



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 796881

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 28.06.76 (21) 2378262/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.01.81. Бюллетень № 2

Дата опубликования описания 15.01.81

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 07 C 15/00  
G 06 F 1/02

(53) УДК 681.325  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Э. А. Баканович, М. А. Орлов, С. Ф. Костюк  
и В. П. Шмерко

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) ИМИТАТОР СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Изобретение относится к вычислительной управляющей технике и предназначено для воспроизведения непрерывных случайных процессов с управляемыми функцией распределения мгновенных значений и спектральной плотностью мощности. Изобретение может быть использовано для построения моделирующих устройств и особенно эффективно при использовании в качестве имитатора случайных воздействий при вибрационных и ударных испытаниях на электродинамических стендах.

Известен имитатор случайных процессов, содержащий сумматор, усилители и фильтры, обуславливающие сложность настройки имитатора [1].

Наиболее близким техническим решением к данному является имитатор случайных процессов, содержащий источник эталонных напряжений, последовательно соединенные первый и второй преобразователи "код - напряжение" и модулятор полярности, выход которого соединен с выходом имитатора, счетчик импульсов, вход которого соединен с выходом первого генератора импульсов, последовательно соединенные второй генератор им-

пульсов, первый делитель частоты и первый реверсивный счетчик, выход которого соединен с управляющим входом второго преобразователя "код-напряжение", первый регистр, выход которого подключен к управляющим входам первого преобразователя "код-напряжение" и модулятора полярности, второй регистр, выход которого подключен к управляющему входу первого делителя частоты, датчик случайных чисел, вход которого соединен с выходом блока памяти, блок управления, выходы которого соединены с управляющими входами блока памяти, датчика случайных чисел, счетчика импульсов, первого реверсивного счетчика, первого и второго регистров соответственно [2] и [3].

Недостаток генератора в том, что он позволяет получать ограниченный класс спектральных плотностей случайных процессов.

Цель изобретения - расширение области применения имитатора.

Для достижения поставленной цели имитатор содержит последовательно включенные между входом имитатора и входом блока памяти статистический анализатор и блок сравнения, после-

довательно соединенные третий генератор импульсов, второй делитель частоты, второй реверсивный счетчик и функциональный преобразователь, последовательно включенные между выходом источника эталонных напряжений и входом первого преобразователя "код-напряжение", третий и четвертый преобразователи "код-напряжение", управляющий вход которого соединен с выходом функционального преобразователя, третий регистр, выход которого подключен к управляющему входу третьего преобразователя "код-напряжение", а вход - к соответствующему выходу блока управления, четвертый регистр, выход которого подключен к управляющему входу второго делителя частоты, а вход - к соответствующему выходу блока управления, другой выход которого соединен с управляющим входом второго реверсивного счетчика, другой выход которого соединен с информационным входом модулятора полярности, выход датчика случайных чисел соединен с установочными входами всех регистров и счетчиком импульсов.

На фиг.1 приведена блок-схема имитатора: на фиг.2 - спектральная плотность мощности для случайного процесса, представляющего собой последовательность разнополярных импульсов треугольной равнобедренной формы со случайными параметрами; на фиг.3 - спектральная плотность мощностей типового импульса треугольной формы; на фиг.4 - аппроксимация произвольной спектральной плотности мощности суперпозицией спектральных плотностей мощности для треугольного импульса.

Имитатор содержит блок 1 памяти, датчик 2 случайных чисел, блок 3 управления, первый генератор 4 импульсов, счетчик 5 импульсов, источник 6 эталонных напряжений, первый 7 и второй 8 преобразователи "код-напряжение" модулятор 9 полярности, первый регистр 10, второй генератор 11 импульсов, первый делитель 12 частоты, второй регистр 13, первый реверсивный счетчик 14, статистический анализатор 15, блок сравнения 16, третий генератор 17 импульсов, второй делитель 18 частоты, второй реверсивный счетчик 19, функциональный преобразователь 20, третий 21 и четвертый 22 преобразователи "код-напряжение", третий 23 и четвертый 24 регистры.

