

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 964659

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 09.03.81 (21) 3256889/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.10.82. Бюллетень № 37

Дата опубликования описания 07.10.82

(51) М. Кл.³

G 06 G 7/26

(53) УДК 681.335

(088.8)

(72) Автор
изобретения

А.И.Ришан

(71) Заявитель

Киевский институт автоматики им. XXV съезда КПСС

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛИНЕАРИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК

1
Изобретение относится к вычислительной и измерительной технике и может быть использовано, например, для линеаризации характеристик интерференционных и других датчиков, описываемых синусоидальной или косинусоидальной зависимостью.

Известен функциональный преобразователь, содержащий генератор импульсов с источником опорного напряжения, компенсатор нулевого сигнала, масштабирующий усилитель и элемент коррекции нелинейности, выполненный в виде делителя напряжения [1].

Недостатком этого устройства является ограниченный диапазон линейного преобразования, оно удовлетворительно линеаризирует аналоговые сигналы, содержащие только квадратичные составляющие от преобразуемого параметра.

Наиболее близким техническим решением является устройство для линеаризации нелинейных характеристик,

2
содержащее управляемый генератор импульсов, к задающему входу которого подключен источник опорного напряжения, первый управляющий вход генератора импульсов соединен с входом устройства, а выход является выходом устройства, первый источник компенсирующего напряжения, выход которого подключен к первому входу первого суммирующего усилителя, выход которого соединен с вторым управляющим входом генератора импульсов, квадратор, второй суммирующий усилитель, блок извлечения квадратного корня и второй источник компенсирующего напряжения, выход которого подключен к второму входу второго суммирующего усилителя, вход устройства через квадратор связан с первым входом второго суммирующего усилителя, выход которого через блок извлечения квадратного корня связан с вторым входом первого суммирующего усилителя [2].

Недостатком известного устройства является низкая точность линейаризации входных синусоидальных и косинусоидальных сигналов, обусловленная нелинейностью зависимости, воспроизводимой устройством при линейаризации синусоидального входного сигнала (зависимость 1 на фиг. 2)

$$F_x = F_0 + K(1 + \sin x - \cos x), \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами генератора импульсов;

F_0 - нулевая частота;

x - преобразуемый параметр, и зависимости

$$F_x = F_0 + K(1 + \cos x - \sin x) \quad (2)$$

при линейаризации входного косинусоидального сигнала (зависимость 7а, 7б на фиг. 3).

При этом нелинейность составляет 2,1% в диапазоне изменения преобразуемого параметра от 0 до $\frac{\pi}{2}$ радиан по отношению к идеальной прямой преобразования. Характеристика (1) (зависимость 1а и 1б на фиг. 2) имеет S-образный характер.

Целью изобретения является повышение точности линейаризации входных аналоговых сигналов.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для линейаризации нелинейных характеристик, содержащее генератор импульсов, к задающему входу которого подключен источник опорного напряжения, выход генератора импульсов является выходом устройства, первый управляющий вход генератора импульсов соединен с выходом первого суммирующего усилителя, первый вход которого соединен с выходом первого источника компенсирующего напряжения, второй вход через блок извлечения квадратного корня соединен с выходом второго суммирующего усилителя, первый вход которого подключен к выходу второго источника компенсирующего напряжения, второй вход через квадратор соединен с входом устройства, введены третий и четвертый суммирующие усилители, три ключевых элемента и компаратор, причем первый вход третьего суммирующего усилителя соединен с входом устройства, второй вход третьего суммирующего усилителя соединен с выходом блока извлечения квадратного корня, выход третьего суммирующего усилите-

ля подключен к первому входу компаратора, второй вход которого подключен к шине нулевого потенциала, а выход соединен с управляющими входами первого, второго и третьего ключевых элементов, информационный вход первого из которых подключен к входу устройства, информационный вход второго к выходу первого источника компенсирующего напряжения, информационный вход третьего - к выходу блока извлечения квадратного корня, выход первого из ключевых элементов подключен к первому входу четвертого суммирующего усилителя, второй вход которого соединен с входом устройства, выход четвертого суммирующего усилителя подключен к второму управляющему входу генератора импульсов, выход второго ключевого элемента соединен с третьим входом первого суммирующего усилителя, четвертый вход которого соединен с выходом третьего ключевого элемента.

