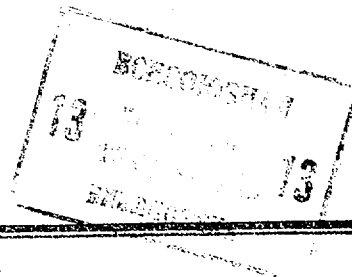




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (61) 1126925
- (21) 3794808/24-24
- (22) 13.08.84
- (46) 23.04.86. Бюл. № 15
- (71) Минский радиотехнический институт
- (72) В.А.Барабаш, А.Д.Горбачев, А.Я.Родин, О.А.Сосновский и В.Н.Филиппович
- (53) 62-50(088.8)
- (56) Авторское свидетельство СССР № 1126925, кл. G 05 B 5/01, 1983.

## (54) НЕЛИНЕЙНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

(57) Изобретение относится к области средств коррекции систем управления, может быть использовано в быстродействующих системах позиционирования станков с программным управлением, работах-манипуляторах и высокоточных мерящих установках. В устройстве решается задача уменьшения его энергоемкости. В этом устройстве входной сигнал поступает на первый информационный вход первого переключателя, а через последовательно соединенные пиковый детектор, первый масштабирующий блок, первый сумматор, сигнум-реле и ключ - на второй информационный вход первого переключателя. Кроме того, входной сигнал поступает на второй вход первого сумматора, на вход нуля-органа и первый информационный вход второго переключателя, на второй вход которого поступает выходной сигнал источника постоянного сигнала. Выход-

ной сигнал пикового детектора через второй масштабирующий блок поступает на вход второго сумматора, где суммируется с входным сигналом, а результат суммирования является управляющим сигналом для первого и второго переключателей. Выходной сигнал пикового детектора поступает на вход третьего сумматора, где суммируется с входным сигналом, а результат суммирования поступает на информационный вход блока памяти. Выходной сигнал нуля-органа является управляющим сигналом для пикового детектора и первым управляющим входом для блока записи. Выходной сигнал релейного блока является вторым управляющим сигналом для блока памяти и первым управляющим сигналом для ключа. Выходной сигнал блока памяти сравнивается с входным сигналом в компараторе, выходной сигнал которого является вторым управляющим сигналом второго ключа. Выходной сигнал первого переключателя является первым выходным сигналом устройства. Выходной сигнал второго устройства через усилитель поступает на второй выход устройства. Входным сигналом устройства является сигнал рассогласования системы. Кроме того, вход релейного блока подключен к выходу датчика скорости системы. В устройстве на основании информации о сигналах рассогласования и скоростной обратной связи осуществляется переключение скоростной обратной связи. 5 ил.

Дополнительное к авт. св. №1126925.

Изобретение относится к средствам коррекции систем управления, может быть использовано в быстродействующих системах позиционирования станков с программным управлением, роботов-манипуляторов, высокоточных следящих установок и т.д. и является усовершенствованием устройства по основному авт. св. № 1126925.

Цель изобретения - повышение надежности и уменьшение энергоемкости устройства.

На фиг. 1 представлена блок-схема устройства; на фиг. 2 - эпюра напряжения, характеризующая работу устройства; на фиг. 3 - временные характеристики сигналов устройства; на фиг. 4 - принципиальная электрическая схема пикового детектора; на фиг. 5 - принципиальная электрическая схема блока памяти.

Устройство содержит измеритель 1 рассогласования, блок 2 умножения, суммирующее устройство 3, исполнительный двигатель 4 с нагрузкой, датчик 5 скорости, нелинейное корректирующее устройство 6, пиковый детектор 7, первый масштабирующий блок 8, первый сумматор 9, сигнуреле 10, первый переключатель 11, второй масштабирующий блок 12, второй сумматор 13, второй переключатель 14, источник 15 постоянного напряжения, нуль-орган 16, усилитель 17, третий сумматор 18, блок 19 памяти, компаратор 20, ключ 21, релейный блок 22, первый и второй входы 23 и 24 и первый и второй выходы 25 и 26 нелинейного корректирующего устройства 6, резисторы 27-30, операционный усилитель 31, конденсаторы 32 и 33, диод 34, транзистор 35, оптрон 36, общую шину 37, оптроны 38 и 39, операционные усилители 40 и 41, резисторы 42 и 43, диоды 44 и 45, конденсатор 46,  $U_i$  обозначает сигнал на выходе  $i$ -го блока.

