



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

КПК
Бригиды
(19) SU (11) 1053079 A

3(51) G 05 F 1/44

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3461000/24-07
(22) 29.06.82
(46) 07.11.83, Бюл. № 41
(72) И.Ю. Сергеев, В.Н. Губарь,
Ю.В. Демченко, В.К. Рошин, В.С. Ар-
теменко, В.И. Русин и Ю.Н. Власен-
ко
(71) Киевский ордена Ленина поли-
технический институт им. 50-летия
Великой Октябрьской социалистичес-
кой революции
(53) 621.316.722(088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 792235, кл. G 05 F 1/44, 1978.
2. Авторское свидетельство СССР
№ 612218, кл. G 05 F 1/40, 1977.
- (54) (57) КАЛИБРАТОР ПЕРЕМЕННОГО
НАПРЯЖЕНИЯ, содержащий источник
опорного напряжения, выходом под-
ключенный к входу ключа, интегра-
тор, выход которого соединен с вхо-
дом аналогового запоминающего бло-
ка, преобразователь входного сиг-
нала во временной интервал, входом
соединенный с входом управления ка-
либратора, а соответствующими вы-
ходами подключенный к управляющим

входам ключа и аналогового запоми-
нающего блока, и линейный детектор,
выход которого соединен с входом
интегратора, отличающийся -
ся тем, что, с целью повышения
его быстродействия в широком диапа-
зоне частот, в него введены регуля-
тор постоянного напряжения, регуля-
тор уровня, формирователь и преоб-
разователь частоты в сигнал управ-
ления, причем вход линейного детек-
тора подключен к выходному выводу
калибратора и к выходу регулятора
уровня, один вход которого соединен
с выходом регулятора постоянного
напряжения, а другой вход подключен
к входному выводу калибратора, куда
также подключены входы формирова-
теля и преобразователя частоты
в сигнал управления, выход послед-
него соединен с одним из входов
регулятора постоянного напряжения,
другой вход которого подключен к
выходу аналогового запоминающего
блока, при этом выход формирова-
теля соединен с управляющим входом
аналогового запоминающего блока,
а выход ключа - с входом интегра-
тора.

(19) SU (11) 1053079 A

Изобретение относится к электротехнике, в частности к калибраторам напряжения, и может быть использовано при построении информационно-измерительных систем.

Известен калибратор переменного напряжения, который содержит задающий генератор, регулируемый усилитель, два детектора, переключаемый аттенюатор и источник опорного напряжения [1].

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является калибратор переменного напряжения, содержащий источник опорного напряжения, выходом подключенный к входу ключа, интегратор, выход которого соединен с входом аналогового запоминающего блока, преобразователь входного сигнала во временной интервал, входом соединенный с входом управления калибратора, а соответствующими выходами подключенный к управляющим входам ключа и аналогового запоминающего блока, и линейный детектор, выход которого соединен с входом интегратора [2].

Недостатком известных устройств является невысокое быстродействие в широком диапазоне частот переменного напряжения.

Целью изобретения является повышение быстродействия устройства в широком диапазоне частот.

Поставленная цель достигается тем, что в калибратор переменного напряжения, содержащий источник опорного напряжения, выходом подключенный к входу ключа, интегратор, выход которого соединен с входом аналогового запоминающего блока, преобразователь входного сигнала во временной интервал, входом соединенный с входом управления калибратора, а соответствующими выходами подключенный к управляющим входам ключа и аналогового запоминающего блока, и линейный детектор, выход которого соединен с входом интегратора, введены регулятор постоянного напряжения, регулятор уровня, формирователь и преобразователь частоты в сигнал управления, причем вход линейного детектора подключен к выходному выводу калибратора и к выходу регулятора уровня, один вход которого соединен с выходом регулятора постоянного напряжения, а другой вход подключен к входному выводу калибратора, куда также подключены входы формирователя и преобразователя частоты в сигнал управления, выход последнего соединен с одним из входов регулятора постоянного напряжения, другой вход которого подключен к выходу аналогового запоминающего блока, при этом выход форми-

вателя соединен с управляющим входом аналогового запоминающего блока, а выход ключа - с входом интегратора.

На фиг. 1 представлена структурная схема калибратора переменного напряжения; на фиг. 2 и 3 - передаточные характеристики управляемого регулятора постоянного напряжения и регулятора уровня, управляемого напряжением; на фиг. 4 - структурная схема преобразователя частоты в сигнал управления.