Блоки 15,16, 1,2,3,5 и 4 соединены между собой последовательно, кроме того, блок 1 памяти и блок 3 управления также соединены между собой. Блоки 6, 21, 22, 7, 8, и 9 соединены последовательно. Выход модулятора 9 полярности является выходом имитатора. Вход имитатора

соединен со входом статистического анализатора 15. Выход датчика 2 случайных чисел подключен к установочным входам регистров 10,13 и 24, счетчика 5 и второго реверсивного счетчика 19. Выходы первого регистра 10 соединены с управляющими входами первого преобразователя 7 "код-напряжение" и модулятора 9 полярности. Блоки 11, 12 и 14 соединены между собой последовательно, при этом к управляющим входам первого делителя 12 частоты подключены выходы второго регистра 13. К управляющим входам второго преобразователя 8 "код-напряжение" подключены выходы первого реверсивного счетчика 14. Блоки 17-20 соединены между собой последовательно, при этом выходы функционального преобразователя 20 подключены к управляющим входам четвертого преобразователя 22 "код-напряжение", а к управляющим входам второго делителя 18 частоты подключены выходы четвертого регистра 24. Управляющие входы третьего преобразователя 21 "код-напряжение" подключены к выходам третьего регистра 23, первый вход которого соединен с соответствующим выходом блока управления, а второй вход - с выходом датчика 2 случайных чисел. Второй выход второго реверсивного счетчика 19 соединен с входом модулятора 9 полярности. К управляющим входам регистров 10, 13, 23 и 24 и реверсивных счетчиков 14 и 19 подключены соответствующие выходы блока 3 управления.

На фиг.2, 3 и 4 приняты следующие обозначения:  $\omega$  и  $G(\omega)$  - соответственно частота и спектральная плотность мощности; 1 - заданная функция  $G(\omega)$ ; 2 - воспроизводимая функция  $G(\omega)$ ; 3 - сдвинутая спектральная плотность мощности типового импульса треугольной формы;  $\omega_k$  - частоты заполнения типового импульса треугольной формы гармоническими колебания;  $G(\omega_k)$  - значения заданной спектральной плотности мощности в точках  $\omega_k$  и 0.

Представим временную функцию  $Q(t)$ , описывающую форму выходного сигнала имитатора, в виде произведения пяти функций, а именно

$$Q(t) = U_1(t)U_2(t)U_3(t)U_4(t)U_5(t), \quad (1)$$

где функции, стоящие в правой части (1), есть передаточные функции соответствующих преобразователей "код-напряжение" и модулятора 9 полярности.

Рассмотрим режим работы имитатора при  $U_3(t) = U_4(t) = 1$ . Этот режим обеспечивается подачей соответствующих управляющих сигналов от блока 3 управления на третий вход второго реверсивного счетчика 19 и первый

вход третьего регистра 23, благодаря чему второй реверсивный счетчик 19 и третий регистр 23, а следовательно, и функциональный преобразователь 20, третий 21 и четвертый 22 преобразователи "код-напряжение" устанавливаются в фиксированное состояние, определяющее передачу выходного потенциала источника 6 эталонных напряжений на вход первого преобразователя 7 "код-напряжение" без масштабного преобразования.

В этом режиме имитатор формирует поток разнополярных импульсов треугольной равнобедренной формы, у которых амплитуда  $A$  вершины, длительность  $\tau$  основания и длительность  $T$  - интервала между импульсами являются независимыми случайными величинами, распределенными по соответствующим законам  $F(A)$ ,  $F(\tau)$  и  $F(t)$ . Знак полярности также меняется случайным образом, при этом вероятности появления импульсов положительной и отрицательной полярности определяются вероятностями попадания значений в соответствующие подобласти определения функции. С учетом сказанного функции  $U_1(t)$ ,  $U_2(t)$  и  $U_5(t)$  могут быть записаны следующим образом

$$U_1(t) = A, \quad (2)$$

т.е.  $U_1(t)$  для каждого импульса принимает случайное значение;

$$U_2(t) = \begin{cases} \frac{2t}{\tau} & 0 \leq t \leq \frac{\tau}{2} \\ 2(1 - \frac{t}{\tau}) & \frac{\tau}{2} \leq t \leq \tau, \end{cases} \quad (3)$$

