

динен с выходом третьего генератора импульсов, выход второго счетчика подключен к третьему входу второго функционального преобразователя, выход генератора равномерно распределенных

случайных чисел соединен с адресным входом третьего блока памяти, управляющий вход которого соединен с выходом сигнала переноса второго счетчика.

1

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано для создания стохастических вычислительно-моделирующих устройств и автоматизированных систем управления испытаниями, в частности на механические воздействия.

Известно устройство, позволяющее формировать непрерывный случайный процесс вибрационного типа. Управление спектральной плотностью мощности формируемого случайного процесса выполняется изменением частотных характеристик формирующих фильтров [1].

Однако с практической точки зрения проектирование и изготовление формирующих фильтров с перестраиваемой в широком диапазоне частотной характеристикой является трудной технической задачей. Кроме того, конфигурации формирующих фильтров допускают перестройку частотных свойств в широком диапазоне только механическим путем.

Известно также устройство, содержащее датчик случайных чисел, генераторы импульсов, триггеры, элементы И и ИЛИ, регистр памяти, сумматор, блок памяти, два счетчика, циклический регистр сдвига и соответствующие связи [2].

Известно также устройство, позволяющее формировать случайный процесс импульсного типа, представляющий собой последовательность сигналов определенной формы, следующих через случайные интервалы времени.

Оно содержит множество генераторов импульсов, элементы И и ИЛИ и некоторые другие вспомогательные элементы, форма сигналов является прямоугольной, а управление спектральными характеристиками выходного случайного процесса осуществляется путем регулирования (изменения) закона распределения случайных временных интервалов между импульсами [3].

2

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является устройство, содержащее последовательно соединенные блок памяти и датчик случайных чисел, выход которого соединен с первым входом счетчика импульсов и входом первого и второго регистров, причем второй вход счетчика импульсов соединен с выходом первого генератора импульсов, выход второго регистра соединен с первым входом делителя частоты, второй вход которого подключен к выходу второго генератора, преобразователь код-напряжение, выход которого соединен с первым входом модулятора полярности, первый выход первого регистра подключен к второму входу модулятора полярности, выход которого является выходом устройства [4].

Основным недостатком известных устройств является невозможность формирования импульсного случайного процесса с управляемой формой сигналов, а также случайного процесса, представляющего собой композицию импульсного случайного процесса с управляющими законами распределения параметров сигналов и непрерывного случайного процесса с требуемой (управляемой) спектральной плотностью мощности.

Цель изобретения - повышение точности формирования случайного процесса со сложной формой сигнала и управляемыми вероятностными и спектральными характеристиками и расширение класса воспроизводимых случайных процессов.

Поставленная цель достигается тем, что в генератор случайного процесса, содержащий первый блок памяти, выход которого соединен с первым управляющим входом датчика случайных чисел, выход которого соединен с управляющим входом счетчика импульсов и с входами первого и второго регистров памяти, счетный вход счетчика импульсов соединен с выходом первого генератора импульсов, выход второго регистра памяти сое-

динен с управляющим входом делителя частоты, информационный вход которого подключен к выходу второго генератора импульсов, первый выход первого регистра памяти соединен с управляющим входом модулятора полярности, информационный вход которого подключен к выходу преобразователя код-напряжение, а выход модулятора полярности является выходом генератора, введены два функциональных преобразователя, сумматор, третий регистр памяти, второй и третий блоки памяти, генератор равномерно распределенных случайных чисел, блок накопления, блок формирования тригонометрических функций, первый и второй счетчики и третий генератор импульсов, выход делителя частоты соединен с первым входом первого функционального преобразователя, второй вход которого подключен к выходу счетчика импульсов, второй выход первого регистра памяти соединен с третьим входом первого функционального преобразователя, первый выход которого соединен с вторым управляющим входом датчика случайных чисел, второй выход первого функционального преобразователя соединен с первым входом сумматора, выход которого подключен к информационному входу третьего регистра памяти, выход которого соединен с входом преобразователя код-напряжение, второй вход сумматора соединен с выходом блока накопления, первый вход которого соединен с выходом второго блока памяти, вход которого соединен с информационным входом третьего блока памяти, первым входом второго функционального преобразователя и выходом первого счетчика, выход третьего блока памяти соединен с вторым входом второго функционального преобразователя, выход которого подключен к входу блока формирования тригонометрических функций, выход которого подключен к второму входу блока накопления, третий вход которого соединен с управляющим входом третьего регистра памяти, входом второго счетчика и выходом сигнала переноса первого счетчика, вход которого соединен с выходом третьего генератора импульсов, выход второго счетчика подключен к третьему входу второго функционального преобразователя, выход генератора равномерно распределенных случайных чисел соединен с адресным входом третьего блока памяти, управляющий вход которого соединен с выходом сигнала переноса второго счетчика.

