



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 826346

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 17.08.79 (21) 2833464/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 30.04.81. Бюллетень № 16

Дата опубликования описания 10.05.81

(51) М. Кл.³

G 06 F 7/58

G 07 C 15/00

(53) УДК 681.

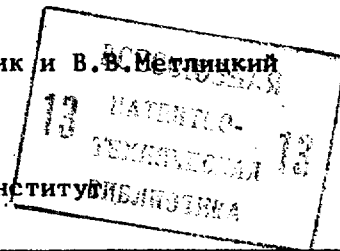
.325(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Э.А.Баканович, В.И.Новиков, Н.И.Мельник и В.В.Метлицкий

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



(54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

1

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано при построении моделирующей аппаратуры для исследования и оптимизации сложных систем.

Известен генератор случайных импульсов, в котором преобразуются случайные импульсные потоки с известными вероятностными характеристиками в случайные импульсные последовательности с требуемыми распределениями параметров импульсного потока. Этот генератор содержит датчики пуассоновских случайных импульсных потоков, блоки проведения случайных испытаний, блоки анализа результата случайных испытаний, блоки преобразования случайных величин в случайные числа или в случайные значения параметров импульсных потоков [1].

Недостаток этого генератора состоит в том, что он не позволяет формировать марковские и полумарковские процессы.

2

Наиболее близким к предлагаемому является генератор случайного процесса, содержащий последовательно соединенные блок ввода, выполненный на датчиках потоков случайных импульсов с регулируемой интенсивностью, блок схем совпадения, схему блокировки, выход которой подключен к общему входу блока схем совпадения. Генератор формирует случайные события в результате случайных испытаний, заключающихся в одновременном отпирании по общему входу блока схем совпадения и установки в регистре кода, соответствующего номеру схемы совпадения, через которую прошел первый с момента начала испытания импульс датчиков блока ввода. Генератор импульсов и счетчик преобразуют полученное случайное число в случайный временной интервал [2].

Недостаток этого генератора состоит в том, что он также не позволя-

ет генерировать марковские и полумарковские процессы.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей устройства за счет формирования марковских и полумарковских случайных процессов.

Поставленная цель достигается тем, что генератор случайного процесса, содержащий группу генераторов случайных импульсов, выходы которых соединены с первыми входами элементов И группы соответственно, выходы которых соединены со входами элемента ИЛИ и со входами шифратора соответственно, выходы которого соединены со входами первого регистра памяти соответственно, выходы которого соединены с разрядными входами счетчика соответственно, счетный вход которого соединен с выходом генератора импульсов, а выход счетчика соединен с его входом "Сброс", введены второй и третий регистры памяти и блок управления, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходами элемента ИЛИ и счетчика, первый выход блока управления соединен со вторыми входами элементов И группы, а второй выход блока управления соединен с первыми входами генераторов случайных импульсов группы и с управляющими входами первого и второго регистров памяти, выходы шифратора соединены со входами второго регистра памяти соответственно, выходы которого соединены со вторыми входами генераторов случайных импульсов группы и со входами третьего регистра памяти соответственно, управляющий вход которого соединен с выходом счетчика, а выходы третьего регистра памяти являются выходами генератора.

Кроме того, каждый генератор случайных импульсов содержит управляющий датчик случайного сигнала, коммутатор, первый и второй блок памяти, адресные входы которых объединены и являются первыми входами генератора, выходы блоков памяти подключены ко входам коммутатора соответственно, управляющий вход которого является вторым входом генератора, выход коммутатора соединен со входом управляемого датчика случайного сигнала, выход которого является выходом генератора.

Кроме того, блок управления содержит первый и второй триггеры, эле-

мент задержки, первый и второй элементы И, первые входы которых объединены и являются первым входом блока, вторым входом которого является единичный вход первого триггера, единичный выход которого соединен со вторым входом второго элемента И, выход которого соединен с единичным входом второго триггера, единичный выход которого является первым выходом блока и через элемент задержки соединен со вторым входом первого элемента И, выход которого соединен с нулевым входом первого триггера, единичный выход которого является вторым выходом блока, а нулевой выход первого триггера соединен с нулевым входом второго триггера.

