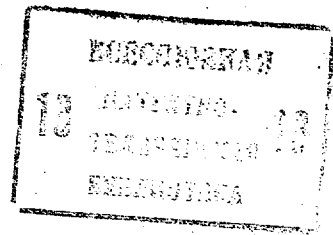




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

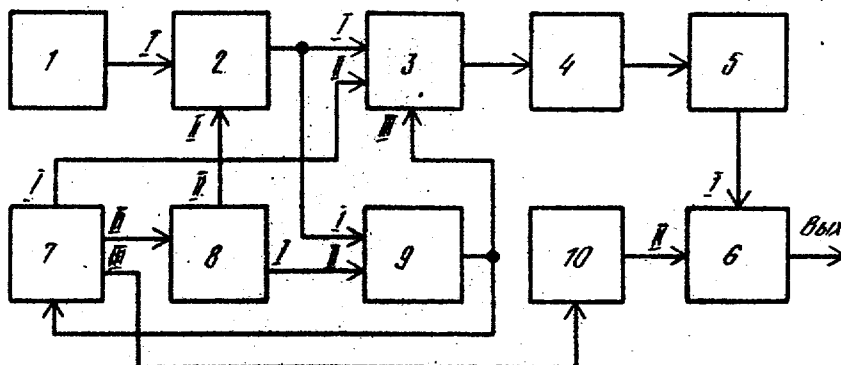
# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3414288/18-24
- (22) 26.03.82
- (46) 07.08.83. Бюл. № 29
- (72) А.Г. Якубенко
- (71) Минский радиотехнический институт
- (53) 681.325(088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 391577, кл. G 06 F 7/58, 1972.
- 2. Авторское свидетельство СССР № 734768, кл. G 06 F 7/58, 1977.
- 3. Авторское свидетельство СССР № 767745, кл. G 06 F 7/58, 1978 (прототип).

(54) (57) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА, содержащий генератор импульсов, выход которого соединен со счетным входом первого делителя частоты, датчик случайных чисел, первый выход которого соединен с установочным входом счетчика, выход которого соединен с входом первого блока памяти, отличающийся тем, что, с целью повышения

точности генератора, введены второй и третий блоки памяти, второй делитель частоты и два преобразователя код-напряжение, выход первого делителя частоты соединен со счетным входом счетчика и счетным входом второго делителя частоты, выход которого соединен с синхронизирующим входом счетчика и входом датчика случайных чисел, второй и третий выходы которого соединены соответственно с входами второго и третьего блоков памяти, первый и второй выходы второго блока памяти соединены соответственно с управляющими входами первого и второго делителей частоты, выход первого блока памяти через первый преобразователь код-напряжение соединен с управляющим входом второго преобразователя код-напряжение, выход которого является выходом генератора, выход третьего блока памяти соединен с информационным входом второго преобразователя код-напряжение.



Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано при построении имитационно-модулирующей аппаратуры для решения задач исследования и оптимизации структурно сложных систем, для испытаний на вибрационные и другие воздействия.

Известно устройство, содержащее блок генераторов первичного нормального шума, блок формирующих фильтров, сумматор и нелинейный безинерционный преобразователь, позволяющее формирование случайного процесса с произвольной функцией спектральной плотности мощности в фиксированном диапазоне частот [1].

Недостатки устройства - сложность технической реализации за счет множества генераторов первичного нормального шума и формирующих фильтров, ограниченность частотного диапазона и низкая точность воспроизведения заданной функции спектральной плотности мощности.

Известно также устройство, содержащее генератор случайных чисел, группу генераторов импульсов, группу счетных триггеров и группу элементов И, многоходовую схему ИЛИ, регистр, сумматор, блок памяти, два счетчика и циклический регистр сдвига [2].

Недостатками устройства являются низкое быстродействие, так как один отсчет выходного процесса формируется путем последовательного суммирования совокупности коэффициентов тем большей, чем больше требуется точность, сложность технической реализации при необходимости обеспечения высокой точности, так как при этом устройство содержит большее количество генераторов импульсов, триггеров и элементов И, низкая точность при малых аппаратурных затратах.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является генератор случайного процесса, содержащий генератор импульсов, делитель частоты, датчик случайных чисел, счетчик и блок памяти. Указанные блоки соединены последовательно, второй вход счетчика соединен с выходом генератора импульсов, выход блока памяти является выходом устройства. Работу устройства можно представить как последовательность циклов, на каждом из которых путем последовательного циклического чтения информации из блока памяти, начиная со случайного в начале цикла адреса, формируется отрезок реализации процесса. Формируемый устройством процесс представляет собой последовательность склеенных

отрезков одной периодической функции со случайными начальными фазами. В блок памяти записывается период полигармонической функции, представляющей собой сумму гармонических функций с частотами, кратными самой низкочастотной гармонической функции, и с определенными соотношениями амплитуд. При этом функция спектральной плотности мощности формируемого процесса аппроксимируется суммой компонентных функций типа  $(\sin x/x^2)$  с равной шириной основных лепестков, сдвинутых по частоте с равномерным шагом, с весами, пропорциональными амплитудам соответствующих им гармоник [3].