В состав нелинейного корректирующего блока 6 входят пиковый детектор 7, первый масштабирующий блок 8, первый сумматор 9, сигнуреле 10, первый переключатель 11, второй масштабирующий блок 12, второй сумматор 13, второй переключатель 14, источник 15 постоянного напряжения, нуль-орган 16, усилитель 17, третий сумматор 18, блок 19 памяти, компаратор 20, ключ 21, релейный блок 22.

В состав пикового детектора 7 входят резисторы 27-30, операционный усилитель 31, конденсаторы 32 и 33, диод 34, транзистор 35, оптрон 36, общая шина 37.

В состав блока 19 памяти входят оптроны 38 и 39, операционные усилители 40 и 41, резисторы 42 и 43, диоды 44 и 45, конденсатор 46 и общая шина 37.

Пиковый детектор 7 (фиг. 4) позволяет выделить максимальное значение сигнала рассогласования. При уменьшении сигнала рассогласования диод 34 закрывается и конденсатор 33 хранит максимальное значение напряжения до появления сигнала "Сброс" от нуль-органа 16, который, воздействуя на оптрон 36, уменьшает сопротивление его фоторезистора и тем самым создает цепь разряда емкости конденсатора 33. Каскад на транзисторе 35 уменьшает влияние последующих каскадов на работу пикового детектора 7.

Блок 19 памяти (фиг. 5) представляет собой разновидность пикового детектора с дополнительными переключающими элементами на оптронах 38 и 39. Согласно приведенному ниже описанию алгоритма работы всего устройства сигнал от третьего сумматора 18 подается в блок 19 памяти через фоторезистор оптрона 38, который управляется выходным сигналом релейного блока 22. Оптрон 39 служит для создания цепи разряда "запоминающего" конденсатора 46 во время появления сигнала с нуль-органа 16.

В качестве компаратора 20 можно применить устройство сравнения на операционном усилителе, в качестве ключа 21 - транзисторный управляемый ключ, в качестве релейного блока 22 с зоной нечувствительности - транзисторное реле. Выбор коэффициента передачи  $K_8$  первого масштабирующего блока 8 равным 0,5 обеспечивает необходимое положение линии переключения с режима разгона на режим торможения в случае треугольного профиля скорости, а выбор величины коэффициента передачи  $K_{12} = 1/K$  (где  $K \geq 20$ ) второго масштабирующего блока 12 обуславливает переход в линейный установившийся режим после окончания переходного процесса при подходе к точке позиционирования. Величина зоны нечувствительности релей-

ного блока 22 выбирается в соответствии с величиной насыщения скорости двигателя 4, т.е. при скоростях, меньших максимально возможной скорости (скорости насыщения), сигнал  $U_{22}$  на выходе релейного блока 22 отсутствует ( $U_{22} = 0$ ).

Работу нелинейного корректирующего устройства 6 в состав системы автоматического регулирования рассмотрим для двух случаев: при треугольном и трапецидальном профилях диаграммы скорости исполнительного двигателя 4.

В первом случае насыщения скорости вращения двигателя 4 не происходит и ключ 21 остается все время в замкнутом состоянии, так как на его первый управляющий вход не подается размыкающий сигнал  $U_{22}$  с выхода релейного блока 22. Поэтому в этом случае система работает как известное устройство и характеризуется тремя режимами: режимом разгона при  $U_7 \gg |U_1| \geq 0,5U_7$ , режимом торможения при  $U_7/K \leq |U_1| \leq 0,5U_7$  и режимом аperiodического движения к точке позиционирования при  $0 \leq |U_1| \leq U_7/K$ , где  $U_1$  - сигнал рассогласования на выходе измерителя рассогласования 1;  $U_7$  - экстремальное значение сигнала рассогласования, зафиксированное пиковым детектором 7;  $K \geq 20$ .

