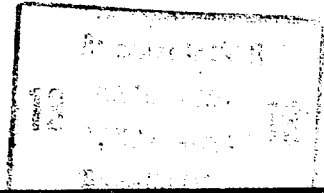




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3500308/18-24  
(22) 10.09.82  
(46) 15.02.84. Бюл. № 6  
(72) В.С.Жук, А.Г.Якубенко,  
С.Ф.Костюк и А.С.Кобайло  
(71) Минский радиотехнический ин-  
ститут  
(53) 681.325(088.8)  
(56) 1. Авторское свидетельство СССР  
№ 312253, кл. G 06 F 7/58, 1968.  
2. Авторское свидетельство СССР  
№ 391577, кл. G 06 F 7/58, 1971.  
3. Авторское свидетельство СССР  
№ 517018, кл. G 06 F 7/58, 1974  
(прототип).  
4. Авторское свидетельство СССР  
№ 732947, кл. G 06 F 7/58, 1978.  
5. Авторское свидетельство СССР  
№ 758166, кл. G 06 F 15/31, 1978.

(54)(57) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ИМ-  
ПУЛЬСНОГО ПРОЦЕССА, содержащий дат-  
чик случайных чисел, первый выход  
которого соединен с информационным  
входом первого регистра памяти,  
второй регистр памяти, первый блок  
памяти, генератор импульсов, выход  
которого соединен с входом делителя  
частоты, счетчик, первый преобразо-  
ватель код-напряжение, выход кото-  
рого соединен с управляющим входом  
второго преобразователя код-напря-  
жение, отличающийся тем,

что, с целью повышения формирова-  
ния импульсов, он содержит второй  
блок памяти, цифровой фильтр и триг-  
гер, единичный выход которого сое-  
динен с управляющими входами перво-  
го преобразователя код-напряжение,  
второго регистра памяти и первого  
блока памяти, а также с первым  
входом Опрос датчика случайных чи-  
сел, второй выход которого соединен  
с информационным входом второго ре-  
гистра памяти, выход которого соеди-  
нен с информационным входом второго  
преобразователя код-напряжение, вы-  
ход которого является выходом гене-  
ратора, выход генератора импульсов  
соединен с вторым входом Опрос дат-  
чика случайных чисел, выход первого  
регистра памяти соединен с адресным  
входом первого блока памяти, выход  
которого соединен с управляющим  
входом делителя частоты, выход кото-  
рого соединен со счетным входом  
счетчика, выход переполнения которо-  
го соединен со счетным входом триг-  
гера и с управляющим входом первого  
регистра памяти, информационный вы-  
ход счетчика соединен с адресным  
входом второго блока памяти, выход  
которого через цифровой фильтр сое-  
динен с информационным входом пер-  
вого преобразователя код-напряже-  
ние.

Изобретение относится к вычислительной технике, предназначено для воспроизведения потока случайных импульсов заданной формы и может быть использовано при построении имитационно-моделирующей аппаратуры для исследования и оптимизации структурно сложных систем, при создании автоматизированных систем испытания на механические, электрические и другие воздействия, в частности, для формирования электрического процесса управления объектами с неравномерными частотными характеристиками, например, электродинамическим ударным стендом.

Известно устройство, содержащее генератор случайных импульсов, циклический регистр сдвига, группу генераторов периодических импульсов, элементы И, или [1].

Устройство позволяет формировать поток импульсов со случайными интервалами следования импульсов, с управляемым законом их распределения, но не позволяет формировать более сложные импульсные процессы, например поток импульсов со случайными амплитудами, длительностями и интервалами следования. Кроме того, оно характеризуется сложностью схемного решения (большое количество управляемых генераторов импульсов), сложностью настройки на требуемый закон распределения, требующей решения системы уравнений, невозможностью изменения интенсивности потока без перерасчета настройки закона распределения.

Известно устройство, содержащее группу генераторов исходных случайных процессов, группу формирующих фильтров и блок суммирования. Устройство позволяет формировать случайный процесс с заданной произвольной спектральной плотностью мощности [2].

Однако такое устройство не позволяет формировать импульсные процессы с заданными произвольными законами распределения амплитуд и временных параметров. Кроме того, его реализация требует значительных аппаратных затрат (большое количество формирующих фильтров и генераторов исходных случайных процессов).