т.е.  $U_2(t)$  описывает импульс треугольной формы единичной амплитуды и случайной длительности;

$$U_5(t) = \begin{cases} +1; & A > 0 \\ -1; & A < 0, \end{cases} \quad (4)$$

т.е.  $U_5(t)$  для каждого импульса принимает случайное, но и неизменное на протяжении времени  $\tau$  значение.

С учетом (2) - (4) имеем

$$Q_1(t) = \begin{cases} \frac{2A}{\tau} t, & 0 \leq t \leq \frac{\tau}{2} \\ 2A(1 - \frac{t}{\tau}) & \frac{\tau}{2} \leq t \leq \tau. \end{cases} \quad (5)$$

Перед началом работы имитатора в блок 1 памяти заносятся последовательности управляющих кодов, обеспечивающих при работе датчика 2 случайных чисел генерирование случайных параметров  $A$ ,  $\tau$  и  $T$ , распределенных по соответствующим законам  $F(A)$ ,  $F(\tau)$  и  $F(T)$ .

Каждый цикл работы имитатора начинается тем, что для очередного

импульса выходного потока генерируется своя группа конкретных значений параметров  $A$ ,  $\tau$  и  $T$ . При этом датчик 2 случайных чисел последовательно подключается блоком 3 управления к соответствующим областям блока 1 памяти, а именно к области хранения кодов для задания  $A$ , затем  $T$  и, наконец,  $\tau$ . Первое из данной группы случайных чисел определяющее амплитуду  $A$  формируемого импульса, заносится по команде из блока 3 управления в первый регистр 10. Второе случайное число, задающее длительность очередного случайного интервала  $T$  между импульсами, переписывается блоком 3 управления с выходов датчика 2 случайных чисел в счетчик 5 импульсов. Третье случайное число, соответствующее длительности  $\tau$  очередного импульса, заносится по команде из блока 3 управления во второй регистр 13.

На выходе источника 6 эталонных напряжений предварительно устанавливается уровень напряжения, равный максимальному амплитудному значению формируемых импульсов, передаваемому третьим 21 и четвертым 22 преобразователями "код-напряжение" без изменения на вход первого преобразователя 6 "код-напряжение".

В соответствии с конкретными значениями случайных кодов, записываемых в первый регистр 10, на выходе первого преобразователя 7 "код-напряжение" могут быть сформированы уровни напряжения в диапазоне от нуля до максимального значения, установленного на выходе источника 6 эталонных напряжений.

В начальном состоянии в реверсивном счетчике 14 записаны нули. При заполнении реверсивного счетчика 14 от нуля до максимального значения на выходе второго преобразователя 8 "код-напряжение" формируется передний фронт импульса треугольной формы. Так как реверсивный счетчик 14 заполняется с постоянной (для конкретного значения  $\tau$ ) частотой

входных импульсов, то приращения выходного напряжения второго преобразователя 8 "код-напряжение" постоянны, и, следовательно, передний фронт формируемого импульса имеет вид наклонной прямой. Как только в реверсивном счетчике 14 будут записаны все единицы, счетчик включается в режим обратного счетчика. В этот момент оканчивается формирование переднего фронта выходного импульса, а напряжение на выходе второго преобразователя 8 "код-напряжение" равно его входному напряжению, то есть равно конкретному значению амплитуды  $A$  данного импульса сформированного на выходе

первого преобразователя 7 "код-напряжение". Так как обратный счет идет с той же частотой, что и прямой, то длительность заднего фронта равна длительности переднего, а выходной импульс имеет вид равнобедренного треугольника.

