



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 964604

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 15.05.81 (21) 3288253/24-07

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 07.10.82. Бюллетень № 37

Дата опубликования описания 07.10.82

(51) М. Кл.³

G 05 F 1/56

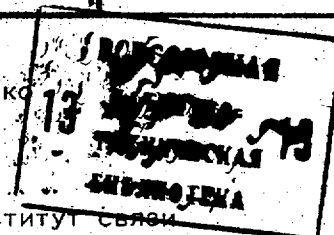
(53) УДК 621.316:
.722.1 (088.8)

(72) Авторы
изобретения

Н. А. Козвонин и А. Б. Потапенко

(71) Заявитель

Куйбышевский электротехнический институт связи



(54) ДВУХКАСКАДНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ПОСТОЯННОГО НАПЯЖЕНИЯ.

1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для электропитания стабилизированным напряжением и током различных электронных устройств.

Известен двухкаскадный стабилизатор постоянного напряжения, содержащий два стабилизирующих каскада с регулирующими элементами, сравнивающими и управляющими органами, источником опорного напряжения и источником напряжения смещения [1].

Однако в этом устройстве не обеспечивается постоянство падения напряжения на регулирующем элементе выходного стабилизирующего каскада.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является двухкаскадный стабилизатор постоянного напряжения, содержащий два стабилизирующих каскада, каждый из которых состоит из регулирующего элемента, сравнивающего органа, входом соединенного с выходными выводами,

2

а выходом — с входом управляющего органа, выход которого подключен к управляющему входу регулирующего элемента, общий источник опорного напряжения, подключенный к входу сравнивающего органа второго стабилизирующего каскада, и источник напряжения смещения, причем регулирующие элементы включены последовательно между собой и с входными и выходными выводами, а специально введенный изолированный от общей шины устройства источник напряжения смещения включен между одним из входов сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада и выходным силовым выводом регулирующего элемента выходного стабилизирующего каскада, при этом второй вход сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада соединен с выходным силовым зажимом регулирующего элемента этого каскада [2].

Введение в данный стабилизаторе изолированного источника напряжения смещения, включенного между выходным полюсом устройства и одним из входов сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада, усложняет техническую реализацию стабилизатора в целом, так как это требует, как правило, дополнительной изолированной обмотки на сетевом трансформаторе вспомогательного источника напряжения, выпрямителя, фильтра и стабилизатора. Кроме того, непосредственное подключение на входы сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада выходных напряжений регулирующих элементов, уровни напряжений которых могут меняться в широком динамическом диапазоне и достигать значений сотен вольт, технически трудно реализуемо, так как в качестве сравнивающих органов используются интегральные операционные усилители или компараторы, максимальное входное синфазное напряжение у которых не превышает нескольких десятков вольт.

Регулирование величины выходного напряжения в схеме известного стабилизатора путем изменений сопротивления потенциометрического делителя, подключенного к выходным полюсам устройства, неудобно для реализации кодового управления выходным напряжением, так как это требует набора резисторов с номинальным рядом, отличным от широко распространенного в цифровой технике ряда, соответствующего коду 1-2 - 4-8.

Регулирование величины выходного тока стабилизатора путем изменения одного из резисторов того же потенциометрического делителя возможно только для малых значений стабилизируемых токов. Это объясняется тем, что в режиме стабилизации тока данный резистор потенциометрического делителя выполняет роль датчика тока, и его сопротивление, как правило, выбирают значительно меньшим величины нагрузки. Поэтому для выполнения режимов стабилизации напряжения и тока в широком динамическом диапазоне в схеме стабилизатора вышеуказанный регулируемый резистор должен для каждого режима иметь свое номинальное значение. Кроме того, подключение нагрузки в режиме стабилизации тока к выходному полюсу устройства последовательно с датчиком тока и соеди-

нение их общей точки с одним из входов сравнивающего органа не обеспечивает устойчивый режим стабилизации второго стабилизирующего каскада при реактивном характере нагрузки. Это объясняется тем, что сопротивление датчика тока мало и, следовательно, падение напряжения на нем по фазе опережает или отстает от выходного напряжения второго регулирующего элемента примерно на тот же фазовый угол, который имеет место между напряжением на нагрузке и протекающим через нее током ($+90^\circ$ для индуктивности, -90° для емкости). С другой стороны, коэффициент усиления петли обратной связи, заключенной между общей точкой нагрузки с датчиком тока и выходным полюсом стабилизатора, должен быть тем больше единицы, чем выше коэффициент стабилизации. Наличие в петле обратной связи частотно-зависимых элементов при коэффициенте усиления больше единицы, создаст все необходимые условия для самовозбуждения второго каскада стабилизации тока при реактивном характере нагрузки.

