



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G05F 3/08 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018100699, 10.01.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2018

Дата регистрации:
11.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.01.2018

(45) Опубликовано: 11.01.2019 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12,
СтГАУ, ОИС (патентный отдел)

(72) Автор(ы):

Бондарь Сергей Николаевич (RU),
Жаворонкова Мария Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Ставропольский
государственный аграрный университет"
(RU)

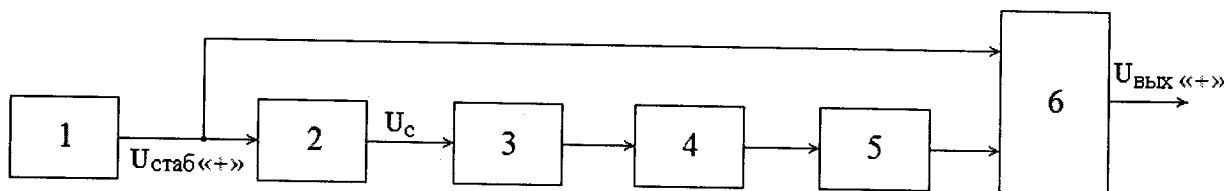
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2422874 C1, 27.06.2011. RU
2496132 C1, 20.10.2013. US 4795961 A1,
03.01.1989. US 9285820 B2, 15.03.2016. SU
421002 A1, 25.03.1974.

(54) Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, в частности к устройствам формирования опорного напряжения, и может быть использовано при создании малощумящих источников стабильного напряжения постоянного тока. Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемого изобретения, сводится к снижению уровня шумов и приведению полярности формируемого опорного напряжения к полярности выходного напряжения используемого стабилизатора. Устройство формирования опорного напряжения

с пониженным уровнем шумов содержит стабилизатор, конденсатор, масштабирующий повторитель напряжения, делитель напряжения, повторитель напряжения, вычитатель, при этом масштабирующий повторитель напряжения содержит три резистора и операционный усилитель; делитель напряжения содержит два резистора; повторитель напряжения содержит операционный усилитель; вычитатель содержит четыре резистора и операционный усилитель. 6 ил., 4 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G05F 3/08 (2018.08)

(21)(22) Application: **2018100699, 10.01.2018**

(24) Effective date for property rights:
10.01.2018

Registration date:
11.01.2019

Priority:

(22) Date of filing: **10.01.2018**

(45) Date of publication: **11.01.2019** Bull. № 2

Mail address:

**355017, g. Stavropol, per. Zootekhnicheskij, 12,
StGAU, OIS (patentnyj otdel)**

(72) Inventor(s):

**Bondar Sergej Nikolaevich (RU),
Zhavoronkova Mariya Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Stavropolskij gosudarstvennyj
agrarnyj universitet" (RU)**

(54) **REFERENCE VOLTAGE WITH A REDUCED NOISE LEVEL GENERATION DEVICE**

(57) Abstract:

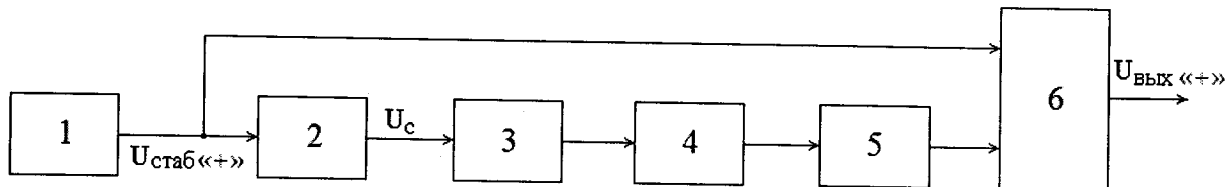
FIELD: electrical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical equipment, in particular to the reference voltage generation devices, and can be used during the stable DC voltage low-noise sources development. Reference voltage with the reduced noises level generation device contains stabilizer, capacitor, scaling voltage repeater, voltage divider, a voltage repeater, subtractor, at that, the scaling voltage repeater contains three resistors and an operational amplifier; repeater

voltage divider contains two resistors; repeater voltage repeater contains the operational amplifier; the subtractor contains four resistors and repeater operational amplifier.

EFFECT: technical result, which can be achieved with the present invention is in the generated reference voltage noise level reduction and the polarity bringing to the used stabilizer output voltage polarity.

