

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

О П И С А Н И Е  
И З О Б Р Е Т Е Н И Я

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 767745

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 06.09.78 (21) 2664265/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 30.09.80. Бюллетень № 36

Дата опубликования описания 05.10.80

(51) М. Кл.<sup>3</sup>  
G 06 F 1/02  
G 07 C 15/00

(53) УДК 681.325  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Э. А. Баканович, С. Ф. Костюк и А. Г. Якубенко

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

1

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

Известные генераторы случайных процессов по технической сущности могут быть сгруппированы в три класса.

К первому классу относятся генераторы, содержащие в своей структуре для придания случайному процессу требуемых спектральных свойств один или несколько формирующих фильтров.

Генераторы, использующие один формирующий фильтр, кроме того, содержат генератор исходного случайного процесса, спектральные свойства которого известны и нормированы [1]. Управление спектральной плотностью мощности случайного процесса на выходе таких генераторов выполняется изменением частотной характеристики формирующих фильтров. Этот принцип управления с математической точки зрения является достаточно простым, так как спектральная плотность мощности случайного процесса на выходе таких генераторов опре-

2

деляется произведением спектральной плотности мощности исходного случайного процесса на квадрат модуля частотной характеристики формирующего фильтра.

5 Однако с практической точки зрения проектирование и изготовление формирующих фильтров и перестраиваемой в широких пределах частотной характеристикой представляет собой достаточно трудную техническую задачу. Формирующие фильтры, 10 проектированные на основе аналоговых средств (емкостей и индуктивностей) достаточно просты и стабильны, однако нетехнологичны и их простые конфигурации допускают перестройку частотных свойств в широких пределах только механическим 15 путем. Реализация формирующих цепей цифровыми средствами частично лишена этих недостатков, однако цифровой фильтр требует выполнения операций умножения и суммирования и представляет собой вычислительное устройство, высокая точность 20 и быстродействие которого требует существенных аппаратных затрат. Кроме того, расчет параметров формирующего фильтра по известной частотной характеристике до-

статочно сложен, так как требует выполнения интегральных преобразований.

Генераторы случайных процессов, использующие несколько формирующих фильтров [2], содержат дополнительно в своей структуре несколько генераторов исходных процессов и блок суммирования.

Управление спектральной плотностью мощности случайного процесса на выходе таких генераторов основано на том, что спектральные плотности мощности суммируются при суммировании независимых случайных процессов. Если при этом спектральные плотности мощности случайных процессов отличны друг от друга (например, сдвигом по оси частот), а суммирование выполняется с определенными (детерминированными или вероятностными) весами, то их изменение приводит к изменению спектральной плотности мощности выходного случайного процесса. Методика расчета параметров настройки указанных генераторов оказывается проще, чем для генераторов, содержащих один формирующий фильтр, однако с точки зрения аппаратных затрат рассматриваемый вариант оказывается более емким.

К другому классу можно отнести генераторы, использующие для формирования выходного случайного процесса множество импульсных потоков [3]. Такие устройства содержат в своей структуре множество генераторов импульсов, конъюнкты, дизъюнкты и некоторые другие вспомогательные элементы, причем общим для их структур является то, что выходы генераторов подключены к входам конъюнктов, выходы которых подключены (непосредственно или через другие логические элементы) к схеме дизъюнкции. Процесс на выходе таких генераторов представляет собой последовательность импульсных сигналов определенной формы, следующих через случайные интервалы времени, причем регулируемой статистической характеристикой выходного случайного процесса является закон распределения случайных временных интервалов.

Известно, что вариация закона распределения случайных временных интервалов между импульсами приводит к изменению спектральных свойств процесса на выходе генератора. Такой класс генераторов случайных процессов отличает простота технической реализации, так как в своей структуре они содержат достаточно простые и в небольшом количестве логические элементы, а также простота расчета параметров настройки для формирования процесса с заданной функцией распределения случайных временных интервалов, форма которой не имеет принципиальных ограничений.

Однако, если при использовании этого класса генераторов представляет интерес спектральная плотность мощности случай-

ного процесса, то несмотря на однозначную связь спектральных свойств процесса и функции распределения случайных временных интервалов выполнить обратный расчет, т. е. вычислить требуемую функцию случайных временных интервалов по заданной спектральной плотности мощности оказывается затруднительно как из-за сложности математических преобразований, так и из-за ограниченного класса воспроизводимых спектральных плотностей мощности.

К третьему классу могут быть отнесены генераторы [4], формирующие отрезки реализаций случайных или детерминированных процессов с известными статистическими свойствами. Генератор формирует на своем выходе отрезки случайных сигналов треугольной формы и содержит в своей структуре раскрытие в виде отдельных блоков сумматор (его роль выполняет реверсивный счетчик) и устройство умножения (одна операция умножения выполняется при помощи источника эталонного напряжения, регистра и первого преобразователя код—напряжение, а вторая — при помощи модулятора полярности). В структуре рассматриваемого генератора также можно выделить формирователь исходной (треугольной) функции, реализованной при помощи реверсивного счетчика и второго преобразователя код—напряжение.

