

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) 682927

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 23.05.77 (21) 2490144/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 30.08.79. Бюллетень № 32

Дата опубликования описания 30.08.79

(51) М. Кл.<sup>2</sup>

G 07C 15/00

G 06G 7/52

(53) УДК 681.325

(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

А. Е. Леусенко и В. Н. Ярмолик

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



## (54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

1

Изобретение относится к области вычислительной техники и может быть использовано для получения полосового случайного процесса при моделировании случайных полосовых вибраций на ЭВМ, а также в качестве задающей аппаратуры для воспроизведения случайных вибраций при исследовании надежности с помощью вибростендов.

Известен генератор случайного процесса содержащий источник шума, усилитель, колебательный контур, формирователь.

Недостатком подобного генератора является невозможность гибкой перестройки полосы случайного процесса по частотному диапазону в силу реализации данного генератора на аналоговых элементах. Особенно трудно получать полосовой случайный процесс в инфранизкочастотной области и добиться высокой стабильности характеристик подобного генератора [1].

Известен также генератор случайного процесса, содержащий регистр сдвига, вход которого является входом генератора, сумматор, выход которого является выходом генератора, а входы соединены с выходами умножителей соответственно [2].

Недостатком этого генератора является наличие повторов на неосновных частотах, что снижает его точность.

2

Наиболее близким техническим решением к данному изобретению является генератор случайного процесса, содержащий регистр сдвига, информационный вход которого является входом генератора, а вход «сдвиг» через делитель подключен ко входу тактовых импульсов и объединен со счетным входом триггера, выход которого подсоединен к первым входам первого и второго блоков элементов И, вторые и третьи входы которых подключены соответственно к выходам регистра сдвига и блока генераторов импульсов. Выходы первого и второго блоков элементов И подключены ко входам первого и второго элементов ИЛИ, соответственно [3].

Этот генератор имеет меньшие амплитуды повторов на неосновных частотах амплитудно-частотной характеристики генератора. Однако точность генератора все же недостаточна для практических задач.

Целью изобретения является повышение точности генератора за счет уменьшения амплитуды повторов на неосновных частотах амплитудно-частотной характеристики генератора.

Для достижения поставленной цели генератор содержит реверсивный счетчик и преобразователь «код-напряженне», выход которого является выходом генератора, а вхо-

30

ды соединены с разрядными выходами реверсивного счетчика, суммирующий и вычитающий входы которого соединены, соответственно, с выходами первого и второго элементов ИЛИ.

На фиг. 1 приведена блок-схема генератора; на фиг. 2 — временная диаграмма работы генератора; на фиг. 3 — вид реального случайного процесса на выходе генератора полосового случайного процесса; на фиг. 4 — спектр амплитуд случайного процесса воспроизводимого генератором.

Генератор случайного процесса состоит из  $2m+1$  — разрядного регистра 1 сдвига, первого и второго блоков из  $(2m+1)$  элементов И 2, блока из  $(2m+1)$  генераторов 3 импульсов, двух элементов ИЛИ 4, реверсивного счетчика 5, преобразователя код-напряжение 6, триггера 7, делителя 8.

На синхронизирующие входы разрядов регистра сдвига 1 подключен выход делителя 8, на вход которого поступают входные импульсы. Входные импульсы поступают, кроме того, на вход триггера 7, единичный выход которого соединен с первыми входами элементов И 2. Ко вторым входам элементов И 2 подключены выходы разрядов регистра сдвига 1, на первый разряд которого поступают значения «белого» шума  $x_n$ . К третьим входам элементов И 2 подключены выходы генераторов импульсов 3. Выходы нечетных блоков (схема И) подключены к первому элементу ИЛИ 4, а выходы четных блоков — ко второму элементу ИЛИ 4. В свою очередь, выход первого элемента ИЛИ подключен к суммирующему входу реверсивного счетчика 5, а выход второго — к вычитающему входу. Выходы всех разрядов реверсивного счетчика 5 подсоединены ко входам преобразователя код-напряжение, на выходе которого получается результирующий случайный полосовой процесс. Значение  $Y_n$  в известном фильтре получается по формуле

$$Y_n = \sum_{k=-m}^{k=m} h_k \cdot x_{n+k}, \quad (1)$$

где  $h_k$  — весовые коэффициенты полосового фильтра.

