



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H03K 17/08 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018107965, 05.03.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2018

Дата регистрации:
31.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.03.2018

(45) Опубликовано: 31.01.2019 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
111250, Москва, ул. Авиамоторная, 53,
Акционерное общество "Российская
корпорация ракетно-космического
приборостроения и информационных систем"
(АО "Российские космические системы"),
начальнику патентно-лицензионной службы

(72) Автор(ы):

Петух Николай Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Российская
корпорация ракетно-космического
приборостроения и информационных систем"
(АО "Российские космические системы") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2528270 C2, 10.09.2014. US 2010/
0295526 A1, 25.11.2010. RU 110543 U1,
20.11.2011. US 2007/0228841 A1, 04.10.2007. RU
2395898 C1, 27.07.2010.

(54) Датчик определения заданного порога тока потребления

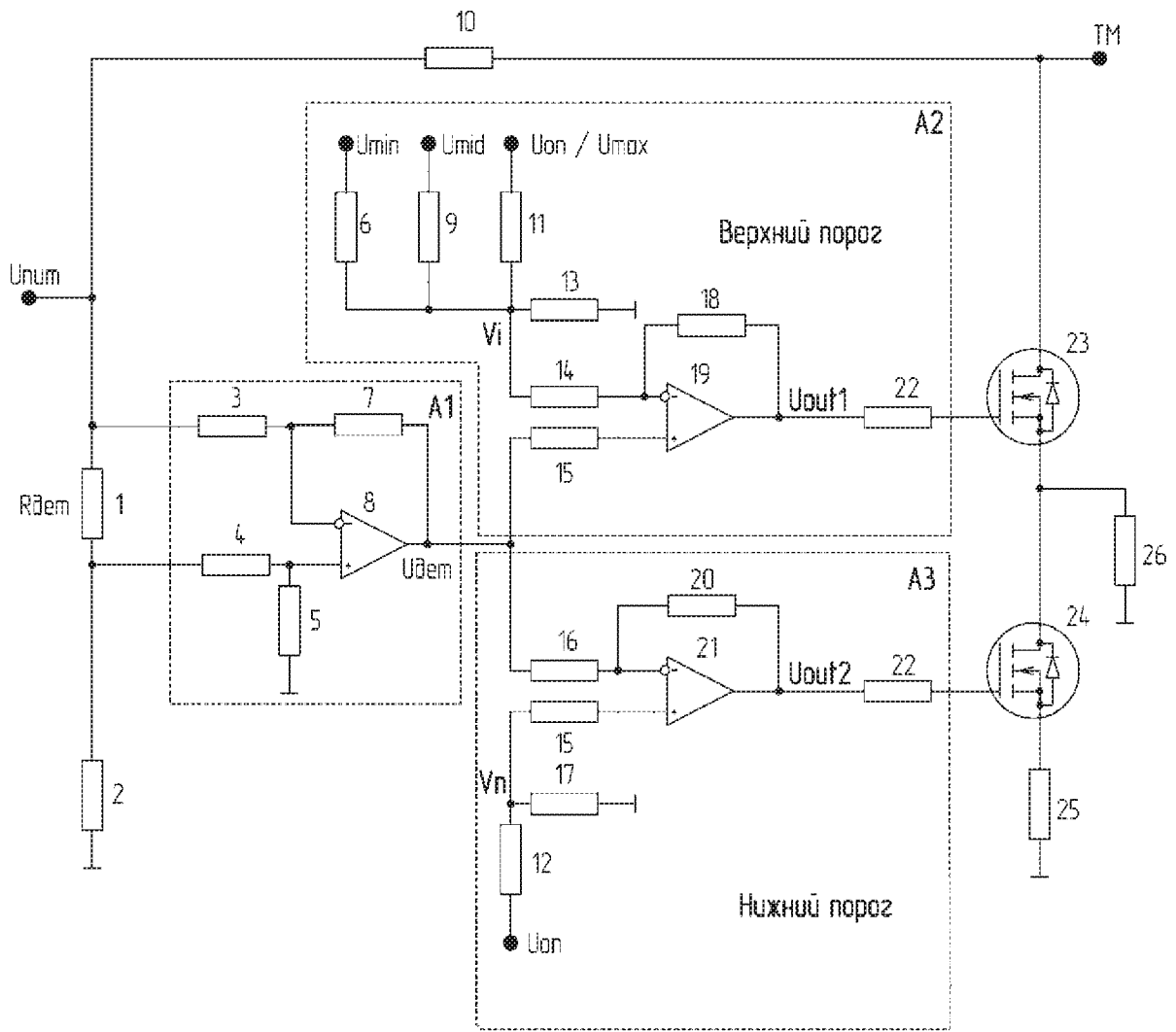
(57) Реферат:

Изобретение относится к датчику определения заданного порога тока потребления. Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей датчика тока за счет регулирования верхнего порога срабатывания. Датчик состоит из датчика тока, двух N-канальных MOSFET транзисторов, резисторов, дифференциальных усилителей верхнего и нижнего порогов, которые подключены параллельно относительно друг друга к выходу датчика тока, дифференциальный

усилитель верхнего порога подключен к выходу датчика тока неинвертирующим входом, при этом его инвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах, дифференциальный усилитель нижнего порога подключен инвертирующим входом, при этом его неинвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 678 718 C1

RU 2 678 718 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H03K 17/08 (2018.08)

(21)(22) Application: **2018107965, 05.03.2018**

(24) Effective date for property rights:
05.03.2018

Registration date:
31.01.2019

Priority:

(22) Date of filing: **05.03.2018**

(45) Date of publication: **31.01.2019** Bull. № 4

Mail address:

**111250, Moskva, ul. Aviamotornaya, 53,
Aktionernoe obshchestvo "Rossijskaya
korporatsiya raketno-kosmicheskogo
priborostroeniya i informatsionnykh sistem" (AO
"Rossijskie kosmicheskie sistemy"), nachalniku
patentno-litsenzionnoj sluzhby**

(72) Inventor(s):

Petukh Nikolaj Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Joint Stock Company "Russian Space Systems"
(JSC "RSS") (RU)**

(54) **SENSOR FOR DETERMINING GIVEN CURRENT CONSUMPTION THRESHOLD**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to a sensor determining a given current consumption threshold. Sensor consists of a current sensor, two N-channel MOSFET transistors, resistors, differential amplifiers of the upper and lower thresholds, which are connected in parallel with respect to each other to the output of the current sensor, the differential amplifier of the upper threshold is connected to the output of the current sensor by a non-inverting input, while its inverting input is

connected to the reference point of the voltage through a voltage divider, made on resistors, the differential amplifier of the lower threshold is connected to the inverting input, while its non-inverting input is connected to the point of the reference voltage through a voltage divider, made on resistors.

EFFECT: technical result consists in expanding the functionality of the current sensor by adjusting the upper response threshold.

3 cl, 1 dwg

Изобретение относится к бортовому оборудованию космических аппаратов и может быть использовано для анализа и контроля параметров тока потребления различных узлов космического аппарата.

Известна большая интегральная схема (БИС) датчика тока «Микросхема 1382НУ015» (<http://www.zntc.ru/research/design-center/products/bis-datchika-toka-1382nu015.php>), которая предназначена для измерения и контроля тока в обмотках электродвигателей для приводов управления, контроля тока в электрических цепях электрооборудования с индикацией аварийной ситуации, а также для контроля и управления для автоматики и авионики. Данная микросхема представляет собой кристалл, разваренный в металлокерамическом корпусе алюминиевой проволокой, который содержит блок преобразования магнитного поля, состоящий из четырех датчиков Холла с собственными усилителями сигнала, сумматора токов усилителей, из двух программируемых усилителей, мультиплексора, низкочастотного фильтра, усилителя Х10, двуханалого-цифровых преобразователей (АЦП), цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), блока стираемой программируемой памяти (EEPROM).