Введение этих блоков повышает точность преобразования за счет снижения погрешности нелинейности, которое обеспечивается выработыванием по отношению к известному, дополнительных корректирующих сигналов $\sin(x + \frac{\pi}{4}) - \cos(x + \frac{\pi}{4})$ на участке преобразования в пределах $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ и $2 + \sin(x - \frac{\pi}{4}) - \cos(x - \frac{\pi}{4})$ в пределах изменения $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$, и их алгебраическим суммированием с сигналом $1 + \sin x - \cos x$, характерным для известного устройства.

Так как знаки изменения чувствительности преобразования известного устройства разные в диапазонах $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$, то в предлагаемом устройстве нелинейность с возрастающей чувствительностью известного устройства в диапазоне $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ (зависимость 1а на фиг. 2) компенсируется дополнительным смещением зависимости $1 + \sin x - \cos x$ известного устройства (зависимость 1б на фиг. 2); характеризующейся нелинейной зависимостью с убывающей чувствительностью, на $\frac{\pi}{4}$ (зависимость 4 на фиг. 2) по оси преобразуемого параметра x и (-1) по оси ординат V , и последующим их суммированием (результатирующая зависимость 3 на фиг. 2).

Таким образом, частота на выходе генератора в диапазоне изменения $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ определяется выражением

$$F_x = 1 + \sin x - \cos x + \sin(x + \frac{\pi}{4}) - \cos(x + \frac{\pi}{4}). \quad (3)$$

Линеаризация известной зависимости $1 + \sin x - \cos x$ в диапазоне $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$ (зависимость 1б на фиг. 2) осуществляется сдвигом этой же зависимости на $(-\frac{\pi}{4})$ по оси преобразуемого параметра (смещена ветвь 1а в сторону опережения на $(-\frac{\pi}{4})$ - зависимость 5 на фиг. 2) и на (-1) по оси ординат, и последующим суммированием (зависимость 6 на фиг. 2) со смещением на 2^x -кратный единичный сигнал (зависимость 3 на фиг. 2).

В данном диапазоне изменения

$$\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2} \\ F_x = 3 + \sin x - \cos x + \sin(x - \frac{\pi}{4}) - \cos(x - \frac{\pi}{4}) \quad (4)$$

Преобразуя выражение (3) и (4) получаем

$$F_x = 1 + 2,4142 \sin x - \cos x \quad (5)$$

для $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$;

$$F_x = 3 + \sin x - 2,4142 \cos x$$

$$\text{для } \frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

Введение последовательно соединенных третьего суммирующего усилителя и компаратора, подключение двух входов третьего суммирующего усилителя к входу устройства и выходу блока извлечения квадратного корня позволяет получить релейный сигнал на выходе компаратора, равный нулю при изменении $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ и преобладании косинусоиды над синусоидой и равный единице - при $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$ и преобладании синусоиды над косинусоидой.

Релейный сигнал компаратора изменяет коэффициенты передачи первого и четвертого суммирующих усилителей, а также изменяет начальное смещение на первом суммирующем усилителе в соответствии с их необходимыми значениями для выполнения выражений преобразования (5) - для $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$, и (6) - для $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$.

Линеаризация входных косинусоидальных аналоговых сигналов осуществляется аналогично. При этом частота на выходе генератора импульсов определяется выражением

$$F_x = 3 + \cos x - \sin x + \cos(x - \frac{\pi}{4}) - \sin(x - \frac{\pi}{4}) = 3 + \cos x - 2,4142 \sin x \quad (7)$$

при $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$;

$$F_x = 1 + \cos x - \sin x + \cos(x + \frac{\pi}{4}) - \sin(x + \frac{\pi}{4}) = 1 + 2,4142 \cos x - \sin x \quad (8)$$

$$\text{при } \frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$$

Для обеспечения этого режима входы подключения к третьему суммирующему усилителю (входа устройства и выхода блока извлечения квадратного корня) меняют местами.

