



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 382 434** (13) **C1**

(51) МПК  
*H01H 73/36* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009101704/09, 20.01.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.01.2009

(45) Опубликовано: 20.02.2010 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 75787 U1, 20.08.2008. RU 2210832 C2,  
20.08.2003. RU 2214645 C2, 20.10.2003. RU  
2267184 C1, 27.12.2005. DE 3820993 A1,  
28.12.1989.

Адрес для переписки:

620017, г.Екатеринбург, а/я 696, ООО  
"Технос"

(72) Автор(ы):

Мурадов Эльхан Шахбаба оглы (RU),  
Мурадов Роман Эльхан оглы (RU),  
Шипицын Виктор Васильевич (RU),  
Морозов Алексей Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной  
ответственностью "Технос" (RU)

## (54) УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ ГИБРИДНОЕ КОММУТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ПОСТОЯННОГО ТОКА

(57) Реферат:

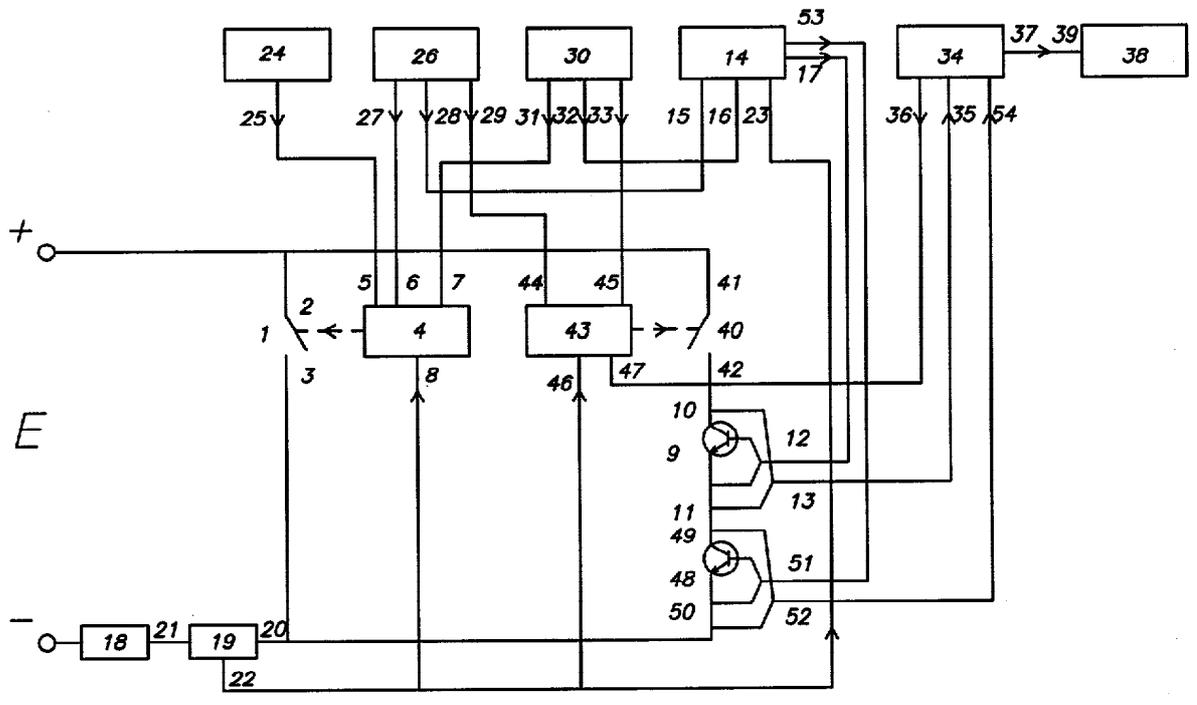
Изобретение относится к электротехнике. Техническим результатом является увеличение надежности и упрощение устройства. Первый вариант усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока содержит первый электромеханический коммутатор с системой управления, второй электромеханический коммутатор с системой управления, два транзистора с системой управления, реле тока, включающую и отключающую кнопки, устройство защитного отключения, реле контроля и блок информации, при этом первый электромеханический коммутатор соединен последовательно с реле тока и нагрузкой, второй электромеханический коммутатор и два транзистора соединены в одну последовательную цепь и подсоединены

параллельно первому электромеханическому коммутатору, устройство защитного отключения и отключающая кнопка соединены с системами управления первого и второго электромеханических коммутаторов и системой управления транзисторами, реле контроля соединено с транзисторами, с системой управления вторым электромеханическим коммутатором и с блоком информации. Второй вариант заявленного устройства вместо второго транзистора содержит предохранитель, включенный последовательно с транзистором. Третий вариант заявленного устройства вместо второго транзистора содержит терморезистор с положительным температурным коэффициентом удельного сопротивления, включенный последовательно с транзистором. 3 н.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 382 434 C1

RU 2 382 434 C1

RU 2382434 C1



Фиг. 1

RU 2382434 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*H01H 73/36* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2009101704/09, 20.01.2009**  
 (24) Effective date for property rights:  
**20.01.2009**  
 (45) Date of publication: **20.02.2010 Bull. 5**  
 Mail address:  
**620017, g.Ekaterinburg, a/ja 696, OOO "Tekhnos"**

(72) Inventor(s):  
**Muradov Ehl'khan Shakhbaba ogly (RU),  
 Muradov Roman Ehl'khan ogly (RU),  
 Shipitsyn Viktor Vasil'evich (RU),  
 Morozov Aleksey Grigor'evich (RU)**  
 (73) Proprietor(s):  
**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju  
 "Tekhnos" (RU)**

(54) **IMPROVED HYBRID DC SWITCHING DEVICE**

(57) Abstract:

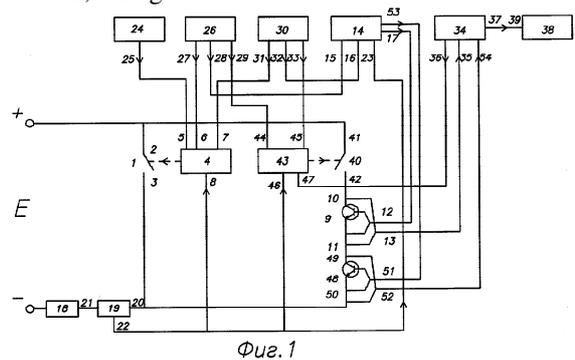
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to electric engineering. The first version of improved hybrid DC switching device comprises the first electromechanical commutator with control system, the second electromechanical commutator with control system, two transistors with control system, current relay, on and off buttons, protective cutout device, relay of control and information unit, at the same time the first electromechanical commutator is connected serially to current relay and load, the second electromechanical commutator and two transistors are connected into a single serial circuit and parallel to the first electromechanical commutator, protective cutout device and off button are connected to control systems of the first and second electromechanical commutators and system of transistor control, control relay is connected to transistors, to system of the second electromechanical commutator control and to information unit. The

second version of proposed device instead of the second transistor comprises safety fuse connected serially with transistor. The third version of proposed device instead of the second transistor comprises thermistor with positive temperature coefficient of specific resistance, connected serially to transistor.

EFFECT: improved reliability and simplification of device.

3 cl, 3 dwg



RU 2 382 434 C1

RU 2 382 434 C1

Предлагаемое изобретение - усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока относится к электротехнике, а именно к коммутационным электрическим аппаратам постоянного тока, и может быть использовано для коммутации электрических цепей постоянного тока в нагрузочных режимах, режимах перегрузки и аварийных режимах короткого замыкания нагрузки.

Известно, что при отключении индуктивной нагрузки постоянного тока между главными контактами электромеханического электрического аппарата возникает электрическая дуга, которая оплавляет эти контакты, что существенно снижает коммутационную износостойкость электромеханического электрического аппарата по сравнению с его механической износостойкостью (Л.1, Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1988).

Для повышения срока службы электрических аппаратов известно применение полупроводниковых бесконтактных электрических аппаратов, в которых отсутствуют электрическая дуга и коммутационный износ (Л.2, Могилевский Г.В. и др. Полупроводниковые аппараты защиты. - М.: Энергия, 1980). Однако полупроводниковые аппараты имеют повышенное падение напряжения при пропускании прямого тока во включенном состоянии, что увеличивает их нагрев и снижает к.п.д., а также не обеспечивают гальванической развязки нагрузки от питающей сети в выключенном состоянии.

Стремление совместить в электрических аппаратах положительные качества контактных аппаратов - малые потери мощности во включенном состоянии и гальваническую развязку нагрузки от источника питания в выключенном состоянии - и положительные качества полупроводниковых электрических аппаратов - повышенную коммутационную износостойкость и, следовательно, меньшие эксплуатационные затраты - привело к разработке и созданию гибридных электрических аппаратов, в которых ток во включенном состоянии аппарата проходит через контакты электрического электромеханического аппарата, а коммутация этого тока выполняется силовыми полупроводниковыми приборами, включенными параллельно контактам электромеханического аппарата (Л.3, Могилевский Г.В. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения. - М.: Энергоатомиздат, 1986).

Известно, что наибольшая длительность горения электрической дуги, следовательно, и наибольшее разрушение контактов имеют место при отключении постоянных индуктивных токов. Поэтому известен целый ряд гибридных коммутационных аппаратов постоянного тока, которые являются аналогами по отношению к предлагаемому гибриднему коммутационному устройству постоянного тока (Приложение 1, Л.3, стр.64, рис.1.21). Однако все они имеют недостатки, так как эти устройства выполнены на однооперационных тиристорах, которые при реализации требуют обязательного применения предварительно заряженных коммутирующих конденсаторов С, что усложняет известные аналоги, увеличивает их габариты и снижает их надежность. С учетом этого более близким аналогом является гибридное коммутационное устройство постоянного тока с параллельным соединением электромеханического аппарата и транзистора (Приложение 2, Л.4 Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов / Под ред. Ю.К.Розанова. - М.: Энергоатомиздат, 1998, стр.573, рис.11.14.).

Однако и в упомянутом аналоге не достигается заявленный технический результат - увеличение надежности и упрощение гибридного коммутационного устройства

постоянного тока, так как в аналоге имеются следующие недостатки.

Во-первых, нет электромеханического коммутатора для гальванической развязки нагрузки  $Z_n$  от источника постоянного напряжения  $E$  при выключенном транзисторе гибридного коммутационного устройства постоянного тока. Во-вторых, нет реле контроля исправности транзистора, что также снижает надежность гибридного коммутационного устройства постоянного тока. В-третьих, нет блока информации о неисправности транзистора гибридного коммутационного устройства постоянного тока.

Поэтому в качестве прототипа выбрано гибридное коммутационное устройство постоянного тока с дополнительным электромеханическим коммутатором. (Приложение 3. Патент на полезную модель №75787 «Гибридное коммутационное устройство постоянного тока», авторы: Мурадов Э.Ш., Шипицын В.В., Морозов А.Г. Опубликовано 20.08.2008, бюл. №23). В этом прототипе имеется дополнительный электромеханический коммутатор для гальванической развязки нагрузки от питающей сети при выключенном транзисторе, имеются реле контроля исправности транзистора и блок информации о неисправности транзистора, что обеспечивает нормальную работу устройства прототипа при отключении номинальных и менее номинального значения постоянных индуктивных токов. Однако прототип также имеет недостаток, который заключается в том, что при внезапном возникновении короткого замыкания в процессе отключения и появлении перенапряжений существенно возрастает вероятность неотключения тока короткого замыкания вторым электромеханическим коммутатором, так как в качестве этого коммутатора целесообразно использовать контактор постоянного тока, который значительно дешевле автоматического выключателя постоянного тока и имеет значительно большую циклоустойчивость. Все это приводит к неотключению тока короткого замыкания и, следовательно, к серьезной аварии в электротехническом устройстве постоянного тока, особенно если это электротехническое устройство - пассажирский электротранспорт.