1 cl, 6 dwg, 4 tbl



Фиг. 1

RU 2 676 755 C1

RU 2 676 755 C1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области электротехники, в частности, к устройствам формирования опорного напряжения, и может быть использовано при создании малощумящих источников стабильного напряжения постоянного тока.

5 Уровень техники

Известно устройство формирования опорного напряжения содержащее источник опорного напряжения и конденсатор, выполняющий роль фильтра низких частот (<http://www.datasheetarchive.com/MAX872-datesheet.html>), (Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - М.: Мир, 1997 г. - 704 с., см. стр. 361)).

10 Недостатком данного устройства является значительный уровень шумов, прежде всего, низкочастотных

Неэффективность фильтра низких частот обусловлена невозможностью использования конденсаторов большой емкости в цепи фильтрации в силу ограниченности емкостной нагрузки источника опорного напряжения.

15 Известен мало-шумящий источник напряжения (low-noise voltage reference) выходной сигнал которого является разностным напряжением двух сигналов предварительно подвергнутых низкочастотной фильтрации и порождаемых «стабилитроном с напряжением запрещенной зоны». В основе процесса осуществления действий данного устройства (US 4795961 A (Unitrode corporation), 03.01.1989(5 л)), лежит система
20 комбинированного цикла (Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. М., «Машиностроение», 1973, 606 с. - с. 9). При этом, в качестве регулирующего воздействия, выступает сигнал цепи обратной связи (выход устройства, делитель напряжения 84, базы транзисторов 52, 62).

Недостатком данного устройства является значительный уровень шумов
25 обусловленный тем, что стремление к уменьшению уровня шумов в области низких и инфранизких частот сопровождается повышением вероятности возникновения импульсных помех, в виду некоррелированности составляющих шума в сигналах снимаемых с коллекторов транзисторов 52, 62 и служащих основой для формирования выходного напряжения источника.

30 Известен источник опорного напряжения, SU 421002A (Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторский институт научного приборостроения), 25.03.1974 (2 л)), который, согласно процесса осуществления действий, представляет собой систему замкнутого цикла (Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. М., «Машиностроение», 1973, 606 с. - с. 9). При этом, в качестве регулирующего
35 воздействия выступает сигнал цепи обратной связи (конденсатор 7, усилитель 5, резистор 6, RC-фильтр 4, а в качестве управляющего воздействия - выходное напряжение стабилизатора 1).

Недостатком данного устройства является значительный уровень шумов обусловленный тем, что фазовый сдвиг в цепи обратной связи порождает динамическую
40 ошибку замкнутой системы регулирования и приводит к противоречию: стремление к уменьшению уровня шумов в области низких и инфранизких частот приводит к сохранению (неизменности) уровня высокочастотных шумов.

Наиболее близким аналогом - прототипом к заявляемому техническому решению является устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем
45 шумов (патент RU 2422874, МПК G05F 3/08, 27.06.2011).

Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов содержит стабилизатор, конденсатор, вычитатель, при этом выход стабилизатора непосредственно и через конденсатор, соединен, соответственно, с первым и вторым

входами вычитателя, выход которого является выходом устройства формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов.

Вычитатель содержит четыре резистора и операционный усилитель: выход операционного усилителя служит выходом вычитателя; неинвертирующий вход операционного усилителя подключен ко второму и первому контактам, соответственно, первого резистора и второго резистора; инвертирующий вход операционного усилителя подключен ко второму и первому контактам, соответственно, третьего резистора и четвертого резистора; первые контакты первого резистора и третьего резистора являются, соответственно, первым и вторым входами вычитателя; второй контакт второго резистора заземлен; второй контакт четвертого резистора подключен к выходу операционного усилителя.

Степень подавления шумовой составляющей в значительной мере определяется постоянной времени фильтра высоких частот прототипа $\tau_{ФВЧ.прот}$ образованного конденсатором С1, первым и вторым резисторами R1, R2 вычитателя, а значит фазовый сдвиг шумовой составляющей прототипа $\varphi_{ШС.прот}(\omega)$, где ω - текущая частота, выделенной шумовой составляющей будет определяться зависимостью

$$\varphi_{ШС.прот}(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg}(\omega \cdot \tau_{ФВЧ.прот}), \quad (1)$$

$$\tau_{ФВЧ.прот} = C_1 \cdot (R_1 + R_2) \quad (2)$$

При этом на $\tau_{ФВЧ.прот}$, R1 и R2 накладываются условия:

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{ФВЧ.прот} \gg 1 \text{ с;} \\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4 \end{array} \right\} \quad (3)$$

где R3, R4 - сопротивление третьего и четвертого резисторов вычитателя.