Модулятор 9 полярности сигнала пропускает импульс с выхода второго преобразователя 8 на выход имитатора, либо сохраняя его полярность, либо меняя ее в соответствии с конкретным кодом амплитуды А импульса, записанным в первом регистре 10. Так, например, если конкретному кодированному значению амплитуды А соответствует попадание действительной амплитуды А в подобласть отрицательных значений области определения функции F(A), то модулятор 9 полярности сигнала распознает этот код и меняет полярность сигнала, формируемого на выходе второго преобразователя 8 "код-напряжение". Модулятор 9 полярности может быть выполнен с использованием известных цифровых схем сравнения, пороговых схем и операционных усилителей постоянного тока. Так как фактически выходные импульсы, поступающие от второго преобразователя 8 "код-напряжение", имеют ступенчато-треугольную равнобедренную форму из-за дискретности приращений амплитуды импульса, то модулятор 9 полярности сигнала осуществляет, при необходимости, сглаживание фронтов импульса с помощью известных фильтрующих схем.

С помощью случайного числа, записываемого во второй регистр 13, устанавливается соответствующий коэффициент пересчета делителя 12 частоты. Это означает, что для каждого действительного значения длительности  $\tau$  импульса реверсивный счетчик 14 заполняется с соответствующей частотой, получаемой при делении частоты импульсного потока, поступающего через делитель 12 частоты на реверсивный счетчик 14 от второго генератора 11 импульсов. Такое управление скоростью заполнения реверсивного счетчика 14 необходимо для того, чтобы при любом действительном значении длительности  $\tau$  импульса реверсивный счетчик 14 успевал отработать двойной цикл - от нуля до максимального значения и обратно, чем и обеспечивается формирование строго симметричной (равнобедренной) треугольной формы импульса при любых сочетаниях конкретных значений длительности  $\tau$  импульса и его амплитуды А, т.е. при любых возможных наклонах фронтов импульсов.

С помощью первого генератора 4 импульсов и счетчика 5 осуществля-

ется развертка случайного кода, записанного в счетчик 5, во временной интервал Т между данным и последующим импульсами. По окончании интервала Т блоком 3 управления обеспечивается реализация нового цикла работы имитатора случайных процессов в режиме формирования импульсов треугольной формы со случайными параметрами.

10 Можно показать, что спектральная плотность мощности случайного процесса в этом режиме определяется выражением

$$15 \quad G_1(\omega) = \frac{D}{2T_0} \int_0^{\infty} t^2 \left( \frac{\sin(\omega t/4)}{\omega t/4} \right)^4 f_{\tau}(t) dt, \quad (6)$$

где D - дисперсия процесса;

$T_0$  - математическое ожидание длительности интервала между импульсами;

$f_{\tau}(t)$  - плотность распределения длительности импульса;

25 выражение в скобках, возведенное в степень, представляет собой квадрат модуля спектра Фурье типового треугольного импульса.

Форма кривой  $G(\omega)$  приведена на фиг. 2 для области действительных частот.

30 При  $f_{\tau}(t) = \delta(t - \tau_0)$ , т.е. для процесса с импульсами постоянной длительности, спектральная плотность мощности принимает вид

$$35 \quad G_1^*(\omega) = \frac{D}{2T_0} \tau_0^2 \left( \frac{\sin(\omega \tau_0/4)}{\omega \tau_0/4} \right)^4 \quad (7)$$

Форма кривой  $G_1^*(\omega)$  приведена на фиг. 3.

40 Второй режим работы имитатора случайных процессов позволяет реализовать известный принцип переноса спектральной характеристики типового импульса в область высоких частот путем умножения типового сигнала на гармоническое колебание. Рассмотрим этот режим при случайных параметрах.

$$T = \tau = \text{const} = \tau_0.$$

50 Пусть 
$$\begin{aligned} U_3(t) &= B_k \\ U_4(t) &= \cos \omega_k(t), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $B_k$  - амплитуда k-той гармоники.