Предлагаемое изобретение - усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока - решает задачу разработки и создания гибридного коммутационного аппарата постоянного тока, осуществление которой позволяет достичь заявленного технического результата, заключающегося в увеличении надежности и упрощении этого устройства.

Сущность предлагаемого изобретения - усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока - заключается в том, что в гибридном коммутационном устройстве, имеющем первый электромеханический коммутатор с системой управления, включающую кнопку, отключающую кнопку, устройство защитного отключения и реле тока, включенный в прямом направлении по отношению к полярности питающего напряжения первый транзистор с системой управления, второй электромеханический коммутатор с системой управления, реле контроля и блок информации, при этом первый электромеханический коммутатор соединен с реле тока и нагрузкой, включающая кнопка, устройство защитного отключения и отключающая кнопка соединены со схемой управления первым электромеханическим коммутатором, второй электромеханический коммутатор соединен последовательно с первым транзистором, при этом полученная последовательная цепь подсоединена параллельно первому электромеханическому коммутатору, устройство защитного отключения, отключающая кнопка и реле тока соединены с системами управления транзистора и второго электромеханического

коммутатора, а реле контроля транзистора соединено с блоком информации и системой управления вторым электромеханическим коммутатором, которая соединена с реле тока. В первом варианте дополнительно введен второй транзистор, имеющий два силовых вывода, один входной и один выходной выводу, причем второй транзистор включен в прямом направлении по отношению к полярности питающей сети постоянного напряжения, причем в схему управления транзисторами введен второй выходной вывод, а в реле контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу первого транзистора подсоединен первый силовой вывод второго транзистора, второй вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом входной вывод второго транзистора соединен с вторым выходным выводом системы управления транзисторами, а выходной вывод второго транзистора соединен с вторым входным выводом реле контроля. Во втором варианте дополнительно введен предохранитель, имеющий два силовых вывода и один выходной вывод, причем в реле контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу транзистора подсоединен первый силовой вывод предохранителя, второй силовой вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом выходной вывод предохранителя соединен с вторым входным выводом реле контроля. В третьем варианте дополнительно введен терморезистор с положительным температурным коэффициентом удельного сопротивления, имеющий два силовых вывода и один выходной вывод, причем в реле контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу транзистора подсоединен первый силовой вывод терморезистора, второй силовой вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом выходной вывод терморезистора соединен с вторым входным выводом реле контроля.

Заявленный технический результат достигается следующим образом. При отключении постоянных индуктивных токов, равных номинальному или меньших номинального, нормальный процесс отключения обеспечивается переводом тока в цепь транзисторов и их последующим запирающим, а затем обеспечением гальванической развязки нагрузки от питающей сети постоянного тока наиболее дешевым контактором постоянного тока. При внезапном возникновении тока короткого замыкания в процессе оперативного отключения или отключения от устройства защитного отключения и появлении перенапряжений увеличение надежности в первом варианте усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока достигается тем, что при последовательном соединении двух транзисторов вероятность разрушения каждого из них уменьшается, следовательно, возрастает вероятность отключения внезапно возникшего короткого замыкания не разрушенным транзистором. Во втором варианте усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока в указанном выше режиме увеличение надежности достигается тем, что при разрушении транзистора ток короткого замыкания отключается предохранителем, включенным последовательно с транзистором, при этом предохранитель в нормальном режиме должен пропускать ток не больше номинального в течение примерно 1 секунды, поэтому предохранитель может выбираться с номинальным током меньше номинального тока гибридного коммутационного устройства, и при возникновении короткого замыкания предохранитель будет работать в режиме существенной перегрузки и обеспечит отключение тока короткого замыкания за несколько миллисекунд. В третьем варианте усовершенствованного гибридного

коммутационного устройства постоянного тока в указанном выше режиме увеличение надежности достигается тем, что при разрушении транзистора ток короткого замыкания существенно ограничивается терморезистором, включенным последовательно с транзистором, и отключается вторым электромеханическим коммутатором, в качестве которого используется дешевый контактор постоянного тока. Таким образом, во всех трех вариантах предлагаемого усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока повышается вероятность отключения тока короткого замыкания, то есть предотвращается аварийный режим при использовании в качестве второго электромеханического коммутатора наиболее дешевого контактора постоянного тока, а не дорогого автоматического быстродействующего выключателя постоянного тока, при этом во всех трех вариантах в блок информации, то есть для оператора, поступает сигнал о выходе из строя того или иного элемента, что позволяет предотвратить включение в работу неисправного коммутационного устройства.