Так как выполнение условия (3) (а именно: $\tau_{ФВЧ.прот} \gg 1 \text{ с}$), технически неосуществимо (увеличение номиналов элементов, с целью увеличения $\tau_{ФВЧ.прот}$, приведет к неустойчивой работе как операционного усилителя вычитателя, так и стабилизатора), а значит, будет неполное подавление шумовой составляющей (в области инфранизких частот), или иначе говоря, будет узкополосная компенсация шумовой составляющей выходного напряжения стабилизатора, в силу возникающего фазового сдвига. В частности, моделирование процесса формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов (выполненное в программе Electronics Workbench Multisim 8 Simulation & Capture Version 8.2.12), в случае использования элементов с предельно допустимыми параметрами: C1=1 мкФ; R1=R2=R3=R4=500 кОм; ($\tau_{ФВЧ.прот} = 1 \text{ с}$), показало частотную зависимость как фазового сдвига шумовой составляющей прототипа $\varphi_{ШС.прот}(\omega)$, так и коэффициента подавления шума прототипа $K_{ПШ.прот}(\omega)$, таблица 1.

Таблица 1 - Фазовый сдвиг и коэффициент подавления шума

$\frac{\omega}{2\pi}$, (Гц)	0,1	0,2	1	10
$\varphi_{ШС.прот}(\omega)$, (°)	57,858	38,512	9,048	0,912
$K_{ПШ.прот}(\omega)$	1,18	1,61	6,4	64

Мгновенный уровень выходного напряжения шума устройства прототипа $U_{ш.прот}$ определяется выражением:

$$U_{ш.прот}(\omega) \approx \frac{U_{ш.ст}(\omega)}{K_{ПШ.прот}(\omega)} + U_{ш.ОУ.выч}(\omega), \quad (4)$$

где $U_{ш.ст}$ - мгновенный уровень шума стабилизатора;

$U_{ш.ОУ.выч}$ - мгновенный уровень шума операционного усилителя (ОУ) вычитателя.

Исследования показали возможность понижения шума стабилизатора (в частности, ИМС:

- MAX872 (<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73832/MAXIM/MAX872.html>);

- ADR584 (<chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD584.pdf>),

при использовании в качестве ОУ вычитателя ИМС OP07C, с эквивалентным входным шумом 0,38 мкВ (пик-пик) в полосе частот 0.1÷10 Гц (<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73497/MAXIM/OP07CCSA.html>), таблица 2.

Таблица 2 - Выходное шумовое напряжение устройства прототипа

Тип ИМС стабилизатора	Выходное шумовое напряжение ИМС в полосе частот 0.1÷10 Гц, мкВ (пик-пик)	Выходное шумовое напряжение устройства, мкВ (пик-пик)			
		Частота, Гц			
		0,1	0,2	1	10
MAX872	60	51,2	37,6	9,8	1,4
ADR584	50	42,8	31,4	8,2	1,2

Недостатками устройства прототипа являются:

- значительный уровень шумовой составляющей инфранизкочастотного диапазона, при одновременно высоких требованиях к величине емкости конденсатора (в идеале, для постоянной времени $\tau_{ФВЧ}$ желательное выполнение условия: $\tau_{ФВЧ} \gg 1$ с);

- инверсия полярности формируемого опорного напряжения относительно полярности выходного напряжения используемого стабилизатора.

Раскрытие изобретения

Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемого изобретения, сводится к снижению уровня шумов и приведению полярности формируемого опорного напряжения к полярности выходного напряжения используемого стабилизатора.

Технический результат достигается тем, что в устройстве формирования опорного напряжения содержащее стабилизатор, конденсатор, вычитатель, при этом выход стабилизатора подключен к первому контакту конденсатора и первому входу вычитателя, выход которого служит выходом устройства, введены, последовательно соединенные, масштабирующий повторитель напряжения, делитель напряжения и повторитель напряжения, причем второй контакт конденсатора соединен со входом масштабирующего повторителя напряжения, второй вход вычитателя соединен с выходом повторителя напряжения.