На фиг. 1 приведена структурная схема генератора случайного процесса; на фиг. 2 - структурная схема генератора случайных импульсов; на фиг. 3 - временная диаграмма работы блока управления; на фиг. 4 - функциональная схема одного из возможных вариантов построения блока управления.

Генератор случайного процесса содержит блок 1 ввода, группу 2 элементов И, шифратор 3, первый регистр 4 памяти, счетчик 5, генератор 6 импульсов, блок 7 управления, элемент ИЛИ 8, второй регистр 9 памяти, третий регистр 10 памяти. Блок 1 ввода выполнен на генераторах 11 случайных импульсов, каждый из которых содержит первый блок 12 памяти, второй блок 13 памяти, коммутатор 14, управляемый датчик 15 случайных сигналов. Блок 7 управления содержит первый триггер 16, второй триггер 17, элементы И 18 и 19, элемент 20 задержки.

Последовательно соединенные блок 1 ввода, группа 2 элементов И, шифратор 3, первый регистр 4 памяти, второй регистр 9 памяти, элемент ИЛИ 8 проводят и регистрируют случайные испытания.

Структура случайного испытания в предлагаемом генераторе не отличается от структуры испытаний в известном и заключается в одновременном отпирании группы 2 с последующей фиксацией в первом регистре 4 или во втором регистре 9 номера элемента И группы 2, через который с момента

начала испытания проходит первый импульс блока ввода.

Для моделирования очередного состояния процесса и интервала между этим состоянием и последующим в предлагаемом генераторе разыгрывается два случайных испытания. Результатом первого (фиг. 3 а) является случайное число, являющееся очередным состоянием процесса, которое при нулевом сигнале на первом выходе блока 7 заносится во второй регистр 9. Случайное число, формируемое в результате второго испытания (фиг. 3 б) при единичном сигнале на первом выходе блока 7 заносится в первый регистр и впоследствии преобразуется генератором 6 и счетчиком 5 в случайный временной интервал, определяющий время перехода в следующее состояние.

Блок 7 управления вырабатывает сигналы в соответствии с временной диаграммой (фиг. 3).

В момент времени t_1 возникает сигнал переполнения счетчика 5, который поступает на второй вход блока 7 и устанавливает в единичное состояние триггер 16. На втором выходе блока 7 вырабатывается сигнал, который открывает элементы И группы 2 и тем самым разрешает случайные испытания. В момент времени t_2 оканчивается первое случайное испытание, на первом входе блока 7 возникает импульс, по которому устанавливается в единичное состояние триггер 17, на первом выходе блока 7 вырабатывается единичный сигнал. Длительность задержки элемента 20 выбрана несколько больше длительности импульса на первом входе блока 7, поэтому триггер 16 в этом случае состояния не изменяет. В момент времени t_3 оканчивается второе случайное испытание, на первом входе блока 7 возникает импульс, по которому сбрасывается триггер 16, а следовательно, и триггер 17. На первом и втором выходах блока 7 устанавливаются нулевые сигналы.

Регистры 4, 9 и 10 имеют информационные входы приема информации и управляющие входы разрешения приема информации, причем регистры 4 и 10 имеют прямые управляющие входы, а регистр 9 - инверсный управляющий вход.

В качестве счетчика 5 используется счетчик, позволяющий организовать

параллельный прием кода по импульсу переполнения, вырабатываемому самим же счетчиком 5 под действием импульсов, поступающих на его счетный вход с выхода генератора 6.

Группа 2 элементов И выполнена на двухвходовых элементах И, первые входы которых подключены к входам группы 2, а вторые входы объединены и соединены с управляющим входом группы 2. Управляемый датчик 15 случайных сигналов формирует поток случайных импульсов, интенсивность которого $\lambda_i = 1, n$, n - число датчиков 15, определяется цифровым кодом, поступающим на его вход. Остальные узлы устройства - типовые элементы вычислительной техники соответствующего назначения.

Устройство работает следующим образом.

Пусть необходимо настроить генератор на моделирование полумарковского процесса, имеющего конечное множество из n состояний.