Предлагаемое усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, как отмечено выше, имеет три варианта исполнения и изображено на фиг.1, фиг.2, фиг.3. Устройство, выполненное по первому варианту, приведено на фиг.1 и содержит первый электромеханический коммутатор 1, имеющий первый 2 и второй 3 главные контакты, систему управления 4 первым электромеханическим коммутатором 1, имеющую четыре входных вывода 5, 6, 7, 8 и механически связанную с первым электромеханическим коммутатором 1, причем под каждым выводом в элементах и цепях управления подразумевается два провода, второй электромеханический коммутатор 40, имеющий первый 41 и второй 42 главные контакты, систему управления 43 вторым электромеханическим коммутатором 40, имеющую четыре входных вывода 44, 45, 46, 47 и механически связанную с вторым электромеханическим коммутатором 40, первый транзистор 9, имеющий два силовых вывода 10, 11, один входной вывод 12 и один выходной вывод 13, второй транзистор 48, имеющий два силовых вывода 49, 50, один входной вывод 51 и один выходной вывод 52, систему управления 14 транзисторами 9, 48, имеющую три входных вывода 15, 16, 23 и два выходных вывода 17 и 53, соединенное последовательно с нагрузкой 18 реле тока 19, имеющее два силовых вывода 20, 21 и выходной вывод 22, включающую кнопку 24, имеющую один выходной вывод 25, устройство защитного отключения 26, имеющее три выходных вывода 27, 28, 29, отключающую кнопку 30, имеющую три выходных вывода 31, 32, 33, реле контроля 34 транзисторов 9, 48, имеющее два входных вывода 35, 54 и два выходных вывода 36, 37, блок информации 38, имеющий один входной вывод 39. Первый главный контакт 2 первого электромеханического коммутатора 1 соединен с первым положительным полюсом источника питания Е постоянного напряжения и механически связан с системой управления 4 первого электромеханического коммутатора 1, второй главный контакт 3 которого соединен с первым силовым выводом 20 реле тока 19, второй силовой вывод 21 которого соединен с нагрузкой 18, соединенной с вторым отрицательным полюсом источника питания Е постоянного напряжения, первый главный контакт 41 второго электромеханического коммутатора 40 соединен с первым главным контактом 2 первого электромеханического коммутатора 1, второй главный контакт 42 второго электромеханического коммутатора 40 соединен с первым силовым выводом 10 первого транзистора 9, второй силовой вывод 11 которого соединен с первым силовым выводом 49 второго транзистора 48, второй силовой вывод 50 которого

соединен с вторым главным контактом 3 первого электромеханического коммутатора 1, первый выходной вывод 22 реле тока 19 соединен с первым входным выводом 8 системы управления 4 первым электромеханическим коммутатором 1, выходной вывод 25 включающей кнопки 24, первый выходной вывод 27 устройства защитного отключения 26, первый выходной вывод 31 отключающей кнопки 30 соединены соответственно с вторым входным выводом 5, с третьим входным выводом 6 и с четвертым входным выводом 7 системы управления 4 первым электромеханическим коммутатором 1, второй выходной вывод 28 устройства защитного отключения 26, второй выходной вывод 32 отключающей кнопки 30 соединены соответственно с первым входным выводом 15 и с вторым входным выводом 16 системы управления 14 транзисторами 9 и 48, третий выходной вывод 29 устройства защитного отключения 26, третий выходной вывод 33 отключающей кнопки 30, выходной вывод 22 реле тока 19, первый выходной вывод 36 реле контроля 34 транзисторов 9 и 48 соединены соответственно с первым входным выводом 44, с вторым входным выводом 45, с третьим входным выводом 46, с четвертым входным выводом 47 системы управления 43 вторым электромеханическим коммутатором 40, выходной вывод 22 реле тока 19 соединен также с третьим входным выводом 23 системы управления 14 транзисторами 9, 48, выходные выводы 17 и 53 системы управления 14 транзисторами 9 и 48 соединены соответственно с входными выводами 12 транзистора 9 и 51 транзистора 48, входные выводы 35 и 54 реле контроля 34 транзисторов 9 и 48 соединены соответственно с выходными выводами 13 транзистора 9 и 52 транзистора 48, выходной вывод 37 реле контроля 34 транзисторов 9 и 48 соединен с входным выводом 39 блока информации 38.

Второй вариант предлагаемого усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока приведен на фиг.2 и выполнен в основном аналогично первому за исключением того, что вместо второго транзистора 48 (см. фиг.1) введен предохранитель 55 с силовыми выводами 56, 57 и выходным выводом 58, при этом к второму силовому выводу 11 транзистора 9 подсоединен первый силовой вывод 56 предохранителя 55, второй силовой вывод 57 которого соединен с вторым главным контактом 3 первого электромеханического коммутатора 1, при этом выходной вывод 58 предохранителя 55 соединен с вторым входным выводом 59 реле контроля 34, которое в этом варианте является общим для контроля исправности транзистора 9 и предохранителя 55.

Третий вариант предлагаемого усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока приведен на фиг.3 и выполнен в основном аналогично первому варианту за исключением того, что вместо второго транзистора 48 (см. фиг.1) введен терморезистор 60 с положительным температурным коэффициентом удельного сопротивления с силовыми выводами 61, 62 и выходным выводом 63, при этом к второму силовому выводу 11 транзистора 9 подсоединен первый силовой вывод 61 терморезистора 60, второй силовой вывод 62 которого соединен с вторым главным контактом 3 первого электромеханического коммутатора 1, при этом выходной вывод 63 терморезистора 60 соединен с вторым входным выводом 64 реле контроля 34, которое в этом варианте является общим для контроля исправности транзистора 9 и терморезистора 60.

Предлагаемое гибридное коммутационное устройство постоянного тока работает следующим образом. Поскольку предлагается устройство отключения постоянного тока, процесс подключения нагрузки к сети постоянного напряжения рассматривать не будем, полагая, что в некоторый момент времени  $t_0$  нагрузка 18 с помощью

включающей кнопки 24 по каналу 25,5 включена и через нее и первый электромеханический коммутатор 1 протекает постоянный ток  $I_{нагр}$  по контуру: «+»-1-19-18-«-».

5 Процесс отключения постоянного тока может иметь три вида. Первый вид имеет место при отключении токов перегрузки или токов короткого замыкания в произвольный момент времени. Второй вид имеет место при отключении оператором или устройством защитного отключения малых индуктивных токов и всех токов, не превосходящих номинального значения тока нагрузки. Третий вид имеет место при 10 отключении токов перегрузки и токов короткого замыкания, возникших в момент отключения оператором или устройством защитного отключения малых индуктивных токов или любых токов, меньших или равных номинальному току, причем этот вид отключения имеет три варианта в зависимости от варианта исполнения 15 предложенного усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока.