В предлагаемом генераторе очередное значение  $Y_{n+1}$  получается из предыдущего  $Y_n$  по выражению

$$Y_{n+1} = Y_n + (Y_{n+1} - Y_n), \quad (2)$$

т. е., чтобы получить  $Y_{n+1}$ , нужно к  $Y_n$  прибавить  $(Y_{n+1} - Y_n)$ , где  $Y_{n+1} - Y_n$  представляется в виде последовательности импульсов с соответствующей частотой и определяется выражением

$$Y_{n+1} - Y_n = -h_{-m} \cdot x_{n-m} + \sum_{k=-m+1}^m \times (h_{k-1} - h_k) x_{n+k} + h_m x_{m+n+1}. \quad (3)$$

Генераторы 3 импульсов генерируют последовательности импульсов с частотой,

пропорциональной весовым коэффициентам фильтра. Первый генератор импульсов генерирует частоту пропорционально коэффициенту  $h_{-m}$  второй  $(h_{-m} - h_{-m+1})$ , третий  $(h_{-m+1} + h_{-m+2})$  и т. д. на основании выражения (3).

Импульсные последовательности с выходов генераторов 3 должны быть несовместимы, т. е. если на выходе  $i$ -го генератора присутствует импульс в данный момент, то на выходах остальных генераторов импульсы отсутствуют.

Работает устройство следующим образом.

Последовательность импульсов поступает на счетный вход триггера 7 и на делитель 8. (Вид импульсной последовательности на выходе делителя 8 показан на фиг. 2, б, а на выходе триггера 7 на фиг. 2, в). С выхода делителя 8 импульсы поступают на цепи сдвига информации на один разряд в регистре 1 сдвига. По приходу очередного импульса сдвига содержимое разрядов регистра сдвига сдвигается на один разряд вправо, одновременно в первый разряд регистра записывается новое значение двоичной случайной цифры «0» или «1».

Каждый очередной импульс сдвига устанавливает триггер 7 в единичное значение ровно на полпериода (см. фиг. 2, в). В связи с этим триггер 7 разрешает прохождение сигналов через элементы И 2 только первую половину периода следования импульсов сдвига, т. к. его выход подключен к первым входам элементов И. К третьим входам элементов 2 подключены выходы генераторов импульсов, которые непрерывно во времени генерируют последовательность с частотой, пропорциональной весовым коэффициентам фильтра. В случае если значение  $i$ -го разряда сдвига равняется «1», во время первой половины периода следования импульса сдвига, импульсная последовательность с выхода  $i$ -го генератора импульсов проходит через  $i$ -ый элемент И 2 на вход определенного элемента 4 (первого или второго). Так как содержимое регистра сдвига случайно, т. е. в его  $2m+1$  разрядах случайным образом расположены нули и единицы, то импульсные последовательности с генератора 3 проходят лишь через те элементы И 2, на третьи входы которых с регистра 1 сдвига поступает единица. (На фиг. 2, г. показана импульсная последовательность с выхода  $i$ -го генератора 3 импульсов; на фиг. 2, д — значение  $i$ -го разряда регистра 1 сдвига, в первый такт «1» и во второй такт — «0», хотя возможна и любая другая комбинация. На фиг. 2, ж показана временная диаграмма на выходе  $i$ -ой схемы И). В первый такт импульсная последовательность проходит на выход  $i$ -го элемента «И», так как значение  $i$ -го разряда в этот такт равняется единице, а во второй не проходит, т. к. значение  $i$ -го разря-