Недостатком известного устройства является низкая точность воспроизведения заданных функций спектральной плотности мощности.

Целью изобретения - повышение точности задания функции спектральной плотности мощности формируемого процесса,

Поставленная цель достигается тем, что в генератор случайного процесса, содержащий генератор импульсов, выход которого соединен со счетным входом первого делителя частоты, датчик случайных чисел, первый выход которого соединен с установочным входом счетчика, выход которого соединен с входом первого блока памяти, введены второй и третий блоки памяти, второй делитель частоты и два преобразователя код-напряжения, выход первого делителя частоты соединен со счетным входом счетчика и счетным входом второго делителя частоты, выход которого соединен с синхронизирующим входом счетчика и входом датчика случайных чисел, второй и третий выходы которого соединены соответственно с входами второго и третьего блоков памяти, первый и второй выходы второго блока памяти соединены соответственно с управляющими входами первого и второго делителей частоты, выход первого блока памяти через первый преобразователь код-напряжения с управляющим входом второго преобразователя код-напряжения, выход которого является выходом генератора, выход третьего блока памяти соединен с информационным входом второго преобразователя код-напряжения.

На чертеже приведена блок-схема предлагаемого генератора.

Генератор содержит генератор 1 импульсов, первый делитель 2 частоты, счетчик 3, первый блок 4 памяти, первый преобразователь код-напряжения 5, второй преобразователь код-напряжения 6, датчик 7 случай-

ных чисел, второй блок 8 памяти, второй делитель 9 частоты и третий блок 10 памяти.

Сущность генерации устройством случайного процесса заключается в формировании примыкающих друг к другу отрезков гармонических сигналов со случайно изменяющейся от отрезка к отрезку длительностью, частотой, фазой и амплитудой. Формирование гармонической функции осуществляется путем преобразования в напряжение электрического сигнала преобразователем 5 циклически считываемой из блока памяти 4 последовательности кодов, описывающей один период гармонической функции с частотой, определяемой заданным коэффициентом пересчета делителя 2 частоты, адреса чтения последовательности формируются счетчиком 3.

Формирование нового отрезка начинается после выработки на выходе делителя 9 частоты очередного импульса. По этому импульсу счетчик 3 устанавливается в равновероятное случайное состояние путем записи в него случайного равномерно распределенного числа с выхода 1 датчика 7 случайных чисел, чем обеспечивается задание случайной начальной фазы отрезка гармонической функции с равномерным распределением на периоде повторения гармонической функции. После выработки импульса на выходе делителя 9 частоты на выходы II и III датчика 7 случайных чисел поступают два новых случайных числа. При этом из блока 8 памяти по адресу, определяемому кодом случайного числа с выхода II датчика 7 случайных чисел, считываются два кода. Первый код задает коэффициент пересчета делителя 2 частоты, т.е. частоту считывания кодов из блока 4 памяти и, следовательно, частоту формируемого отрезка гармонической функции.

Второй код, считываемый из блока 8 памяти, задает коэффициент пересчета делителя 9 частоты и определяет количество дискретных отсчетов данного отрезка гармонической функции  $N_k^*$ . По циклически считываемой, начиная со случайного адреса, последовательности кодов из блока 4 памяти на выходе преобразователя код-напряжение 5 формируется электрический сигнал отрезка гармонической функции с нормированной амплитудой (постоянной от отрезка к отрезку), поступающей на вход опорного напряжения преобразователя код-напряжение 6. На вход преобразователя 6 поступает код из ячейки блока 10 памяти с адресом, определяемым кодом случайного числа с третьего

выхода датчика 7 случайных чисел. При этом на выходе преобразователя код-напряжение 6 получают сигнал, поступающий на вход I опорного напряжения с амплитудой, пропорциональной коду на входе II, т.е. формируемый отрезок гармонической функции со случайной амплитудой. Преобразователь код-напряжение 6 выполняет функции усилителя с цифровым управлением коэффициентом управления.

Таким образом, на выходе устройства формируется процесс, состоящий из примыкающих отрезков гармонических функций со случайными отрезками к отрезку частотой и длительностью, случайной, равномерно распределенной на периоде повторения, фазой и случайной амплитудой. Частота и связанная с ней длительность отрезков гармонических функций принимают  $M$  произвольных значений, задаваемых записанным в блок 8 памяти кодами с вероятностями, определяемыми законом распределения чисел на выходе II датчика 7 случайных чисел. Величина  $M$  определяется емкостью блока памяти 8. Амплитуда отрезков гармонических функций принимает  $L$  произвольных значений, задаваемых кодами, записанными в блок 10 памяти с вероятностями, определяемыми законом распределения чисел на выходе III датчика случайных чисел.