Процесс отключения постоянного тока первого вида в первом варианте исполнения происходит следующим образом. При появлении в цепи нагрузки 18 тока перегрузки или при возникновении короткого замыкания нагрузки 18 информация об этом от 20 реле тока 19 по каналу 22, 8 поступает в систему управления 4 первого электромеханического коммутатора 1, который в соответствии со своим назначением обеспечивает отключение постоянного тока в рассматриваемом режиме, при этом конечно возникают усиленное дугообразование и усиленный электрический износ 25 главных контактов 2, 3 первого электромеханического коммутатора. Однако по статистике рассматриваемый режим возникает редко и на общий срок службы электромеханического коммутатора влияет незначительно. Информация о коротком замыкании поступает по каналу 22, 46 в систему управления 43 вторым 30 электромеханическим коммутатором 40 и по каналу 22, 23 в систему управления 14 транзисторами 9, 48, но в этом режиме и второй электромеханический коммутатор 40 и транзисторы 9, 48 находятся соответственно в выключенном и закрытом состоянии, поэтому они не влияют на процесс отключения.

Во втором и третьем вариантах исполнения усовершенствованного гибридного коммутационного устройства упомянутый процесс отключения первого вида 35 полностью аналогичен процессу отключения первого вида первого варианта, так как отключение производится только первым электромеханическим коммутатором.

Гораздо чаще возникает второй вид отключения постоянного тока, а именно отключение малых постоянных токов, не превосходящих номинального значения 40 тока нагрузки 18. Рассмотрим этот вид процесса отключения постоянного тока, когда сигнал об отключении появляется от устройства защитного отключения 26 или от отключающей кнопки 30, то есть от оператора, для первого варианта исполнения предлагаемого устройства. В этом случае информация об отключении нагрузки 18 45 подается от устройства защитного отключения 26 по каналу 27, 6 к системе управления 4 первым электромеханическим коммутатором 1 и по каналу 29, 44 к системе управления 43 вторым электромеханическим коммутатором 40 или от отключающей кнопки 30 по каналу 31, 7 к системе управления 4 первым электромеханическим коммутатором 1 и по каналу 33, 45 к системе управления 43 50 вторым электромеханическим коммутатором 40, от устройства защитного отключения 26 по каналу 28, 15 или от отключающей кнопки 30 по каналу 32, 16 к системе управления 14 транзисторами 9 и 48, от системы управления 14 транзисторами 9 и 48 по каналам 17, 12 и 53, 51 к транзисторам 9 и 48, при этом

логическая часть систем управления 4, 14 и 43 обеспечивает следующую последовательность операций. В момент времени  $t_1$  включается второй электромеханический коммутатор 40, при этом через нагрузку 18 и через первый электромеханический коммутатор 1 протекает тот же самый ток  $I_{нагр}$ . В момент времени  $t_2$  включаются транзисторы 9, 48 и отключается первый электромеханический коммутатор 1, при этом ток нагрузки 18 протекает по контурам

$$"-+"- \left\langle \begin{array}{c} -1- \\ -40-9-48- \end{array} \right\rangle -19-18-""",$$

причем в момент времени  $t_3$  ток первого электромеханического коммутатора 1 становится равным нулевому значению, а ток второго электромеханического коммутатора 40 и транзисторов 9, 48 становится равным току нагрузки  $I_{нагр}$ . В момент времени  $t_4$  с некоторой задержкой по отношению к моменту времени  $t_3$  выключаются транзисторы 9, 48, при этом ток транзисторов 9, 48 и второго электромеханического коммутатора 40 становится равным нулевому значению. Напряжение на транзисторах 9, 48 и на первом электромеханическом коммутаторе 1 становится равным питающему постоянному напряжению  $E$ . В момент времени  $t_5$  с некоторой задержкой по отношению к моменту времени  $t_4$  выключается второй электромеханический коммутатор 40, при этом напряжение на транзисторах 9, 48 становится равным нулевому значению, а напряжение на втором электромеханическом коммутаторе 40 становится равным питающему постоянному напряжению  $E$ .

Второй вид процессов отключения для второго и третьего вариантов исполнения предлагаемого усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока отличается от процесса отключения в первом варианте исполнения только тем, что управляется только один транзистор вместо двух, в остальном процесс отключения происходит аналогично.

Третий вид отключения - отключение коротких замыканий, возникших в момент отключения оператором или устройством защитного отключения токов, не превосходящих номинального значения, - достаточно редкий, но самый тяжелый и имеет три варианта в зависимости от варианта исполнения предлагаемого усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока.

Первый вариант. Усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, выполненное по первому варианту с дополнительно введенным транзистором (фиг.1), работает следующим образом. При появлении сигнала об отключении нагрузки 18 от устройства защитного отключения 26 или от отключающей кнопки 30 в момент времени  $t_1$  формируется сигнал на включение второго электромеханического коммутатора 43, который включается в бестоковом режиме. В момент времени  $t_2$  формируются команды на открывание транзисторов 9, 48 и на отключение первого электромеханического коммутатора 1, который выключается при малом напряжении на дуге, так как он зашунтирован параллельной цепью, состоящей из последовательно соединенных включенного второго электромеханического коммутатора 40 и открытых транзисторов 9, 48. Если в момент времени  $t_2$  не произошло короткого замыкания нагрузки 18, то процесс отключения продолжается далее в соответствии с вышеописанным алгоритмом в моменты времени  $t_3$ ,  $t_4$  и  $t_5$ . Если же в момент времени  $t_2$  произошло короткое замыкание

нагрузки 18, то процесс отключения происходит без соблюдения оптимального алгоритма, обеспечивающего высокую циклоустойчивость первого 1 и второго 43 электромеханических коммутаторов следующим образом. По каналу 22, 8 поступает сигнал на отключение первого электромеханического коммутатора 1, причем этот сигнал является дублирующим, так как в момент времени  $t_2$  сигнал на отключение первого электромеханического коммутатора 1 уже сформирован. Кроме того, формируются сигналы об отключении короткого замыкания нагрузки 18 по каналу 22, 46 для второго электромеханического коммутатора 40 и по каналу 22, 23 для запирающих транзисторов 9, 48, при этом возникает вероятность появления перенапряжений на транзисторах 9, 48 и соответственно вероятность пробоя этих транзисторов. Однако эта вероятность уменьшается в связи с дополнительно введенным транзистором, что повышает вероятность отключения этого редкого, но тяжелого случая отключения короткозамкнутой нагрузки 18. При выходе из строя одного из двух последовательно соединенных транзисторов или обоих транзисторов 9, 48 информация по каналам 13, 35 и 52, 54 поступает в реле контроля 34, а от реле контроля 34 по каналу 37, 39 в блок информации 38.