55 Формирование  $U_4(t)$  согласно (8) легко и с любой требуемой точностью может быть осуществлено с помощью цифрового функционального преобразователя 20. Положительный полупериод гармоники (8) квантуется при значении  $\omega_k = 1$  на m тактов и значение  $U_4(t_i) \quad i=0, 1, 2, \dots, (m-1)$  представляется на выходе функционального преобразователя 20 n-разрядным кодом. Выбором значений m и n можно обеспечить представление (8)

65

С любой требуемой точностью. Величина  $m$  определяет разрядность  $S$  второго реверсивного счетчика 19, при этом  $S \geq 10q_2 m$ .

Отрицательный полупериод формируется путем изменения полярности выходного сигнала имитатора подачей управляющего сигнала со второго выхода второго реверсивного счетчика 19 на вход модулятора 9 полярности.

Импульсы от третьего генератора 17 поступает через второй делитель 18 частоты на счетный вход второго реверсивного счетчика 19, сигналы с выхода которого преобразуются функциональным преобразователем 20 в коды, управляющие выходным напряжением четвертого преобразователя 22 "код-напряжение" и обеспечивающие получение сигнала  $U_4(t)$ . Изменение частоты  $\omega_k$  обеспечивается путем задания требуемого коэффициента пересчета второго делителя 18 частоты с помощью кода, формируемого датчиком 2 случайных чисел.

Множество амплитуд  $B_k$  и частот  $\omega_k$ ,  $k=1,2,\dots,r$  определяется расчетным путем по заданной спектральной плотности мощности (кривая 1 на фиг.4) и известной спектральной плотности мощности типового треугольного импульса (фиг.3). Коды амплитуд  $B_k$  и частот  $\omega_k$  появляются на выходе датчика 2 случайных чисел с вероятностями  $q(k)$ , заданными согласно некоторому закону распределения  $F_q(k)$ ; значения  $q(k)$  записываются в блок 1 памяти перед началом работы имитатора. Перед началом формирования очередного импульса коды амплитуд  $B_k$  и частот  $\omega_k$  заносятся с выхода датчика 2 случайных чисел соответственно в третий 23 и четвертый 24 регистры по сигналам из блока 3 управления, поступающим на соответствующие управляющие входы этих регистров.

Таким образом, выходной сигнал во втором режиме описывается временной функцией

$$Q_2(t) = U_3(t)U_4(t)Q_1(t) = B_k \cos \omega_k \begin{cases} \frac{2A}{\tau} t, & 0 \leq t \leq \frac{\tau}{2} \\ 2A(1 - \frac{t}{\tau}), & \frac{\tau}{2} \leq t \leq \tau \end{cases} \quad (g)$$

Положим  $T = \tau = \text{const} = \tau_0$ . Такому сигналу соответствует спектральная плотность мощности, описываемая формулой

$$G_2(\omega) = \frac{D\tau_0}{8} \sum_{k=1}^r B_k^2 q(k) \left\{ \left[ \frac{\sin \frac{(\omega - \omega_k) \tau_0}{4}}{\frac{(\omega - \omega_k) \tau_0}{4}} \right]^4 + \left[ \frac{\sin \frac{(\omega + \omega_k) \tau_0}{4}}{\frac{(\omega + \omega_k) \tau_0}{4}} \right]^4 \right\} \quad (10)$$

Выражение (10) описывает суперпозицию спектральных плотностей мощности типового импульса треугольной формы (кривые 3 на фиг.4), сдвинутых вдоль оси частот на частоты  $\omega_k$  и умноженных на весовые коэффициенты, пропорциональные значениям  $G(\omega_k)$ . Воспроизводимая согласно (10) спектральная плотность мощности (кривая 2 на фиг.4) аппроксимирует заданную функцию спектральной плотности мощности (кривая 1 на фиг.4) произвольного вида с любой требуемой степенью точности.

Для обеспечения равномерного закона распределения случайной начальной фазы сигнала (8) датчик 2 случайных чисел вырабатывает равновероятные случайные коды, записываемые перед началом формирования очередного треугольного импульса во второй реверсивный счетчик 19 по сигналу из блока 3 управления, поступающему на третий (управляющий) вход второго реверсивного счетчика 19.

