РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **192 946**(13) **U1**

(51) МПК
G01R 31/02 (2006.01)
G01R 31/40 (2014.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
***G01R 31/02** (2019.08); **G01R 31/40** (2019.08)*

(21)(22) Заявка: **2019122531, 15.07.2019**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.07.2019

Дата регистрации:
08.10.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **15.07.2019**

(45) Опубликовано: **08.10.2019** Бюл. № **28**

Адрес для переписки:
634034, г. Томск, ул. Белинского, 53, НИИАЭМ ТУСУР

(72) Автор(ы):
Бубнов Олег Викторович (RU),
Игнатенко Влас Владимирович (RU),
Рекутов Олег Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 185892 U1, 21.12.2018. RU 159208 U1, 10.02.2016. RU 174125 U1, 03.10.2017. US 20170169140 A1, 15.06.2017. JP 2018048948 A, 29.03.2018.**

(54) Электронный многофункциональный имитатор для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов

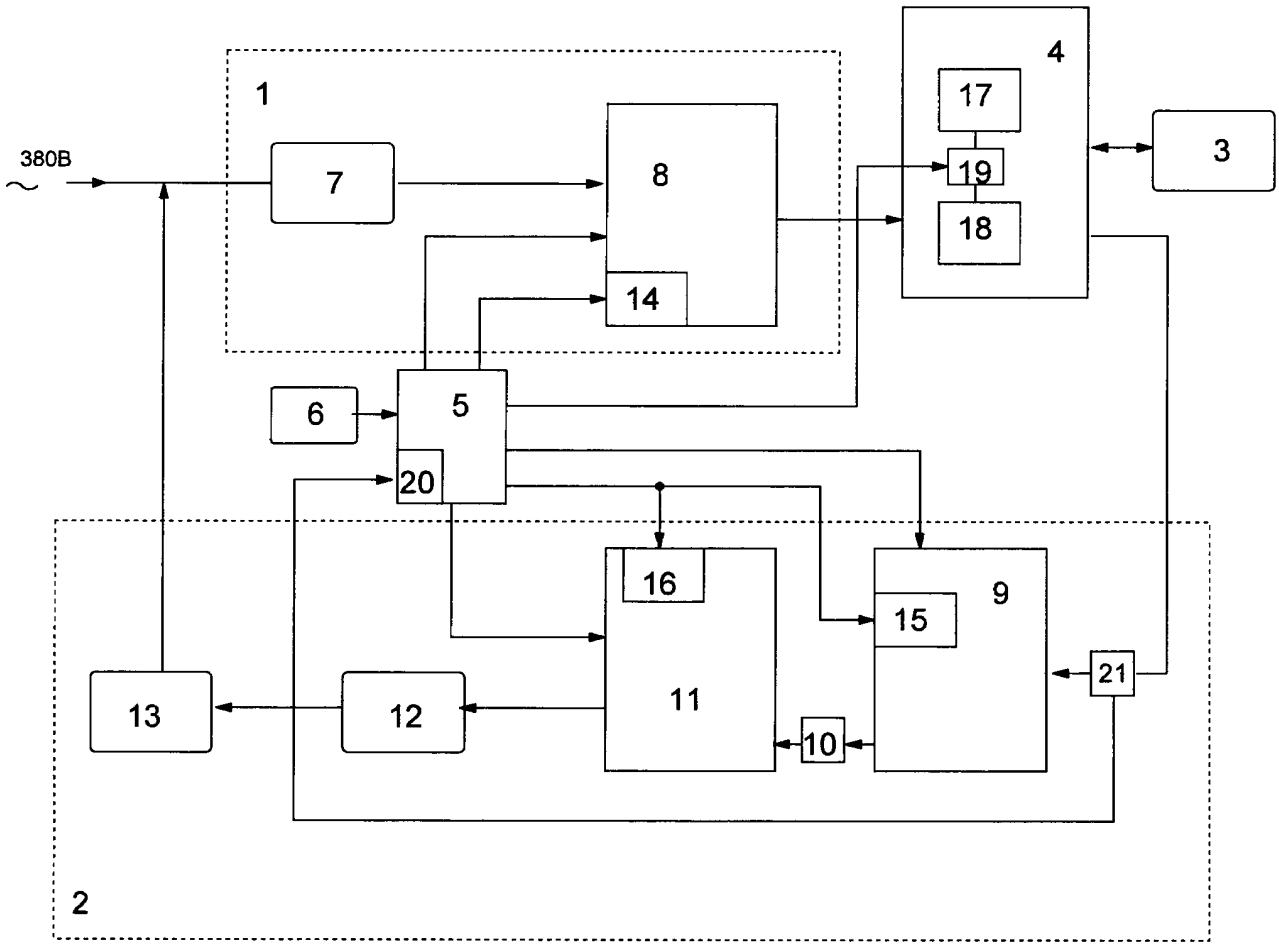
(57) Реферат:

Полезная модель относится к оборудованию для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов и предназначена для замены бортовых аккумуляторных батарей, источников питания, а также нагрузок в системах электроснабжения космических аппаратов на этапах наземной отработки и подготовки систем электроснабжения в составе собранного КА к полету. Технический результат: расширение функциональных возможностей имитатора путем обеспечения его работы в режиме имитации импульсной нагрузки. Сущность: электронный многофункциональный имитатор содержит прямой и обратный каналы преобразования энергии, предназначенные соответственно для имитации режима разряда и режима заряда аккумуляторной батареи, соединенные параллельно между питающей сетью переменного тока и испытываемой системой электроснабжения через выходной фильтр, и связанные с блоком управления. В блоке управлениям прямой канал (или канал имитации разряда) включает последовательно соединенные входной выпрямитель и высокочастотный преобразователь энергии, выход которого связан с выходным фильтром, а вход - с блоком управления. Обратный канал (или канал имитации заряда) содержит последовательно соединенные повышающий преобразователь напряжения, первый фильтр, автономный инвертор, второй фильтр и трехфазный инвертор, ведомый сетью. Выходной фильтр содержит группу конденсаторов большой емкости и группу конденсаторов малой емкости. В состав высокочастотного преобразователя канала разряда введено первое логическое устройство. В состав повышающего преобразователя канала заряда введено второе логическое устройство, а в состав автономного инвертора канала разряда введено третье логическое устройство. Указанные логические устройства связаны с блоком управления. В состав выходного фильтра введен

RU 192946 U1

RU 192946 U1

коммутатор, связанный с блоком управления, и способный отключать группу конденсаторов большой емкости. В блок управления введен регулятор, соединенный с датчиком тока, введенным на входе повышающего преобразователя обратного канала. Указанный регулятор выполнен с возможностью формирования сигнала уставки импульсного тока повышающего преобразователя по сигналу блока управления при выборе режима имитации импульсной нагрузки. 1 ил



RU 1929946 U1

RU 1929946 U1

Полезная модель относится к оборудованию для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов, и предназначен для замены бортовых аккумуляторных батарей, источников питания, а также нагрузок в системах электроснабжения космических аппаратов на этапах наземной отработки и подготовки систем электроснабжения в составе собранного КА к полету.

Электрооборудование современных ракетно-космических систем содержит первичные и вторичные источники электрической энергии, накопители энергии, энергопреобразующее оборудование и потребители электроэнергии. Все эти подсистемы находятся в сложной динамической взаимосвязи друг с другом, являются источниками кондуктивных и наведенных электромагнитных помех, что существенно влияет на качество электроэнергии, помехоустойчивость и помехозащищенность бортовой сети. Обычный метод испытания наземных систем электроснабжения включает процессы заряда и разряда аккумуляторной батареи и определение отклика системы на эти процессы. Однако, поскольку процессы заряда/разряда являются относительно медленными процессами, такой подход для испытаний системы требует значительных затрат времени для его проведения, кроме того, использование реальных аккумуляторных батарей для проведения испытаний является слишком затратным. Поэтому в последние годы используют различные имитаторы для проведения таких испытаний, обеспечивающих снижение времени проведения испытаний, а также затрат, связанных с проведением таких испытаний.

Известны имитаторы батарей по патентам США 5428560 и 4499552, недостатком которых является низкий КПД использования электроэнергии, так как потребляемая мощность в режиме заряда рассеивается на сопротивлениях в виде тепловых потерь.

Известны имитаторы аккумуляторных батарей, в которых энергия при имитации заряда рекуперируется в сеть, повышая КПД имитатора. К ним относится имитатор аккумуляторной батареи для испытания систем электроснабжения космических аппаратов по полезной модели РФ №73102, структура которого обеспечивает возможность рекуперации энергии в сеть.