На фиг. 1 приведена блок-схема устройства; на фиг. 2 и 3 - графические зависимости, отображающие этапы линеаризации соответственно входного синусоидального и косинусоидального аналоговых сигналов.

Устройство содержит генератор 1 импульсов, выход 2 которого является выходом устройства, вход устройства 3, источник 4 опорного напряжения, первый источник 5 компенсирующего напряжения, первый суммирующий усилитель 6, квадратор 7, второй суммирующий усилитель 8, блок 9 извлечения квадратного корня, второй источник 10 компенсирующего напряжения, третий и четвертый суммирующие усилители 11 и 12, компаратор 13, первый, второй, третий ключевые элементы 14, 15 и 16.

На фиг. 2 обозначены 1а и 1б - выходная характеристика преобразования выходного аналогового синусоидального сигнала в частоту импульсов известного устройства; 2 - идеальная характеристика преобразования известного устройства; 3 - выходная характеристика преобразования входного аналогового синусоидального сигнала в частоту предлагаемого устройства; 4 - смещенная ветвь 1б на $\frac{\pi}{4}$ по оси преобразуемого параметра; 5 - смещенная ветвь 1а на $(-\frac{\pi}{4})$ по оси преобразуемого параметра; 6 - сумма зависимостей 1б и 5, при смещении зависимости 1б - 1 по оси ординат; $F_1 - F_0$ - приращение частоты при линеаризации по известному устройству; $F_2 - F_0$ - приращение частоты при линеаризации по предлагаемому устройству.

На фиг. 3 обозначены 7а и 7б - выходная характеристика преобразования входного аналогового косинусоидального сигнала в частоту известного устройства; 8 - выходная характеристика преобразования входного косинусоидального аналогового сигнала предлагаемого устройства; 9 - смещенная ветвь 7а на $(-\frac{\pi}{4})$ по оси преобразуемого параметра; 10 - смещенная ветвь 7б на $(+\frac{\pi}{4})$ по оси преобразуемого параметра.

Устройство работает следующим образом.

При воздействии входного аналогового сигнала, соответствующего преобразуемому параметру, на второй управляющий вход генератора 1 импульсов через четвертый суммирующий усилитель, частота на его выходе изменяется на величину, пропорциональную входному сигналу относительно опорной частоты F_0 , задаваемой источником 4, которым устанавливаются начальный уровень дозаряда емкостей управляемого генератора 1 и чему соответствует частота F_0 генератора 1 при значении преобразуемого параметра $x=0$. Цепь коррекции, состоящая из блоков 7-10, вырабатывает первый кор-

ректирующий сигнал $U_k = \sqrt{1 - f^2(x)}$, поступающий с выхода первого суммирующего усилителя на первый управляющий вход генератора.

При синусной характеристике входного датчика первый корректирующий сигнал соответствует зависимости $\cos x-1$, а при косинусной характеристике - зависимости $\sin x-1$.

Совместное воздействие входного и корректирующего сигналов на управляющие входы генератора формирует частотную характеристику, связывающую частоту импульсов с преобразуемым параметром по отношению к частоте F_0 или вида (1) (зависимость 1а и 1б на фиг. 2), при линеаризации синусоиды, или вида (2) при косинусоиде (зависимость 7а и 7б на фиг. 3), по аналогии с известным устройством.

Одновременно входной синусоидальный сигнал поступает на первый вход третьего суммирующего усилителя 11, на второй вход которого поступает косинусоидальный сигнал из блока 9 извлечения квадратного корня. В диапазоне изменения $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ косинусоидальная составляющая больше синусоидальной и на выходе усилителя 11 отрицательное напряжение, т.е. меньше нулевого напряжения общей шины, подключенной к второму входу компаратора 13, и на выходе компаратора устанавливается сигнал, равный логическому нулю. Этому состоянию компаратора 13 соответствует нормально закрытое состояние ключевого элемента 14 и нормально открытые состояния элементов 15 и 16.