Масштабирующий повторитель напряжения содержит три резистора и операционный усилитель: неинвертирующий вход операционного усилителя, через первый резистор, соединен со входом масштабирующего повторителя напряжения; инвертирующий вход операционного усилителя подключен ко второму и первому контактам, соответственно, второго и третьего резистора; первый контакт второго резистора заземлен; второй контакт третьего резистора подключен к выходу операционного усилителя, служащего выходом масштабирующего повторителя напряжения.

Делить напряжения содержит два резистора: вход делителя напряжения подключен к первому контакту первого резистора; второй контакт первого резистора и первый контакт второго резистора, соединены с выходом делителя напряжения, второй контакт второго резистора заземлен.

5 Повторитель напряжения содержит операционный усилитель, при этом неинвертирующий вход операционного усилителя подключен ко входу повторителя напряжения, инвертирующий вход операционного усилителя соединен с выходом операционного усилителя и выходом повторителя напряжения.

10 Вычитатель содержит четыре резистора и операционный усилитель: выход операционного усилителя служит выходом вычитателя; неинвертирующий вход операционного усилителя подключен ко второму и первому контактам, соответственно, первого резистора и второго резистора; инвертирующий вход операционного усилителя подключен ко второму и первому контактам, соответственно, третьего резистора и четвертого резистора; первые контакты первого резистора и третьего резистора
15 являются, соответственно, первым и вторым входами вычитателя; второй контакт второго резистора заземлен; второй контакт четвертого резистора подключен к выходу операционного усилителя.

Краткое описание чертежей

20 На фиг. 1 представлена функциональная схема устройства формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов.

На фиг. 2 представлена функциональная схема масштабирующего повторителя напряжения.

На фиг. 3 представлена функциональная схема делителя напряжения.

На фиг. 4 представлена функциональная схема повторителя напряжения.

25 На фиг. 5 представлена функциональная схема вычитателя.

На фиг. 6 представлена модель устройства формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов выполненная в программе Electronics Workbench Multisim 8 Simulation & Capture Version 8.2.12.

Осуществление изобретения

30 Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов, фиг.1, содержит стабилизатор 1, конденсатор 2, масштабирующий повторитель напряжения 3, делитель напряжения 4, повторитель напряжения 5, вычитатель 6, причем, выход стабилизатора 1 непосредственно соединен со вторым входом масштабирующего вычитателя 4, а через последовательно соединенные конденсатор 2, масштабирующий
35 повторитель напряжения 3, делитель напряжения 4, повторитель напряжения 5, соединен с первым входом вычитателя 6, выход которого является выходом устройства.

Масштабирующий повторитель напряжения 3, фиг. 2, содержит три резистора 7÷9 и операционный усилитель 10, причем: неинвертирующий вход операционного усилителя 10, через резистор 7, соединен со входом масштабирующего повторителя напряжения
40 3; инвертирующий вход операционного усилителя 10 подключен ко второму и первому контактам, соответственно, резистора 8 и резистора 9; первый контакт резистора 8 заземлен; второй контакт резистора 9 подключен к выходу операционного усилителя 10, служащего выходом масштабирующего повторителя напряжения 3.

45 Делить напряжения 4, фиг. 3, содержит два резистора 11 и 12, причем: вход делителя напряжения 4 подключен к первому контакту резистора 11; второй контакт резистора 11 и первый контакт резистора 12, соединены с выходом делителя напряжения 4, второй контакт резистора 12 заземлен.

Повторитель напряжения 5, фиг. 4, содержит операционный усилитель 13, причем:

неинвертирующий вход операционного усилителя 13 служит входом повторителя напряжения 5; выход операционного усилителя 13 служит выходом повторителя напряжения 5; инвертирующий вход операционного усилителя 13 соединен с выходом операционного усилителя 13.