Сущность изобретения заключается в том, что выходной процесс формируется как композиция низкочастотного импульсного процесса с программируемой формой сигналов и произвольными заданными законами распределения параметров и высокочастотного непрерывного случайного процесса с заданными и управляемыми спектральными свойствами.

На фиг. 1 изображена блок-схема генератора случайного процесса; на фиг. 2 - первый функциональный преобразователь; на фиг. 3 - блок накопления; на фиг. 4 - второй функциональный преобразователь; на фиг. 5 - пример реализации процесса.

Устройство содержит первый 1, второй 2 и третий 3 блоки памяти, датчик 4 случайных чисел, первый 5 и второй 6 генераторы импульсов, первый 7, второй 8 и третий 9 регистры памяти, счетчик 10 импульсов, первый 11 и второй 12 счетчики, делитель 13 частоты, преобразователь 14 код-напряжение, модулятор 15 полярности, первый функциональный преобразователь 16, сумматор 17, блок 18 накопления, блок 19 формирования тригонометрических функций, второй функциональный преобразователь 20, генератор 21 равномерно распределенных случайных чисел, третий генератор 22 импульсов.

Первый блок 1 памяти предназначен для хранения кодов, определяющих вид и числовые характеристики функций распределения вероятностей параметров импульсного случайного процесса. Второй блок 2 памяти предназначен для хранения коэффициентов $P_f(i)$ амплитудного спектра непрерывного случайного процесса. Третий блок 3 памяти обеспечивает хранение массива случайных кодов амплитуды, длительности и интервала между импульсами, подчиняющихся функциям распределения, коды которых хранятся в первом блоке 1 памяти.

Первый 5 и второй 6 генераторы импульсов предназначены для формирования тактовых импульсов.

Первый регистр 7 памяти служит для запоминания кода, определяющего амплитуду и полярность очередного импульса, второй регистр 8 памяти служит для запоминания кода, определяющего длительность очередного импульса. Третий регистр 9 памяти предназначен для записи кодов мгновенных значений случайного процесса, формируемого устройством.

Счетчик 10 импульсов служит для запоминания случайного кода, определяющего интервал между импульсами формируемого процесса, и для преобразования его во временной интервал. Первый счетчик 11 формирует коды адресов для выборки информации из второго блока 2 и третьего блока 3 памяти. Второй счетчик 12 служит для задания кодов, используемых блоком 19 формирования аргумента.

Делитель 13 частоты предназначен для преобразования тактовой последовательности импульсов, вырабатываемых вторым генератором 6, в последовательность импульсов с частотой, обратно пропорциональной коду, хранимому во втором регистре 8.

Преобразователь 14 код-напряжение предназначен для преобразования в напряжение кодов, последовательность которых определяет мгновенные значения формируемого процесса.

Модулятор 15 полярности обеспечивает получение сигнала положительной или отрицательной полярности.

Первый функциональный преобразователь 16 (фиг. 2) предназначен для преобразования случайных кодов, определяющих параметры импульса, в кодовую последовательность, соответствующую мгновенным значениям импульсного процесса. Он содержит устройство 23 умножения, счетчик 24 адреса, четвертый блок 25 памяти, первый дешифратор 26, второй дешифратор 27 и триггер 28.

Четвертый блок 25 памяти предназначен для хранения кодов ординат импульсного сигнала требуемой формы.