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является генератор случайного импульсного процесса, содержащий последовательно соединенные блок памяти, датчик случайных чисел, блок управления, первый генератор импульсов и счетчик импульсов, вход блока памяти соединен с вторым выходом блока управления, последовательно соединенные источник эталонных напряжений,

первый и второй преобразователи код-напряжение и модулятор полярности выходного сигнала, выход которого подключен к выходу генератора, первый регистр, первый вход которого соединен с вторым выходом случайных чисел, второй вход - с третьим выходом блока управления, а выход - с вторыми входами первого преобразователя код-напряжение и модулятора полярности выходного сигнала, реверсивный счетчик, первый вход которого соединен с четвертым входом блока управления, а выход - с вторым входом второго преобразователя код-напряжение, второй регистр, первый вход которого соединен с первым входом реверсивного счетчика, а второй вход - с вторым входом датчика случайных чисел и третьим входом счетчика импульсов, делитель частоты, первый вход которого подключен к выходу второго регистра, а выход - к второму входу реверсивного счетчика, второй генератор импульсов, вход которого соединен с вторым входом делителя частоты [3].

Процесс функционирования генератора можно представить как последовательность повторяющихся циклов, на каждом из которых формируется импульс треугольной равнобедренной формы со случайной амплитудой (А), длительностью (С) и случайным временным интервалом (Т) между началом текущего и последующего импульсов (период следования).

Каждый цикл начинается тем, что формируется три случайных числа, задающих на данном цикле конкретное значение параметров А, С и Т. При этом датчик случайных чисел последовательно подключается блоком управления к области памяти, в которой хранятся последовательности кодов, задающих законы распределения  $F_1(A)$ ,  $F_2(C)$ ,  $F_3(T)$ . (По существу датчик случайных чисел и блок памяти представляют собой программно управляемый генератор случайных чисел, формирующий на каждом цикле последовательно три случайных числа).

Первое случайное число записывается в первый регистр, второе - во второй, третье - в счетчик импульсов, после чего разрешается работа счетчика импульсов, делителя частоты и реверсивного счетчика, в котором к началу цикла записаны нули. На второй вход реверсивного счетчика поступают импульсы с выхода делителя частоты, коэффициент деления которого задается в течение цикла кодом, записанным во втором регистре. При этом состояние счетчика с поступлением каждого импульса увеличивается на единицу до момента, когда в нем

будут записаны все единицы, после чего происходит переключение его в режим обратного счета, а при достижении нулевого состояния работа счетчика на данном цикле запрещается. Таким образом, в течение цикла состояние реверсивного счетчика последовательно изменяется через регулярные промежутки времени с постоянным приращением от нулевого до максимального и обратно. При этом с помощью второго преобразователя код-напряжение, источника эталонных напряжений, первого преобразователя код-напряжение и модулятора полярности выходного сигнала производится преобразование последовательности состояний реверсивного счетчика в аппроксимированный ступенчатый импульс треугольной формы и аналоговое умножение его мгновенной амплитуды с учетом знака на число, записанное в первый регистр.

С помощью первого генератора импульсов и счетчика производится преобразование (развертка) записанного в начале цикла в счетчик числа во временной интервал (Т) периода следования. По окончании преобразования блок управления обеспечивает реализацию нового цикла работы устройства.

Таким образом, генератор формирует поток разнополярных импульсов треугольной равнобедренной формы с тремя случайными параметрами: амплитуда, длительность и период их следования с управляемыми законами распределения.

Недостаток известного генератора состоит в том, что он не позволяет формировать импульсные процессы с формой импульсов, отличной от треугольной, например с полусинусоидальной, трапецеидальной.

Кроме того, он не позволяет формировать импульсный случайный процесс с произвольными соотношениями значений длительностей временных параметров. Генератор формирует процесс с длительностями импульсов, кратными минимальной длительности.

В известном генераторе не предусмотрена возможность простого задания смещения законов распределения временных параметров формируемого процесса, т.е. изменение минимальной длительности импульсов, пауз.