Корректирующее устройство 6 обеспечивает разгон и торможение двигателя в первых двух режимах с максимально возможным ускорением  $a_m$ .

Во втором случае, начиная с некоторого момента времени  $t_1$  (фиг.3), двигатель 4 достигает максимально возможной скорости  $\omega_m$  и продолжает работать в режиме насыщения. До момента  $t_1 = \omega_m / a_m$  устройство 6 работает так же, как и в режиме разгона для первого случая, а в момент  $t_1$  напряжение  $U_5$  с датчика скорости 5 превышает зону нечувствительности релейного блока 22 и на его выходе появляется сигнал  $U_{22}$ , который поступает на первый управляющий вход и вызывает его размыкание. При этом сигнал  $U_{11}$  на выходе первого переключателя становится равным нулю, а сигнал  $U_{15}$  с выхода источника 15 постоянного напряжения, пройдя через второй переключатель 14 и усилитель 17, перемножается в блоке 2 умножения на сигнал  $U_5$ , имеющий вид

постоянного по величине напряжения. Сигнал  $U_3$  на выходе суммирующего устройства 3 постоянен по величине и является таким, что обеспечивает движение двигателя 4 в режиме насыщения (фиг. 2 и 3).

В момент  $t_1$  сигнал  $U_{22}$  подается не только на размыкающий вход ключа 21, но и на второй управляющий вход блока 19 памяти. В результате последний фиксирует текущую величину подаваемого на него напряжения  $U_{18}$  с выхода третьего сумматора 18, формирует на своем выходе сигнал  $U_{16}$  и хранит его до прихода сигнала  $U_{16}$  на второй управляющий вход с выхода нуля-органа 16. В компараторе 20 сигнал  $U_{19}$  сравнивается с сигналом рассогласования  $U_1$  и в момент времени  $t_2$ , когда выполняется условие  $|U_1| = |U_{19}|$  на выходе компаратора 20 появляется сигнал  $U_{20}$ , который подается на второй управляющий вход ключа 21 и вызывает его замыкание. При этом отрицательный ступенчатый сигнал  $U_{10}$  с выхода сигнум-реле 10, проходя через ключ 21 и первый переключатель 11, подается на вход суммирующего устройства 3. В результате этого управляющее воздействие  $U_3$  на выходе суммирующего устройства 3 имеет вид, обеспечивающий оптимальное торможение исполнительного двигателя 4 (фиг. 2 и 3). Далее система работает как известная и при подходе к точке позиционирования ( $|U_1| \leq U_7/K$ ) переключатели 11 и 14 пропускают на свои выходы сигнал  $U_1$ , создавая аperiodическое движение в установившемся режиме.

Рассмотрим поведение системы регулирования в случае отработки трапецидального профиля скорости исполнительным двигателем 4, имеющим передаточную функцию следующего вида:

$$W_u(p) = \frac{U_u(p)}{U_3(p)} = \frac{K_u}{p(T_u p + 1)} = \frac{50}{p(0,05p + 1)} \quad (1)$$

где  $W_u(p)$ ,  $K_u$ ,  $T_u$  - соответственно, передаточная функция, коэффициент усиления и постоянная времени исполнительного двигателя 4 с нагрузкой на валу.

Дифференциальное уравнение, описывающее поведение системы с учетом выражения (1), принимает вид

$$T_4 \ddot{U}_4 + \dot{U}_4 = K_4 U_3 \quad (2)$$

Значение сигнала  $U_3$  определяется режимом работы

$$U_3 = U_{15} K_n \dot{U}_4 + U_{10} \text{ при разгоне} \\ 0 < t \leq t_1, \quad (3)$$

$$U_3 = U_{15} K_n \dot{U}_4 = \text{const при насыщении} \\ t_1 \leq t \leq t_2 \quad (4)$$

$$U_3 = U_{15} K_n \dot{U}_4 - U_{10} \text{ при торможении} \\ t > t_2, \quad (5)$$

$$U_3 = U_7 K_n \dot{U}_4 + \dot{U}_7 \text{ при позиционировании} \\ |U_4| \leq U_7 / K, \quad (6)$$

где  $U_{15}$  - величина сигнала на выходе источника 15 постоянного напряжения,

$K_n$  - произведение коэффициента передачи усилителя 17 и датчика 5 скорости,

$U_{10}$  - величина ступенчатого сигнала на выходе сигнум-реле 10,  $K \geq 20$ .