Первый вход функционального преобразователя 16 является счетным входом счетчика 24 адреса, выход которого соединен с адресным входом четвертого блока 25 памяти и с входом первого дешифратора 26. Второй вход функционального преобразователя 16 является входом второго дешифратора 27, выход которого соединен с первым установочным входом триггера 28 и установочным входом счетчика 24 адреса и является первым выходом функционального преобразователя. Выход первого дешифратора 26 соединен с вторым установочным входом триггера 28, выход которого соединен с управляющим входом четвертого блока 25 памяти. Третий вход функционального преобразователя 16 является первым входом устройства 23 умножения, второй вход которого соединен с выходом четвертого блока

25 памяти. Выход четвертого блока 23 умножения является вторым выходом функционального преобразователя 16.

Сумматор 17 предназначен для формирования кодовой последовательности, определяющей вид выходного процесса.

Блок 18 накопления предназначен для формирования суммы попарных произведений

$$\sum P_F(i) \cos \beta_i$$

Блок 18 накопления (фиг. 3) содержит третье устройство 29 умножения и сумматор 30 накапливающего типа.

Первый вход третьего устройства 29 умножения является первым входом блока 18 накопления. Второй вход блока 18 накопления является вторым входом третьего устройства 29 умножения, выход которого соединен с входом сумматора 30 накапливающего типа. Третий вход блока 18 накопления является входом установки в ноль сумматора 30 накапливающего типа.

Блок 19 формирования тригонометрических функций предназначен для формирования косинуса аргумента.

Второй функциональный преобразователь 20 (фиг. 4) предназначен для вычисления аргумента тригонометрической функции по формуле

$$\varphi_i = iK + \psi(i),$$

где i , K — коды, поступающие соответственно с выходов первого 11 и второго 12 счетчиков;

$\psi(i)$ — код случайной фазы, поступающий с выхода третьего блока 3 памяти.

Он содержит умножитель 31 и сумматор 32. Первый вход преобразователя является первым входом второго устройства 31 умножения, выход которого подключен к первому входу второго сумматора 32, второй вход преобразователя является вторым входом сумматора 32, а третий вход — вторым входом второго устройства 31 умножения. Выход сумматора 32 является выходом преобразователя.

Генератор 21 равномерно распределенных случайных чисел служит для выработки последовательности равномерно распределенных кодов. Третий генератор 22 предназначен для синхронизации работы устройства.

На фиг. 5 в качестве импульсного процесса показана последовательность сигналов треугольной равнобедренной

формы со случайными значениями амплитуды (А), длительности (τ) и интервала (Т).

Устройство работает следующим образом.

Для формирования текущего импульса формируются коды значений параметров (амплитуда, длительность, полярность импульса и интервал между импульсами). Значения параметров процесса формируются в соответствии с заданными законами распределения, коды которых хранятся в первом блоке 1 памяти. С выхода датчика 4 случайных чисел сформированные значения параметров текущего импульса поступают в регистры 7 и 8 и в счетчик 10 импульсов. Значение случайного кода, записанного во второй регистр 8, определяет коэффициент пересчета делителя 13 частоты. Этим обеспечивается для каждого значения длительности импульса формирование на выходе делителя 13 частоты тактовой последовательности с частотой, обратно пропорциональной значению кода длительности импульса. Тактовая последовательность импульсов, формируемая на выходе делителя 13 частоты, поступает на первый вход функционального преобразователя 16, на второй вход которого поступают коды, определяющие текущее состояние счетчика 10 импульсов. На третий вход функционального преобразователя 16 поступает код, хранимый в первом регистре 7 и определяющий значение амплитуды текущего импульса. Функциональный преобразователь 16 формирует кодовую последовательность, соответствующую мгновенным значениям текущего импульса, и формирует управляющий сигнал для формирования следующих значений параметров процесса.

Функциональный преобразователь 16 работает следующим образом.