Известный генератор характеризуется низкой точностью воспроизведения формы импульса в заданной точке объекта с неравномерностями амплитудно- и фазо-частотных характеристик, например, электродинамического стенда. Неравномерности АХ и ФХ приводят к искажениям формы импульса на испытуемом объекте. Форма АХ и ФХ стенда изменяется в зависимости

от массы и механических свойств установленного на нем объекта, условий внешней среды. Кроме того, при одинаковых условиях АХ и ФХ разных стендов имеют отличающуюся форму. Поэтому для обеспечения эквивалентности испытаний изделий необходимо формировать на выходе генератора импульсный процесс со сложной формой импульсов, откорректированной с учетом искажений, вносимых из-за неравномерностей ФХ и АХ объекта управления, что невозможно в случае применения устройства-прототипа.

Кроме того, в известном генераторе для задания длительности импульса и периода следования имеются две независимые группы блоков. Формирование интервала периода следования осуществляется с помощью первого генератора импульсов и счетчика импульсов. Задание длительности импульса осуществляется с помощью второго генератора импульсов, второго регистра и делителя частоты. Поэтому оба параметра формируются последовательно во времени, их можно формировать на одном и том же оборудовании (что и реализуется в предлагаемом устройстве).

Целью изобретения является повышение точности формирования импульсных случайных воздействий на объекте управления (например, электродинамическом стенде).

Поставленная цель достигается тем, что в генератор случайного импульсного процесса, содержащий датчик случайных чисел, первый выход которого соединен с информационным входом первого регистра памяти, второй регистр памяти, первый блок памяти, генератор импульсов, выход которого соединен с входом делителя частоты, счетчик, первый преобразователь код-напряжение, выход которого соединен с управляющим входом второго преобразователя код-напряжение, введены второй блок памяти, цифровой фильтр и триггер, единичный выход которого соединен с управляющими входами первого преобразователя код-напряжение, второго регистра памяти и первого блока памяти, а также с первым входом "Опрос" датчика случайных чисел, второй выход которого соединен с информационным входом второго регистра памяти, выход которого соединен с информационным входом второго преобразователя код-напряжение, выход которого является выходом генератора импульсов соединен с вторым входом "Опрос" датчика случайных чисел, выход первого регистра памяти соединен с адресным

входом первого блока памяти, выход которого соединен с управляющим входом делителя частоты, выход которого соединен со счетным входом счетчика, выход переполнения которого соединен со счетным входом триггера и с управляющим входом первого регистра памяти, информационный выход счетчика соединен с адресным входом второго блока памяти, выход которого через цифровой фильтр соединен с информационным входом первого преобразователя код-напряжение.

На чертеже представлена структурная схема генератора случайного импульсного процесса.

Генератор содержит генератор 1 импульсов, делитель 2 частоты, счетчик 3, блок 4 памяти, цифровой фильтр 5, первый 6 и второй 7 преобразователи код - напряжение, триггер 8, датчик 9 случайных чисел, первый 10 и второй 11 регистры памяти, блок 12 памяти.

Все блоки устройства за исключением датчика случайных чисел 9 и цифрового фильтра 5 являются типовыми блоками и узлами вычислительной техники. Генератор 1 импульсов предназначен для формирования опорной последовательности импульсов развертки процесса, для чего может быть использован любой из известных, например на интегральной схеме 155АП1 по типовой схеме включения. Для обеспечения высокой стабильности характеристик формируемого процесса желательно применять генератор на кварцевом резонаторе. Первый вход делителя частоты 2 является счетным входом, второй - входом управления коэффициента пересчета. Наиболее простой является реализация делителя частоты на интегральных микросхемах К589ХЛ4, при этом для обеспечения требуемого диапазона задания коэффициента пересчета последовательно соединяется несколько элементов.

Счетчик 3 содержит счетный вход, выход кода состояния и выход переполнения, в интегральном исполнении существует счетчик подобного типа 155ИЕ7. Триггер 8 содержит счетный вход и выход и может быть выполнен на микросхеме К155ТМ2.

Регистры 10 и 11 содержат входы информации, входы управления и выходы, могут быть выполнены на микросхемах регистров 155ИР1, 155ТМ8.