да во второй такт равняется нулю. Аналогично любой другой элемент И 2 в определенный такт работы пропускает или не пропускает импульсные последовательности на вход элементов 4. То что весовые коэффициенты цифрового фильтра имеют разные знаки, т. е. знаки «+» и «-», означает, что необходимо вычитать или складывать тот или иной весовой коэффициент. Обычно знаки весовых коэффициентов чередуются. Поэтому выходы нечетных элементов И 2 объединены на первом элементе ИЛИ 4, а выходы четных элементов И 2 объединены на втором элементе ИЛИ 4.

В определенный такт работы устройства на выходе первого элемента ИЛИ получается сумма части положительных коэффициентов, и на выходе второго — сумма части отрицательных коэффициентов. Количество суммируемых коэффициентов и их конкретные номера определяются в каждый конкретный такт содержимым регистра сдвига.

Выход первого элемента ИЛИ подключен к суммирующему входу реверсивного счетчика, а выход второго элемента ИЛИ — к вычитающему входу реверсивного счетчика. Импульсные последовательности с выходов обоих элементов ИЛИ не обязательно должны быть несовместными, так как в случае прихода двух единиц на входы «+» и «-» содержимое счетчика менять не нужно. В первую половину периода каждого такта, (т. е. когда триггер 7 находится в состоянии «1») содержимое реверсивного счетчика нарастает или убывает в зависимости от того, больше сумма положительных коэффициентов или отрицательных, соответственно. Во вторую половину такта работы устройства содержимое реверсивного счетчика не меняется, т. к. на его входы не поступают импульсные последовательности. (На фиг. 2, в показан вид импульсной последовательности на выходе первого элемента ИЛИ 4, на фиг. 2, е — на выходе второго элемента ИЛИ 4, на фиг. 2, и — вид соответствующего выходного полосового случайного процесса на выходе блока 6, который преобразует кодовую последовательность реверсивного счетчика в непрерывное напряжение).

Как следует из описания функционирования устройства, на его выходе получается аналоговый случайный процесс с линейно-изменяющейся кусочно-постоянной аппроксимацией. Из фиг. 3 видно, что каждый выходной отсчет  $Y_n$  т. е.  $Y_0, Y_1, Y_2, \dots$  аппроксимирован трапецидальной функцией, т. е. другими словами, каждый дискретный отсчет выходного процесса модулируется трапецидальным импульсом, у которого нижнее основание в три раза больше верхнего.

Это объясняется тем, что каждое значение коэффициентов фильтра аппроксимируется блоками 3, 2 и 1 трапецидальной функцией.

В силу этого формула (3) будет описывать свертку во времени трапецидальной функции с весовой функцией фильтра. Следовательно, спектр амплитуд выходного процесса будет определяться спектром трапецидальной функции, а не кусочно-постоянной, как в прототипе.

Спектр выходного процесса  $S(\omega)$  определяется как произведение спектра цифрового фильтра  $S_1(\omega)$  и спектра восстанавливающей функции  $S_2(\omega)$ , в данном случае трапецидальной.

Вид функции  $S_1(\omega)$  определяется весовыми коэффициентами фильтра и представляет собой прямоугольные полосы пропускания на частотах  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$

Аналитическое выражение для  $S_2(\omega)$  будет определяться формулой

$$S_2(\omega) = \frac{\sin \frac{\omega}{3f}}{\frac{\omega}{3f}} \cdot \frac{\sin \frac{\omega}{6f}}{\frac{\omega}{6f}}. \quad (4)$$

Повторы на частотах  $\omega_2, \omega_3, \omega_4$  подавляются значительно сильнее, чем в прототипе: например, для 1/6 активного фильтра затухание первого повтора и последующих по отношению к рабочей частоте генератора на частоте  $\omega_1$  составит  $\approx 35$  дБ, т. е. почти в 100 раз, см. выражение (4), что в реальных устройствах с малым динамическим диапазоном выходного сигнала является достаточной величиной.

