



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

ПАТЕНТНО-
БИБЛИОТЕКА МБА

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

(11) 732950

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 12.12.77 (21) 2553105/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 05.05.80. Бюллетень № 17

Дата опубликования описания 08.05.80

(51) М. Кл.²

G 07 C 15/00

G 06 G 7/52

(53) УДК 681.925

(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Э. А. Баканович, М. А. Орлов, С. Ф. Костюк
и В. И. Новиков

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

1

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано при построении имитационно-моделирующей аппаратуры для решения задач исследования и оптимизации структурно-сложных систем.

Известные генераторы случайных процессов с заданной спектральной плотностью мощности по технической сущности можно сгруппировать в два класса.

К первому классу могут быть отнесены генераторы, использующие метод преобразования исходного случайного процесса с известными статистическими свойствами в случайный процесс с заданными статистическими свойствами и, в соответствии с этим, содержащие в своей структуре генератор исходного случайного процесса и блок линейного инерционного преобразования (формирующий фильтр) [1].

В данном классе устройств получение случайного процесса с заданной спектральной плотностью мощности основано на том, что спектральная плотность мощности

2

результатирующего случайного процесса определяется произведением спектральной плотности мощности исходного случайного процесса на квадрат модуля частотной характеристики формирующего фильтра. В соответствии с этим управление спектральной плотностью мощности в подобных устройствах осуществляется изменением формы частотной характеристики формирующего фильтра. Структуры формирующих фильтров с управляемыми частотными свойствами хорошо изучены и освещены в литературе.

Ко второму классу могут быть отнесены генераторы, использующие для получения требуемой спектральной плотности мощности выходного процесса множество исходных независимых случайных процессов с известными статистическими характеристиками, которые суммируются с заданными вероятностными или детерминированными весами [2].

Структура таких устройств содержит множество генераторов исходных случай-

ных процессов с известными статистическими свойствами, выходы которых соединены со входами блока суммирования.

Из известных генераторов наиболее близким к изобретению по технической сущности является генератор, содержащий блок генераторов первичного нормального шума, блок формирующих фильтров, сумматор и нелинейный безынерционный преобразователь, причем выходы блока генераторов первичного нормального шума соединены через соответствующие формирующие фильтры блока формирующих фильтров со входами блока суммирования, выход которого соединен с выходом генератора через нелинейный безынерционный преобразователь [3].

Совокупность блока генераторов первичного нормального шума и блока формирующих фильтров можно рассматривать как многоканальный генератор случайных процессов $\xi_i(t)$, причем спектральные плотности мощности $G_i(\omega)$ случайных процессов $\xi_i(t)$ являются постоянными для конкретной технической реализации устройства и отличными друг от друга. Так как множество независимых случайных процессов суммируется соответствующим блоком с заданными весами A_i , то спектральная плотность мощности $G(\omega)$ случайного процесса $\xi_0(t)$ на выходе блока суммирования равна сумме нормированных спектральных плотностей мощности случайных процессов.

$$G(\omega) = \sum_{i=1}^N A_i G_i(\omega)$$

Таким образом, в рассматриваемом прототипе управление спектральной плотностью мощности осуществляется вариацией коэффициентов A_i . С точки зрения технической реализации, указанный генератор имеет следующие недостатки.

1. Сложность технической реализации за счет множества генераторов первичного нормального шума.

Генераторы первичного нормального шума в своей структуре содержат один или несколько шумящих физических элементов (например, *n-p* переход транзистора, шумовой вакуумный диод, стабилитрон), обладающих большим разбросом и нестабильностью. В связи с этим физические генераторы шума содержат дополнительные блоки нормирования и стабилизации статистических характеристик шума, что существенно усложняет их техническую реализацию и технико-эксплуатационные характеристики.

2. Сложность технической реализации из-за наличия множества формирующих фильтров.

Формирующие фильтры могут быть реализованы средствами аналоговой или цифровой техники. В первом случае они представляют собой резонансные цепи, характеризующиеся достаточной сложностью перестройки их частотных свойств и нетехнологичностью изготовления, в связи с чем требования прототипа к отличающимся частотным свойствам формирующих фильтров не позволяют использовать унифицированные по конструкции и частотным свойствам фильтрующие модули.