К первому управляющему входу генератора 1 через усилитель 6 подключен единичный сигнал от первого источника компенсирующего напряжения, к второму управляющему входу генератора, дополнительно ко входному сигналу, поступающему через четвертый суммирующий усилитель 12 (его второй вход), подключается дополнительная часть входного сигнала, $1,4142 \sin x$ (второй вход усилителя 12), а их совместное воздействие приводит к зависимости частоты на выходе генератора 1 от преобразуемого параметра в соответствии с выражением (5) или, что эквивалентно, с выражением (3).

В диапазоне изменения $\frac{\pi}{4} < x \leq \frac{\pi}{2}$, синусоидальная составляющая преобладает над косинусоидальной, напряжение на выходе усилителя 11 положительно, компаратор переходит в единичное устойчивое состояние. При этом второму управляющему входу генератора 1 через усилитель 12 подключен только входной синусоидальный сигнал, а к первому управляющему входу генератора 1 через усилитель 6 подключен дополнительно сигнал $1,4142 \cos x$ и 2^k -кратный единичный сигнал, равный сумме квадратов входного сигнала и сигнала на выходе блока 9. Частота на выходе генератора 1 определяется выражением (6) или, что эквивалентно, выражением (4).

При $x = \frac{\pi}{4}$, сигнал на выходе компаратора равен или нулю или единичному состоянию, но частота на выходе генератора 1 равна F_1 .

При линеаризации входных косинусоидальных сигналов на вход 3 устройства поступает косинусоидальный сигнал, а с выхода блока 9 снимают синусоидальный.

Для обеспечения режима линеаризации по выражению (7) при $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ и выражению (8) при $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$ входные сигналы третьего суммирующего усилителя меняют местами, чем достигают срабатывания компаратора 13 в диапазоне $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$ и его возврат в нулевое состояние при $\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$.

Технико-экономический эффект заключается в повышении при 2^k -кратном увеличении чувствительности в 9-10 раз точности преобразования аналоговых входных сигналов, содержащих синусные и косинусные зависимости от преобразуемого параметра.

Общая нелинейность частоты на выходе устройства от преобразуемого параметра, в пределах его изменения от 0 до $\frac{\pi}{2}$ радиан, не превышает 0,24%.