При положении триггера 28 в единичном (исходном) состоянии управляющий сигнал с его выхода поступает на управляющий вход четвертого блока 25 памяти, разрешая считывание информации. Тактовая последовательность поступает на счетный вход счетчика 24 адреса, коды с выхода которого поступают на адресный вход четвертого блока 25 памяти. Таким образом обеспечивается последовательное считывание кодов ординат импульсного сигнала программно заданной формы с частотой, обратно пропорциональной значению кода длительности импульса. Коды, считанные из

четвертого блока 25 памяти, поступают в качестве первого операнда на второй вход устройства 23 умножения, а на первый вход последнего поступает код амплитуды текущего импульса, хранимый в первом регистре 7.

На выходе устройства 23 умножения формируются значения ординат импульсного сигнала, прямо пропорциональные значениям амплитуды текущего импульса, поступающие на второй выход функционального преобразователя 16.

По окончании формирования одного импульса (достижение счетчиком 24 адреса максимального значения) на выходе первого дешифратора 26 вырабатывается сигнал, поступающий на второй установочный вход триггера 28 и устанавливающий его в нулевое состояние. При этом на выходе триггера вырабатывается сигнал, запрещающий считывание информации из четвертого блока 25 памяти.

Коды, соответствующие состоянию счетчика 10 импульсов, поступают на второй вход функционального преобразователя 16, и по окончании формирования интервала (при достижении счетчиком 10 импульсов единичного состояния) на выходе второго дешифратора вырабатывается сигнал окончания формирования интервала. Этот сигнал поступает на установочный вход счетчика 24 адреса, устанавливая его в исходное состояние, переводит триггер 28 в единичное состояние и поступает на вход датчика 4 случайных чисел. После этого происходит формирование и передача в регистры 7 и 8 и в счетчик 10 импульсов новых значений параметров импульса.

Кодовая последовательность, определяющая мгновенные значения импульсного процесса, вырабатываемая на втором выходе функционального преобразователя 16, поступает в качестве первого операнда на вход сумматора 17. На второй вход сумматора 17 поступают коды, определяющие значения непрерывного случайного процесса.

Для синхронизации и управления формированием кодов непрерывного случайного процесса используется третий генератор 22. В исходном состоянии первый 11 и второй 12 счетчики находятся в нулевых состояниях. Тактовая последовательность с выхода третьего генератора 22 поступает на вход первого счетчика 11, а коды с выхода последнего поступают на вход второго блока 2

памяти и на первый (адресный) вход третьего блока 3 памяти. При этом в блоках памяти осуществляется считывание информации по заданным адресам. Кроме того, коды с выхода первого счетчика 11 поступают на первый вход функционального преобразователя 20, на второй вход которого поступает информация, считанная из третьего блока 3 памяти. На третий вход преобразователя 20 поступает код, определяющий состояние второго счетчика 12. Код i , определяющий состояние первого счетчика 11, поступает на первый вход второго устройства 31 умножения, на второй вход которого поступает код K , определяющий состояние второго счетчика 12. На выходе второго устройства 31 умножения формируется код, равный произведению iK , который поступает на первый вход второго сумматора 32. На второй вход второго сумматора 32 поступает код с выхода третьего блока 3 памяти, определяющий значение случайной фазы $\psi(i)$. На выходе преобразователя 20 в соответствии с каждым состоянием первого счетчика формируется значение аргумента $\varrho_i = iK + \psi(i)$. Код аргумента $\varrho_i = iK + \psi(i)$ поступает на вход блока 19 тригонометрических функций, на выходе которого формируется значение косинуса аргумента $(\cos \beta_i)$ в соответствии с сформированным значением ϱ_i . Значение поступает на первый вход блока 18 накопления, на второй вход которого поступают коды значений коэффициентов $P_F(i)$ амплитудного спектра непрерывного случайного процесса, поступающие с выхода второго блока 2 памяти. В функцию блока 18 накопления входит формирование суммы

$$\sum_{i=0}^{N-1} P_F(i) \cos \beta_i,$$

где N — максимальное значение кода в первом счетчике 11.