Если выполнить условие  $U_{15} \cdot K_n = 1/K_4$  и подставить уравнение (3) - (6) в выражение (2), получают

$$T_4 \ddot{U}_4 = K_4 U_{10} \text{ при } 0 < t \leq t_1, \quad (7)$$

$$\ddot{U}_4 = 0, \dot{U}_4 = U_3 K_4 = \text{const при } t_1 \leq t \leq t_2, \quad (8)$$

$$T_4 \ddot{U}_4 = -K_4 U_{10} \text{ при } t \geq t_2, \quad (9)$$

$$T_4 \ddot{U}_4 + (1 - K_n K_4 U_7) \dot{U}_4 = K_4 U_7 \text{ при } |U_4| \leq U_7 / K \quad (10)$$

Уравнения (7) и (9) описывают, соответственно, разгон и торможение с максимальным ускорением  $|\ddot{U}_4| = K_4 U_{10} / T_4$ .

Уравнению (8) соответствует режим движения с постоянной максимальной скоростью  $\omega_M$  (режим насыщения).

Уравнение (10) описывает режим вблизи точки позиционирования, когда кинетическая энергия уже погашена предыдущим режимом торможения и система переходит в апериодический установившийся режим работы, обеспечивающий требуемую точность позиционирования.

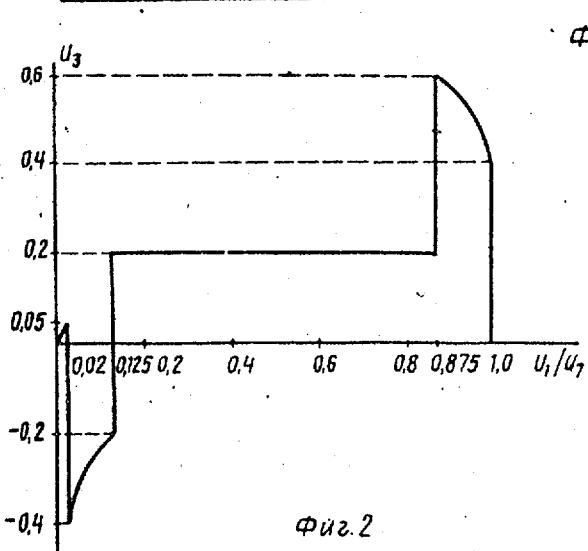
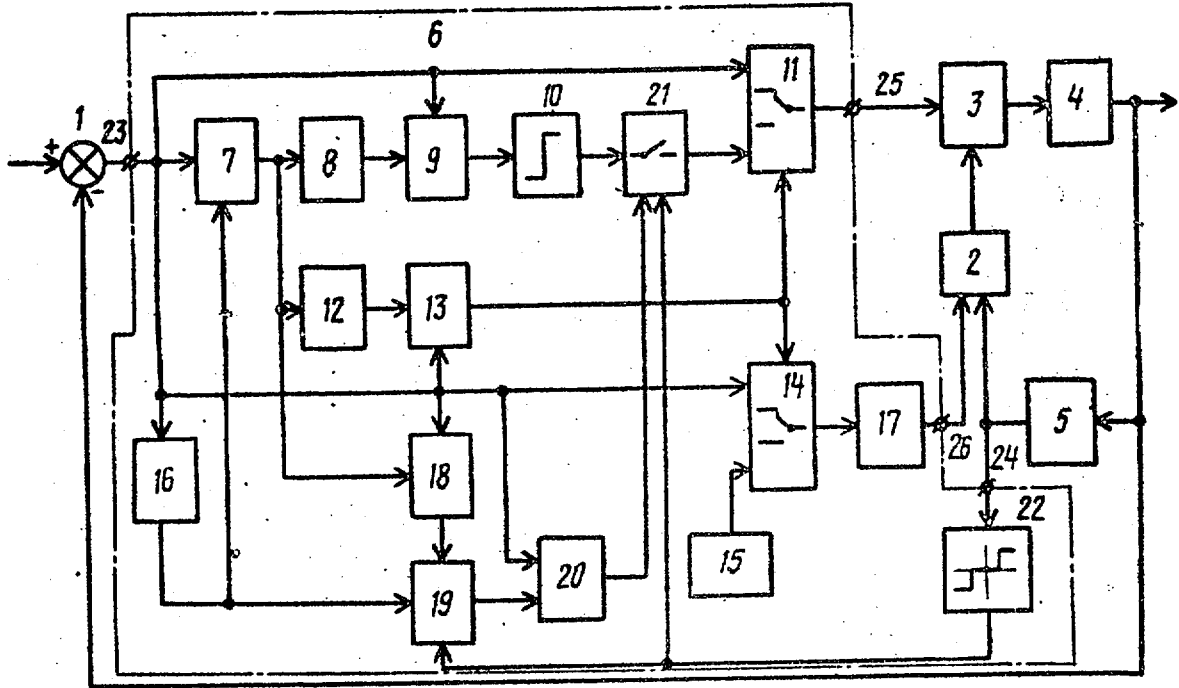
На фиг. 2 и 3 для передаточной функции (1) построены характеристики при следующих численных значениях