В связи с этим отпадает необходимость в низкочастотной фильтрации выходного сигнала аналоговыми фильтрами низких частот, что в свою очередь позволяет сохранить ряд существенных достоинств цифрового генератора случайных процессов.

Данное устройство, кроме того, отличается простотой технической реализации и сравнительно небольшими аппаратными затратами.

Все блоки реализуются с использованием типовых элементов вычислительной техники, например, интегральных схем серии 155.

Таким образом, введение новых блоков и новых функциональных связей позволит значительно повысить качество генератора полосового случайного процесса (уменьшить повторы амплитудно-частотной характеристики) при сравнительно небольших аппаратных затратах.

Экономический эффект от применения генератора полосового случайного процесса очевиден. Этот экономический эффект будет определяться более точным заданием необходимых условий виброиспытаний, что позволит получить полную информацию о надежных узлах изделия и в дальнейшем предотвратить выпуск бракованных изделий.

#### Формула изобретения

Генератор случайного процесса, содержащий регистр сдвига, информационный вход

которого является входом генератора, а вход «сдвиг» объединен со счетным входом триггера, выход которого подключен к первым входам первого и второго блоков элементов И, вторые и третьи входы которых 5  
10  
15

подключены соответственно к выходам регистра сдвига и блока генераторов импульсов, а выходы первого и второго блоков элементов И подключены ко входам первого и второго элементов ИЛИ соответственно, отличающийся тем, что, с целью повышения точности устройства, оно содержит реверсивный счетчик и преобразователь «код-напряжение», выход которого является выходом генератора, а входы соеди-

нены с разрядными выходами реверсивного счетчика, суммирующий и вычитающий входы которого соединены соответственно с выходами первого и второго элементов ИЛИ.