На выходе третьего устройства 29 умножения формируется значение произведений $P_F(i) \cos \beta_i$, которое поступает на вход сумматора 30 накапливающего типа. На его выходе формируется сумма произведений $P_F(i) \cos \beta_i$, которые поступают на второй вход сумматора 17. На выходе сумматора 17 формируются коды, представляющие собой суммы кодов, определяющих импульсный и непрерывный процессы. Коды с выхода сумматора 17 поступают на вход третье-

го регистра 9, запись в который осуществляется после окончания формирования суммы

$$\sum_{i=0}^{N-1} P_F(i) \cos \beta_i.$$

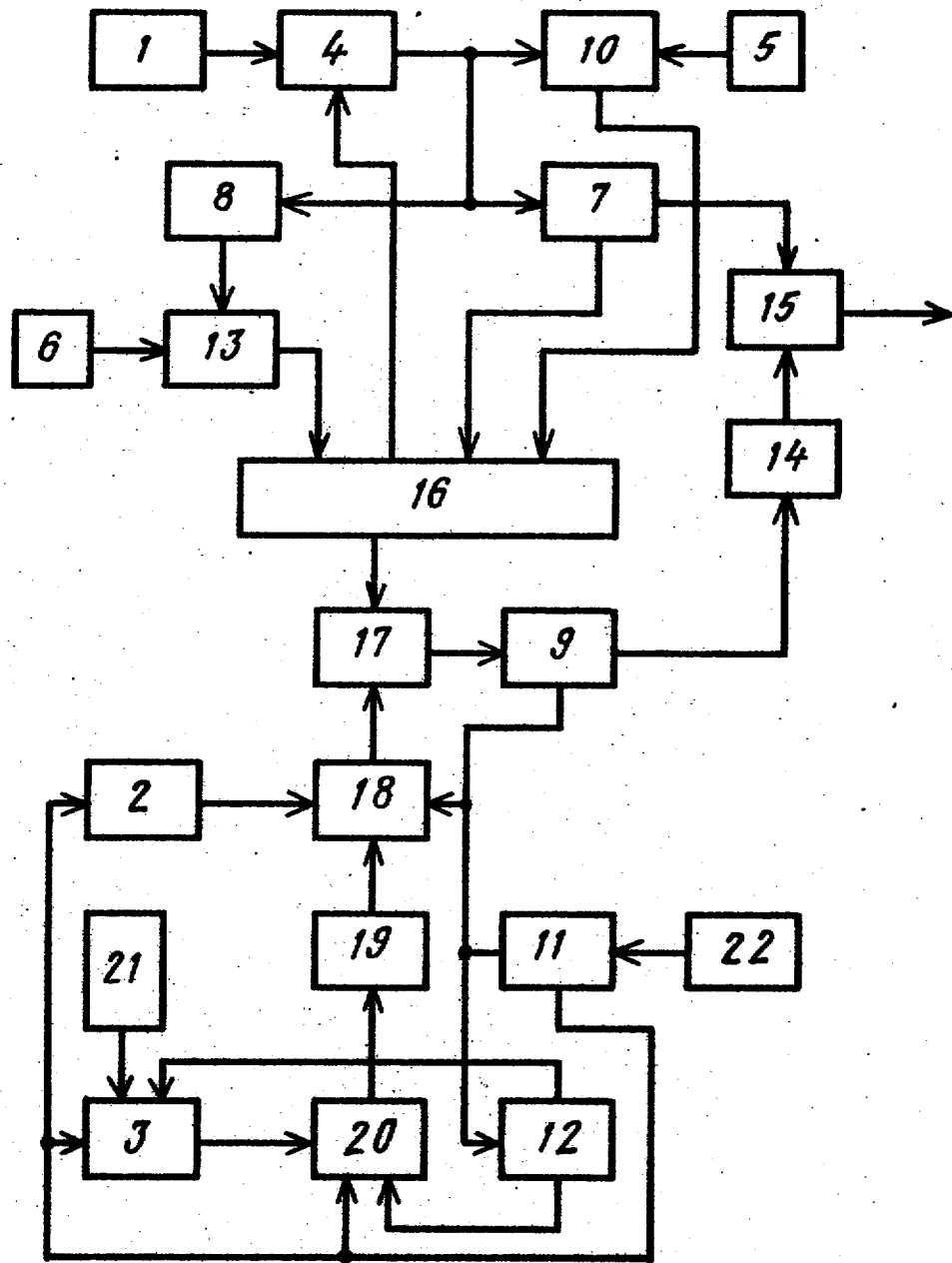
При достижении первым счетчиком 11 максимального значения на его выходе сигнала переноса вырабатывается сигнал, по которому происходит прием кода с выхода сумматора 17 в третий регистр 9. Этот же сигнал поступает на вход второго счетчика 12; увеличивая на единицу значение кода, определяющего его состояние, и на третий вход блока 18 накопления. При этом сумматор 30 накапливающего типа устанавливается в нулевое состояние. Таким образом начинается новый цикл формирования непрерывного процесса.