параметров: максимальное ускорение  $a_M = 4000$  рад/с<sup>2</sup>, максимальная скорость  $\omega_M = 10$  рад/с, величина ступенчатого задающего воздействия  $g_0 = U_7 = 1$  рад, коэффициент передачи второго масштабирующего блока  $K_{12} = 50$ . Для этих исходных данных получают  $U_{10} = 0,4$  В;  $U_3 = 0$ ;  $2В = \text{const}$ ,  $t_1 = \omega_M / a_M = 0,025$  с;  $t_2 = g_0 / \omega_M = 0,1$  с.

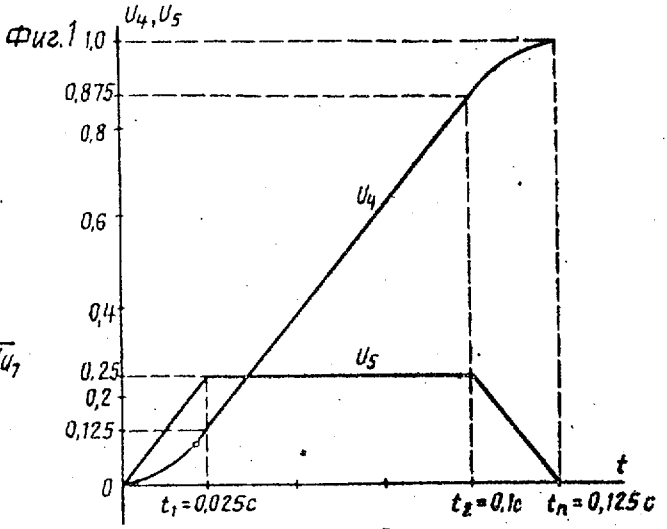
Таким образом, использование новых элементов - третьего сумматора, блока памяти, компаратора, релейного блока с зоной нечувствительности и ключа, выгодно отличает предлагаемое техническое решение от известного, так как позволяет обеспечить оптимальное быстроедействие как при треугольном, так и при трапецеидальном профиле диаграммы скоростей. В результате этого повышается надежность устройства и происходит экономия энергии тем большей, чем длиннее участок движения со скоростью насыщения. При этом потребление энергии может уменьшиться на 40-50%, а надежность может повыситься на 100%.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