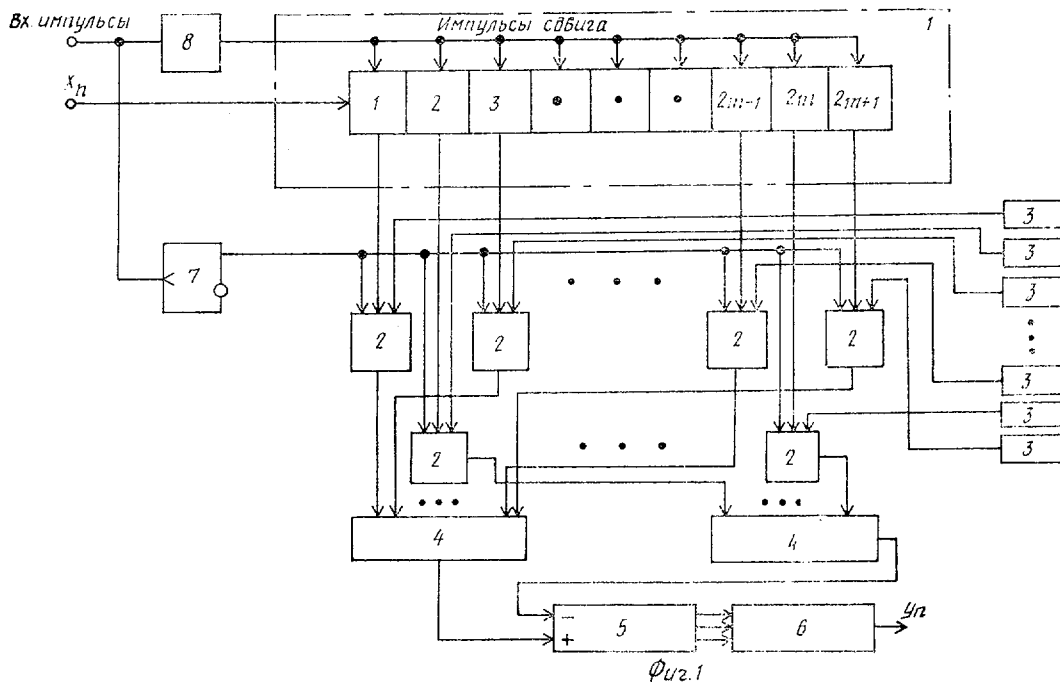
Источники информации,

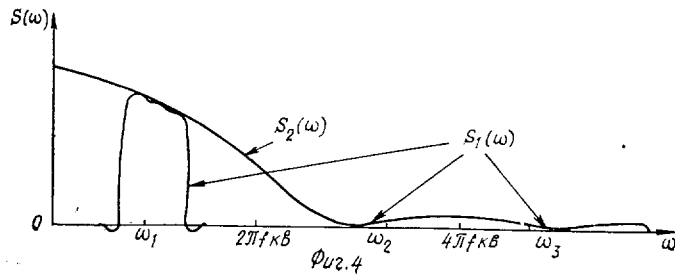
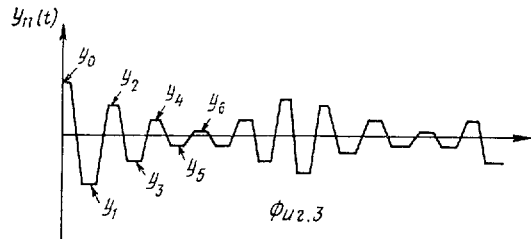
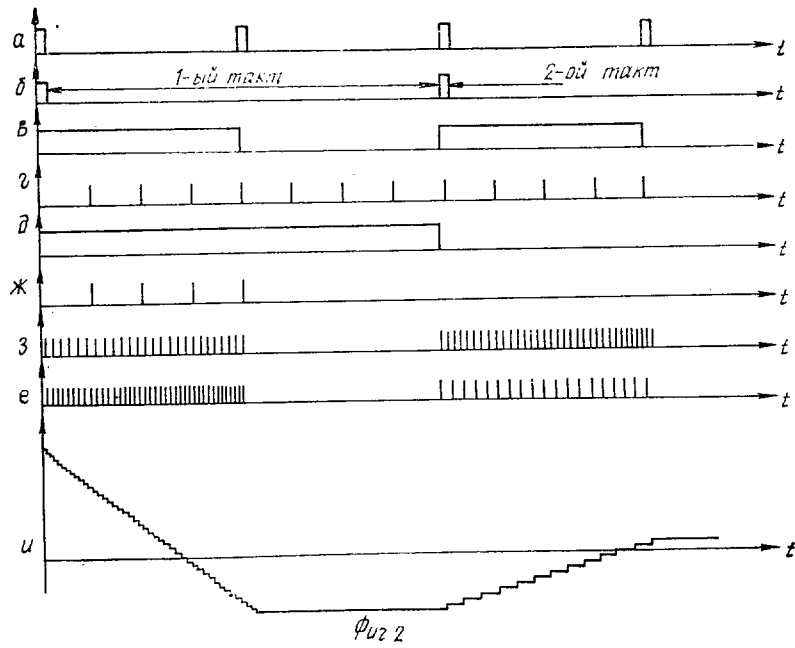
принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 376854, кл. Н 03В 29/00, 1971.

2. Данилов Б. Г., Штейнбок Ю. Г. Однополосная передача цифровых сигналов. М., «Связь», 1974.

3. Авторское свидетельство СССР по з. № 2430438/18-24, кл. G 06G 7/52, 16.12.76 (прототип).





Составитель А. Карасов

Редактор Р. Киселева

Техред Н. Строганова

Корректоры: А. Галахова  
и Л. Орлова

Заказ 2362/17 Изд. № 564 Тираж 681 Подписное  
НПО «Поиск» Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий  
113035, Москва Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2