



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3611211/18-09

(22) 24.06.83

(46) 07.10.84. Бюл. № 37

(72) В.С.Скляр, В.А.Балашов, П.Я.Нудельман и Э.А.Заварина

(53) 621.394.62(088.8)

(56) 1. Kawai I. K. Time division processed multicarrier multi PSR ASK modem Proc. Nat Slectron Conf. Chicago, 1970, vol. 26, OAK Brook, p. 589-594.

2. Авторское свидетельство СССР № 1019662, кл. Н 04 Л 27/22, 1981 (прототип).

(54)(57) ДЕМОДУЛЯТОР МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ С АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ, содержащий последовательно соединенные задающий генератор, синтезатор частот, коммутатор и первый перемножитель, аналого-цифровой преобразователь, последовательно соединенные усреднитель, блок кодирования и второй перемножитель, последовательно соединенные накопитель, ключ и вычислительный блок, выходы которого соединены с входами фазового и амплитудного демодуляторов, выходы которых являются выходами демодулято-

ра, блок вычитания, отличающийся тем, что, с целью повышения помехоустойчивости за счет повышения точности коррекции амплитудно-частотной характеристики канала, в него введены два блока задержки, регулируемый усилитель, два анализатора информации и решающий блок, причем выход аналого-цифрового преобразователя через первый перемножитель соединен с другим входом второго перемножителя, выход которого соединен с входом накопителя, один выход вычислительного блока соединен с первым входом первого анализатора информации и входом первого блока задержки, выход которого соединен с вторым входом первого анализатора информации, первым входом второго анализатора информации, его вторым входом через второй блок задержки, входом блока вычитания и первым входом регулируемого усилителя, второй вход которого соединен с выходом решающего блока, а выход - с входом усреднителя, выходы анализаторов информации и выход блока вычитания соединены с соответствующими входами решающего блока.

Изобретение относится к передаче дискретной информации и может использоваться в многоканальных системах связи с комбинированной амплитудно-фазовой модуляцией.

Известен демодулятор с амплитудно-фазовой модуляцией, содержащий последовательно соединенные аналого-цифровой преобразователь, перемножитель, интегратор, ключ и блок вычисления, фазовый вход которого соединен с первым входом блока вычисления и через блок памяти - с вторым его входом, а амплитудный выход соединен с первым входом компаратора и с вторым его входом через формирователь порогового напряжения, а также последовательно соединенные задающий генератор, синтезатор частот и коммутатор [1].

Однако в таком демодуляторе недостаточная помехоустойчивость.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является демодулятор многочастотных сигналов с амплитудно-фазовой модуляцией, содержащий последовательно соединенные задающий генератор, синтезатор частот, коммутатор и первый перемножитель, аналого-цифровой преобразователь, последовательно соединенные усреднитель, блок кодирования и второй перемножитель, последовательно соединенные накопитель, ключ и вычислительный блок, выходы которого соединены с входами фазового и амплитудного демодуляторов, выходы которых являются выходами демодулятора, блок вычитания [2].

Однако в известном устройстве невысокая точность коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и за счет этого недостаточная помехоустойчивость.

Цель изобретения - повышение помехоустойчивости за счет повышения точности коррекции амплитудно-частотной характеристики канала.

Для достижения поставленной цели в демодулятор многочастотных сигналов с амплитудно-фазовой модуляцией, содержащий последовательно соединенные задающий генератор, синтезатор частот, коммутатор и первый перемножитель, аналого-цифровой преобразователь, последовательно соединенные усреднитель, блок кодирования и второй перемножитель, последовательно соединенные накопитель, ключ и вычис-

лительный блок, выходы которого соединены с входами фазового и амплитудного демодуляторов, выходы которых являются выходами демодулятора, блок вычитания, введенный усилитель, два анализатора информации и решающий блок, причем выход аналого-цифрового преобразователя через первый перемножитель соединен с другим входом второго перемножителя, выход которого соединен с входом накопителя, один выход вычислительного блока соединен с первым входом первого анализатора информации и входом первого блока задержки, выход которого соединен с вторым входом первого анализатора информации, первым входом второго анализатора информации, его вторым входом через второй блок задержки, входом блока вычитания и первым входом регулируемого усилителя, второй вход которого соединен с выходом решающего блока, а выход - с входом усреднителя, выходы анализаторов информации и выход блока вычитания соединены с соответствующими входами решающего блока.