Общим недостатком рассматриваемого класса генераторов является их низкое быстродействие ввиду наличия в их структуре устройств умножения, выполнение которого требует существенных временных затрат при использовании средств цифровой вычислительной техники или низкая точность при использовании средств аналоговой вычислительной техники. Кроме того, генераторы обладают ограниченными возможностями по воспроизведению произвольных спектральных плотностей мощности процессов на их выходах и формирует только отрезки реализаций ограниченной длительности.

По технической сущности наиболее близким к заявляемому является генератор [5], содержащий генератор импульсов, счетчик, сумматор, устройство умножения, причем названные блоки соединены последовательно и выход устройства умножения является выходом генератора случайного процесса. Наличие в структуре устройства отдельного триггера знака процесса отнести к существенным признакам нельзя, так как в общем случае устройство умножения может выполнять операцию с учетом знаков операндов. Процесс на выходе рассматриваемого генератора представляет собой отрезок реализации ограниченной длительности такой формы, что его спектральная плотность мощности известна (близка к равномерной).

Недостатками этого генератора являются: ограниченные функциональные возможности

по воспроизведению произвольных спектральных плотностей мощности; формирование отрезков реализаций случайных процессов ограниченной длительности; низкое быстродействие генератора ввиду наличия в его структуре устройства умножения.

Целью предлагаемого изобретения является устранение этих недостатков, а именно расширение функциональных возможностей генератора за счет формирования случайных процессов неограниченной длительности с произвольной спектральной плотностью мощности и повышение его быстродействия.

Эта цель достигается тем, что помимо генератора импульсов и счетчика, первый вход которого соединен с выходом генератора импульсов, входящих в прототип, предлагаемый генератор дополнительно содержит делитель частоты, датчик случайных чисел и блок памяти, причем вход делителя частоты подключен к выходу генератора импульсов, выход делителя частоты через датчик случайных чисел соединен с вторым входом счетчика, выход которого подключен ко входу блока памяти, выход блока памяти является выходом генератора случайного процесса.

На чертеже представлена структурная схема генератора случайного процесса.

Устройство содержит генератор импульсов 1, делитель частоты 2, датчик случайных чисел 3, счетчик 4, блок памяти 5.

Выход генератора импульсов 1 соединен с первым входом счетчика 4 и входом делителя частоты 2, выход которого соединен со входом датчика случайных чисел 3, второй вход счетчика 4 соединен с выходом датчика случайных чисел 3, а выход — со входом блока памяти 5, выход которого является выходом генератора случайного процесса.

Названные блоки выполняют следующие функции. Генератор импульсов 1 формирует последовательность импульсных сигналов с заданным (регулярным) периодом следования. Делитель частоты 2 выполняет пересчет импульсных сигналов, поступающих на вход.

Датчик случайных чисел 3 по сигналу, поступающему на его вход, формирует равномерно-распределенное двоичное число.

Счетчик 4 выполняет суммирование поступающих на его первый вход импульсных сигналов. Второй вход счетчика предназначен для его установки в исходное состояние в соответствии с поступающим на него двоичным кодом. На выходе счетчика формируется двоичный код его состояния.

Блок памяти 5 предназначен для хранения предварительно записанной в него кодовой последовательности, причем на выход запоминающего устройства поступает кодовая комбинация, адрес которой задается кодом на входе запоминающего устройства.

Функционирование генератора происходит следующим образом.

При появлении сигнала на выходе генератора импульсов 1 происходит увеличение содержимого счетчика 4 на единицу и в соответствии с новой кодовой комбинацией, поступающей на вход блока памяти 5, читается содержимое запоминающего устройства по соответствующему адресу. Описанная процедура повторяется до тех пор, пока на выходе делителя частоты 2 не появится сигнал (через каждые  $M$  сигналов генератора импульсов 1). При появлении этого сигнала датчик случайных чисел 3 формирует случайный код, поступающий на второй вход счетчика 4 и устанавливающий его в соответствующее случайное состояние.

Называя отрезок времени между моментами появления импульсов на выходе делителя частоты 2 циклом работы генератора случайного процесса, можно указать, что процедура формирования случайного процесса представляет собой последовательность циклов, в каждом из которых происходит последовательное чтение содержимого блока памяти 5, начиная со случайного адреса. При этом, число кодовых комбинаций, читаемых из блока памяти 5 в течение одного цикла, определяется коэффициентом пересчета  $M$  делителя частоты 2.

