинация включенных силовых ключей 4 и 3 приводит к непредвиденному результату: измеренный ток холостого хода оказался неожиданно большим. Глядя на схему на фиг. 1, можно объяснить это тем, что между неподвижным контактом замкнутого силового ключа 4 (в цепи +E) и неподвижным контактом разомкнутого силового ключа 3 (в цепи -E) оказался дефект 65, содержащий неизвестное сопротивление и диод, не обнаруженные ранее при проверке предыдущей последовательностью команд. Место появления этого дефекта можно определить просто: если отключить соединитель с контактами 53-56 от блока исполнительных органов 35 и дефект пропадет, значит, нужно вскрывать блок исполнительных органов 35 и искать дефект там. Если после отключения соединителя с контактами 53-56 от блока исполнительных органов 35 дефект сохранился, значит, он в блоке системы коммутации исполнительных органов, поскольку в кабелях питания (между контактами 42 и 43) такой дефект невозможен, потому что в кабелях питания, обычно, нет диодов. Поэтому нужно вскрывать блок системы коммутации исполнительных органов и искать дефект там.

Выявленный дефект 65 мог возникнуть только по ошибке при монтаже или при замыкании между печатными дорожками в самой аппаратуре коммутации (вариант дефекта 65 показан на схеме фиг. 1 непосредственно между нормально разомкнутыми контактами силовых ключей 4 и 3). Балансировка моста с помощью имитатора нагрузки

31 даст оценку сопротивления этого дефекта. Учет падения напряжения на диоде дефекта 65 поможет уточнить значение сопротивления этого дефекта, а это подскажет то место в схеме и конструкции силового коммутатора исполнительных органов, где такие сопротивления применяются.

5 После устранения дефекта 65 при вновь включенном силовом ключе 4 последовательно поочередно включают по одному силовые ключи 3, 7, 9, 11 и 13 в цепи электропитания -Е. Комбинация проверки с силовым ключом 5 проверялась ранее при проверке цепей исполнительного органа 15. Иных замечаний по непредвиденному увеличению тока в процессе этой проверки на соответствие схеме на фиг. 1 больше не
10 может быть, поскольку их больше нет на схеме фиг. 1, предназначенной только для объяснения методов обнаружения подобных дефектов.

Замечаний нет. После этого силовой ключ 4 выключают.

Следующим включают силовой ключ 6. При поочередном кратковременном включении силовых ключей 3, 5, 9, 11 и 13 замечания отсутствуют. И это
15 «предусмотрено» отсутствием дефектов на схеме фиг. 1.

Замечаний нет. После этого силовой ключ 6 выключают.

Следующим включают силовой ключ 8. Здесь на схеме фиг. 1 приведен вариант дефекта 6б, содержащий неизвестное сопротивление, вплоть до короткого замыкания. При включенном силовом ключе 11 через него потечет ток утечки по цепи +U-29-20-8-
20 47-59-17-60-48-9. Появятся дополнительные «токи утечки» по цепям 48-66-49-10 и 66-61-18-62-50-11. Все эти токи небольшие, ранее они не были выявлены, поскольку каждая из упомянутых цепей имеет разомкнутые силовые ключи 9, 10 и 11, а контроль токов таких цепей традиционно производится по принципу «не более...».

Резюме проверки - «замечания нет».