На фиг. 1 изображена структурная электрическая схема предлагаемого демодулятора; на фиг. 2 - структурная схема анализатора информации; на фиг. 3 - структурная схема решающего блока; на фиг. 4 - структурная схема регулируемого усилителя; на фиг. 5 - структурная схема вычислительного блока.

Демодулятор многочастотных сигналов с амплитудно-фазовой модуляцией содержит аналого-цифровой преобразователь 1, перемножители 2, 3, накопитель 4, ключ 5, вычислительный блок 6, фазовый демодулятор 7, амплитудный демодулятор 8, блоки 9 и 10 задержки, анализаторы 11 и 12 информации, блок 13 вычитания, решающий блок 14, блок 15 кодирования, усреднитель 16, регулируемый усилитель 17, коммутатор 18, синтезатор 19 частот и задающий генератор 20. Анализатор 11 (12) состоит из делителя 21 и блоков сравнения 22 и 23. Решающий блок 14 состоит из блока 24 определения знака Sign , элементов НЕ 25, элементов И 26 и 27, элементов ИЛИ 28 и элемента И 29. Регулируемый усилитель 17 состоит из ключей 30 и 31, операционного усилителя

32, элемента НЕ 33 и сопротивлений 34-37. Вычислительный блок 6 состоит из запоминающего блока 38, делителя 39, функционального преобразователя 40, квадратов 41 и 42, сумматора 43 и блока 44 извлечения квадратного корня.

Демодулятор многочастотных сигналов с амплитудно-фазовой модуляцией работает следующим образом.

Групповой сигнал на входе демодулятора представляет собой сумму гармонических составляющих канальных частот с амплитудами A_n и фазами φ_n , искажение воздействие неравномерности АЧХ канала связи

$$S(t) = \sum_{n=n_1}^{n_2} A_n \sin(n\Omega t + \varphi_n).$$

В аналого-цифровом преобразователе 1 происходит дискретизация сигнала $S(t)$ по времени и уровню, так что сигнал на его входе запишется в виде суммы оцифрованных отсчетов сигнала, взятых в момент времени $t = k\Delta t$

$$S(k\Delta t) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{n=n_1}^{n_2} A_n \sin(kn\Omega\Delta t + \varphi_n).$$

Отсчеты сигнала поступают на перемножитель 2, в котором каждый отсчет перемножается на цифровые отсчеты опорных гармонических колебаний $\sin(kn\Omega\Delta t)$ и $\cos(kn\Omega\Delta t)$, поступающих через коммутатор 18 и вырабатываемых в синтезаторе 19 частот. Синтезатор 19 работает от частоты, вырабатываемой задающим генератором 20. Каждый отсчет сигнала $S(k\Delta t)$, в перемножителе 2 умножается $(n_2 - n_1) \cdot 2$ раз, по два перемножения на каждый подканал. В перемножителе 3 происходит доумножение результатов предыдущих умножений на соответствующие канальные корректирующие коэффициенты μ_n , поступающие с выхода блока 15 кодирования. За время существования одного отсчета $S(k\Delta t)$ происходит $(n_2 - n_1)$ умножений, по одному перемножению на подканал.

В накопителе 4 происходит накопление результатов этих двух умножений для каждого подканала раздельно. Накопление осуществляется на интервале ортогональности. В конце этого интервала после обработки $(k-1)$ -го отсчета сигнала на выходе накопите-

ля образуются значения проекций сигнала на ортогональные оси приемника

$$X_n = \sum_{k=0}^{K-1} S(k\Delta t) \cdot \mu_n A_n \sin(kn\Omega\Delta t);$$

$$Y_n = \sum_{k=0}^{K-1} S(k\Delta t) \cdot \mu_n A_n \cos(kn\Omega\Delta t),$$

где X_n, Y_n - проекции сигнала n -го подканала.

Через ключ 5 проекции последовательно поступают на вычислительный блок 6, в котором определяются амплитуды и фазы сигналов всех частотных подканалов по формулам

$$\mu_n A_n = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2};$$

$$\varphi_n = \arctg(Y_n/X_n),$$

где μ_n, A_n - амплитуда, φ_n - фаза n -го подканала.