Второй вариант. Усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, выполненное по второму варианту с дополнительно введенным предохранителем (фиг.2), работает следующим образом. До момента времени  $t_2$  алгоритм процесса отключения такой же, как и в предыдущем случае. После момента времени  $t_2$  при возникновении короткого замыкания нагрузки 18 сигнал об отключении по каналу 22, 8 поступает для первого электромеханического коммутатора 1, по каналу 22, 46 для второго электромеханического коммутатора 40 и по каналу 22, 23 о запирающем транзисторе 9. При запирающем транзисторе 9 возможно появление перенапряжений и выход его из строя. Если при этом второй электромеханический коммутатор 40 не справится с отключением короткого замыкания, то ток короткого замыкания будет отключен предохранителем 55. Поскольку предохранитель 55 должен выбираться на ток, не превосходящий номинального значения, и на время работы, равное примерно 1 секунде (это время работы коммутационного устройства при оперативном отключении нагрузки 18 отключающей кнопкой 30 или отключении нагрузки 18 от устройства защитного отключения 26), номинальный ток предохранителя 55 может быть даже меньше номинального тока коммутационного устройства. Поэтому при коротком замыкании нагрузки 18, возникшем при оперативном отключении нагрузки 18, предохранитель 55 будет работать в режиме большой перегрузки, что обеспечит его быстрое перегорание - в течение нескольких миллисекунд, а следовательно, быстрое отключение короткозамкнутой нагрузки 18. При выходе из строя транзистора 9 сигнал по каналу 13, 35 поступит в реле контроля 34, при выходе из строя предохранителя 55 сигнал по каналу 58, 59 также поступит в реле контроля 34, а затем оба сигнала от реле контроля 34 по каналу 37, 39 поступят в блок информации 38.

Третий вариант. Усовершенствованное коммутационное устройство постоянного тока, выполненное по третьему варианту с дополнительно введенным терморезистором 60 (фиг.3) с положительным температурным коэффициентом, работает следующим образом. До момента времени  $t_2$  алгоритм процесса отключения такой же, как и в предыдущем случае. После момента времени  $t_2$  при возникновении короткого замыкания нагрузки 18 аналогично поступает сигнал об отключении первого 1 и второго 40 электромеханических коммутаторов и на запирающие

транзистора 9. Если при появлении перенапряжений разрушается транзистор 9, ток короткого замыкания начинает протекать по терморезистору 60, что приводит к его быстрому нагреву, так как его номинальный ток не должен превышать номинального тока коммутационного устройства на интервале времени не больше 1 секунды, быстрому возрастанию сопротивления и быстрому существенному ограничению тока короткого замыкания по цепи второй электромеханический коммутатор 40 - транзистор 9 - терморезистор 60, что существенно увеличивает вероятность отключения тока короткого замыкания вторым электромеханическим коммутатором. При выходе из строя транзистора 9 сигнал по каналу 13, 35 поступает в реле контроля 34, при выходе из строя терморезистора 60 сигнал по каналу 63, 64 также поступает в реле контроля 34, затем оба сигнала от реле контроля 34 по каналу 37, 39 поступают в блок информации 38.

В заключение необходимо заметить, что: во-первых, транзисторы 9, 48 или транзистор 9 во всех трех вариантах исполнения усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока могут быть снабжены известными защитными цепями; во-вторых, при смене полярности питающего постоянного напряжения Е направление прямого включения транзисторов 9, 48 изменяется на противоположное; в-третьих, при возможности появления тока противоположного направления транзисторы 9, 48 или транзистор 9 должны включаться в схему с помощью четырехдиодного однофазного мостового выпрямителя, который диагональю переменного тока включается в цепь последовательно с вторым электромеханическим коммутатором, при этом транзисторы 9, 48 или транзистор 9 подключаются к диагонали постоянного тока указанного мостового выпрямителя.

Для реализации предложенного изобретения необходимо в известное устройство дополнительно ввести либо транзистор, либо предохранитель, либо терморезистор с положительным температурным коэффициентом. Использовать три предложенных варианта усовершенствованного гибридного коммутационного устройства постоянного тока можно в любом сочетании. Все это будет реализовано в ООО «Технос».

#### Формула изобретения

1. Усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, содержащее первый электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления первым электромеханическим коммутатором, имеющую четыре входных вывода и механически связанную с первым электромеханическим коммутатором, причем под каждым выводом в элементах и цепях управления подразумевается два провода, второй электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления вторым электромеханическим коммутатором, имеющую четыре входных вывода и механически связанную с вторым электромеханическим коммутатором, транзистор, имеющий два силовых вывода, один входной и один выходной выводы, причем транзистор включен в прямом направлении по отношению к полярности питающей сети постоянного напряжения, систему управления транзистором, имеющую три входных и один выходной вывод, реле тока, имеющее два силовых и один выходной вывод, включающую кнопку, имеющую один выходной вывод, устройство защитного отключения, имеющее три выходных вывода, отключающую кнопку, имеющую три выходных вывода, реле контроля, имеющее один входной и два выходных вывода и блок информации, имеющий один входной вывод, при этом первый главный контакт