Недостатком данной большой интегральной схемы «Микросхема 1382НУ015» является то, что микросхема производит измерение параметра тока путем преобразования магнитного поля от тока под корпусом самой микросхемы, что в свою очередь приводит к дополнительному усложнению расчета на электромагнитную совместимость, следовательно, и дополнительной экранировки и утяжелению, что приводит к значительному увеличению стоимости вывода космического аппарата на необходимую орбиту. Также недостатком является то, что при воздействии тяжелой заряженной частицы (ТЗЧ) подвержены выходу из строя, входящие в состав микросхемы, АЦП, ЦАП, блок стираемой программируемой памяти (EEPROM). Загрузка цифрового кода (т.е. прошивка), свидетельствует об избыточности функций при её использовании, а наличие большого количества элементов на кристалле свидетельствует о сложности реализации, что в свою очередь приводит к возрастанию ошибки при эксплуатации. Стоит отметить, что недостатком заявленной микросхемы, является также детектирование общего (суммарного) максимального тока потребления, и неспособность изменять верхний порог детектирования тока потребления при смене режимов работы в нагрузке.

Известна микросхема радиационной защиты, предложенная в патенте на полезную модель RU110543 (заявка RU2011129838/28 от 19.07.2011). Настоящая полезная модель относится к области защиты интегральных микросхем от тяжелых заряженных частиц. Микросхема радиационной защиты, выполненная в кристалле полупроводника, включает схему управления защитой по току и супервизор питания, подключенные выходами к входам триггеров и логических элементов, а также выходы телеметрии (Alarm, WD_St, Compare), формирующие телеметрические сигналы и являющиеся выходами логических элементов, вход внешнего управления, выходы программирования времен срабатывания защиты (Cap_LP, Cap_WD), при этом содержит сторожевой таймер, входы которого подключены к двум триггерам Шмидта, а выходы к триггерам, формирующим выходные сигналы. К выводу Cap_LP микросхемы радиационной защиты подключен внешний конденсатор, от емкости которого зависит время срабатывания защиты. Время может быть установлено в диапазоне от 500 мкс до 100 мс. К выводу Cap_WD микросхемы радиационной защиты подключен внешний конденсатор, от емкости которого зависит время срабатывания сторожевого таймера. Время может быть установлено в диапазоне от 0,25 мс до 3 с.

Недостаток данного устройства заключается в том, что избыточность заложенных

в микросхему функций приводит к неоправданному усложнению её применения при практическом создании бортовой аппаратуры.

В качестве ближайшего аналога заявленного изобретения может быть выбран датчик постоянного тока с развязкой, предложенный в патенте на изобретение RU 2528270 (заявка RU 2012134855/28 от 14.08.2012 г.). Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано в различных системах космических аппаратов. Датчик содержит измерительный шунт, первый вывод которого подключен к общей шине питания, а второй к нагрузке, операционный усилитель (ОУ), четырехобмоточный трансформатор, первая обмотка которого через первый диод подключена к входу первого фильтра, выход которого является выходом устройства, вторая обмотка трансформатора через второй диод подключена к входу второго фильтра, положительный вывод питания ОУ подключен к плюсовой шине питания, а отрицательный – к общей шине питания. Датчик также содержит два резистивных делителя напряжения с равными коэффициентами деления; первый делитель включен между плюсовой шиной питания и вторым выводом шунта, а второй – между плюсовой шиной питания и общей шиной; инвертирующий вход ОУ подключен к выходу первого делителя, а неинвертирующий – к выходу второго делителя; положительный выход второго фильтра через введенный резистор подключен к неинвертирующему входу ОУ, а отрицательный - к инвертирующему входу ОУ. В устройство введен конденсатор, который включен между выходом и инвертирующим входом ОУ; введен р-п-р-транзистор, эмиттер которого подключен к первому выводу шунта, база через резистор – к выходу ОУ, а коллектор - к входу введенного RC-фильтра; выход RC-фильтра подключен к шинам питания блокинг-генератора, и вновь введенных диода, двух резисторов, конденсатора и транзистора.