Указанный имитатор аккумуляторной батареи содержит прямой и обратный каналы преобразования энергии, предназначенные соответственно для имитации режимов разряда и заряда аккумуляторной батареи, соединенные параллельно между питающей сетью переменного тока, и системой электроснабжения через выходной фильтр, и связанные с блоком управления. При этом прямой канал (или канал имитации разряда) соединен с питающей сетью и включает последовательно соединенные входной выпрямитель и высокочастотный преобразователь энергии, выход которого связан с выходным фильтром, а вход - с блоком управления. Обратный канал (или канал имитации заряда) включает преобразователь напряжения с параллельным ключевым элементом, повышающий напряжение до необходимого уровня, входы которого являются входами канала и соединены с выходами блока управления и, через фильтр, с системой электроснабжения, а выходы - с входами функционального преобразователя, выполненного в виде автономного инвертора, осуществляющего гальваническую развязку и дополнительное повышение напряжения до уровня, необходимого для сброса энергии в сеть, вторые входы которого соединены с выходом блока управления, а выходы - через фильтр соединены с входами трехфазного инвертора, ведомого сетью.

Принцип действия имитатора аккумуляторной батареи основан на преобразовании электроэнергии переменного тока питающей сети в энергию постоянного тока, передаче ее в нагрузку в режиме «Разряд» и преобразовании входного постоянного тока в энергию переменного тока и передаче ее в питающую сеть в режиме «Заряд».

Недостатком указанного имитатора являются ограниченные функциональные возможности, не позволяющие ему работать в различных режимах имитации.

Наиболее близким к заявляемой полезной модели по существенным признакам и техническому результату является многофункциональный имитатор для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов по полезной модели №185892.

Указанный имитатор может работать в режиме имитации аккумуляторной батареи, в режиме имитации наземного источника напряжения и в режиме электронной нагрузки постоянного тока.

Электронный многофункциональный имитатор для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов по полезной модели №185892 содержит прямой и обратный каналы преобразования энергии, соединенные параллельно между питающей сетью переменного тока и испытываемой системой электроснабжения через выходной фильтр, и связанные с блоком управления. Прямой канал (или канал имитации разряда) включает последовательно соединенные входной выпрямитель и высокочастотный преобразователь энергии, выход которого связан с выходным фильтром, а вход - с блоком управления. Обратный канал (или канал имитации заряда) содержит последовательно соединенные повышающий преобразователь напряжения, первый фильтр, автономный инвертор, второй фильтр, трехфазный инвертор, ведомый сетью. Для достижения технического результата в состав высокочастотного преобразователя канала разряда введено первое логическое устройство, в состав повышающего преобразователя канала заряда введено второе логическое устройство, а в состав автономного инвертора канала разряда введено третье логическое устройство. Логические устройства связаны с блоком управления.

Задача полезной модели - расширение функциональных возможностей имитатора путем обеспечения его работы в режиме имитации импульсной нагрузки.

Поставленная задача решается тем, что электронный многофункциональный имитатор для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов так же, как и прототип, содержит прямой и обратный каналы преобразования энергии, предназначенные соответственно для имитации режима разряда и режима заряда аккумуляторной батареи, соединенные параллельно между питающей сетью переменного тока и испытываемой системой электроснабжения через выходной фильтр, и связанные с блоком управления, в котором прямой канал (или канал имитации разряда) включает последовательно соединенные входной выпрямитель и высокочастотный преобразователь энергии, выход которого связан с выходным фильтром, а вход - с блоком управления, а обратный канал (или канал имитации заряда), содержит последовательно соединенные повышающий преобразователь напряжения, первый фильтр, автономный инвертор, второй фильтр и трехфазный инвертор, ведомый сетью, при этом выходной фильтр содержит группу конденсаторов большой емкости и группу конденсаторов малой емкости, в состав высокочастотного преобразователя канала разряда введено первое логическое устройство, в состав повышающего преобразователя канала заряда введено второе логическое устройство, а в состав автономного инвертора канала разряда введено третье логическое устройство, указанные логические устройства связаны с блоком управления. В отличие от прототипа, в состав выходного фильтра введен коммутатор, связанный с блоком управления, и способный отключать группу конденсаторов большой емкости, а в блок управления введен регулятор, соединенный с датчиком тока, введенным на входе повышающего преобразователя обратного канала, при этом указанный регулятор выполнен с возможностью формирования сигнала уставки импульсного тока повышающего преобразователя по сигналу блока

управления при выборе режима имитации импульсной нагрузки.