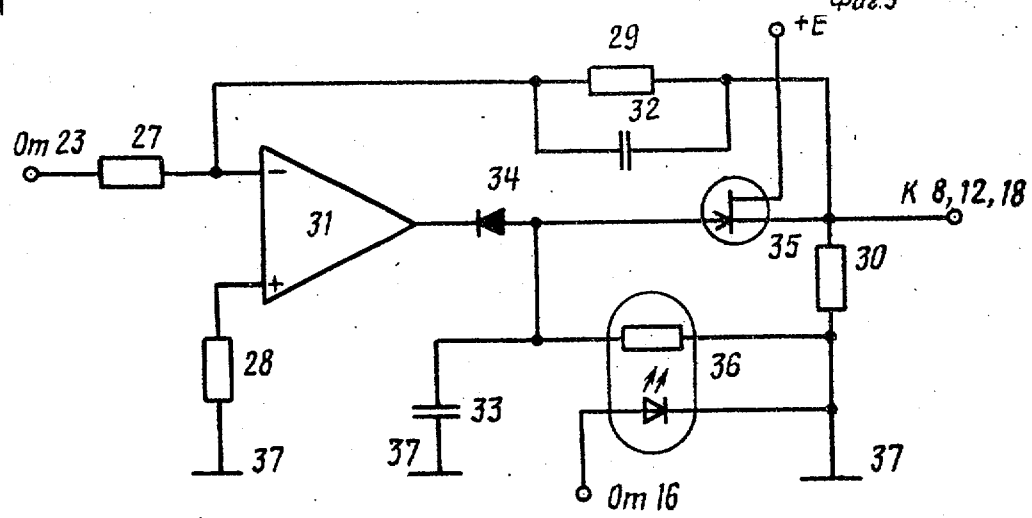
Нелинейное корректирующее устройство по авт. св. № 1126925, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности и уменьшения энергоемкости устройства, в нем дополнительно установлены третий сумматор, блок памяти, компаратор, релейный блок и ключ, причем выход сигнум-реле соединен с вторым информационным входом первого переключателя через ключ, соединенный первым управляющим входом с выходом релейного блока и первым управляющим входом блока памяти, вторым управляющим входом - с выходом компаратора, подключенного первым входом к входу нуля-органа и к первому входу третьего сумматора, вторым входом - к выходу блока памяти, соединенного вторым управляющим входом с выходом нуля-органа, а информационным входом - с выходом третьего сумматора, подключенного вторым входом к выходу пикового детектора.



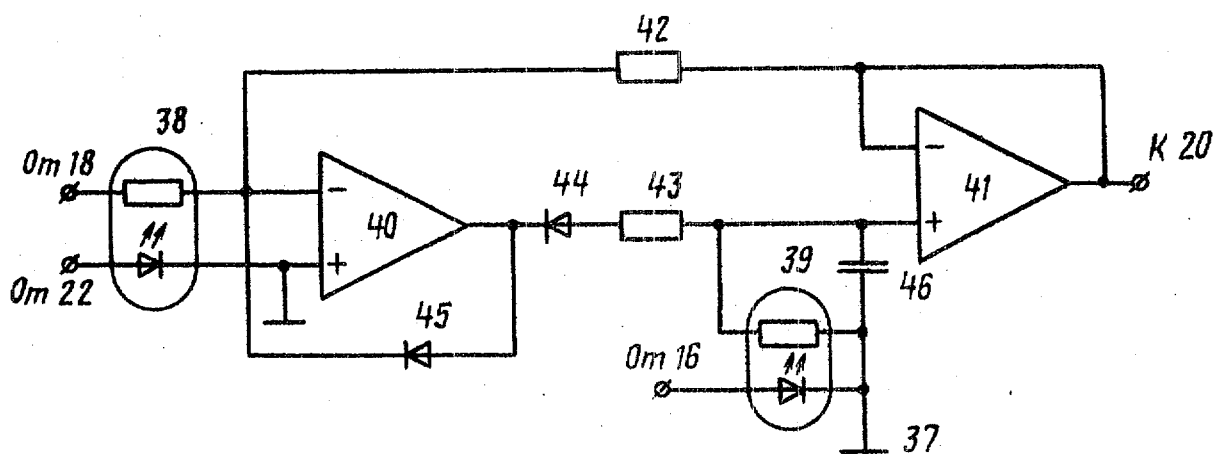
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Редактор Е. Папп

Составитель Ю. Гладков

Техред И. Попович

Корректор М. Пожо

Заказ 2131/46

Тираж 836

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4