В фазовом демодуляторе 7 происходит выделение информации, заложенной в фазе или в разности фаз сигналов (в зависимости от вида модуляции), а в амплитудном демодуляторе 8 - выделение информации, заложенной в амплитуде сигналов.

Обработка частотных подканалов происходит последовательно во времени, начиная с первого канала и кончая последним.

Одновременно с выделением информации амплитуды сигналов $\mu_n A_n$ поступают на два последовательно соединенных блока 9 и 10 задержки на время обработки одного подканала. Таким образом, всегда существуют значения амплитуд трех каналов одновременно. Если выделяется информация из амплитуды $(n+1)$ -го подканала A_{n+1} , то на выходе блока 9 присутствует сигнал амплитуды n -го подканала A_n , а на выходе блока 10 - сигнал амплитуды $(n-1)$ -го подканала A_{n-1} .

Анализаторы 11 и 12 осуществляют сравнение амплитуд соседних подканалов друг с другом по алгоритмам

$$I_1^n = \text{sig N}(\Pi_1 - \mu_n A_n / \mu_k A_k);$$

$$I_2^n = \text{sig N}(\mu_n A_n / \mu_k A_k - \Pi_2),$$

где I_1^n - логический сигнал на первом выходе анализатора;

I_2^n - логический сигнал на втором выходе анализатора;

Π_1 и Π_2 - постоянные пороги, зависящие только от коэффициента ампли-

тудной модуляции сигнала;
 A_k - величина амплитуды A_{n+1} для
 анализатора 11 и амплитуды
 A_{n-1} для анализатора 12.

Анализаторы построены таким обра-
 зом, что сигнал $I_1^n = 1$ на первом выхо-
 де соответствует "0" передаваемой ин-
 формации, сигнал $I_2^n = 1$ на втором
 выходе - "1" информации. Разрешается
 ситуация, когда невозможно точно
 указать информацию на основании ана-
 лиза амплитуд соседних подканалов.
 Это соответствует случаю $I_1^n - I_2^n =$
 $= 0$. Кроме сравнений амплитуды A_n
 с соседними канальными амплитудами
 из величины A_n вычитается значение
 порогового сигнала $U_{пор}$, одинаковое
 для всех частотных подканалов, и оп-
 ределяется знак этой разности в ре-
 шающем блоке 14.

Если в результате предварительного
 анализа удастся по сигналам (I_1^n) ,
 (I_2^n) , (I_1^n) , (I_2^n) анализаторов 11
 и 12 однозначно идентифицировать ин-
 формацию, заложенную в амплитуде
 n -го подканала, решающий блок 14 вы-
 дает сигнал управления на регулируе-
 мый усилитель 17. Если принято реше-
 ние, что передавался сигнал "1",
 регулируемый усилитель 17 по сигна-
 лу решающего блока 14 пропустит на
 усреднитель 16 сигнал $S_n = m_1 \mu_n A_n$,
 где $m_1 < 1$. Если передавался сигнал
 "0", то регулируемый усилитель 17
 усилит сигнал на своем выходе, т.е.
 $S_n = m_2 \mu_n A_n$, где $m_2 > 1$ (при исполь-
 зовании амплитудной модуляции, для
 которой $A_n^{10} / A_n^{00} = 2$, значения коэф-
 фициентов соответственно равны $m_1 =$
 $= 0,75$; $m_2 = 1,5$).