Коды, определяющие значения случайного процесса, поступают с выхода третьего регистра 9 на вход преобразователя 14 код-напряжение, на выходе которого формируется аналоговый сигнал. Модулятор 15 полярности пропускает сигнал с выхода преобразователя 14 код-напряжение на выход устройства либо сохраняя его полярность, либо изменяя ее на противоположную в соответствии с кодом амплитуды импульса, хранимым в первом регистре 7.

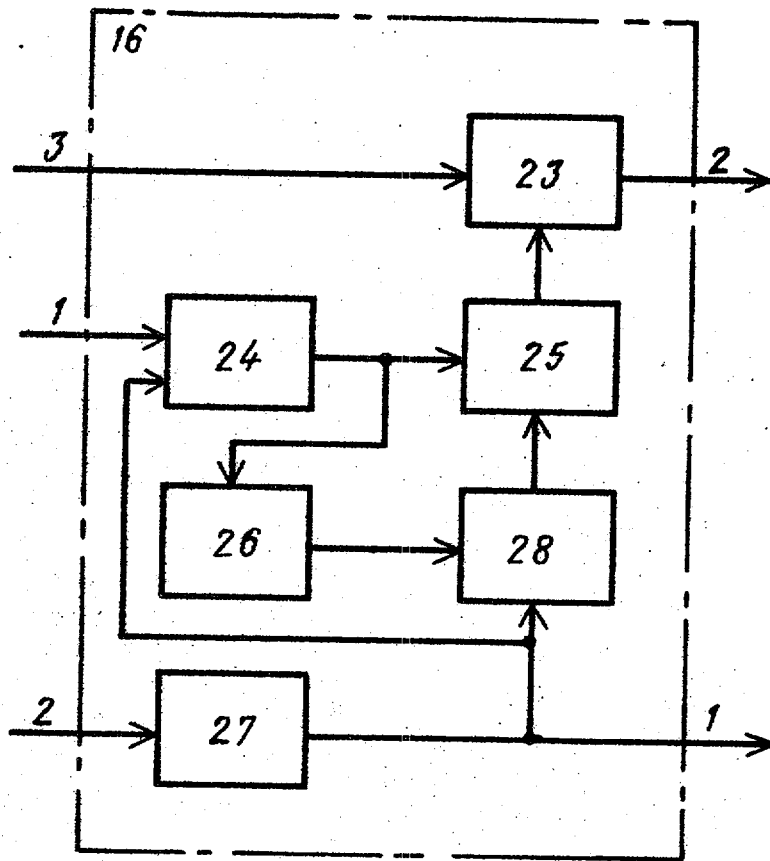
По достижении первым 11 и вторым 12 счетчиками максимальных значений на выходе сигнала переноса второго счетчика 12 вырабатывается сигнал, по которому в третий блок 3 памяти заносятся новые значения случайных кодов, формируемых генератором 21 равномерно распределенных случайных чисел.

Таким образом начинается новый период формирования непрерывного процесса.