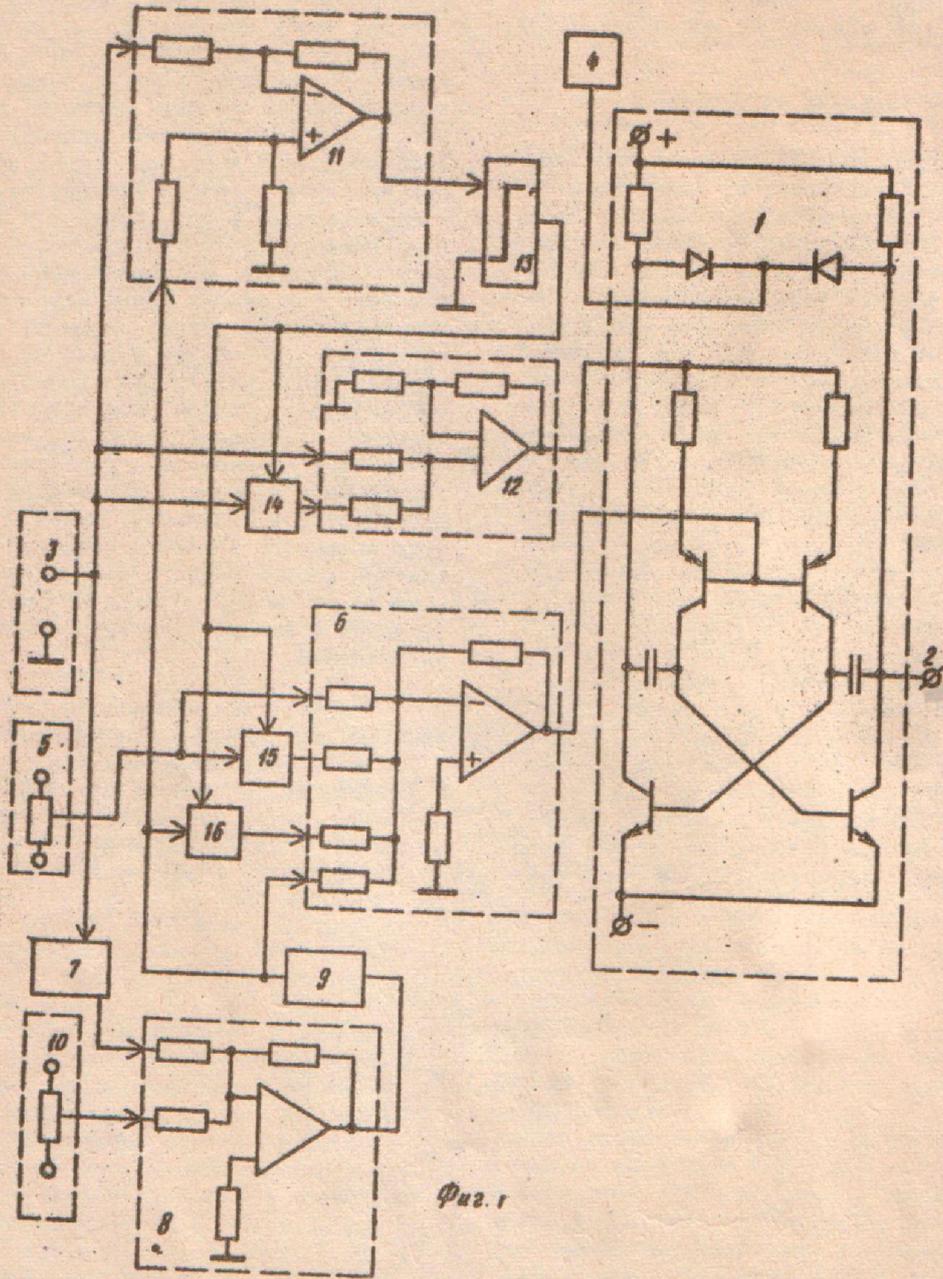
Формула изобретения

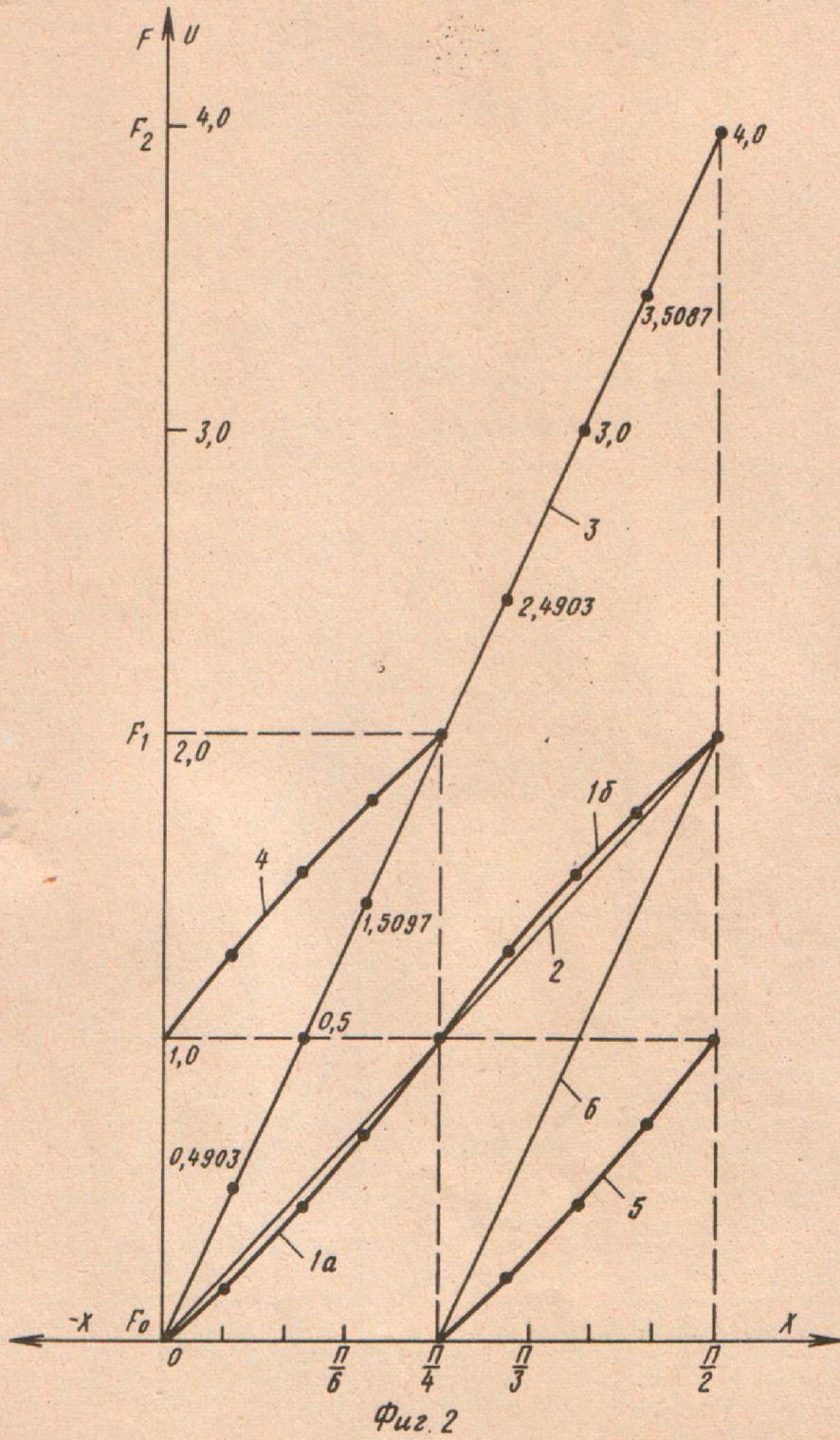
Устройство для линеаризации нелинейных характеристик, содержащее генератор импульсов, к задающему входу которого подключен источник опорного напряжения, выход генератора импульсов является выходом устройства, первый управляющий вход генератора импульсов соединен с выходом первого суммирующего усилителя, первый вход которого соединен с выходом первого источника компенсирующего напряжения, второй вход через блок извлечения квадратного корня соединен с выходом второго суммирующего усилителя, первый вход которого подключен к выходу второго источника компенсирующего напряжения, второй вход через квадратор соединен с входом устройства, отличающееся в том, что, с целью повышения точности линеаризации, в устройство введены третий и четвертый суммирующие усилители, три ключевых элемента и компаратор, причем первый вход третьего суммирующего усилителя соединен с входом устройства, второй вход