Калибратор напряжения содержит включенные последовательно источник 1 опорного напряжения, ключ 2, интегратор 3, аналоговый запоминающий блок 4, преобразователь 5 входного сигнала во временной интервал, подключенный к входу управления калибратора, включенные последовательно управляемый регулятор 6 постоянного напряжения, регулятор 7 уровня, управляемый напряжением, и линейный детектор 8, а также преобразователь 9 частоты в сигнал управления регулятором, выход которого подключен к входу управления управляемого регулятора 6 постоянного напряжения, и формирователь 10, выход которого подключен к аналоговому запоминающему блоку 4 и к преобразователю 5 входного сигнала во временной интервал, причем вход нестабилизированного переменного напряжения калибратора подключен к входам формирователя 4, регулятора 7 уровня, управляемого напряжением, преобразователя 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 постоянного напряжения, а выход калибратора подсоединен к выходу регулятора 7 уровня и к входу линейного детектора 8.

Входное нестабилизированное переменное напряжение поступает на вход регулятора 7 уровня, управляемого напряжением, представляющего собой масштабный преобразователь напряжения, коэффициент передачи которого зависит от постоянного напряжения на его управляющем входе (фиг. 2а). Регулятор уровня должен иметь монотонную непрерывную характеристику управления (зависимость выходного напряжения от управляющего напряжения в диапазоне рабочих управляющих напряжений). Управляемый регулятор 6 постоянного напряжения совместно с преобразователем 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 реализуют ступенчатую зависимость коэффициента передачи управляемого регулятора 6 ($K_{\text{пр}}$) от частоты входного переменного напряжения (фиг. 2б).

Преобразователь 5 входной величины во временной интервал формирует импульс, управляющий открывани-

ем ключа 2. Отношение длительности этого импульса к периоду входного напряжения задается входным сигналом, в частном случае - кодом. Формирователь 10 формирует короткий импульс, за время которого аналоговый запоминающий блок 4 производит выборку выходного напряжения интегратора 3. Импульсы выборки формируются из входного переменного напряжения и имеют период повторения, кратный периоду входного переменного напряжения.

В качестве преобразователя 5 входной величины во временной интервал может использоваться любая известная схема преобразования код-интервал времени, если входной величиной является код. Вновь вводимые блоки - управляемый регулятор 6 постоянного напряжения совместно с преобразователем 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 могут быть реализованы по достаточно простой схеме (фиг. 3), причем в качестве управляемого регулятора 6 постоянного напряжения использован множительный цифроаналоговый преобразователь (например, микросхема 572ПА1 совместно с любым операционным усилителем). Преобразователь 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 содержит генератор 11 опорной частоты и регистр 12, в который по переднему фронту импульса выборки T_3 пересылается код с выхода счетчика 13 импульсов, причем по заднему фронту T_3 происходит обнуление счетчика 13.

Частота опорного генератора подобрана так, что в структуре калибратора поддерживается оптимальное быстродействие при изменении частоты (периода импульсов выборки T_3). Схема обеспечивает адаптацию калибратора к частоте переменного напряжения за один такт преобразования.

Калибратор работает циклично. Циклы задаются импульсами выборки, которые также синхронизируют работу преобразователя 5 входного сигнала во временной интервал. В каждом цикле интегратор интегрирует напряжение $U_{оп}$ источника опорного напряжения в течение времени T_x и переменного напряжения $U_{вых}$, поступающего на один вход интегратора 3 через линейный детектор 8, выполняющий двухполупериодное выпрямление напряжения $U_{вых}$. При этом полярность напряжения опорного источника 1 противоположна полярности этого выпрямленного напряжения.

Предположим, что входной код изменился и перед этим выходное на-

пряжение калибратора равно $U_{вых0}$. Тогда после окончания первого цикла выходное напряжение станет равным

$$5 \quad U_{вых ср 1} = K_{рп} \cdot K_{рy} \left(\frac{1}{R_1 C} \int_0^{T_x} U_{оп} dt - \frac{\beta}{R_2 C} \int_0^T U_{вых0}(t) dt \right) = K_{рп} \cdot K_{рy} \frac{U_{оп} T_x}{R_1 C} - \beta \cdot K_{рп} \cdot K_{рy} \frac{U_{вых ср 0}}{R_2 C} T + U_{вых ср 0}$$

$$10 \quad = K_{рп} \cdot K_{рy} \frac{U_{оп}}{R_1 C} T_x + U_{вых ср 0} \left(1 - \frac{\beta K_{рy} \cdot K_{рп} T}{R_2 C} \right),$$

где $K_{рп}$, $K_{рy}$ и β - коэффициенты передачи управляемого регулятора постоянного напряжения и регулятора уровня и линейного детектора;

$U_{оп}$ - напряжение опорного источника;

T_x - интервал времени, сформированный из входного сигнала X;

T - период входного переменного напряжения;

R_1, R_2 - резисторы в цепи интегрирования.