Блок памяти 4 содержит вход адреса и выход информации, второй блок памяти 12 содержит первый вход адреса, выход информации и второй вход управления, выбирающий первую или вторую половину второго блока памяти 12. Во время формирования процесса информация в обоих блоках

памяти 4 и 12 не меняется, поэтому входы записи информации не показаны. Оба блока памяти 4 и 12 могут быть выполнены на интегральных элементах памяти 155РП1, 155РУ5, 155РУ2, 188РУ2 и др.

Первый преобразователь код-напряжение 6 содержит вход преобразуемого кода, выход напряжения и вход разрешения преобразования, второй преобразователь код - напряжение 7 содержит вход преобразуемого кода, вход опорного напряжения и выход. Преобразователи могут быть выполнены на элементах 572ПА1.

Датчик случайных чисел 9 предназначен для формирования трех потоков случайных чисел с законами распределения, вычисляемыми исходя из требуемых характеристик формируемого процесса. Первый поток чисел поступает на 2-й выход датчика случайных чисел 9 два других потока в режиме разделения времени поступают на 1-й вход датчика случайных чисел 9.

В качестве датчика случайных чисел может быть использовано известное устройство [4], позволяющее формировать множество потоков случайных чисел с произвольными требуемыми законами распределения.

Цифровой фильтр 5 предназначен для коррекции поступающей на его вход последовательности кодов с учетом искажений, вносимых объектом управления (например, электродинамическим стендом) из-за неравномерности его А.Х и Ф.Х (в качестве цифрового фильтра может быть использовано известное [5] устройство).

Работу генератора можно представить в виде непрерывной последовательности циклов, на каждом из которых он формирует импульсы заданной формы со случайной амплитудой А, длительностью  $\tau$  и паузой  $\theta$  между окончанием данного импульса и началом последующего. Каждый цикл состоит из ряда шагов, на каждом шаге происходит формирование одной точки импульсного процесса.

К моменту начала очередного цикла триггер 8 и счетчик 3 устанавливаются в нулевое состояние, и из датчика случайных чисел 9 в первый 10 и второй 11 регистры записываются случайные числа, задающие длительность импульса и амплитуду импульса соответственно. В делителе частоты 2 устанавливается коэффициент пересчета, задаваемый кодом, поступающим из второго блока памяти 12. Адрес считывания во второй блок памяти 12 поступает с выхода первого регистра 10. Нулевое состояние триггера 8 разрешает работу первого преобразователя код - напряжение 6

и считывание информации из первой половины второго блока памяти 12. Импульсы с генератора 1 импульсов поступают на первый вход делителя частоты 2, осуществляющего деление частоты последовательности импульсов с коэффициентом пересчета, определяемым кодом числа, поступающим на второй вход делителя частоты 2 из второго блока памяти 12 (генерация импульса). Период импульса с делителя частоты 2 определяет длительность шага и длительность интервала дискретизации формируемого процесса. Импульсы с выхода делителя частоты 2 поступают на счетный вход счетчика 3. По каждому импульсу происходит последовательное увеличение состояния счетчика 3 на единицу, начиная с нулевого состояния в начале цикла. При этом из первого блока памяти 4 происходит последовательное считывание записанной информации по адресам, формируемым счетчиком 3. Последовательность считанных кодов проходит через цифровой фильтр 5. Первый преобразователь код - напряжение 6 преобразует последовательность кодов с цифрового фильтра 5 в аналоговую форму с учетом их знака, т.е. в электрический сигнал формируемого импульса. Этот сигнал поступает на вход опорного напряжения второго преобразователя код - напряжение 7 и проходит на его выход с амплитудой, пропорциональной коду на входе, поступающему со второго регистра 11. Второй преобразователь код - напряжение 7 выполняет функцию усилителя с цифровым управлением коэффициентом усиления.

В первом блоке памяти 4 записана последовательность кодов, описывающая требуемую форму сигнала. При необходимости получения этой формы в некоторой точке объекта с неравномерностями  $A X$  и  $\Phi X$ , параметры цифрового фильтра 5 ( $A X$  и  $\Phi X$ ) рассчитываются на основании частотных характеристик объекта таким образом, чтобы после прохождения сигнала через объект его формы в заданной точке соответствовала требуемой.