Функция спектральной плотности мощности представляет собой композицию компонентных функций  $(\sin x/x)^2$  с произвольным требуемым положением по оси частот (определяется параметром  $\omega_k$ ), с произвольной требуемой шириной основного лепестка (определяется параметром  $\alpha_k$ ) с весами, равными произведению дисперсии амплитуд на вероятности появления соответствующих гармоник. Вариация параметров  $R_k \omega_k$  и  $\alpha_k$  обеспечивает воспроизведение заданной функции спектральной плотности мощности с наибольшей точностью. Закон распределения случайных чисел по выходу III датчика 7 случайных чисел не влияет на форму функции спектральной плотности мощности, а только на общий уровень мощности. Это позволяет независимо управлять спектральными и вероятностными свойствами процесса. Форма функции спектральной плотности задается законом распределения потока случайных чисел по выходу II датчика 7 случайных чисел и массивом информации в блоке 8 памяти. Закон распределения случайных чисел по выходу III датчика 7 случайных чисел и массив информации в блоке памяти 10 определяют общий уровень мощности и закон распределе-

ния пиковых значений амплитуд формируемого процесса.

Предлагаемое устройство обладает высокой точностью воспроизведения произвольных функций спектральной плотности мощности. Наиболее существенно преимущество генератора при необходимости формирования случайных процессов с наличием в функции спектральной плотности мощности всплесков и провалов высокой добротности. В этом случае плавные участки функции спектральной плотности мощности аппроксимируются компонентными функциями с большой шириной основного лепестка, участки, содержащие всплески и провалы, аппроксимируются компонентными функциями с узкой полосой, причем чем больше добротность всплеска или провала, тем уже задается ширина аппроксимирующих функций. В прототипе и в известных аналогах аппроксимация функций спектральной плотности осуществляются композицией компонентных функций с постоянными соотношениями ширины их фрагментов, концентрирующих основную мощность. Поэтому, например, устройство-прототип не позволяет формирование случайных процессов с всплесками и провалами в спектре с добротностью, большей добротности основных лепестков соответствующих аппроксимирующих компонентных функций ( $\sin x/x^2$ ).

Генератор имеет возможность независимого задания спектральных характеристик и закона распределения амплитуд гармоник или закона распределения мгновенных значений процесса, обеспечивает возможность задания требуемых спектральных и вероятностных характеристик, обуславливает высокую адекватность формируемых воздействий при исследовании реальных объектов реальным воздействиям, что повышает точность и достоверность получаемых результатов.

Предлагаемый генератор обладает высоким быстродействием. На один формируемый отсчет выходного процесса требуется выполнение одной операции чтения памяти. Устройство позволяет формирование случайных процессов в широком диапазоне частот с большей шириной спектра.

По сравнению с известным генератором процессов установки СУВУ-ШСВЗ,

предлагаемый генератор обладает всеми указанными преимуществами. Генератор случайных процессов установки СУВУ-ШСВЗ содержит 120 формирующих фильтров с фиксированными амплитудно-частотными характеристиками, при этом нельзя формировать процессы с провалами и всплесками в спектре с шириной, меньшей ширины полосы пропускания соответствующих фильтров. Кроме того, диапазон частот установки СУВУ-ШСВЗ фиксирован от 5 Гц и до 2 кГц, установка не позволяет изменение закона распределения формируемого процесса. Генератор установки СУВУ-ШСВЗ имеет вес и габариты приблизительно в 10 раз больше предлагаемого генератора.

В качестве базового образца для сравнения можно взять серийно выпускаемую мини-ЭВМ СМ1800 вариант СМ50/40, в состав которой входит преобразователь код-напряжение. С помощью данной ЭВМ можно формировать псевдослучайный процесс, используя алгоритм функционирования предлагаемого устройства. При этом и базовый образец, и предлагаемое устройство обладают, в принципе, одинаковой точностью. Однако при программной реализации частота формируемого ЭВМ процесса значительно меньше по сравнению с частотой процесса, формируемого предлагаемым устройством (порядка в 20-30 раз).

Стоимость такого варианта ЭВМ СМ 1800 равна 50000 руб. Стоимость разработанного и изготовленного устройства прототипа составила 3,5 тыс.руб. Учитывая, что прототип и предлагаемое устройство по своей сложности отличаются не на много, ориентировочная стоимость предлагаемого устройства составит 4 тыс.руб.

Особенно эффективно применение генератора случайных процессов в составе автоматизированных испытательных систем и имитационно-моделирующих комплексов. При этом применение предлагаемого специализированного устройства расширяет класс задач, решаемых в реальном масштабе времени, управляющая ЭВМ системы комплекса освобождается от решения задачи формирования случайных процессов и может выполнять в это время ряд других действий, связанных с решаемой задачей.

Составитель А.Карасов  
 Редактор А.Курах Техред М.Коштура Корректор А.Ильин

Заказ 5626/51

Тираж 706

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