Далее сущность полезной модели поясняется с помощью рисунка, на котором представлена функциональная схема предложенного многофункционального преобразователя для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов.

Имитатор аккумуляторной батареи состоит из прямого канала 1 (канал имитации разряда) и обратного канала 2 (канал имитации заряда) преобразования энергии. Прямой 1 и обратный 2 каналы соединены с сетью переменного тока и с испытываемой системой электроснабжения 3 через выходной фильтр 4.

Оба канала соединены с блоком управления 5, связанным с контроллером 6, который посредством блока управления, способен управлять режимами работы многофункционального имитатора. Кроме того, посредством контроллера в имитаторе осуществляется автоматический самоконтроль основных электрических параметров при включении питания с подтверждением готовности имитатора к работе.

Прямой канал 1 содержит входной выпрямитель 7, последовательно соединенный с высокочастотным преобразователем 8, выход которого соединен с выходным фильтром 4. Выход фильтра 4 является выходом прямого канала и соединен с входом испытываемой системы электроснабжения 3. Второй вход высокочастотного преобразователя 8 соединен с выходами блока управления 5.

Обратный канал 2 (канал имитации заряда) состоит из последовательно соединенных повышающего преобразователя 9, второго фильтра 10, автономного инвертора 11, третьего фильтра 12, ведомого сетью инвертора 13, соединенного с питающей сетью переменного тока. Входы автономного инвертора 11 и повышающего преобразователя 9 связаны с блоком управления 5 для передачи управляющего воздействия.

В составе высокочастотного преобразователя 8 канала разряда имеется первое логическое устройство 14, связанное входом с блоком управления 5 и выходами - с устройством управления ключами преобразователя 8. В качестве логических устройств, используемых в данном имитаторе, могут использоваться известные логические схемы И, ИЛИ и т.п.

В состав повышающего преобразователя 9 канала заряда введено второе логическое устройство 15, соединенное входом с блоком управления 5, а выходами -с устройством управления ключами повышающего преобразователя 9. В состав автономного инвертора 11 канала разряда введено третье логическое устройство 16, соединенное по входу с блоком управления 5, выходами связанное со схемой управления ключами инвертора 11.

Выходной фильтр 4 содержит группу конденсаторов большой емкости 17, порядка нескольких тысяч микрофарад (например, электролитических), и группу конденсаторов малой емкости 18 порядка нескольких микрофарад (например, пленочных).

Для обеспечения возможности работы имитатора в режиме имитации импульсной нагрузки в состав выходного фильтра 4 введен коммутатор 19, связанный с блоком управления 5 и способный отключать группу конденсаторов большой емкости 17. Кроме того, в блок управления 5 введен регулятор 20, соединенный с датчиком тока 21, введенным на входе повышающего преобразователя 9 обратного канала, при этом указанный регулятор выполнен с возможностью формирования сигнала уставки импульсного тока повышающего преобразователя по сигналу блока управления при выборе режима имитации импульсной нагрузки.

Принцип действия имитатора в режиме имитации аккумуляторной батареи основан на преобразовании электроэнергии переменного тока питающей сети в энергию постоянного тока, передаче ее в нагрузку в режиме «Разряд» и преобразовании входного

постоянного тока в энергию переменного тока и передаче ее в питающую сеть в режиме «Заряд». В этом режиме включены оба канала передачи энергии. При этом если напряжение уставки канала 2 смещено от уставки напряжения канала 1 в большую сторону примерно на 100-200 мВ, то при подключении нагрузки к выходу фильтра 4, энергия отдается в испытываемую систему электроснабжения 3, при этом канал 2 не вступает в работу. При подаче внешней энергии на фильтр 4 с 3, канал 1 перестает работать, и в работу вступает канал заряда 2.

В режиме «Разряд» имитатор функционирует как вторичный источник питания. Напряжение питающей сети или источника бесперебойного питания выпрямляется, регулируется и стабилизируется, и затем через фильтр 4 поступает в испытываемую систему электроснабжения 3.

Поддержание требуемых параметров канала «Разряд» и управление силовыми ключами преобразователей прямого канала обеспечивается блоком управления 5.