Таким образом, в данном имитаторе простыми средствами достигается расширение его функциональных возможностей состоящее в обеспечении возможности формирования случайного процесса с любой требуемой спектральной плотностью мощности. Это позволяет применить имитатор для решения более широкого круга технических задач, например, при вибрационных испытаниях.

С помощью статистического анализатора 15 и блока сравнения 16 имитатор случайных процессов обеспечивает автоматическое поддержание требуемых характеристик, например спектральной плотности мощности, на выходе динамического объекта, например электродинамического вибрационного стенда, на вход которого подается процесс с выхода имитатора и с выхода которого снимается с помощью специальных датчиков сигнал, подаваемый на вход имитатора и статистического анализатора 15. При этом статистический анализатор 15 вычисляет оценки законов распределения и спектральной плотности мощности входного процесса, а блок сравнения 16 сравнивает эти оценки с заданными и проводит коррекцию параметров, входящих в выражение (10) при обнаружении отклонения статистических оценок от заданных.

Описанный режим может быть использован для автоматической настройки имитатора случайных воздействий на воспроизведение случайного процесса, адекватного записанному процессу в условиях эксплуатации и подаваемому при настройке на вход имитатора. Этот режим обеспечивает высокую степень автоматизации ударных, вибрационных и других видов испытаний.

Это же качество обеспечивает полную автономность данного имитатора не требует предварительной обработки информации на вычислительных машинах для его настройки, что открывает возможность широкого внедрения имитатора не только на крупных испытательных центрах, оснащенных вычислительными машинами, но и на предприятиях, проводящих упомянутые испытания.

Особо следует отметить простоту конструкции имитатора и технологичность его изготовления на базе стандартных и унифицированных блоков и элементов цифровой интегральной схемотехники, что обеспечивает повышение надежности работы имитатора по сравнению с известными устройствами аналогичного назначения и уменьшает его габариты и вес и потребляемую им мощность, что удовлетворяет одному из существенных требований, предъявляемых к лабораторным автономным приборам.

Технико-экономическая эффективность от внедрения изобретения определяется следующими факторами: упрощением и удешевлением испытательного управляющего оборудования; повышением достоверности испытаний и точности воспроизведения заданных характеристик; обеспечением высокой стабильности долговременных испытаний; упрощением и автоматизацией процесса настройки имитатора на воспроизведение случайных процессов с требуемыми законами распределения мгновенных значений и (или) спектральной плотности мощности.

#### Формула изобретения

Имитатор случайных процессов, содержащий источник эталонных напряжений, последовательно соединенные первый и второй преобразователи "код-напряжение" и модулятор полярности, выход которого соединен с выходом имитатора, счетчик импульсов, вход которого соединен с выходом первого генератора импульсов, последовательно соединенные второй генератор импульсов, первый делитель частоты и первый реверсивный счетчик, выход которого соединен с управляющим входом второго преобразователя "код-напряжение", первый регистр, выход которого подключен к управляющим входам первого пре-