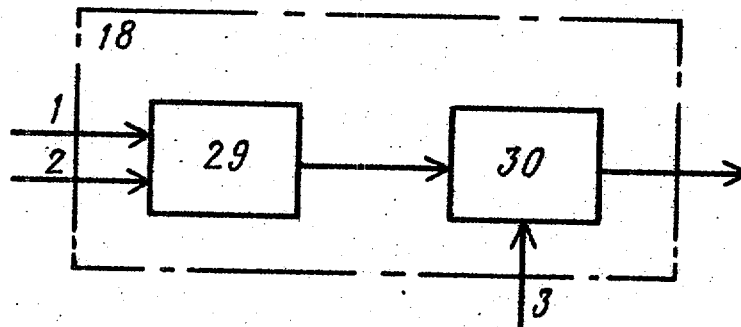
Технико-экономическая эффективность предлагаемого устройства определяется тем, что оно позволяет формировать случайный процесс со сложной формой сигналов, обеспечивает возможность отдельного формирования ударных (импульсных) и непрерывных случайных процессов, позволяет имитировать отраженные сигналы, распространяющиеся в различных средах, и учитывать влияние на них различных случайных факторов, а также имитировать случайные процессы, адекватные процессам в реальных условиях при транспортировании изделий, эксплуатации систем связи и т. д.



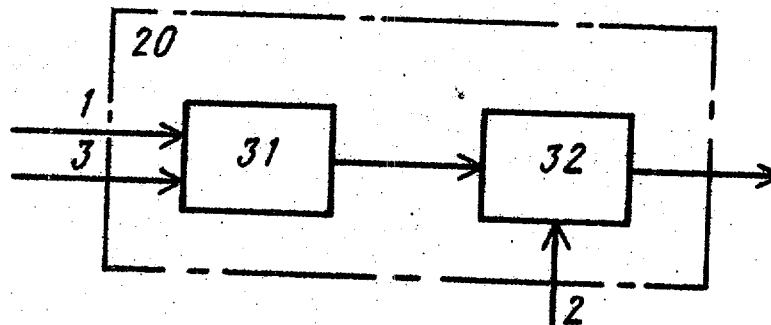
фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

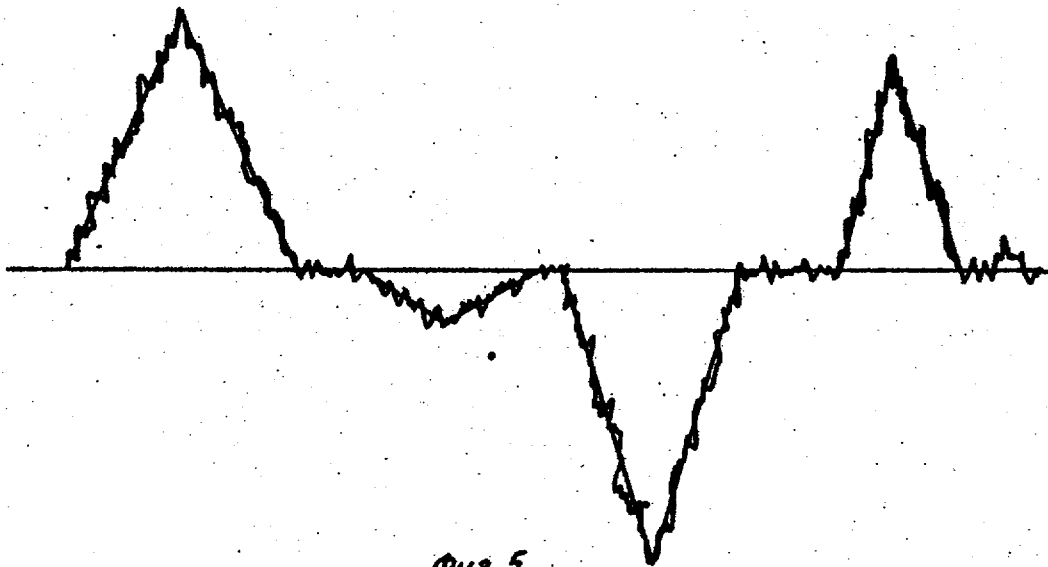


Fig. 5

Редактор А. Курах Составитель А. Карасов Техред М. Гергель Корректор О. Биляк

Заказ 4045/41 Тираж 706 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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