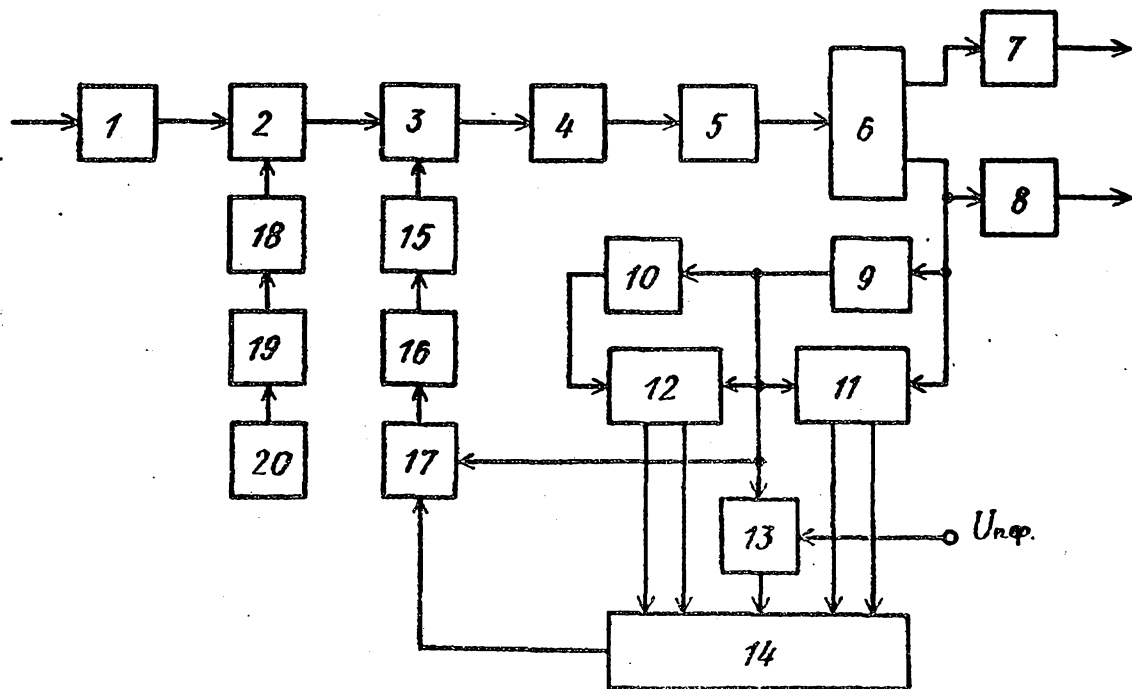
Если в результате предварительного
 анализа не удастся определить
 информацию в n -м подканале либо
 из-за нулевых показаний анализато-
 ров 11 и 12, либо из-за противоречи-

вых результатов анализа, решающий
 блок 14 учитывает только результат
 сравнения в блоке 13 A_n с порогом
 $U_{пор}$. Если $\mu_n A_n \geq U_{пор}$, сигнал на
 входе усреднителя 16 равен $S_n =$
 $= m_1 \mu_n A_n$. в противном случае - $S_n =$
 $= m_2 \mu_n A_n$.

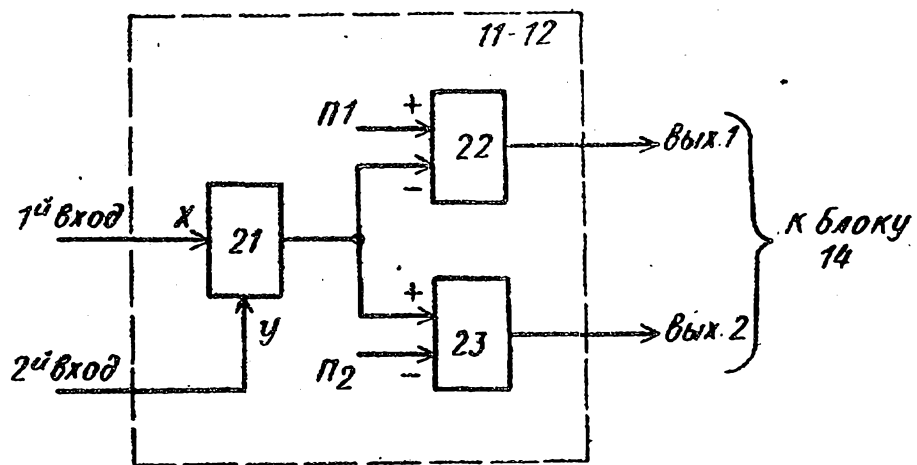
Усреднитель 16 осуществляет усред-
 нение сигналов S_n на большом интер-
 вале времени, в результате чего зна-
 чительно повышается точность выра-
 ботки коэффициентов коррекции μ_n ,
 которые вырабатываются блоком 15 ко-
 дирования. Коэффициенты коррекции
 μ_n , подаваемые на вход перемножителя
 3, корректируют усиление в сквозном
 тракте обработки сигналов частотных
 подканалов и выравнивают коэффициен-
 ты усиления по всем подканалам. Вы-
 равнивание происходит таким образом,
 что $m_1 \mu_n A_n^{10} - U_{пор} = 0$; $m_2 \mu_n A_n^{00} - U_{пор} =$
 $= 0$ при отсутствии шума в канале.