Описанная процедура генерирования случайного процесса доказывает, что предлагаемая структура генератора не налагает никаких дополнительных ограничений на длительность формируемых реализаций и спектральную плотность их мощности. Кроме того, в отличие от прототипа, где для формирования очередного отсчета выходного процесса требуется операция умножения, в предлагаемом устройстве присутствует лишь операция чтения содержимого запоминающего устройства, что не требует существенных временных затрат.

Перечисленные отличительные свойства предлагаемого генератора по сравнению с прототипом определяют технико-экономическую эффективность его использования, которая складывается из следующих элементов.

Формирование отрезков реализаций случайных процессов неограниченной длительности позволяет использовать генератор не только для проверки анализируемой аппаратуры (целевое назначение прототипа), но и для имитации реальных случайных процессов при решении задач исследования и моделирования объектов, информационные процессы в которых имеют стохастическую природу.

Исследование таких объектов или их моделей основано на получении статистических характеристик случайных процессов в определенных точках их структуры. В связи с тем, что дисперсия статистических оценок уменьшается с ростом времени моделирования, то использование предлагаемого

генератора при решении указанных задач позволяет получать неограниченную точность определения статистических оценок характеристик случайных процессов, так как длительность имитируемых реализаций случайных процессов не имеет принципиальных ограничений и может быть произвольной.

Формирование случайных процессов с произвольной (заданной) спектральной плотностью мощности с помощью предлагаемого генератора позволяет использовать его как в качестве эталонного генератора для проверки анализирующей аппаратуры, так и в качестве имитатора реальных случайных процессов. Применительно к рассмотренной выше задаче исследования и моделирования реальных объектов указанное свойство генератора определяет высокую адекватность имитируемых случайных процессов реальным, что также способствует повышению точности получаемых решений.

Повышенное быстродействие предлагаемого генератора позволяет расширить класс моделируемых с его помощью случайных процессов и решаемых задач, а также проводить моделирование в реальном масштабе времени. В связи с тем, что современные запоминающие устройства имеют цикл считывания информации 10—100 нс, то частотный диапазон формируемых с помощью предлагаемого генератора случайных процессов достигает 5—50 МГц. Это позволяет использовать его при имитации ударных и вибрационных процессов, акустических шумов, ультразвуковых колебаний, видео- и радиопульсовых воздействий.

Таким образом, предлагаемая структура генератора является достаточно универсаль-

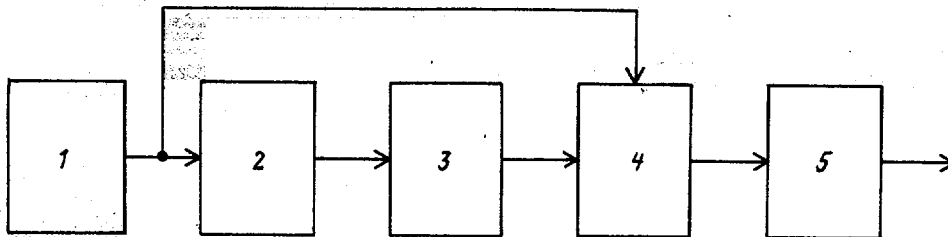
ной и может использоваться при решении широкого класса задач.

#### Формула изобретения

Генератор случайного процесса, содержащий генератор импульсов и счетчик, первый вход которого соединен с выходом генератора импульсов, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей генератора за счет формирования случайных процессов неограниченной длительности с произвольной спектральной плотностью мощности, он содержит делитель частоты, датчик случайных чисел и блок памяти, причем вход делителя частоты подключен к выходу генератора импульсов, выход делителя частоты через датчик случайных чисел соединен с вторым входом счетчика, выход которого подключен к входу блока памяти, выход блока памяти является выходом генератора случайного процесса.

Источники информации,

- 20 принятые во внимание при экспертизе
1. Бобнев М. П. Генерирование случайных сигналов и измерение их параметров. М., «Энергия», 1966.
  2. Авторское свидетельство СССР № 391577, кл. G 06 F 1/02, 1971.
  - 25 3. Авторское свидетельство СССР № 370717, кл. G 06 F 1/02, 1971.
  4. Авторское свидетельство СССР № 517018, кл. G 06 F 1/02, 1974.
  5. Морозов Н. Ф., Переверткин С. М., Свалов Ю. Л. Дискретный генератор для проверки коррелометров-спектроанализаторов. Тезисы докладов VIII Всесоюзного симпозиума «Методы представления и аппаратный анализ случайных процессов и полей», Секция 1, Каунас, 1975, с. 141 (прототип).



Редактор Е. Караулова  
Заказ 7195/44

Составитель А. Карасов  
Техред К. Шуфрич  
Тираж 751

Корректор М. Коста  
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