Целью изобретения является упрощение схемы стабилизации падения напряжения на регулирующем элементе стабилизатора, и расширение его функциональных возможностей.

Поставленная цель достигается тем, что в двухкаскадном стабилизаторе постоянного напряжения, содержащем два стабилизирующих каскада, каждый из которых включает в себя регулируемый элемент, управляющий вход которого подключен к выходу управляющего органа, вход которого подключен к выходу сравнивающего органа, источник опорного напряжения, первый и второй регулируемые резисторы, общая точка которых подключена к входу сравнивающего органа второго стабилизирующего каскада и две пары токовых и потенциальных проводов для дистанционного подключения нагрузки, первый вход сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада подключен к средней точке первого введенного резистивного делителя напряжения, включенного между входом регулирующего элемента второго стабилизирующего каскада и введенным опорным элементом, одним выводом соединенным через введенный балластный резистор с источником опорного напряжения, а вторым выводом - с общей шиной стабили-

затора, второй вход сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада подключен к средней точке второго введенного резистивного делителя, включенного между общей шиной стабилизатора и выходом регулирующего элемента второго стабилизирующего каскада, к которому также подключены первый вывод введенного токозадающего резистора, через введенный регулируемый датчик тока - первый токовый провод для дистанционного подключения нагрузки и замыкающий контакт введенного первого ключа, второй вывод введенного токозадающего резистора соединен с замыкающим контактом введенного второго ключа, первый потенциальный провод для дистанционного подключения нагрузки через введенный третий токозадающий регулируемый резистор и размыкающий контакт введенного второго ключа соединен с общей точкой сравнивающего органа второго стабилизирующего каскада, первого и второго регулируемых токозадающих резисторов, второй вывод первого регулируемого токозадающего резистора соединен с выходом введенного инвертирующего повторителя напряжения, инвертирующий вход которого через введенный резистор и размыкающий контакт введенного первого ключа соединен с вторым потенциальным проводом для дистанционного подключения нагрузки, а неинвертирующий вход подключен к второму токовому проводу для дистанционного подключения нагрузки, второй вывод второго регулируемого токозадающего резистора подключен к источнику опорного напряжения, полярность которого противоположна полярности выходного напряжения стабилизатора.

На чертеже представлена функциональная схема двухкаскадного стабилизатора напряжения.

Стабилизатор содержит первый стабилизирующий каскад 1, состоящий из сравнивающего органа 2, управляющего органа 3 и регулирующего органа 4, второй выходной стабилизирующий каскад 5, состоящий из сравнивающего органа 6, управляющего органа 7 и регулирующего элемента 8, две пары токовых и потенциальных проводов 9, 10 и 11, 12 для дистанционного подключения нагрузки 13, первый потенциометрический делитель напряжения 14 и 15, который подключен одним выводом

к входу регулирующего элемента 8, а вторым - к опорному элементу 16 и балластному резистору 17. При этом общая точка резисторов подключена на первый вход сравнивающего органа 2, а второй вывод опорного элемента 16 соединен с общей шиной устройства, второй же вывод балластного резистора 17 соединен с источником опорного напряжения 18. Второй вход сравнивающего органа 2 подключен к средней точке второго резистивного делителя 19 и 20, который включен между общей шиной устройства и выходом регулирующего элемента 8, к которому дополнительно подключены первый токозадающий резистор 21, а через регулируемый датчик тока 22 - первый токовый провод 9 нагрузки 13 и замыкающий контакт первого ключа 23. Вторым своим выводом первый токозадающий резистор 21 соединен с замыкающим контактом второго ключа 24, размыкающий контакт которого через третий токозадающий регулируемый резистор 25 соединен с первым потенциальным проводом 10 нагрузки 13, размыкающий контакт первого ключа 23 соединен с вторым потенциальным проводом 11 нагрузки 13, второй токовый провод 12 которой соединен с общей шиной устройства. Высокоомный резистор 26 соединен с входом инвертирующего повторителя напряжения 27. Выход этого повторителя через первый регулируемый токозадающий резистор 28 соединен с входом сравнивающего органа 6 второго стабилизирующего каскада 5, с которым, в свою очередь, через замыкающий контакт второго ключа 24 соединен с токозадающим резистором 21 и второй регулируемый токозадающий резистор 29, который вторым выводом соединен с источником опорного напряжения 18. Полярность источника опорного напряжения 18 противоположна полярности выходного напряжения двухкаскадного стабилизатора.

Стабилизатор работает следующим образом.