Обозначим

$$30 \quad Q = 1 - \frac{\beta K_{рy} \cdot K_{рп} \cdot T}{R_2 C}$$

После n циклов выходное напряжение станет равным

$$35 \quad U_{вых ср n} = \frac{U_{оп} \cdot T_x}{R_1 C} \beta \cdot K_{рп} \cdot K_{рy} \sum_{j=1}^n Q^{j-1} + U_{вых ср 0} Q^n$$

Рассматривая $\sum_{j=1}^n Q^{j-1}$ как сумму геометрической прогрессии с n членами,

получим

$$40 \quad U_{вых ср n} = \frac{U_{оп} T_x}{T} \frac{R_2}{R_1} (1 - Q^n) + U_{вых ср 0} Q^n$$

45 При сходящемся итерационном процессе ($|Q| < 1$) установившийся режим описывается формулой

$$50 \quad U_{вых ср \infty} = U_{оп} \frac{T_x}{T} \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{Выразив } U_{вых ср \infty} = \frac{2U_{вых т \infty}}{\pi},$$

55 где $U_{вых т \infty}$ - амплитудное значение выходного напряжения, получим

$$U_{вых т \infty} = U_{оп} \frac{T_x}{T} \frac{R_2 \pi}{2R_1}$$

60 Коэффициент преобразования следящих блоков: аналогового запоминающего блока 4, управляемого регулятора 6 постоянного напряжения и регулятора 7 уровня, т.е. блоков,

65 стоящих по структурной схеме до

выхода калибратора, не входит в конечную формулу, представляющую собой уравнение преобразования калибратора напряжения, а следовательно, их погрешности корректируются.

Можно выразить абсолютную дополнительную погрешность калибратора для $(n + 1)$ -го цикла в следующем виде.

$$\Delta U_{ср.п} = U_{вых.ср.∞} - U_{вых.ср.п} = -U_{вых.ср.0} Q^{n+1} + \frac{U_{оп.Тх}}{R_1 C} \beta K_{рч} \cdot K_{рп} \sum_{j=n+1}^{\infty} Q^{j-1} = \left(-U_{вых.ср.0} + \frac{U_{оп.Тх} R_2}{T R_1} \right) \times \left(1 - K_{рп} K_{рч} \frac{T \beta}{R_2 C} \right)^n = \Delta U_{ср.п} Q^n.$$

Относительная погрешность при этом

$$\gamma_{n+1} = \frac{\Delta U_{ср.п}}{U_{вых.ср.∞}} Q^n,$$

откуда следует, что для обеспечения заданной погрешности γ необходимо выполнить N циклов, где N определяется выражением

$$N = \frac{1}{\log |Q|} \left(\log \gamma - \log \left| \frac{\Delta U_{ср.п}}{U_{ср.вых.∞}} \right| \right) + 1 = \frac{C}{\log |Q|} + 1.$$

Значение N оценивает скорость сходимости итерационного процесса.

Рассмотрим условие сходимости. Для обеспечения сходимости необходимо выполнение условия $|Q| < 1$, т.е., $1 - \beta K_{рп} \cdot K_{рч} T / R_2 C < 1$, иначе

$$\beta K_{рч} \cdot K_{рп} T / R_2 C < 2 \text{ и } \beta K_{рп} K_{рч} T / R_2 C > 0,$$

откуда требования к характеристикам блоков: характеристики управляемого регулятора постоянного напряжения и регулятора уровня должны быть монотонно возрастающими, должно выполняться условие