5 Вычитатель 6, фиг. 5, содержит четыре резистора 14÷17 и операционный усилитель 18, причем: выход операционного усилителя 18 служит выходом вычитателя 6; неинвертирующий вход операционного усилителя 18 подключен ко второму и первому контактам, соответственно, резистора 14 и резистора 15; инвертирующий вход операционного усилителя 18 подключен ко второму и первому контактам,
10 соответственно, резистора 16 и резистора 17; первые контакты резистора 14 и резистора 16 являются, соответственно, первым и вторым входами вычитателя 6; второй контакт резистора 15 заземлен; второй контакт резистора 17 подключен к выходу операционного усилителя 18.

15 Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов работает следующим образом.

Анализ работы устройства проведем с опорой на модель, фиг. 6, выполненную в программе Electronics Workbench Multisim 8 Simulation & Capture Version 8.2.12. Отличительной особенностью модели является наличие: блока питания устройства (Blok_Pitania); сопротивления нагрузки устройства (резистор R10); электроизмерительных
20 приборов (ХММ1, ХММ2, Amp1); осциллографа (ХСC1).

Выходной сигнал стабилизатора 1, содержит шумовую составляющую $U_{ш.ст}(\omega)$, выделяемую из выходного сигнала с помощью конденсатора 2 (C1) и поступающую на вход масштабирующего повторителя напряжения 3.

25 Масштабирующий повторитель напряжения 3 выполнен по схеме неинвертирующего усилителя характеризуемого параметрами:

$$\left. \begin{aligned} R_{вх.МПН} &= R1_5 + R_{вх.ОУ} \cdot \frac{K_{ОУ}}{1 + \frac{R3_7}{R2_6}}, \\ K_{МПН} &= 1 + \frac{R3_7}{R2_6} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

30

где $R_{вх.ОУ}$, $K_{ОУ}$ - входное (дифференциальное) сопротивление и коэффициент усиления операционного усилителя (ОУ) 10;

35 $R_{вх.МПН}$, $K_{МПН}$ - входное сопротивление и коэффициент усиления (передачи) масштабирующего повторителя напряжения 3;

$R1_7$, $R2_8$, $R3_9$ - 1÷3 резисторы (элементы 7÷9) масштабирующего повторителя напряжения 3, с сопротивлением 50 кОм, фиг. 4.

40 Мгновенный уровень шума $U_{ш.МПН}(\omega)$, на выходе масштабирующего повторителя напряжения 3, описывается выражением (6);

$$U_{ш.МПН}(\omega) = K_{МПН} \cdot U_{ш.ст}(\omega) + U_{ш.ОУ.МПН}(\omega), \quad (6)$$

45 где $U_{ш.ОУ.МПН}(\omega)$ - мгновенный уровень шума операционного усилителя 10 масштабирующего повторителя напряжения 3.

Согласно принятым значениям сопротивлений резисторов $R2_8$, $R3_9$, имеет место соотношение:

$$K_{МПН} = 2 \quad (7)$$

Выделенная и преобразованная шумовая составляющая, с выхода масштабирующего повторителя напряжения 3, поступает на делитель напряжения 4 с коэффициентом деления:

$$K_{ДН} = \frac{R5_{12}}{R4_{11} + R5_{12}}, \quad (8)$$

где $R4_{11}$, $R5_{12}$ - 1 и 2 резисторы (элементы 11 и 12) делитель напряжения 4, с сопротивлением 500 Ом, фиг. 6, и далее на повторитель напряжения 5, выполняющего функции буферного каскада.

Согласно принятым значениям сопротивлений резисторов $R4_{11}$, $R5_{12}$, имеет место соотношение:

$$K_{ДН} = 1/2 \quad (9)$$

Мгновенный уровень шума $U_{ш.ПН}(\omega)$, на выходе повторителя напряжения 5, описывается выражением (10);

$$U_{ш.ПН}(\omega) = K_{ДН} \cdot U_{ш.МПН}(\omega) + U_{ш.ОУ.ПН}(\omega), \quad (10)$$

где $U_{ш.ОУ.ПН}$ - мгновенный уровень шума операционного усилителя 13 повторителя напряжения 5.

Выходные сигналы повторителя напряжения 5 и стабилизатора 1 поступают на входы вычитателя 6, осуществляющего компенсацию (подавление) шумовой составляющей.