В блоки 13 памяти записываются значения вероятностей перехода P_{ij} стохастической матрицы процесса $\Pi = [P_{ij}]$, $i, j = 1, n$. Причем при записи значение j определяет номер генератора 11, которому принадлежит блок 13 памяти, а значение i адресует определенную ячейку в выбранном блоке 13 памяти. Следовательно, при возникновении кода i на адресном входе блока 1 ввода из блоков 13 памяти считываются коды вероятностей P_{ij} , соответствующие i -ой строке матрицы Π . При нулевом сигнале на входе блока 1 ввода коды P_{ij} через коммутатор 14 поступают на входы соответствующих датчиков 15, в результате чего интенсивности λ_j случайных потоков на выходах генераторов 11 задаются как

$$\lambda_j = P_{ij} \sum_{k=1}^n \lambda_k$$

Таким образом, вероятность P_j того, что в результате случайного испытания во втором регистре 9 установится значение j определяется значением P_{ij} вероятности перехода.

Для моделирования полумарковского случайного процесса необходимо, чтобы любое i -ое состояние процесса, возникшее случайным образом, однозначно определяло закон распределе-

ния интервала времени, через который система переходит в некоторое следующее состояние. Для этого в каждый блок 12 памяти записывается соответствующий столбец матрицы $R, R = [q_{ij}]$; каждая i -ая строка которой содержит вероятности q_{ij} , $j = 1, n$ равные значениям требуемой функции плотности распределения времени нахождения процесса в состоянии в n равноотстоящих точках квантования. При считывании из блоков 12 содержимого ячеек с адресом i в случае единичного сигнала на управляющих входах коммутаторов 14 датчики 15 настраиваются на формирование потоков с интенсивностями

$$\lambda_j = q_{ij} \sum_{k=1}^n \lambda_k; \quad j = \overline{1, n}$$

Тем самым в результате случайного испытания в регистре 4 устанавливается на случайное число, функция распределения которого определяется строкой q_{ij} , $j = \overline{1, n}$.

Для формирования случайного интервала в устройстве применяются генератор 6 импульсов и счетчик 5, которые преобразуют случайное число, записанное в регистр 4, в случайный временной интервал.

Рассмотрим работу генератора начиная с момента, когда на выходе счетчика 5 появляется импульс переполнения. По этому импульсу содержимое регистра 4 переписывается в счетчик 5, содержимое регистра 9 в регистр 10. Блок 7 вырабатывает на первом выходе нулевой сигнал (фиг. 3, а) разрешающий прием информации в регистр 9, подключение коммутатором 14 считанных из блоков 13 памяти кодов переходных вероятностей на входы датчиков 15, и следовательно, установку требуемых интенсивностей потоков на их выходах.

На втором выходе блока 7 вырабатывается сигнал, который разрешает проведение случайных испытаний.

Первый пришедший с момента начала испытания импульс генераторов 11 блока 1 ввода проходит через группу 2 элементов И, шифратор 3 и устанавливает в регистре 9 код, который соответствует следующему состоянию процесса. Одновременно этот же импульс через схему ИЛИ 8 поступает на первый вход блока 7. Блок 7 на своем первом

выходе вырабатывает единичный сигнал (фиг. 3 б) разрешающий занесение нового случайного числа теперь уже в регистр 4. Коммутаторы 14 подключают к входам датчиков 15 выходы блоков 12 памяти, в результате чего интенсивности потоков на выходах датчиков 15 настраиваются в соответствии с требуемой функцией распределения нахождения процесса в состоянии k , где k - содержимое регистра 9. Выполняется второе случайное испытание. Случайный импульс блока 1 ввода, появившийся первым во втором случайном испытании, устанавливает в регистре 4 код временного интервала для k -го состояния и поступает через элемент ИЛИ 8 на первый вход блока 7 который прекращает случайное испытание.

Импульс переполнения с выхода счетчика 5 переписывает очередное состояние k процесса из регистра 9 в регистр 10 и тем самым делает его текущим, а временной интервал из регистра 4 в счетчик 5. Следовательно, время, в течение которого состояние k текущее, определяется начальным содержимым счетчика 5 и подчиняется заданной функции распределения.