$$Q < \beta K_{рп} K_{рч} < \frac{2R_2 C}{T}.$$

Условие наилучшей сходимости итерационного процесса

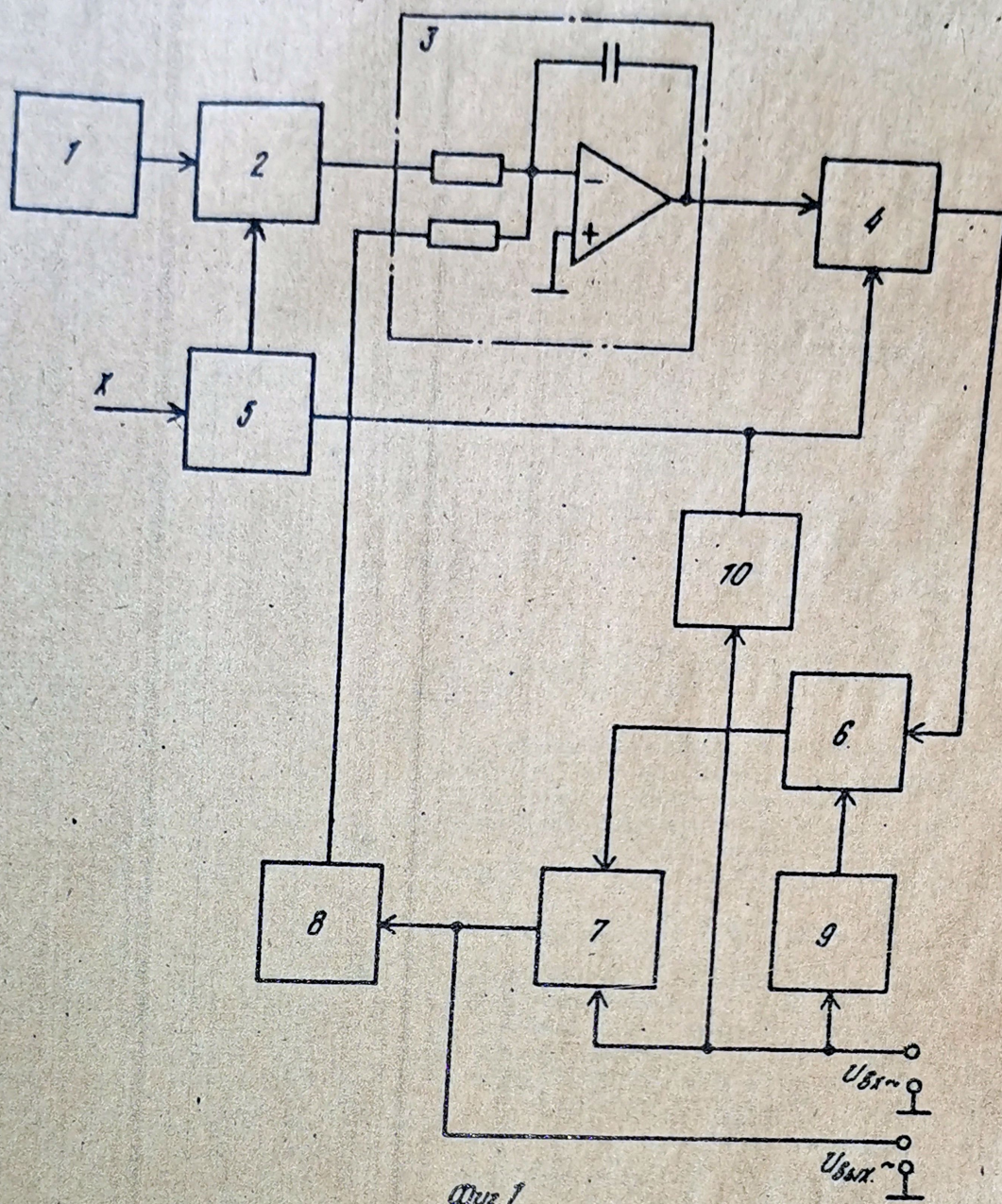
$|Q| = 0$, т.е. $\beta K_{рп} K_{рч} = \frac{R_2 C}{T}$, откуда следует, что для обеспечения сходимости процесса в широких пределах изменения частоты входного переменного напряжения и поддержания этой скорости высокой, дост-

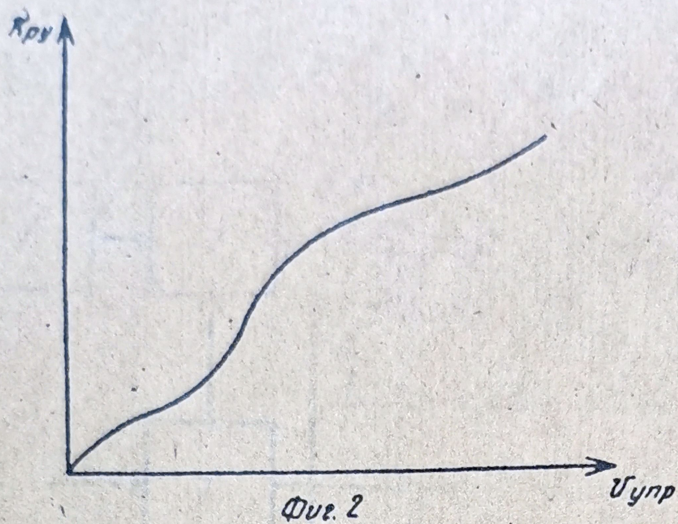
точно поддерживать оптимальное значение произведения $K_{рч} K_{рп}$, другими словами, с увеличением частоты $U_{вх}$ необходимо увеличить $K_{рп} K_{рч}$.