На элементы вычитателя 6 накладывается условие:

$$R6_{14} = R7_{15} = R8_{16} = R9_{17} \quad (11)$$

где $R6_{14}$, $R7_{15}$, $R8_{16}$, $R9_{17}$ - 1÷4 резисторы (элементы 14÷17) вычитателя 6, фиг. 5, с сопротивлением 50 кОм, фиг. 6.

Мгновенный уровень выходного напряжения шума устройства $U_{ш}$ (вычитателя 6), определяется выражением:

$$U_{ш}(\omega) \approx \frac{K_{МПН} \cdot U_{ш.см}(\omega) \cdot K_{ДН}}{K_{ПШ}(\omega)} + U_{ш.ОУ.МПН}(\omega) \cdot K_{ДН} + U_{ш.ОУ.ПН}(\omega) + U_{ш.ОУ.выч}(\omega), \quad (12)$$

где $U_{ш.ОУ.выч}$ - мгновенный уровень шума операционного усилителя 18 вычитателя 6;

$K_{ПШ}$ - коэффициента подавления шума устройства.

В силу целесообразности использования одного и того же типа операционного усилителя в составе схем масштабирующего повторителя напряжения 3, повторителя напряжения 5 и вычитателя 6, а также с учетом выражений (7) и (9), выражение (12) примет вид:

$$U_{ш}(\omega) \approx \frac{U_{ш.см}(\omega)}{K_{ПШ}(\omega)} + 2,5 \cdot U_{ш.ОУ}(\omega), \quad (13)$$

где $U_{ш.ОУ}$ - мгновенный уровень шума операционного усилителя используемого в составе схем масштабирующего повторителя напряжения 3, повторителя напряжения 5 и вычитателя 6.

Степень подавления шумовой составляющей в выходном напряжении устройства,

в значительной мере, определяется постоянной времени фильтра высоких частот устройства $\tau_{ФВЧ}$ образованного конденсатором 2 и входным сопротивлением $R_{вх.МПН}$ масштабирующего повторителя напряжения 3. При этом фазовый сдвиг шумовой составляющей стабилизатора 1, вносимый фильтром высоких частот устройства ФШС (ω), определяется выражением (14)

$$\varphi_{ШС}(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg}(\omega \cdot \tau_{ФВЧ}), \quad (14)$$

$$\text{где } \tau_{ФВЧ} = C1_2 \cdot R_{вх.МПН}, \quad (15)$$

где $C1_2$ - емкость конденсатора С1, фиг. 6 (элемента 2, фиг. 1).

При этом на $\tau_{ФВЧ}$ накладывается условие:

$$\tau_{ФВЧ} \gg 1 \text{ с} \quad (16)$$

Учитывая значительное входное сопротивление операционного усилителя 10 используемого в схеме масштабирующего повторителя напряжения 3 (например, ИМС ОР07С, с параметрами $R_{вх.ОУ}=8 \div 33 \text{ МОм}$, $K_{ОУ}=100 \div 120 \text{ дБ}$ ($10^5 \div 10^6$) (<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73497/MAXIM/OP07CCSA.html>), а также сопротивление резистора $R1_7$ (ограничивающее входной ток операционного усилителя 10), входное сопротивление масштабирующего повторителя напряжения 3- $R_{вх.МПН}$ значительно превышает 1 ГОм (даже с учетом токов утечки). Что, в свою очередь, обеспечивает выполнение условий как (16), так и (17)

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{ФВЧ} \gg \tau_{ФВЧ.прот} \\ C1_2 < C1_{прот} \end{array} \right\} \quad (17)$$

И способствует лучшему подавлению шумовой составляющей (особенно в области инфранизких частот) в выходном сигнале предлагаемого устройства по сравнению с прототипом.

Поступление сигналов с выхода стабилизатора 1 на первый вход вычитателя 6 (неинвертирующий вход операционного усилителя 18) и с выхода повторителя напряжения 5 на второй вход вычитателя 6 (инвертирующий вход операционного усилителя 18) обеспечивает приведение полярности формируемого опорного напряжения к полярности выходного напряжения используемого стабилизатора.