первого электромеханического коммутатора соединен с первым полюсом источника постоянного напряжения и механически связан с системой управления первого электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с первым силовым выводом реле тока, второй силовой вывод которого соединен с нагрузкой, соединенной с вторым полюсом источника постоянного напряжения, при этом с первым главным контактом первого электромеханического коммутатора соединен первый главный контакт второго электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с первым силовым выводом транзистора, выходной вывод реле тока соединен с первым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, с третьим входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором и с третьим входным выводом системы управления транзистором, выходной вывод включающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод устройства защитного отключения соединен с третьим входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод отключающей кнопки соединен с четвертым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, выходной вывод системы управления транзистора соединен с входным выводом транзистора, при этом второй выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, второй выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод реле контроля соединен с четвертым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, выходной вывод транзистора соединен с первым входным выводом реле контроля, второй выходной вывод которого соединен с входным выводом блока информации, отличающееся тем, что дополнительно введен второй транзистор, имеющий два силовых вывода, один входной и один выходной выводы, причем второй транзистор включен в прямом направлении по отношению к полярности питающей сети постоянного напряжения, причем в схему управления транзисторами введен второй выходной вывод, а в реле контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу первого транзистора подсоединен первый силовой вывод второго транзистора, второй вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом входной вывод второго транзистора соединен с вторым выходным выводом системы управления транзисторами, а выходной вывод второго транзистора соединен с вторым входным выводом реле контроля.

2. Усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, содержащее первый электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления первым электромеханическим коммутатором, имеющую четыре входных вывода и механически связанную с первым электромеханическим коммутатором, причем под каждым выводом в элементах и цепях управления подразумевается два провода, второй электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления вторым электромеханическим коммутатором, имеющую четыре входных вывода и

механически связанную с вторым электромеханическим коммутатором, транзистор, имеющий два силовых вывода, один входной и один выходной выводу, причем транзистор включен в прямом направлении по отношению к полярности питающей сети постоянного напряжения, систему управления транзистором, имеющую три  
5 входных и один выходной вывод, реле тока, имеющее два силовых и один выходной вывод, включающую кнопку, имеющую один выходной вывод, устройство защитного отключения, имеющее три выходных вывода, отключающую кнопку, имеющую три выходных вывода, реле контроля, имеющее один входной и два выходных вывода и  
10 блок информации, имеющий один входной вывод, при этом первый главный контакт первого электромеханического коммутатора соединен с первым полюсом источника постоянного напряжения и механически связан с системой управления первого электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с  
15 первым силовым выводом реле тока, второй силовой вывод которого соединен с нагрузкой, соединенной с вторым полюсом источника постоянного напряжения, при этом с первым главным контактом первого электромеханического коммутатора соединен первый главный контакт второго электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с первым силовым выводом транзистора,  
20 выходной вывод реле тока соединен с первым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, с третьим входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором и с третьим входным выводом системы управления транзистором, выходной вывод включающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления первым  
25 электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод устройства защитного отключения соединен с третьим входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод отключающей кнопки соединен с четвертым входным выводом системы управления первым  
30 электромеханическим коммутатором, выходной вывод системы управления транзистора соединен с входным выводом транзистора, при этом второй выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления вторым  
35 электромеханическим коммутатором, второй выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод реле контроля соединен с четвертым входным выводом системы управления вторым  
40 электромеханическим коммутатором, выходной вывод транзистора соединен с первым входным выводом реле контроля, второй выходной вывод которого соединен с входным выводом блока информации, отличающееся тем, что дополнительно введен предохранитель, имеющий два силовых вывода и один выходной вывод, причем в реле  
45 контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу транзистора подсоединен первый силовой вывод предохранителя, второй силовой вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом выходной вывод предохранителя  
50 соединен с вторым входным выводом реле контроля.

3. Усовершенствованное гибридное коммутационное устройство постоянного тока, содержащее первый электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления первым электромеханическим коммутатором,

имеющую четыре входных вывода и механически связанную с первым электромеханическим коммутатором, причем под каждым выводом в элементах и цепях управления подразумевается два провода, второй электромеханический коммутатор, имеющий первый и второй главные контакты, систему управления вторым электромеханическим коммутатором, имеющую четыре входных вывода и механически связанную с вторым электромеханическим коммутатором, транзистор, имеющий два силовых вывода, один входной и один выходной выводы, причем транзистор включен в прямом направлении по отношению к полярности питающей сети постоянного напряжения, систему управления транзистором, имеющую три входных и один выходной вывод, реле тока, имеющее два силовых и один выходной вывод, включающую кнопку, имеющую один выходной вывод, устройство защитного отключения, имеющее три выходных вывода, отключающую кнопку, имеющую три выходных вывода, реле контроля, имеющее один входной и два выходных вывода и блок информации, имеющий один входной вывод, при этом первый главный контакт первого электромеханического коммутатора соединен с первым полюсом источника постоянного напряжения и механически связан с системой управления первого электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с первым силовым выводом реле тока, второй силовой вывод которого соединен с нагрузкой, соединенной с вторым полюсом источника постоянного напряжения, при этом с первым главным контактом первого электромеханического коммутатора соединен первый главный контакт второго электромеханического коммутатора, второй главный контакт которого соединен с первым силовым выводом транзистора, выходной вывод реле тока соединен с первым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, с третьим входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором и с третьим входным выводом системы управления транзистором, выходной вывод включающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод устройства защитного отключения соединен с третьим входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод отключающей кнопки соединен с четвертым входным выводом системы управления первым электромеханическим коммутатором, выходной вывод системы управления транзистора соединен с входным выводом транзистора, при этом второй выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод устройства защитного отключения соединен с первым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, второй выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления транзистором, третий выходной вывод отключающей кнопки соединен с вторым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, первый выходной вывод реле контроля соединен с четвертым входным выводом системы управления вторым электромеханическим коммутатором, выходной вывод транзистора соединен с первым входным выводом реле контроля, второй выходной вывод которого соединен с входным выводом блока информации, отличающееся тем, что дополнительно введен терморезистор с положительным температурным коэффициентом удельного сопротивления, имеющий два силовых вывода и один выходной вывод, причем в реле контроля введен второй входной вывод, при этом к второму силовому выводу транзистора подсоединен первый силовой вывод терморезистора, второй силовой

вывод которого соединен с вторым главным контактом первого электромеханического коммутатора, при этом выходной вывод терморезистора соединен с вторым входным выводом реле контроля.