Далее цикл повторяется, блок 7 вырабатывает на первом входе нулевой сигнал и т. д.

Изменением частоты генератора 6 производится требуемое масштабирование интенсивности выходного потока состояний процесса без изменения законов распределения интервалов между состояниями.

Предлагаемый генератор случайного процесса может использоваться как самостоятельное устройство для формирования случайного процесса. Однако наиболее эффективно его применение совместно с управляющей ЭЦВМ или машиной общего назначения, что дает возможность разгрузить ЭЦВМ от достаточно трудоемкой программной имитации случайных процессов, а формирование их возложить на предлагаемый генератор. Это повышает производительность системы при решении задач статистического моделирования, автоматизирует процесс управления генератором.

Анализ показывает, что предлагаемый генератор случайного процесса обладает максимальным быстродействием по сравнению с известным так как в стру-

ктуре генератора применена схема быстрого случайного испытания, наиболее эффективно используются датчики потоков случайных импульсов блока ввода.

Формула изобретения

1. Генератор случайного процесса, содержащий группу генераторов случайных импульсов, выходы которых соединены с первыми входами элементов И группы соответственно, выходы которых соединены со входами элемента ИЛИ и со входами шифратора соответственно, выходы которого соединены со входами первого регистра памяти соответственно, выходы которого соединены с разрядными входами счетчика соответственно, счетный вход которого соединен с выходом генератора импульсов, а выход счетчика соединен с его входом "Сброс", отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей генератора за счет формирования марковских и полумарковских случайных процессов, он содержит второй и третий регистры памяти и блок управления, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходами элемента ИЛИ и счетчика, первый выход блока управления соединен со вторыми входами элементов И группы, второй выход блока управления соединен с первыми входами генераторов случайных импульсов группы и с управляющими входами первого и второго регистров памяти, выходы шифратора соединены со входами второго регистра памяти соответственно, выходы которого соединены со вторыми входами генераторов случайных импульсов группы и со входами третьего регистра памяти соответственно, управляющий вход которого соединен с выходом

счетчика, а выходы третьего регистра памяти являются выходами генератора.

2. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что каждый генератор случайных импульсов содержит управляемый датчик случайного сигнала, коммутатор, первый и второй блоки памяти, адресные входы которых объединены и являются первыми входами генератора, выходы блоков памяти подключены ко входам коммутатора соответственно, управляющий вход которого является вторым входом генератора, выход коммутатора соединен со входом управляемого датчика случайного сигнала, выход которого является выходом генератора.

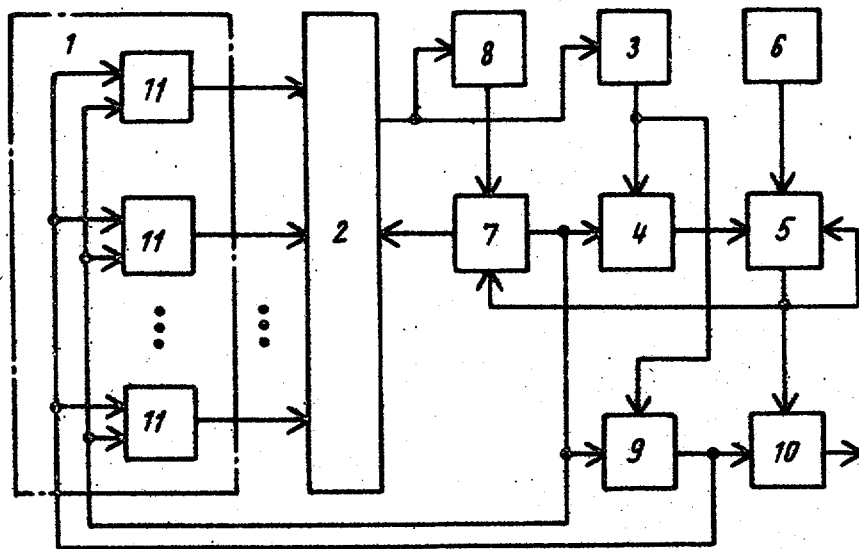
3. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что, блок управления содержит первый и второй триггеры, элемент задержки, первый и второй элементы И, первые входы которых объединены и являются первым входом блока, вторым входом которого является единичный вход первого триггера, единичный выход которого соединен со вторым входом элемента И, выход которого соединен с единичным входом второго триггера, единичный выход которого является первым выходом блока и через элемент задержки соединен со вторым входом первого элемента И, выход которого соединен с нулевым входом первого триггера, единичный выход которого является вторым выходом блока, а нулевой выход первого триггера соединен с нулевым входом второго триггера.