Для реализации формирующих фильтров цифровыми методами требуется дополнительное оборудование, так как цифровой фильтр представляет собой вычислительное устройство, реализующее операции умножения и сложения.

3. Дополнительные погрешности воспроизведения заданной спектральной плотности мощности, обусловленные относительной нестабильностью генераторов первичного нормального шума.

Так как реальные генераторы шума обладают нестабильностью ΔD_0 дисперсии D_0 формируемого случайного процесса, то в соответствии с этим спектральная плотность мощности на выходе генератора будет определяться следующим соотношением:

$$G(\omega) = \sum_{i=1}^N A_i D_i G_i^*(\omega) + \sum_{i=1}^N A_i \Delta D_i G_i^*(\omega)$$

где D_i - дисперсия шума;

$G_i^*(\omega)$ - спектральная плотность мощности шума с единичной дисперсией;

ΔD_i - нестабильность дисперсии.

Второе слагаемое данного соотношения представляет собой функцию погрешностей, значение которой определяется не только абсолютной нестабильностью ΔD_0 генераторов, но и всей совокупностью ΔD_i .

4. Зависимость аппаратных затрат от точности воспроизведения заданной спектральной плотности мощности.

Так как спектральная плотность мощности результирующего случайного процесса представляет собой композицию спектральных плотностей мощности суммируемых случайных процессов, то точность воспроизведения спектра можно повысить, увеличивая число членов N суммы, а следовательно, увеличивая число генераторов первичного нормального шума и формирующих фильтров.

Целью изобретения является повышение точности воспроизведения заданной спек-

ральной плотности мощности и упрощение технической реализации путем сокращения аппаратных затрат.

Цель достигается тем, что генератор содержит блок умножения, генератор гармонического сигнала, генератор импульсов, первый и второй генераторы случайных чисел, причем выход генератора импульсов соединен со входами генераторов случайных чисел, выходы которых соединены с соответствующими входами генератора гармонического сигнала, выход блока умножения является выходом генератора случайного процесса, а его входы подключены соответственно к выходу формирующего фильтра и генератора гармонического сигнала.

На чертеже приведена структурная схема генератора случайного процесса.

Выход генератора 1 шума соединен со входом формирующего фильтра 2. Входы блока 3 умножения соединены с выходом формирующего фильтра 2 и генератора 4 гармонического сигнала. Входы первого и второго 6 генераторов случайных чисел объединены и подключены к выходу генератора 7 импульсов, а их выходы соединены со входами генератора 4 гармонического сигнала.

На выходе генератора 7 импульсов формируются импульсные сигналы, следующие один за другим через интервалы времени τ . Входы генераторов 5 и 6 случайных чисел предназначены для их синхронизации, заключающейся в задании момента времени формирования очередного случайного числа. Случайные числа формируются на выходах генераторов 5 и 6 и поступают на входы генератора 4 гармонического сигнала, причем случайное число с выхода первого генератора случайных чисел задает частоту, а случайное число с выхода второго генератора случайных чисел задает начальную фазу гармонического сигнала, формируемого на выходе генератора 4. Блок 3 умножения предназначен для выполнения умножения сигналов с выхода формирующего фильтра и генератора гармонического сигнала, результат которого поступает на выход генератора случайного процесса.

Формирование случайного процесса на выходе генератора протекает следующим образом.

Генератор шума 1 формирует непрерывный случайный процесс, спектральная плотность мощности которого известна. Проходя через формирующий фильтр 2, случайный процесс с выхода генератора шума

частотно-нелинейно преобразуется, вследствие чего на входе 3 блока умножения присутствует случайный процесс с заданной спектральной плотностью мощности.