В режиме «Заряд» напряжение с выхода системы электроснабжения 3 поступает через выходной фильтр 4 на модули повышающего преобразователя 9, который стабилизирует и регулирует входное напряжение в данном режиме. С выходов повышающего преобразователя 9 повышенное напряжение поступает на гальваноразвязанный автономный инвертор 11, который поддерживает постоянное напряжение у себя на входе. Выходное напряжение инвертора 11 через фильтр (12) поступает на ведомый сетью инвертор (13), где осуществляется преобразование энергии постоянного тока в энергию переменного тока питающей сети. Задача фильтра 12 состоит в фильтрации высокочастотной пульсации выходной энергии инвертора 11, сбрасываемой в сеть. С выхода ведомого сетью инвертора 13 эта энергия возвращается в сеть. Импульсы управления на транзисторы инвертора формируются в блоке управления 5.

В режиме источника питания работает только канал 1, при этом на логические устройства 15 и 16 поступает сигнал блокировки работы преобразователя 9 и инвертора 11, т.е. канал 2 отключен. Канал 1 работает в прежнем режиме.

В режиме имитатора постоянной нагрузки, работает только канал 2, при этом на логическое устройство 14 поступает сигнал, блокирующий работу преобразователя 8. Т.е. канал 1 отключен. Необходимый режим работы задается с помощью контроллера 6, далее с блока управления 5 приходит сигнал на соответствующее логическое устройство 14 или 15 и 16 о блокировке или отсутствия блокировки соответствующего преобразователя.

В режиме имитатора импульсной нагрузки также работает только канал 2, при этом, по сигналам блока управления включается регулятор 20, который представляет собой корректирующее звено, на вход которого подается сигнал обратной связи с датчика тока 21 повышающего преобразователя 9, а на выходе - формируется сигнал уставки, задающий величину тока повышающего преобразователя 9 в режиме импульсной нагрузки. При выборе другого режима работы имитатора регулятор 20 выключается по сигналу блока управления 5. При этом для формирования импульсов тока в широком диапазоне входного напряжения с фронтом менее 1 мс с помощью повышающего преобразователя 9 необходимо исключить влияние группы конденсаторов большой емкости 17 выходного фильтра 4. По сигналу с блока управления 5 включается коммутатор 19, выключающий группу конденсаторов 17 из цепи. При этом общая емкость выходного фильтра 4 определяется только эквивалентной емкостью пленочных конденсаторов малой емкости 18, которые не оказывают сильного воздействия на формирование фронта импульсов тока менее 1 мс.

(57) Формула полезной модели

Электронный многофункциональный имитатор для испытаний систем электроснабжения космических аппаратов, содержащий прямой и обратный каналы преобразования энергии, соединенные параллельно между питающей сетью переменного тока и испытываемой системой электроснабжения через выходной фильтр и связанные с блоком управления, в котором прямой канал включает последовательно соединенные входной выпрямитель и высокочастотный преобразователь энергии, выход которого связан с выходным фильтром, а вход - с блоком управления, а обратный канал содержит преобразователь напряжения, повышающий напряжение до необходимого уровня, входы которого являются входами канала и соединены с выходами блока управления и с системой электроснабжения, а выходы - с входами автономного инвертора, осуществляющего гальваническую развязку и дополнительное повышение напряжения до уровня, необходимого для сброса энергии в сеть, вторые входы которого соединены с выходом блока управления, а выходы - через второй фильтр соединены с входами трехфазного инвертора, ведомого сетью, при этом выходной фильтр содержит группу конденсаторов большой емкости и группу конденсаторов малой емкости, в состав высокочастотного преобразователя прямого канала введено первое логическое устройство, связанное с блоком управления, обеспечивающее блокирование или разрешение работы преобразователя в зависимости от выбранного режима работы, в состав повышающего преобразователя обратного канала введено второе логическое устройство, соединенное с блоком управления и обеспечивающее блокирование или разрешение работы указанного преобразователя в зависимости от выбранного режима работы имитатора, в состав автономного инвертора обратного канала введено третье логическое устройство, соединенное с блоком управления и обеспечивающее блокирование или разрешение работы указанного инвертора в зависимости от выбранного режима работы, отличающийся тем, что в состав выходного фильтра введен коммутатор, связанный с блоком управления, и способный отключать группу конденсаторов большой емкости, а в блок управления введен регулятор, соединенный с датчиком тока, введенным на входе повышающего преобразователя обратного канала, при этом указанный регулятор выполнен с возможностью формирования сигнала уставки импульсного тока повышающего преобразователя по сигналу блока управления при выборе режима имитации импульсной нагрузки.

1