Однако, подключение данного устройства происходит непосредственно по первичному питанию, что приводит к не точному измерению тока потребления полезной нагрузки, в результате разности тока потребления по первичному питанию и выдаваемому току по вторичному питанию. Наличие в устройстве конденсаторов 20 и 22 снижает быстродействие измерения тока потребления. Наличие блокинг-генератора в данном устройстве приводит к повышенному потреблению тока, что крайне нежелательно при использовании в бортовой аппаратуре.

Задачами настоящего заявляемого изобретения являются:

- оперативное отслеживание момента обрыва питания и выдачи соответствующей телеметрической информации на решающее устройство;
- предотвращение отказа работы аппаратуры в результате длительного воздействия радиационного излучения, приводящего к повышению либо к понижению тока потребления, и дальнейшему катастрофическому отказу бортовой аппаратуры и ее узлов, отслеживанием порогового значения тока потребления;
- регулирование верхнего порога срабатывания дифференциального усилителя в зависимости от режима работы нагрузки.

Техническим результатом заявленного изобретения является своевременное предотвращение выхода из строя бортовой аппаратуры и выдача соответствующей телеметрии, а также расширение функциональных возможностей датчика тока в регулировании верхнего порога срабатывания, за счет того, что дополнительно введены резисторы в состав дифференциального усилителя по верхнему порогу.

Для достижения ожидаемого технического результата датчик определения заданного порога тока потребления, состоящий из датчика тока, двух N-канальных MOSFET транзисторов, резисторов, также включает в себя дифференциальные усилители верхнего

и нижнего порогов, которые подключены параллельно друг относительно друга к выходу датчика тока. Дифференциальный усилитель верхнего порога подключен к выходу датчика тока неинвертирующим входом, при этом его инвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах, также в дифференциальный усилитель верхнего порога дополнительно введены резисторы изменения верхнего порога детектирования.

Дифференциальный усилитель нижнего порога подключен инвертирующим входом, при этом его неинвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах. Выходы дифференциальных усилителей верхнего и нижнего порогов подключены к затворам N-канальных MOSFET транзисторов соответственно.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1, на которой изображены:

- A1 – датчик тока;
 - A2, A3 – дифференциальные усилители;
 - TM – выходная площадка телеметрии;
 - 1 – малоомный резистор R-дет;
 - 2 – нагрузка;
 - 8, 19, 21 – операционные усилители;
 - 3...7, 9...18, 20, 22, 25, 26 – резисторы, в формулах буквой “R”;
 - 23, 24 – N-канальный MOSFET транзисторы (далее – транзисторы).
- Устройство работает следующим образом.

В процессе эксплуатации нагрузки 2 происходит постепенный набор дозы космической радиации до контрольной критической величины, что приводит к увеличению тока и напряжения на контрольном малоомном резисторе R-дет 1, который подключен к датчику тока A1, выполненный на операционном усилителе 8.

Выход A1 выдает напряжение $U_{дет}$ на дифференциальные усилители A2 и A3, которые подключены параллельно друг относительно друга. Напряжение $U_{дет}$ определяется по формуле (1), где I_H является током потребления нагрузки:

$$U_{дет} = \frac{R7}{R3} \cdot \left[\frac{1}{\frac{R4}{R5} + 1} \left(\frac{R3}{R7} + 1 \right) (U_{пит} - R1_{дет} \cdot I_H) - U_{пит} \right] (1)$$

Дифференциальный усилитель A2, построенный на операционном усилителе 19, подключен к выходу датчика тока неинвертирующим входом, при этом его инвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения $U_{оп}$ через делитель напряжения, выполненный на резисторах 11 и 13.

Дифференциальный усилитель A3, построенный на операционном усилителе 21, подключен к выходу датчика тока инвертирующим входом, при этом его неинвертирующий вход подключен к точке опорного $U_{оп}$ напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах 12 и 17.

Выходы дифференциальных усилителей A2 и A3 подключены через резисторы 22 к затворам N-канальных MOSFET транзисторов 23 и 24, следовательно, резисторы 22 защищают транзисторы

23, 24 от выхода из строя, ограничивая уровень тока, поступающий на их затворы. Транзистор 24 подключен истоком на землю через резистор 25, а стоком к истоку транзистора 23, исток которого в свою очередь подключен через резистор 26 на землю. Сток транзистора 23 подключен к выходной площадке телеметрии TM, на которую

подаётся напряжения через высокоомный резистор 10 от источника питания $U_{\text{пит}}$.