Источники информации,

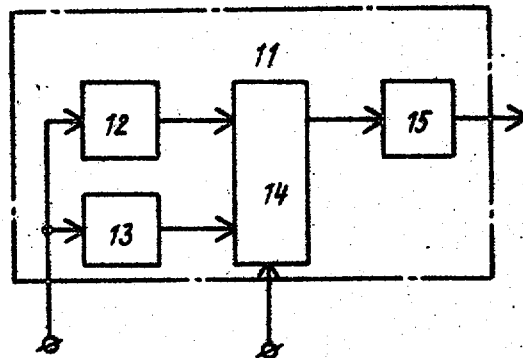
принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 504176, кл. G 06 F 1/02, 1975.

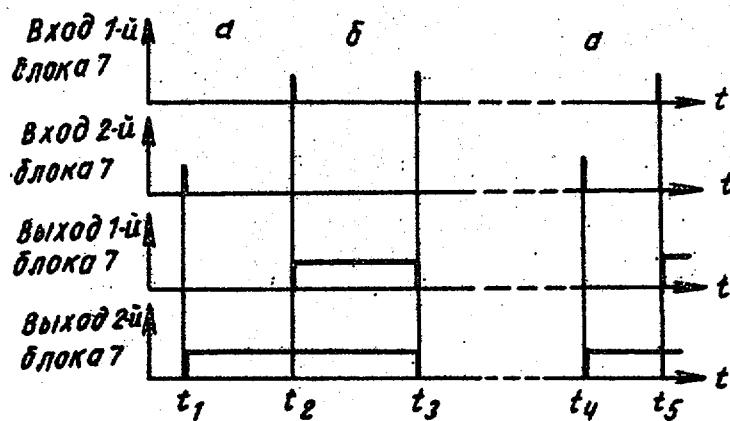
2. Авторское свидетельство СССР № 344431, кл. G 06 F 1/02, 1971 (прототип).



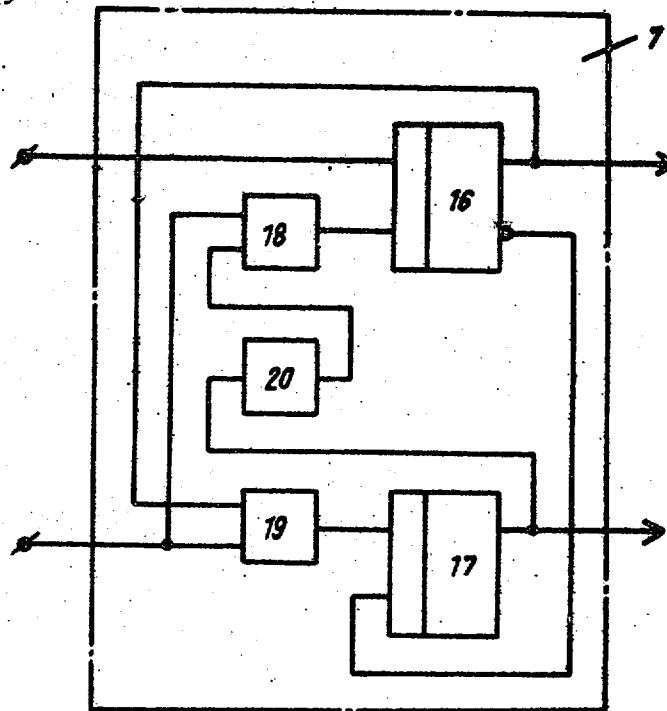
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Редактор С.Шевченко Составитель А.Карасов Техред А.Бабинец Корректор Г.Решетник

Заказ 2516/70 Тираж 745 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4