Блок 3 умножения выполняет дальнейшее преобразование случайного процесса следующим образом. Очередной сигнал, появляющийся на выходе генератора 7 импульсов, поступает на входы первого и второго генераторов случайных чисел и вызывает появление на выходах генераторов двух случайных чисел, первое из которых задает частоту, а второе — начальную фазу гармонического колебания на выходе генератора 4 гармонического сигнала. Таким образом, в течение периода следования τ импульсов на выходе генератора 7 импульсов генератор 4 гармонического сигнала формирует гармоническое колебание со случайными частотой и начальной фазой, а процесс на выходе заявляемого генератора представляет собой соответственно произведение случайного сигнала с выхода формирующего фильтра и отрезков гармонических сигналов со случайными частотами и начальными фазами. Связь спектральной плотности мощности результирующего случайного процесса со статистическими характеристиками случайных чисел получается наиболее простой, если принять, что случайные величины на выходах генераторов случайных чисел взаимно независимы, а закон распределения случайных чисел на выходе второго генератора — равномерный. В этом случае спектральная плотность мощности результирующего случайного процесса определяется соотношением

$$Q(\omega) = \frac{1}{2\tau} \sum_{i=-N}^{+N} P_i F(\omega - \omega_i), \quad (1)$$

$$\text{где } F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\tau) H(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau, \quad (2)$$

$$\text{где } H(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} E(t) E(t+\tau) dt, \quad (3)$$

$$E(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \tau/2 \\ 0 & |t| > \tau/2 \end{cases}. \quad (4)$$

$R(\tau)$ — корреляционная функция случайного процесса на выходе формирующего фильтра.

Таким образом, существенное отличие предлагаемого генератора от известного заключается в том, что настройка генератора на заданную спектральную плотность мощности осуществляется заданием вероятностей P_i . В связи с этим, увели-

чение точности воспроизведения заданной спектральной плотности мощности за счет числа N членов ряда (1) в предлагаемом генераторе требует расширения области существования случайных чисел (разрядности), что приводит к увеличению объема

рудования только первого генератора случайных чисел. Соотношение (1) доказывает также, что погрешность воспроизведения заданной функции $G(\omega)$ оказывается небольшой за счет того, что в генераторе имеются один формирующий фильтр и один генератор шума, причем дрейф дисперсии шума приводит к изменению постоянного множителя $G(\omega)$ при сохранении заданной формы спектральной плотности мощности.

Благодаря указанным особенностям техническая реализация изобретения позволяет сократить аппаратные затраты и повысить точность работы генераторов случайных процессов.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Генератор случайного процесса, содержащий последовательно соединенные гене-

ратор шума и формирующий фильтр, отличающийся тем, что, с целью повышения точности воспроизведения заданной спектральной плотности мощности, он содержит блок умножения, генератор гармонического сигнала, генератор импульсов, первый и второй генераторы случайных чисел, причем выход генератора импульсов соединен со входами генераторов случайных чисел, выходы которых соединены с соответствующими входами генератора гармонического сигнала, выход блока умножения является выходом генератора случайного процесса, а его входы подключены соответственно к выходу формирующего фильтра и генератора гармонического сигнала.

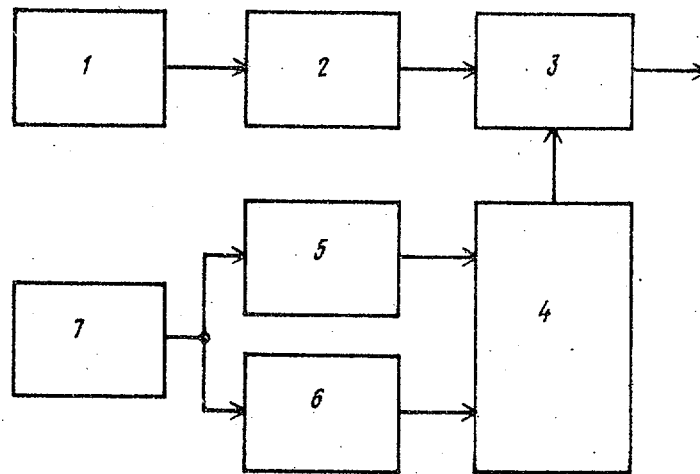
Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Бобнев М. П. Генерирование случайных сигналов и измерение их параметров. М., "Энергия", 1966.

2. Авторское свидетельство СССР № 391576, кл. G 06 F 1/02, 1973.

3. Авторское свидетельство СССР № 391577, кл. G 06 F 1/02, 1973 (прототип).



Составитель А. Карасев

Редактор Н. Вирко Техред Ж. Кастелевич Корректор Е. Папп

Заказ 1741/41 Тираж 641 Подписное

ЦНИИПИ 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