25 Далее при включенном силовом ключе 8 и «при отсутствии замечания» поочередно кратковременно включают силовые ключи 3, 5, 7, 11 и 13. При включениях силовых ключей 3, 5 и 7 замечаний в части измерения токов утечки не будет. При включенном силовом ключе 11 появится непредвиденный ток, протекающий по цепи +U-29-20-8-47-
30 59-17-60-66-61-18-62-50-11-21-Е. При любом сопротивлении дефекта 6б измерительный мост может быть сбалансирован с помощью изменения сопротивления имитатора нагрузки 31. Сопротивление имитатора нагрузки и будет показывать значение сопротивления, в которое входят сопротивления исполнительных органов 17, 18, сопротивления цепей питания и сопротивление дефекта 6б. Если из результата этого измерения вычесть сопротивление исполнительных органов 17 и 18, которые ранее
35 были определены и в остатке будет 1-2 Ома, то наиболее вероятно - это замыкание печатных проводников, либо нормально разомкнутых контактов силовых ключей 9 и 10, либо замыкание между контактами 48 и 49 соединителя кабеля питания или соединителя на корпусе коммутатора исполнительных органов, т.е., внутри конструкции коммутатора исполнительных органов. Если результат измерения сопротивления
40 дефекта 6б значительно больше, то возможна ржавчина, окислы между контактами соединителя, между печатными проводниками или между контактами силовых ключей, возможны какие-то утечки между печатными проводниками коммутатора исполнительных органов. В любом случае требуется разборка системы управления исполнительных органов, начиная с отключения соединителя с контактами 48, 49, поиск
45 и устранение неисправности, после чего - сборка и контрольная проверка, и при положительных результатах, продолжение проверки разобщенности остальных цепей электропитания исполнительных органов.

Замечаний нет. После этого силовые ключи 8 и 9 выключают.

Следующим включают силовой ключ 10. При этом в результате устранения в предыдущих операциях дефекта 66 при включенном силовом ключе 10 этот дефект не проявится и измерение покажет, что при поочередном включении силовых ключей 3, 5, 7, 9 и 13 через замкнутый силовой ключ 10 течет только ток утечки по цепи +U-29-10-49-61-18-62-50-11-21-E.

Если бы дефект 66 не был устранен, то при замкнутых силовых ключах 10 и 9 и балансе измерительного моста можно было бы оценить значение сопротивления дефекта 66 и по нему понять, где этот дефект мог образоваться, например, в виде короткого замыкания между контактами 48 и 49 соединителя, или в блоке коммутации. После устранения дефекта, если он не был устранен ранее, необходимо перепроверить разобщенность в объеме, достаточном для подтверждения отсутствия дефекта 66.

Замечаний нет. После этого силовой ключ 10 выключают.

Следующим включают силовой ключ 12. Здесь потечет только «ток утечки» по цепи +U-29-12-51-63-19-64-52-13-E, поскольку силовой ключ 13 разомкнут, ток потребления холостого хода не выйдет за пределы допустимого.

При кратковременном включении силовых ключей 3, 5, 7, 9 и 11 (по аналогии - кроме силового ключа 13) всегда будет протекать только ток холостого хода.

Замечаний нет. Силовой ключ 12 выключают.

Здесь следует заметить, что первую часть проверки системы коммутации исполнительных органов 14-19, в которой проверялась работоспособность элементов коммутации и исправность исполнительных органов, можно объединить со второй частью проверки системы коммутации исполнительных органов, в которой проверялась разобщенность цепей электропитания исполнительных органов. Это целесообразно при контрольной проверке, например, при приемо-сдаточных испытаниях, в то время как раздельная проверка системы коммутации исполнительных органов особенно целесообразна при первом включении системы коммутации исполнительных органов для проверки и настройки (если она потребуется), когда, как видно на примерах, приходится по поводу каждого замечания систему коммутации исполнительных органов разбирать, искать дефект, устранять его, собирать и продолжать проверку. Или начинать проверку с начала, в зависимости от выявленного замечания и количества работ, связанных с устранением конкретного замечания. Суммарный объем проверки при этом не изменяется и корректировать формулу изобретения в части способа проверки не требуется.

Возможна иная последовательность проверки системы коммутации исполнительных органов, когда все замечания фиксируются по мере их появления, анализируются и только после этого система коммутации исполнительных органов разбирается, а поиск и устранение неисправностей производится «за один заход». Такая методика первой проверки позволит подготовить систему коммутации исполнительных органов более оперативно, только с одной промежуточной «разборкой-ремонтом-сборкой и проверкой», например, перед подготовкой к приемо-сдаточным испытаниям. При этом объем проверки также не изменяется и корректировка формулы изобретения не требуется.