В рабочем режиме напряжение на площадке телеметрии ТМ

$U_{\text{ТМ}}$ определяется по формуле (2)

$$U_{\text{ТМ}} = \frac{U_{\text{пит}} \cdot \Sigma R}{R_{10} + \Sigma R}, \quad (2)$$

где ΣR является суммой сопротивления параллельно подключенных резисторов 25, 26. ΣR определяется по формуле (3):

$$\Sigma R = \frac{R_{25} \cdot R_{26}}{R_{25} + R_{26}}. \quad (3)$$

Полученное значение $U_{\text{ТМ}}$ из формулы (2) соответствует штатному режиму работы.

Для выдачи соответствующего сигнала телеметрии на площадке ТМ резисторы 10, 25, 26 должны быть одного номинала, который выбирается таким образом, что бы ограничить ток протекания (не более 10 мА).

При срабатывании дифференциального усилителя А2 на затвор транзистора 23 выдается отрицательное (запирающее) напряжение U_{out1} , транзистор 23 закрывается. В результате чего на площадке ТМ появляется напряжение $U_{\text{ТМ}} = U_{\text{пит}}$, что свидетельствует о неисправности нагрузки в результате превышения допустимого порога тока потребления.

При срабатывании дифференциального усилителя А3 на затвор транзистора 24 выдается отрицательное (запирающее) напряжение U_{out2} , транзистор 24 закрывается. В результате чего на площадке ТМ появляется напряжение $U_{\text{ТМ}}$, свидетельствующее о неисправности нагрузки в результате понижения тока потребления, которое определяется по формуле (4):

$$U_{\text{ТМ}} = \frac{U_{\text{пит}} \cdot R_{26}}{R_{10} + R_{26}} \quad (4)$$

Путем сравнения напряжения $U_{\text{дет}}$ датчика тока А1 с напряжением заданного порога срабатывания V_i на дифференциальном усилителе А2 происходит принятие решения о превышении порога тока потребления.

При штатной работе порог срабатывания V_i на дифференциальном усилителе А2, с учетом значения предельно допустимого тока потребления нагрузки I_n , представленного в процентном соотношении ($\lambda\%$), определяется по формулы (5) и подбирается таким образом, чтобы $(|V_i| > |U_{\text{дет}}|)$.

$$|V_i| = |U_{\text{дет}} \cdot \lambda\%| + |U_{\text{дет}}| \quad (5)$$

При превышении заданного предельно допустимого порога срабатывания $|V_i| \leq |U_{\text{дет}}|$ напряжение дифференциального усилителя А2, равное U_{out1} , скачком меняет свое значение со знака плюс на минус, то есть он срабатывает, как компаратор.

Когда нагрузка 2 имеет только один рабочий режим, напряжение срабатывания дифференциального усилителя А2 задается относительно опорной точки $U_{\text{оп}}$ резисторами 11, 13 и определяется по формуле (6).

$$V_i = \frac{U_{\text{оп}} \cdot R_{13}}{R_{11} + R_{13}} \quad (6)$$

Уровень срабатывания относительно детектируемого напряжения можно подобрать

по следующей формуле (7):

$$U_{out1} = \frac{R_{18}}{R_{14}} \cdot [U_{дет} - V_i] \quad U_{out1} = \frac{R_{18}}{R_{14}} \cdot [U_{дет} - V_i] \quad (7)$$

5 В результате смены знака с плюса на минус происходит закрытие транзистора 23, наличие соответствующего напряжения площадке ТМ сообщает о неисправности в работе нагрузки 2.

В случае, когда нагрузка 2 имеет несколько режимов работы, необходимо с переключением режима работы нагрузки 2 изменять порог срабатывания V_i максимального тока потребления, для своевременного предотвращения катастрофического отказа нагрузки 2.