Моделирование процесса формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов (выполненное в программе Electronics Workbench Multisim 8 Simulation & Capture Version 8.2.12), с использованием в составе схем масштабирующего повторителя напряжения 3, повторителя напряжения 5 и вычитателя 6, ОУ ИМС ОР07С ($R_{вх.МПН} \approx 1 \text{ ГОм}$) и конденсатора 2 емкостью $C1_2=0,1 \text{ мкФ}$ ($\tau_{ФВЧ}=100 \text{ с}$), а так же $0,01 \text{ мкФ}$ ($\tau_{ФВЧ}=10 \text{ с}$), показало

$$K_{ПШ}(\omega) \gg K_{ПШ.прот}(\omega) \quad (18)$$

Таблица 3 - Коэффициент подавления шума

$\frac{\omega}{2\pi}$, (Гц)	0,1	0,2	1	10
$K_{\text{пш}}(\omega)$ при $C_{12}=0,1$ мкФ	70	138	686	7083
$K_{\text{пш}}(\omega)$ при $C_{12}=0,01$ мкФ	6,9	13,7	68,5	695

Исследования показали возможность понижения шума стабилизатора (в частности, ИМС MAX872, ADR584 при использовании в качестве ОУ ИМС ОР07С, и конденсатора 2 с емкостью $C_{12}=0,1$ мкФ, таблица 4.

Таблица 4 - Выходное шумовое напряжение устройства

Тип ИМС стабилизатора	Выходное шумовое напряжение ИМС в полосе частот 0.1÷10 Гц, мкВ (пик-пик)	Выходное шумовое напряжение устройства, мкВ (пик-пик)			
		Частота, Гц			
		0,1	0,2	1	10
MAX872	60	1,807	1,385	1,037	0,958
ADR584	50	1,664	1,312	1,023	0,957

Как следует из анализа данных таблиц 1÷4, предлагаемое устройство обеспечивает наиболее значительное снижение уровня шумовой составляющей выходного сигнала в инфранизкочастотном диапазоне, при одновременном снижении требований к величине емкости конденсатора 2.

(57) Формула изобретения

Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов, содержащее стабилизатор, конденсатор, вычитатель, при этом выход стабилизатора подключен к первому контакту конденсатора и первому входу вычитателя, выход которого служит выходом устройства, отличающееся тем, что в устройство введены последовательно соединенные масштабирующий повторитель напряжения, делитель напряжения и повторитель напряжения, причем второй контакт конденсатора соединен с входом масштабирующего повторителя напряжения, второй вход вычитателя соединен с выходом повторителя напряжения, при этом масштабирующий повторитель напряжения содержит три резистора и операционный усилитель, неинвертирующий вход операционного усилителя через первый резистор соединен с входом масштабирующего повторителя напряжения; инвертирующий вход операционного усилителя подключен к второму и первому контактам, соответственно, второго и третьего резистора; первый контакт второго резистора заземлен; второй контакт третьего резистора подключен к выходу операционного усилителя, служащего выходом масштабирующего повторителя напряжения, при этом делитель напряжения содержит два резистора, вход делителя напряжения подключен к первому контакту первого резистора; второй контакт первого резистора и первый контакт второго резистора соединены с выходом делителя напряжения, второй контакт второго резистора заземлен, при этом повторитель напряжения содержит операционный усилитель, неинвертирующий вход которого подключен к входу повторителя напряжения, инвертирующий вход операционного усилителя соединен с выходом операционного усилителя и выходом повторителя напряжения, а вычитатель содержит четыре резистора и операционный усилитель, выход операционного усилителя служит выходом вычитателя;

неинвертирующий вход операционного усилителя подключен к второму и первому контактам, соответственно, первого резистора и второго резистора; инвертирующий вход операционного усилителя подключен к второму и первому контактам, соответственно, третьего резистора и четвертого резистора; первые контакты первого резистора и третьего резистора являются, соответственно, первым и вторым входами вычитателя; второй контакт второго резистора заземлен; второй контакт четвертого резистора подключен к выходу операционного усилителя.