5

10

15

20

25

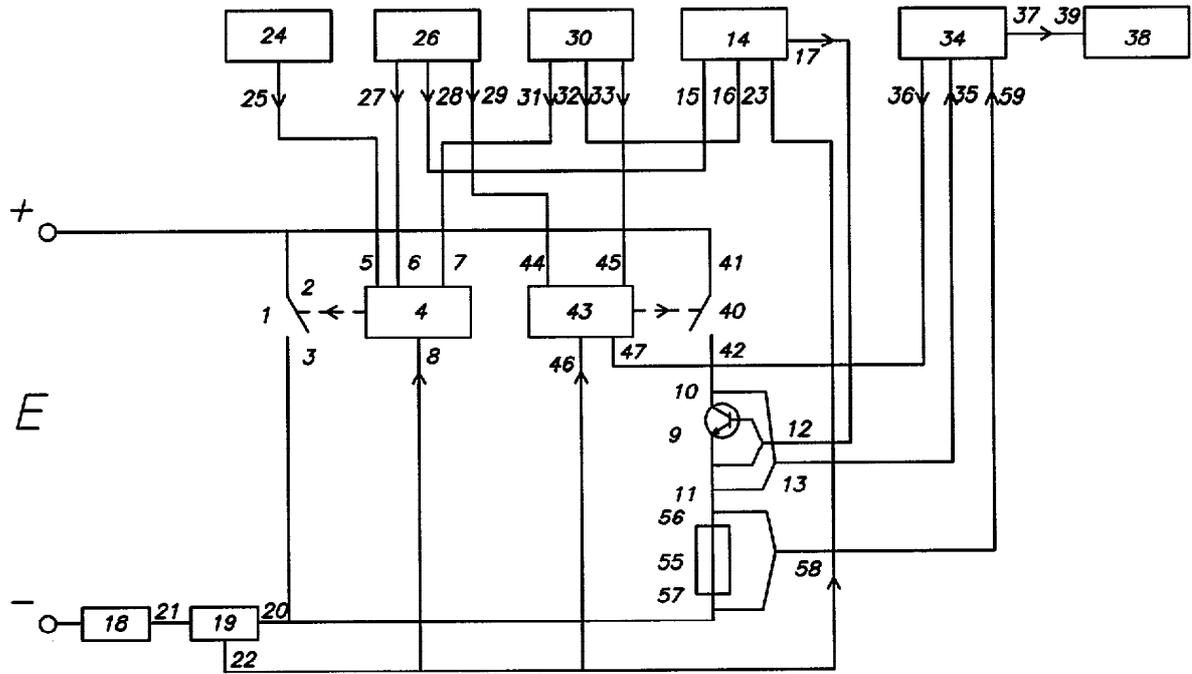
30

35

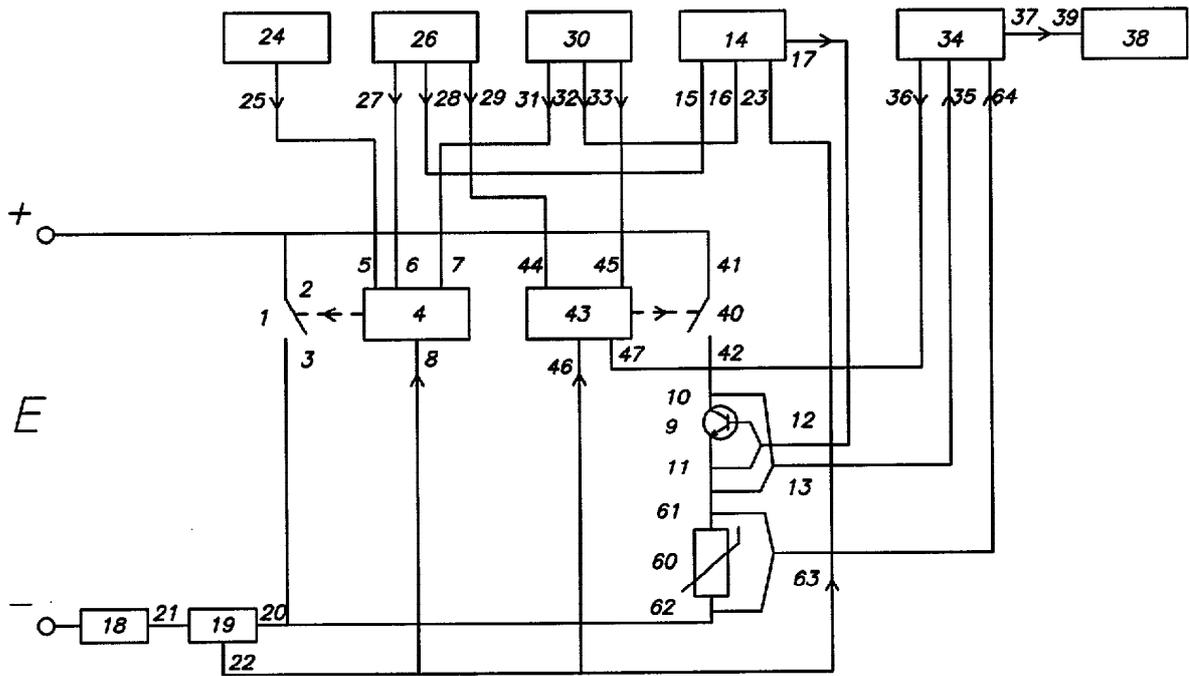
40

45

50



Фиг. 2



Фиг. 3