Для регулирования верхнего порога детектирования при смене режима тока потребления нагрузки 2 в состав дифференциального усилителя А2 введены резисторы 6 и 9 и точки опорного напряжения U_{min} , U_{mid} соответственно, значение точки $U_{оп}$ принимает значение U_{max} . Далее на опорные точки U_{min} , U_{mid} , U_{max} подается напряжение в зависимости от режима работы нагрузки 2, что позволяет менять порог срабатывания V_i , а, следовательно, и повысить срок активного существования полезной нагрузки 2.

Порог срабатывания для каждого режима работы (V_{imax} , V_{imid} , V_{imin}) подбирается по формулам (8, 9, 10), при условии, что $|V_i| > |U_{дет}|$, $|V_i| > |U_{дет}|$, как было сказано ранее, где $U_{дет}$ соответствует режиму работы нагрузки:

$$V_{imax} = \frac{U_{макс} \cdot R_{13}}{R_{11} + R_{13}} \quad V_{imax} = \frac{U_{макс} \cdot R_{13}}{R_{11} + R_{13}} \quad (8)$$

$$25 \quad V_{imid} = \frac{U_{ср} \cdot R_{13}}{R_9 + R_{13}} \quad V_{imid} = \frac{U_{ср} \cdot R_{13}}{R_9 + R_{13}} \quad (9)$$

$$V_{imin} = \frac{U_{оп} \cdot R_{13}}{R_6 + R_{13}} \quad V_{imin} = \frac{U_{оп} \cdot R_{13}}{R_6 + R_{13}} \quad (10)$$

30 Полученные значения V_{imax} , V_{imid} , V_{imin} проверяются по формуле 7, и если во время работы условие $|V_i| > |U_{дет}|$, $|V_i| > |U_{дет}|$ не выполняется, то U_{Out1} меняет знак с плюса на минус, транзистор 23 закрывается и наличие соответствующего напряжения площадке ТМ сообщает о неисправности в работе нагрузки 2.

35 Путем сравнения напряжения $U_{дет}$ датчика тока А1 с напряжением заданного порога срабатывания $U_{оп}$ на дифференциальном усилителе А3 происходит принятие решения о снижении порога тока потребления.

При штатной работе порог срабатывания V_n , с учетом значения предельно допустимого минимального тока потребления нагрузки I_n , представленного в процентном соотношении ($\lambda\%$), определяется по формуле (11) и подбирается так, чтобы

$$|V_n| < |U_{дет}| \quad |V_n| < |U_{дет}|$$

$$|V_n| = |U_{дет} \cdot \lambda\%| - |U_{дет}| \quad |V_n| = |U_{дет} \cdot \lambda\%| - |U_{дет}| \quad (11)$$

45 Напряжение срабатывания V_n нижнего порога дифференциального усилителя А3 относительно опорной точки $U_{оп}$ устанавливается резисторами 13, 18 и определяется по формуле (12).

$$V_n = \frac{1}{\frac{R12}{R17} + 1} \left(\frac{R16}{R20} + 1 \right) U_{оп} \quad V_n = \frac{1}{\frac{R12}{R17} + 1} \left(\frac{R16}{R20} + 1 \right) U_{оп} \quad (12)$$

5 При понижении заданного предельно допустимого порога $|V_n| \geq |U_{дет}|$ $|V_n| \geq |U_{дет}|$ напряжение дифференциального усилителя А3, равное U_{out2} , скачком меняет свое значение со знака плюс на минус, то есть он срабатывает, как компаратор.

Уровень срабатывания относительно детектируемого напряжения определяется по следующей формуле (13):

$$10 \quad U_{out2} = \frac{R20}{R16} \cdot [V_n - U_{дет}] \quad U_{out2} = \frac{R20}{R16} \cdot [V_n - U_{дет}] \quad (13)$$

В результате смены знака с плюса на минус происходит закрывание транзистора 24 и наличие соответствующего напряжения на площадке ТМ сообщает о неисправности в работе нагрузки 2.