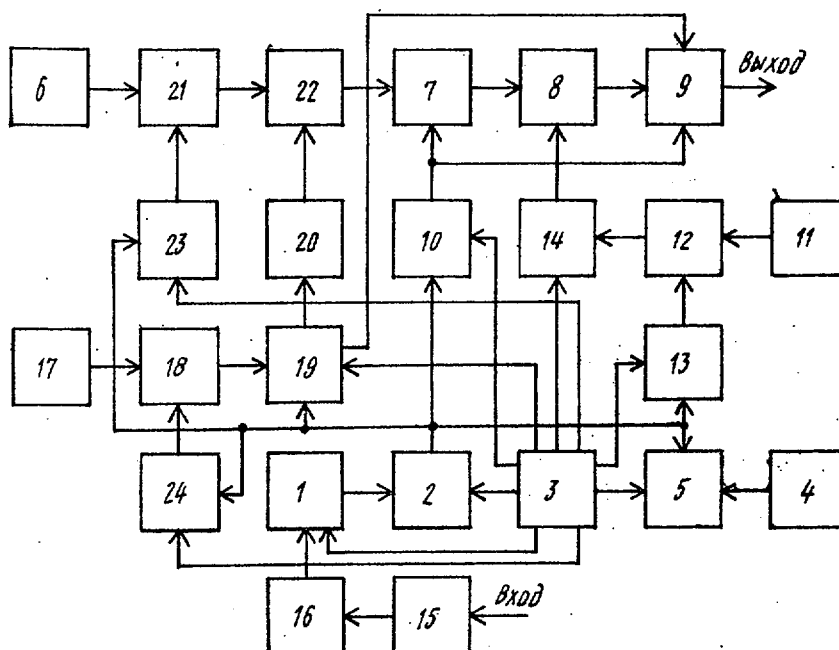
образователя "код - напряжение" и модулятора полярности, второй регистр, выход которого подключен к управляющему входу первого делителя частоты, датчик случайных чисел, вход которого соединен с выходом блока памяти, блок управления, выходы которого соединены с управляющими входами блока памяти, датчика случайных чисел, счетчика импульсов, первого реверсивного счетчика, первого и второго регистров соответственно, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения имитатора, он содержит последовательно включенные между входом имитатора и входом блока памяти статистический анализатор и блок сравнения, последовательно соединенные третий генератор импульсов, второй делитель частоты, второй реверсивный счетчик и функциональный преобразователь, последовательно включенные между выходом источника эталонных напряжений и входом первого преобразователя "код-напряжение", третий и четвертый преобразователи "код-напряжение", управляющий вход которого соединен с выходом функционального преобразователя, третий регистр, выход которого подключен к управляющему входу третьего преобразователя "код-напряжение", а вход - к соответствующему выходу блока управления, четвертый регистр, выход которого подключен к управляющему входу второго делителя частоты, а вход - к соответствующему выходу блока управления, четвертый регистр, выход которого подключен к управляющему входу второго делителя частоты, а вход - к соответствующему выходу блока управления, другой выход которого соединен с управляющим входом второго реверсивного счетчика, другой выход которого соединен с информационным входом модулятора полярности, выход датчика случайных чисел соединен с установочными входами всех регистров и счетчиком импульсов.

50 Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

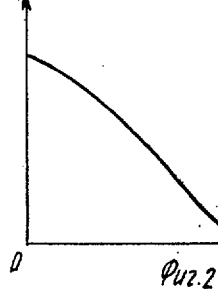
1. Авторское свидетельство СССР № 399631, кл. G 06 M 7/00, 1971.

2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2075321/24, кл. G 06 F 1/02, 1974 (прототип).

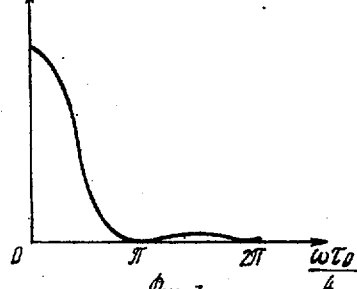
3. Авторское свидетельство СССР, № 517018, кл. G 06 F 1/02, 1974.



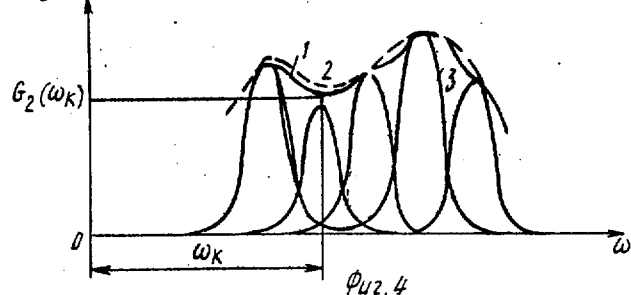
Фиг. 1

 $G_1(\omega)$ 

Фиг. 2

 $G_1^*(\omega)$ 

Фиг. 3

 $G_2(\omega)$ 

Фиг. 4

Составитель Э. Сечина

Редактор М. Циткина Техред А. Ач. Корректор В. Синицкая

Заказ 9773/68

Тираж 628

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

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

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