Таким образом, в результате меж-
 канального анализа информации, за-
 ложенной в амплитуде сигналов час-
 тотных подканалов, производится кор-
 рекция АЧХ. Для крайних каналов,
 для которых отсутствуют соседние рабо-
 чие каналы, коррекция производится
 либо на основании анализа только
 одной пары каналов, либо на основании
 анализа крайних пилот-сигналов. Так
 как эти пилот-сигналы обычно распо-
 лагаются на краях полосы пропуска-
 ния и используются для коррекции
 сдвига частот в канале, то использо-
 вание их для анализа информации в
 крайних рабочих подканалах не меня-
 ет ни схему, ни алгоритм обработки
 амплитуд этих каналов.

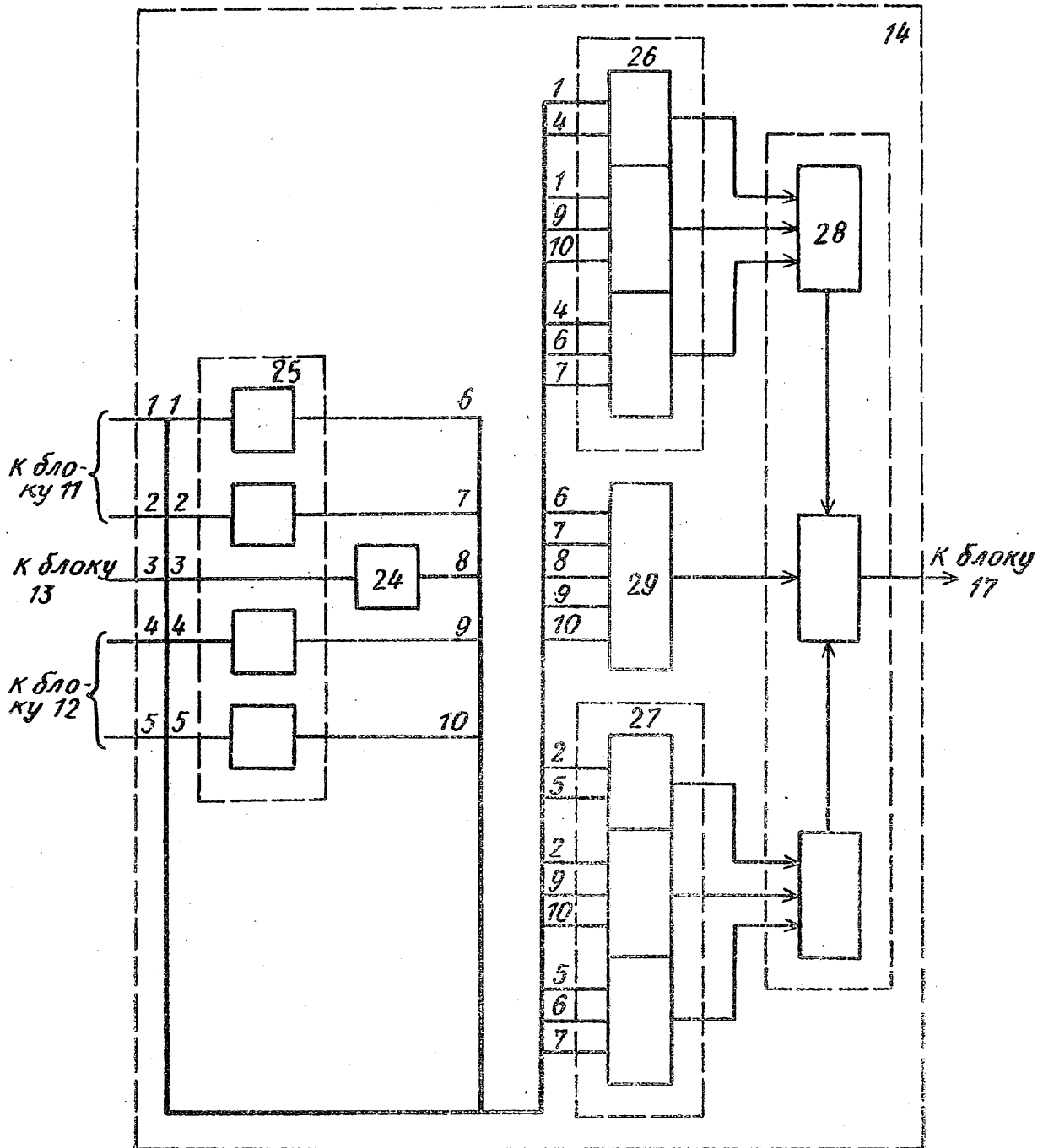
Предлагаемое устройство позволя-
 ет увеличить помехоустойчивость при-
 ема информации как по фазе, так и
 по амплитуде за счет повышения точ-
 ности коррекции АЧХ канала.