С этой целью в калибратор между выходом аналогового запоминающего блока 4 и регулятором 7 уровня включен управляемый регулятор 6 постоянного напряжения, который совместно с регулятором-преобразователем 9 частоты сигнала в сигнал управления отслеживает изменение частоты.

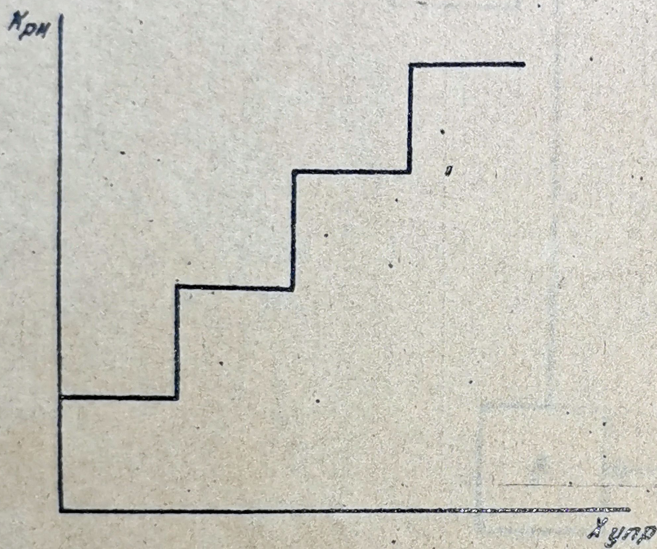
Поскольку $K_{рп}$ не входит в конечное выражение для $U_{вых.∞}$, то жестких требований к управляемому регулятору 6 и преобразователю 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 не предъявляется. Простейшим примером совместной реализации указанных устройств является применение в цепи обратной связи операционного усилителя линейки резисторов, управляемой от счетчика импульсов с весами разрядов, определяющими шаги квантования характеристики управляемого регулятора 6. Предельным случаем является непрерывная следящая система.

Введение в состав калибратора напряжения управляемого регулятора 6 постоянного напряжения, регулятора 7 уровня, управляемого напряжением, линейного детектора 8, преобразователя 9 частоты в сигнал управления регулятором 6 и формирователя 10, а также соответствующих связей, позволило существенно повысить быстродействие устройства в широком диапазоне частот или, что то же самое, расширить диапазон частот при сохранении быстродействия. Введенные в состав устройства блоки при высокой точности калибратора в целом и высокой стабильности его коэффициента преобразования могут быть "грубыми", а следовательно, простыми, надежными и дешевыми. В результате область применения предлагаемого калибратора значительно расширяется, вследствие чего отпадает необходимость в разработке других калибраторов переменного напряжения и в применении в устройстве элементов более качественных, с большим динамическим диапазоном и высокой чувствительностью.

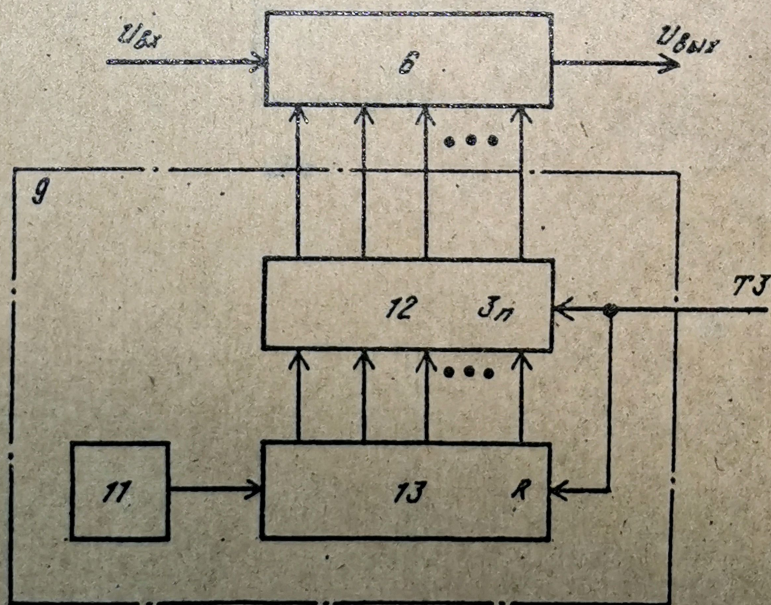




Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4