10

15

20

25

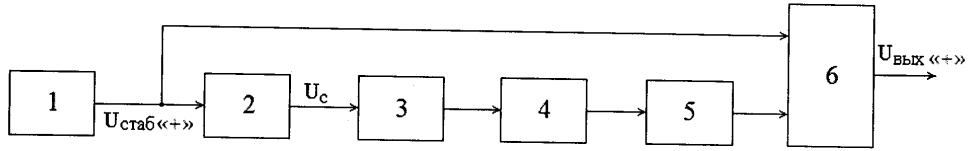
30

35

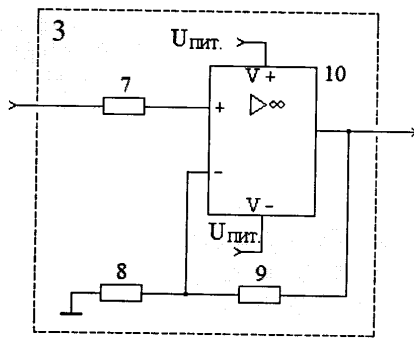
40

45

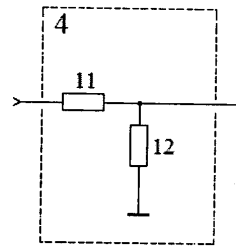
Устройство формирования опорного напряжения
с пониженным уровнем шумов



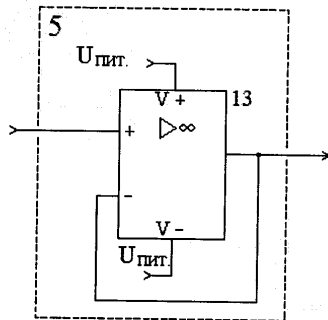
Фиг. 1



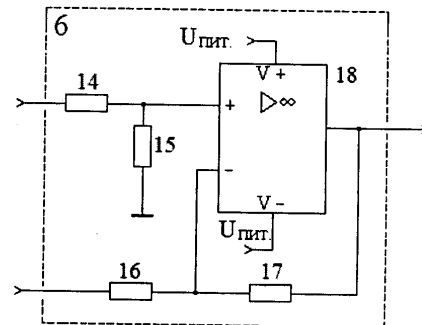
Фиг. 2



Фиг. 3

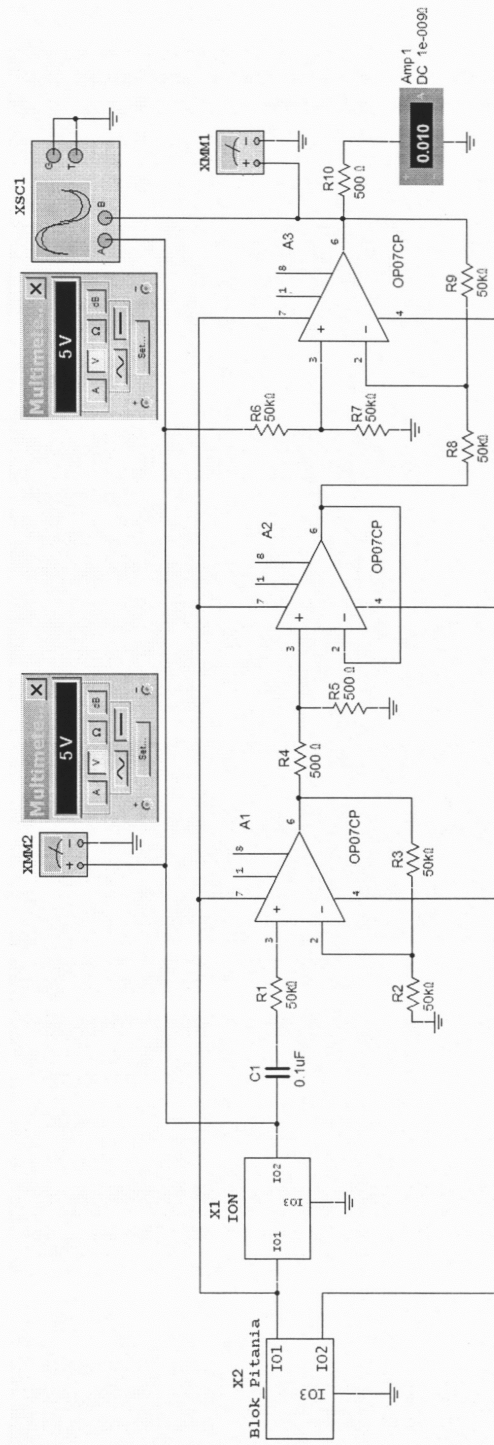


Фиг. 4



Фиг. 5

Устройство формирования опорного напряжения с пониженным уровнем шумов



Фиг. 6