После того, как счетчик 3 достигает максимального состояния, следующим импульсом с делителя частоты 2 счетчик 3 устанавливается в нулевое состояние, а триггер 8 импульсом переполнения с второго выхода счетчика 3 - в единичное состояние. Высокий потенциал с выхода триггера 8 поступает на вход управления второго блока памяти 12, разрешая считывание кодов из второй его половины, и на вход первого преобразователя код - напряжение 6, запрещая дальнейшее преобразование, т.е. на вы-

ходе его - нулевой уровень. Кроме того, импульс переполнения поступает на вход управления первого регистра 10, и в него записывается новый код из датчика случайных чисел 9, определяющий новый адрес считывания во втором блоке памяти 12 и, соответственно, изменяется коэффициент пересчета делителя частоты 2 (генерация паузы). После того, как счетчик 3 снова достигнет максимального состояния, следующим импульсом с делителя частоты 2 счетчик 3 устанавливается в нулевое состояние, триггер 8 импульсом переполнения со второго выхода счетчика 3 - в нулевое состояние, чем разрешается работа первого преобразователя код-напряжение 6, считывание информации из первой половины блока памяти 14 и производится прием новых кодов в первый 10 и второй 11 регистры из датчика случайных чисел 9, определяющих длительность и амплитуду импульса соответственно; начинается формирование следующего импульса, т.е. цикл формирования процесса повторяется сначала.

Датчик случайных чисел 9 формирует поток чисел, принимающих значения  $0, N$ . Длительности импульсов и пауз принимают значения, определяемые кодами, записанными во втором блоке памяти 12, с вероятностями, равными вероятностям соответствующих случайных кодов, формируемых датчиком случайных чисел 9. Во второй блок памяти 12 может быть записана любая требуемая последовательность кодов. При этом длительности импульсов (и пауз) могут иметь произвольные требуемые соотношения (в том числе и кратные минимальной, как в устройстве-прототипе). Это обеспечивает возможность произвольного квантования требуемых знаков распределения, что позволяет повысить точность моделирования и адекватность формируемых воздействий реальным. Прибавление к последовательности кодов, записанной в первой или второй половине второго блока памяти 12, постоянных чисел обеспечивает задание постоянного смещения в длительности импульсов или пауз, т.е. обеспечивается управление смещением закона распределения. Таким образом, предлагаемое устройство формирует импульсный процесс со случайными амплитудой, длительностью импульсов и пауз между импульсами, с произвольной формой импульса в заданной точке объекта.

Предлагаемый генератор случайного импульсного процесса позволяет проводить испытания на импульсные воздействия с любой заданной формой импульса, случайными амплитудой,

длительностью импульса и длительностью паузы; характеризуется широкими функциональными возможностями управления параметрами случайного импульсного процесса, так как возможно задание произвольных соотношений между длительностями импульсов (пауз), как кратных так и не кратных минимальной, простотой управления постоянным смещением значений длительности. В совокупности с возможностью задания произвольных вероятностей значений длительностей импульсов (пауз) и амплитуд это позволяет настроить генератор таким образом, что имитируемый им процесс оказывается наиболее адекватным некоторому реальному по соответствующим статистическим характеристикам, временной конструкции и функции спектральной плотности мощности.

Генератор обеспечивает высокую точность формирования импульсных воздействий на объекте управления (например, на электродинамическом стенде) при испытаниях на случайный удар, поскольку вследствие использования цифрового фильтра 5 он воспроизводит форму импульсов на своем выходе, откорректированную с учетом вносимых объектом искажений из-за нелинейности его  $F(X)$  и  $A(X)$ , благодаря чему достигается эквивалентность испытаний изделий на различных стендах в различных условиях. При изменении условий или смене объекта управления (стенда) цифровой фильтр перестраивается в соответствии с  $A(X)$  и  $F(X)$  объекта управления.