Если напряжение U_A делителя 14 и 15 меньше напряжения U_B делителя 19 и 20, то сравнивающий орган 2 через управляющий орган 3 включает регулирующий элемент 4, и напряжение на регулирующем элементе 8 возрастает до тех пор, пока не выполнится неравенство $U_A > U_B$, вследствие чего по указанной цепи регулирующий

элемент 4 выключится. Таким образом осуществляется стабилизация падения напряжения на регулирующем элементе 8. Величина стабилизированного падения напряжения определяется коэффициентами деления делителей 14, 15 и 19, 20 и величиной опорного напряжения опорного элемента 16. Для того, чтобы величина стабилизированного падения напряжения не зависела от абсолютного уровня напряжений на входе и выходе регулирующего элемента 8, который может изменяться от десятков вольт до нескольких сотен вольт, коэффициенты деления делителей 14, 15 и 19, 20 должны быть равны, т. е. необходимо выполнить равенства $R_{14} = R_{19}$ и $R_{15} = R_{20}$. В этом случае величина стабилизированного падения напряжения на регуляторе 8 будет определяться из выражения

$$U_{\text{рег}} = \frac{U_{16}}{K_{14,15}} = \frac{U_{16}(R_{14} + R_{15})}{R_{15}}; \quad (1)$$

где $U_{\text{рег}}$ — величина стабилизированного падения напряжения на регуляторе 8;

$K_{14,15}$ — коэффициент деления делителя 14 и 15, который равен коэффициенту деления делителя 19 и 20;

R_{14}, R_{15} — величины сопротивлений резисторов 14 и 15.

Таким образом, величина $U_{\text{рег}}$ не зависит от характера нагрузки стабилизатора и определяется согласно выражения (1) коэффициентом деления делителей 14, 15 и 19, 20 при определении заданной величине напряжения опорного элемента 16. При этом необходимость в специальном, изолированном от нулевой шины устройства, источнике напряжения смещения отпадает.

При замкнутых размыкающих контактах ключей 23 и 24 двухтактный стабилизатор находится в режиме стабилизации напряжения на дистанционно удаленной нагрузке 13. При этом падение напряжения на полюсе с при условии, что падение напряжения на ее полюсе d равно нулю ($U_d = 0$), определяется из выражения

$$U_c = \frac{U_{\text{оп}}}{R_{29}} \cdot R_{25}, \quad (2)$$

где U_c — напряжение в точке с;

R_{25}, R_{29} — величины сопротивлений резисторов 25 и 29.

Выражение (2) не учитывает сопротивление R_{11} потенциального провода 10, так как $R_{25} \gg R_{10}$.

При любом, отличном от нуля, падении напряжения на сопротивлении R_{j2} токового провода 12 напряжение вывода с нагрузки 13 возрастет ровно на такую же величину. Это происходит потому, что напряжение U_d через замыкающий контакт ключа 23 и через высокоомный резистор 26 изменит полярность, не изменяя своего уровня на выходе повторителя напряжения 27. При этом полярность этого напряжения будет соответствовать полярности опорного напряжения источника 18, а ток, определяемый токозадающим регулируемым резистором 28, будет складываться на входе сравнивающего органа 6 с током, протекающим через резистор 29. Если сопротивления резисторов 25 и 28 при этом равны, то от дополнительного тока через резистор 28 напряжение в точке с нагрузки 13 возрастет согласно выражению (2) на величину

$$\Delta U_c = \frac{U_d}{R_{28}} \cdot R_{25} = U_d, \quad (3)$$

где ΔU_c — приращение напряжения в точке с;

U_d — напряжение в точке d;

R_{25}, R_{28} — величины сопротивлений резисторов 25 и 28.

При этом разность падений напряжений между выводами с и d остается неизменной. Таким образом любые падения напряжения на токовом проводе 12 нагрузки 13 не изменяют заданного резистора 29 и 25 падения напряжения на нагрузке 13. Регулируемые резисторы 25 и 28 меняют свои значения синхронно при переходе с одного диапазона выходного напряжения на другой, т. е. они имеют столько дискретных значений, сколько имеется диапазонов выходного стабилизированного напряжения. Резистор 29 меняет свои значения плавно или дискретно от цифро-аналогового преобразователя и задает все промежуточные значения выходного стабилизированного напряжения в каждом выбранном диапазоне. В положении ключей 23 и 24 противоположном изображенному на чертеже, двухкаскадный стабилизатор будет находиться в режиме стабилизации тока на

дистанционно удаленной нагрузке 13. Отличие принципа работы стабилизатора в данном режиме от выше рассмотренного состоит в том, что ток резистора 29, задающий абсолютное значение тока через нагрузку 13, уравнивается на входе сравнивающего органа 6 током обратной связи не через резистор 25, а через резистор 21, который подключен к выходу регулятора 8. Падения же напряжения на токовых проводах 9 и 12 и нагрузке 13 добавляется к выходному напряжению регулятора 8, определяемому согласно выражению (2) резисторами R_{21} и R_{29} таким же образом, как при учете падения напряжения на токовом проводе 12 в режиме стабилизации напряжения. При этом сопротивление резистора 28 всегда неизменно и равно сопротивлению резистора R_{21} , а диапазоны токов выбираются необходимым рядом значений диапазонного датчика тока 22, число которых равно числу диапазона стабилизируемых токов нагрузки 13.