15 Таким образом, выдаваемые сигналы телеметрии на площадку ТМ позволяют локализовать причину отказа (повышение тока потребления или обрыв по питанию), а своевременное обесточивание аппаратуры способно существенно продлить срок службы космического аппарата, поскольку при обесточивании срабатывает эффект рассасывания индуцированных зарядов, что обеспечивает при новом включении блока
20 возврат к исходному значению тока потребления.

(57) Формула изобретения

1. Датчик определения заданного порога тока потребления, состоящий из датчика тока, двух N-канальных MOSFET транзисторов, резисторов, отличающийся тем, что
25 включает в себя дифференциальные усилители верхнего и нижнего порогов, которые подключены параллельно относительно друг друга к выходу датчика тока,

дифференциальный усилитель верхнего порога подключен к выходу датчика тока неинвертирующим входом, при этом его инвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах,

30 дифференциальный усилитель нижнего порога подключен инвертирующим входом, при этом его неинвертирующий вход подключен к точке опорного напряжения через делитель напряжения, выполненный на резисторах.

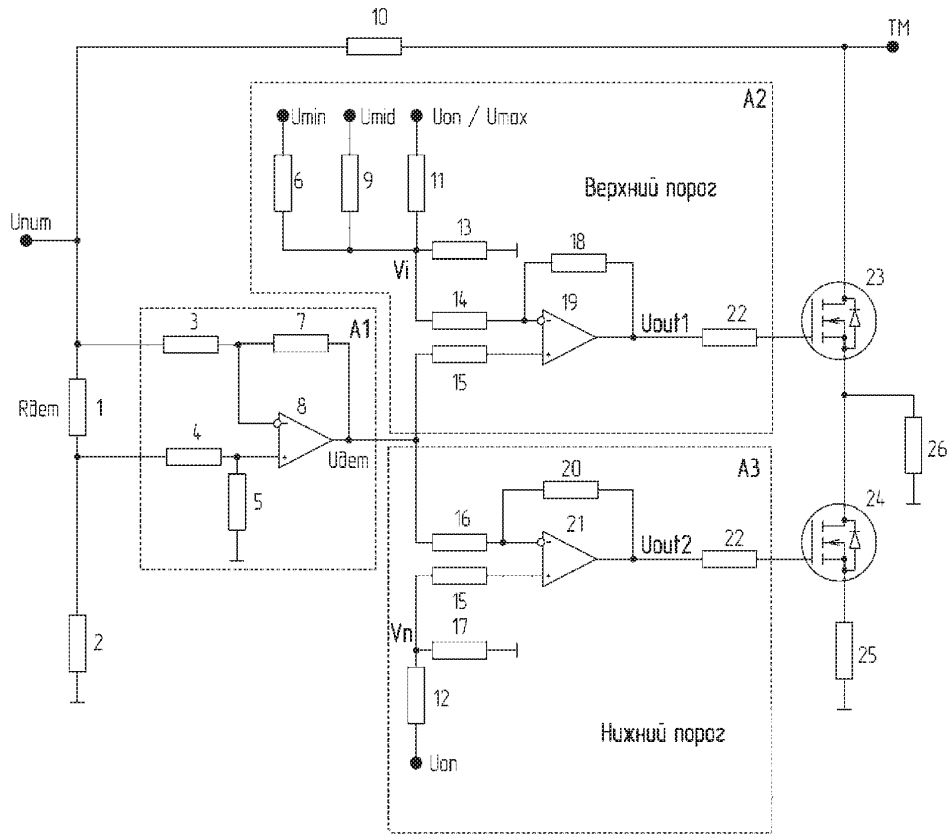
2. Датчик определения заданного порога тока потребления по п.1, отличающийся тем, что в дифференциальный усилитель верхнего порога дополнительно введены
35 резисторы изменения верхнего порога детектирования.

3. Датчик определения заданного порога тока потребления по п.1, отличающийся тем, что выходы дифференциальных усилителей верхнего и нижнего порогов подключены к затворам N-канальных MOSFET транзисторов соответственно.

40

45

Датчик определения заданного порога тока потребления



Фиг. 1