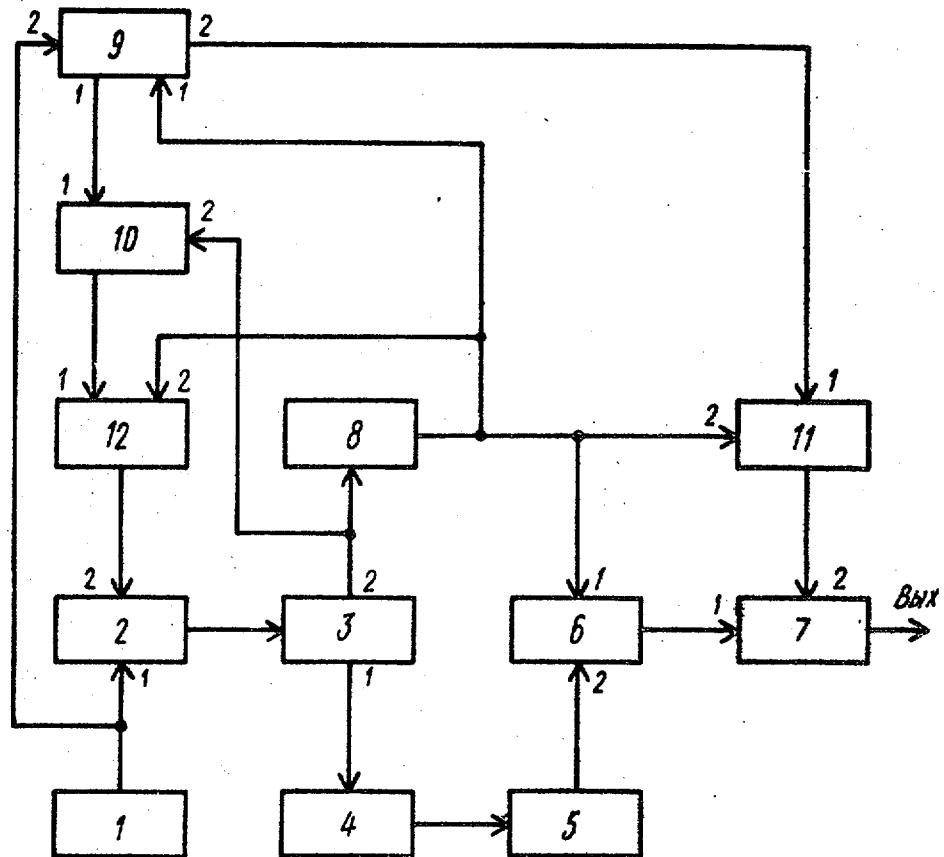
В качестве базового объекта использована микро-ЭВМ СМ-1800 (вариант СМ50/40), в состав которой входит преобразователь код - напряжение. С помощью данной ЭВМ можно формировать случайный импульсный

процесс, используя алгоритм функционирования предлагаемого генератора либо другой аналогичный алгоритм (базовый объект и предлагаемый генератор обладают в принципе одинаковой точностью).

Быстродействие предлагаемого генератора примерно в 50-100 раз больше, чем базового объекта; стоимость базового объекта 50 тыс.руб., а стоимость предлагаемого устройства около 6 тыс. руб.

Для обслуживания одной ЭВМ СМ-1800 требуется два человека, в то время как один человек может обслуживать 3-5 предлагаемых устройств. Кроме того, предлагаемое устройство потребляет меньше электроэнергии и занимает значительно меньшую площадь, чем базовое.

Особенно эффективно применение предлагаемого генератора случайного импульса в составе автоматизированных испытательных систем. При этом управляющая мини-ЭВМ, например "Электроника-60", осуществляет начальную загрузку блоков памяти генератора, датчика случайных чисел и цифрового фильтра; затем, в процессе нескольких циклов его работы, обеспечивает постройку цифрового фильтра с учетом вносимых искажений конкретным объектом управления (например, электродинамическим стендом), добиваясь требуемой формы и параметров импульсов непосредственно на объекте управления, после чего предлагаемый генератор случайного импульсного процесса может работать автономно, а управляющая ЭВМ переключается на решение других задач. Таким образом, управляющая ЭВМ может обслуживать несколько генераторов подобного типа и выполнять в то же время ряд других действий, связанных с решаемой задачей.



Редактор Л.Веселовская      Составитель А.Карасов      Техред Т.Маточка      Корректор Г.Решетник

Заказ 331/48

Тираж 699

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