Контрольное устройство 26 на своем информационном выходе (интерфейсе) 28 выставляет результаты измерения тока или сопротивления нагрузки, которые поступают на вход 23 блока управления и контроля 22 для сравнения с ожидаемыми параметрами и принятия решения о выполнении следующей операции проверки. При необходимости, может быть включен световой или звуковой сигнал тревоги, оповещающий об обнаруженном дефекте и остановке проверки до устранения причины замечания.

Результаты измерения тока в обоснованных случаях и при наличии необходимой аппаратуры, могут быть представлены, например, для передачи по каналу телеметрии, либо оператору для визуального контроля, либо переданы по каналу связи оператору, находящемуся на расстоянии.

5 После проверки работоспособности системы коммутации исполнительных органов в технологическом режиме «в обесточенном состоянии» и ее ремонта, если это потребовалось, и перепроверки после ремонта, можно использовать аппаратуру в штатном режиме, для этого перед работой достаточно включить выключатель 25, выдать заданный объем команд и выключатель 25 выключить. После исполнения
10 штатной программы, при необходимости, можно провести повторную проверку системы коммутации исполнительных органов для контроля исполнения функций исполнительными органами и контроля целостности и работоспособности элементов системы коммутации и исполнительных органов, а именно: появления обрывов, замыканий между цепями исполнительных органов, изменения состояния
15 двухпозиционных или одноразовых исполнительных органов и т.п.

Одновременная работа системы управления исполнительными органами в режиме «РАБОТА» и проверка системы коммутации исполнительных органов в режиме «ТЕСТ» не допускается, поскольку в этом случае от команд режима ТЕСТ могут быть случайно несвоевременно включены исполнительные органы, способные навредить. Для этого
20 в «вышестоящей» системе управления блоком питания 1, положительной цепью электропитания 20 +E и выключателем 25 должна быть предусмотрена необходимая блокировка.

В целом следует отметить способность заявленной группы изобретений обеспечивать проверку работоспособности силовых ключей, их разобщенность, их возможности
25 управлять исполнительными органами, проверку целостности исполнительных органов и при этом фиксировать гипотетические неисправности аппаратуры (например, сгоревших предохранителей, не исходное состояние двухпозиционных исполнительных органов, состояние одноразовых исполнительных органов и др.) при отключенном силовом электропитании, т.е. «в обесточенном состоянии».

30 Кроме того, следует отметить, что такие проверки целесообразно проводить не только после изготовления системы коммутации исполнительных органов или при приемо-сдаточных испытаниях, что выполняется обязательно, но и перед применением системы коммутации исполнительных органов в штатном режиме работы. Это необходимо после длительного нахождения в выключенном состоянии в реальных
35 условиях эксплуатации и хранения (перепады температуры, ускорения, вибрации, влажность и т.д.). Тем более, что проверка элементов системы коммутации исполнительных органов в технологическом режиме проводится безопасно и достаточно быстро, фактически при отсутствии мощности в цепях исполнительных органов при формировании и исполнении всех управляющих команд.

40 Следует дополнительно отметить, что подобная система коммутации исполнительных органов обязательно должна быть отработана в штатном электрическом режиме, в реальной системе управления изделия с реальной кабельной сетью, совместно с исполнительными органами или с их имитаторами. Это исключит возможность пропуска каких-нибудь иных «мелочей», при наличии которых реальные исполнительные органы
45 могут не сработать, например, длинные кабельные цепи питания и малое сечение их проводов, либо они могут испортиться, например, при неправильной полярности подключения исполнительных органов к силовым управляемым контактам электропитания (ошибки в кабелях питания), либо при ошибках за счет неправильного

подключения пар однотипных соединителей исполнительных органов (ошибки в фазировке управляющих воздействий) и т.п. Такие ситуации целесообразно выявлять и исключать еще при отработке методики сборки системы и с применением однозначных конструктивных решений.

5 Предлагаемая совокупность признаков в рассмотренном авторами предложении не встречалась ранее для решения поставленной задачи, и не следует явным образом из уровня техники, что позволяет сделать вывод о соответствии технических решений критериям «новизна» и «изобретательский уровень».