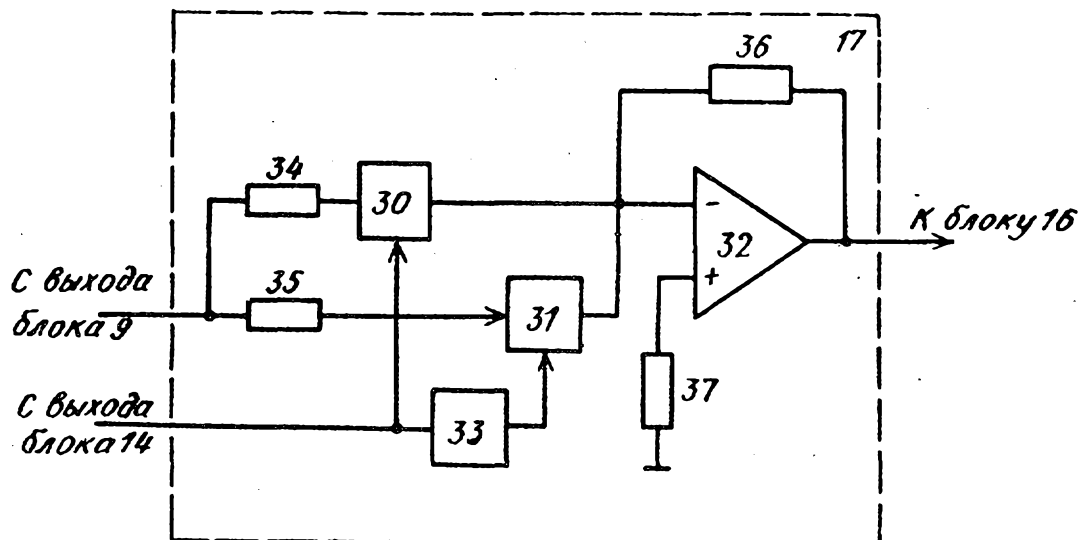
Фиг. 1



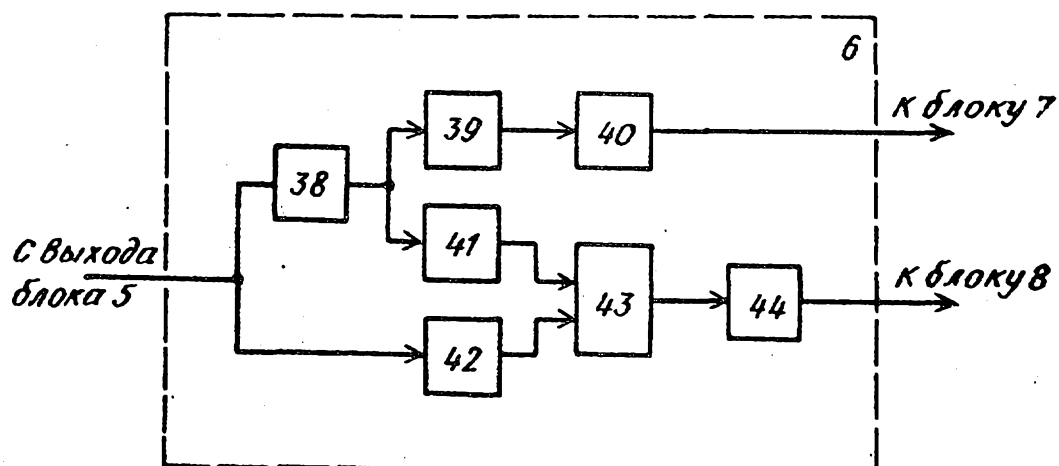
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Составитель Н.Лазарева
 Редактор С.Пекарь Техред С.Легеза Корректор В.Бутяга

Заказ 7278/44 Тираж 634 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4