То, что в данном режиме устройство работает как стабилизатор тока, хорошо видно из того, что схема в данном случае стабилизирует напряжение не на нагрузке 13, а на датчике тока 22. А так как его сопротивление строго задано в каждом выбранном диапазоне, то ток протекаемый через него и через последовательно включенную с ним нагрузку 13, так же строго задан. При этом, учитывая малую величину сопротивления датчика тока, фазовый сдвиг между напряжением на нагрузке 13, имеющей реактивный характер, и выходным напряжением регулятора будет близким к нулю. Коэффициент же петли обратной связи, заключенной между точкой е и точкой f (выход регулятора 8), строго равен единице, т. е.

$$K_{ос} = \frac{\Delta U_f}{\Delta U_c} = 1.$$

Эти два обстоятельства (минимального фазового сдвига петли обратной связи и ее строго нормированного коэффициента на уровне единицы) принципиально отличают схему предлагаемого устройства от схемы известного и обеспечивают устойчивый режим стабилизации тока при реактивном характере нагрузок. Данное изобретение обеспечивает широкие диапазоны стабилизации тока и напряжения при любом

характере нагрузки. Обеспечивается надежная и независимая от величины и характера нагрузки стабилизация фиксированного падения напряжения на регулирующем элементе второго каскада стабилизации, при этом исключается необходимость в дополнительном, изолированном от общей шины устройства, источнике напряжения смещения. Кроме того, предлагаемый стабилизатор удобен для кодového управления, так как при задании абсолютного уровня стабилизированного выходного тока или напряжения регулируется не потенциал делителя, а ток, линейно зависящий от величины сопротивления одного регулируемого в обоих режимах резистора 29. Следует отметить, что регулироваться может при этом не резистор 29, а величина опорного напряжения источника 18, задаваемая, например, цифро-аналоговым преобразователем. В данном случае резистор будет иметь постоянное сопротивление, а сопротивление 17 питания опорного элемента 16 может быть подключено к одному из источника питания сравнивающих органов 2 и 6.

Формула изобретения

Двухкаскадный стабилизатор постоянного напряжения, содержащий два стабилизирующих каскада, каждый из которых включает в себя регулирующий элемент, управляющий вход которого подключен к выходу управляющего органа, вход которого подключен к выходу сравнивающего органа, источник опорного напряжения, первый и второй регулируемые резисторы, общая точка которых подключена к входу сравнивающего органа второго стабилизирующего каскада и две пары токовых и потенциальных проводов для дистанционного подключения нагрузки, отличающийся тем, что, с целью упрощения стабилизатора и расширения его функциональных возможностей, в нем первый вход сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада подключен к средней точке первого введенного резистивного делителя напряжения, включенного между входом регулирующего элемента второго стабилизирующего каскада и введенным опорным элементом, одним выводом соединенным через введенный балластный резистор с

источником опорного напряжения, а вторым выводом - с общей шиной стабилизатора, второй вход сравнивающего органа первого стабилизирующего каскада подключен к средней точке второго введенного резистивного делителя, включенного между общей шиной стабилизатора и выходом регулирующего элемента второго стабилизирующего каскада, к которому также подключены первый вывод введенного токозадающего резистора, через введенный регулируемый датчик тока - первый токовый провод для дистанционного подключения нагрузки и замыкающий контакт введенного первого ключа, второй вывод введенного токозадающего резистора соединен с замыкающим контактом введенного второго ключа, первый потенциальный провод для дистанционного подключения нагрузки через введенный третий токозадающий регулируемый резистор и размыкающий контакт введенного второго ключа соединен с общей точкой сравнивающего органа второго стабили-

зирующего каскада, первого и второго регулируемых токозадающих резисторов, второй вывод первого регулируемого токозадающего резистора соединен с выходом введенного инвертирующего повторителя напряжения, инвертирующий вход которого через введенный резистор и размыкающий контакт введенного первого ключа соединен с вторым потенциальным проводом для дистанционного подключения нагрузки, а неинвертирующий вход подключен к второму токовому проводу для дистанционного подключения нагрузки, второй вывод второго регулируемого токозадающего резистора подключен к источнику опорного напряжения, полярность которого противоположна полярности выходного напряжения стабилизатора.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 344425, кл. G 05 F 1/56, 1970.

2. Авторское свидетельство СССР № 591844, кл. G 05 F 1/56, 1976.