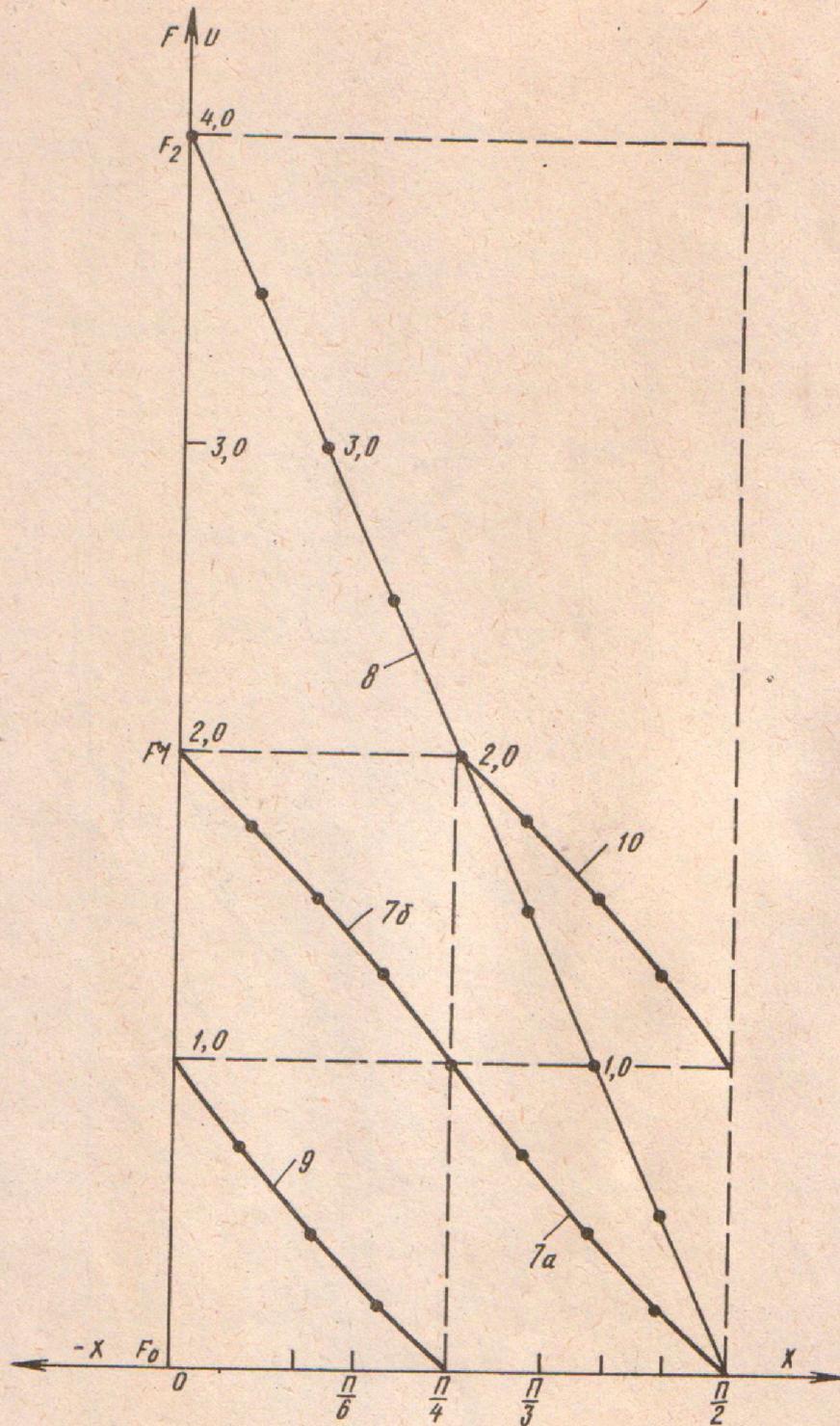
с выходом блока извлечения квадратного корня, выход третьего суммирующего усилителя подключен к первому входу компаратора, второй вход которого подключен к шине нулевого потенциала, а выход соединен с управляющими входами первого, второго и третьего ключевых элементов, информационный вход первого из которых подключен к входу устройства, информационный вход второго - к выходу первого источника компенсирующего напряжения, информационный вход третьего - к выходу блока извлечения квадратного корня, выход первого из ключевых элементов подключен к первому входу четвертого суммирующего усилителя, второй вход которого соединен с входом устройства, выход четвертого суммирующего усилителя подключен к второму управляющему входу генератора импульсов, выход второго ключевого элемента соединен с третьим входом первого суммирующего усилителя, четвертый вход которого соединен с выходом третьего ключевого элемента.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 713328, кл. G 06 G 7/26, 1978.
2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 28777849/18-24, кл. G 06 G 7/26 (прототип).







Фиг. 3
 ВНИИПИ Заказ 7632/30 Тираж 731 Подписное
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4