10 По сравнению с известными решениями предложенная группа изобретение улучшает эксплуатационные свойства за счет обеспечения оперативного контроля заявленной системы коммутации исполнительных органами «в обесточенном состоянии». При этом оперативно, надежно, безопасно и заблаговременно подтверждается работоспособность самой системы коммутации исполнительных органов в составе изделия, и выявляются все ошибки и дефекты в уже собранной системе коммутации исполнительных органов.
15 При этом работоспособность самих исполнительных органов гарантируется их изготовителями и подтверждается испытаниями их при входном контроле перед установкой в состав изделия и проверкой работоспособности собственно системы коммутации исполнительных органов в части работоспособности силовых ключей и разобщенности цепей питания исполнительных органов.

20

(57) Формула изобретения

1. Система коммутации исполнительных органов, содержащая блок электропитания с положительной и отрицательной силовыми шинами электропитания (+) и (-), исполнительные органы, положительную цепь электропитания +E и единую
25 отрицательную цепь электропитания -E, силовые ключи с управляющими входами, соединенные последовательно с исполнительными органами и подключенные непосредственно к положительной и отрицательной цепям электропитания +E и -E, блок управления и контроля, содержащий источник электропитания $\pm U$, вход управления, обратной связи и контроля и информационный выход, через который цепи
30 управляющих команд соединены с управляющими входами силовых ключей, электрический выключатель положительной цепи электропитания +E, включенный между положительной силовой шиной (+) блока электропитания и положительной цепью электропитания +E, причем в исходном состоянии электрического выключателя положительная цепь электропитания +E отключена от положительной силовой шины
35 (+) блока электропитания, контрольное устройство, имеющее дифференциальный вход и информационный выход с возможностью подключения его к входу блока управления и контроля, отличающаяся тем, что в нее введены два одинаковых по сопротивлению токозадающих резистора, подключенные первыми выводами к положительной цепи электропитания +U, имитатор нагрузки, соединенный первым выводом со вторым
40 выводом первого токозадающего резистора, и подключенный своим вторым выводом к единой отрицательной цепи электропитания -E, второй токозадающий резистор вторым выводом соединен с положительной цепью электропитания +E, измерительный мост контрольного устройства, образованный двумя упомянутыми токозадающими резисторами, имитатором нагрузки, исполнительными органами и силовыми ключами,
45 дифференциальный вход контрольного устройства соединен со вторыми выводами упомянутых токозадающих резисторов и является входом измерительного моста.

2. Система коммутации исполнительных органов по п. 1, отличающаяся тем, что имитатор нагрузки выполнен в виде магазина сопротивлений, с возможностью установки

по необходимости сопротивления, равного максимальному или минимальному сопротивлению исполнительного органа из системы коммутации исполнительных органов.

3. Система коммутации исполнительных органов по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что в состав измерительного моста введены два диода, включенные последовательно с одинаковыми по сопротивлению токозадающими резисторами.

4. Способ неразрушающего контроля работоспособности и разобщенности элементов коммутации и исполнительных органов, характеризующийся тем, что подсчитывают сумму предельно допустимых токов утечки через все выключенные силовые ключи и через токозадающий резистор, подают напряжение на цепь электропитания +Е для исполнительных органов от источника электропитания через токозадающий резистор, оценивают фактический уровень тока холостого хода элементов коммутации и исполнительных органов, сравнивают его с суммой предельно допустимых токов утечки всех выключенных силовых ключей, делают вывод об отсутствии замечаний в цепях электропитания и среди элементов коммутации и исполнительных органов, проводят проверку работоспособности элементов коммутации, цепей электропитания и исполнительных органов, для чего поочередно кратковременно включают по одному все силовые ключи, подключенные к положительной цепи электропитания +Е и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать предельно допустимого уровня суммарного тока утечки выключенных силовых ключей, и подтверждают выключенное состояние силовых ключей, соединенных последовательно с исполнительными органами и силовыми ключами, подключенными к единой отрицательной цепи электропитания -Е, поочередно кратковременно включают по одному все силовые ключи, подключенные к единой отрицательной цепи электропитания -Е и контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня суммарного тока утечки всех выключенных силовых ключей, и подтверждают выключенное состояние силовых ключей, соединенных последовательно с исполнительными органами и силовыми ключами, подключенными к положительной цепи электропитания +Е, при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к положительной цепи электропитания +Е, включением соответствующего силового ключа, подключенного к единой отрицательной цепи электропитания -Е, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный орган и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки, при балансе измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки, которое равно сопротивлению включенного исполнительного органа, при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания -Е, включением соответствующего силового ключа, подключенного к положительной цепи электропитания +Е, включают в состав измерительного моста соответствующий исполнительный орган и, изменяя сопротивление имитатора нагрузки, при балансе тока измерительного моста определяют сопротивление имитатора нагрузки, которое равно сопротивлению включенного исполнительного органа, проводят проверку разобщенности элементов коммутации, цепей питания и исполнительных органов, для чего при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к положительной цепи электропитания +Е, поочередно кратковременно включают по одному силовому ключу, подключенному к единой отрицательной цепи электропитания -Е, кроме силового ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень тока утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие

ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов, при каждом одном включенном силовом ключе, подключенном к единой отрицательной цепи электропитания -Е, поочередно кратковременно включают по одному силовому ключу, подключенному к положительной цепи электропитания +Е, кроме силового
5 ключа, связанного своим исполнительным органом с уже включенным силовым ключом, контролируют суммарный уровень токов утечки, значение которого не должно превышать допустимого уровня тока холостого хода, и подтверждают отсутствие ложных электрических связей между цепями электропитания исполнительных органов.

10

15

20

25

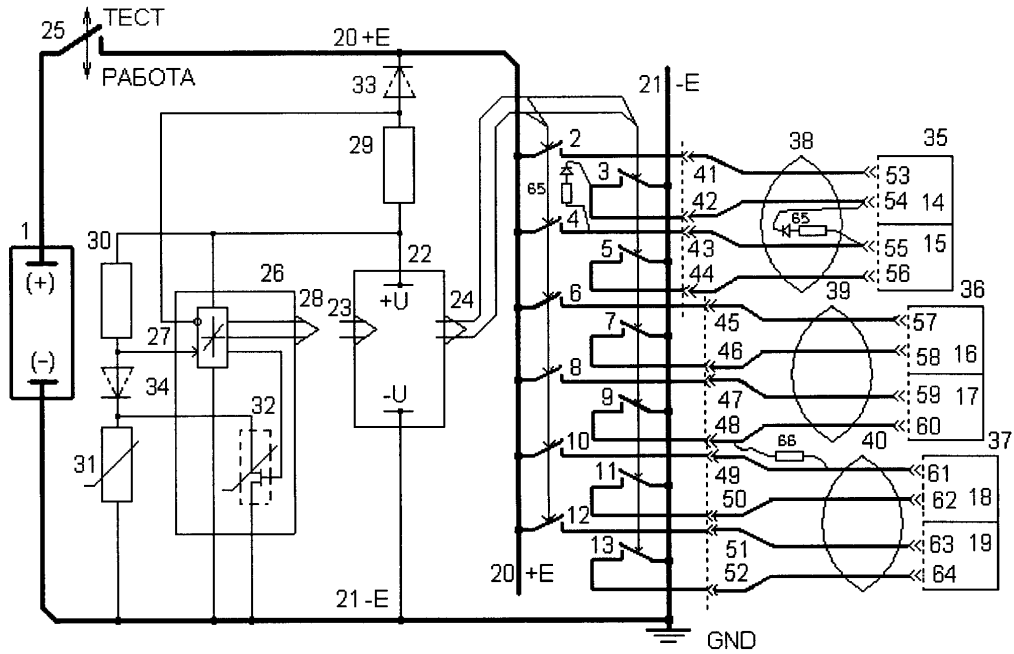
30

35

40

45

Система коммутации исполнительных органов и способ неразрушающего контроля работоспособности и разобщённости элементов коммутации и исполнительных органов



Фиг.1