



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G06F 17/18 (2020.08); G06F 17/12 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020134838, 22.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.10.2020

Дата регистрации:
28.01.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 22.10.2020

(45) Опубликовано: 28.01.2021 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, ФГБОУ
ВО "РГРТУ"

(72) Автор(ы):
Шестеркин Алексей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Рязанский государственный
радиотехнический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1520545 A1, 07.11.1989. RU
2280278 C1, 20.07.2006. US 2005/0027477 A1,
03.02.2005. US 2007/0179363 A1, 02.08.2007.

(54) Устройство для оценки параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений

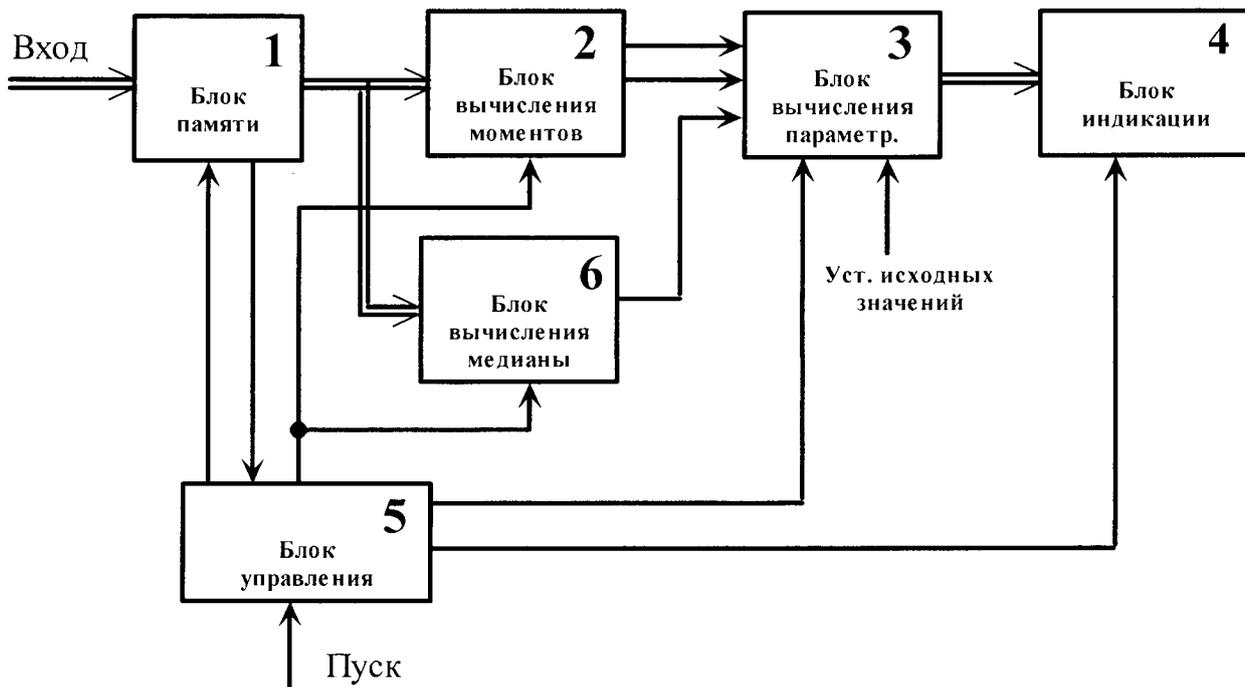
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области устройств определения характеристик случайных процессов. Техническим результатом является определение совокупности параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений, характеризующих исследуемый случайный процесс. Раскрыто устройство для оценки параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений, содержащее блок памяти, блок вычисления моментов распределения, блок вычисления параметров распределения, блок индикации, блок управления, первый и второй выходы которого соединены соответственно с управляющим входом блока памяти и первым управляющим входом блока вычисления параметров распределения, управляющий вход блока вычисления параметров распределения соединен с входом устройства, отличающееся тем, что дополнительно введен блок вычисления медианы, при этом информационные входы устройства подключены к информационным входам блока памяти, выходы которого подключены к блоку управления и к входам блока вычисления

медианы, а также к входам блока вычисления моментов, выходы результатов вычисления первого и второго моментов которого соединены с соответствующими входами блока вычисления параметров распределения, выход блока вычисления медианы соединен с третьим входом блока вычисления параметров распределения, решающего систему из трех уравнений, представляющих равенства первого и второго начального или центрального моментов случайной величины, описываемой суммой двух экспоненциальных распределений, и соответствующих экспериментальных оценок этих моментов, а также равенства функции распределения суперпозиции двух экспоненциальных распределений для случайного значения, равного экспериментальной оценке медианы, величине 0,5, выходы блока вычисления параметров распределения подключены к информационным входам блока индикации, третий и четвертый выходы блока управления соединены соответственно с управляющим входом блока вычисления моментов распределения и блока вычисления медианы, а

также управляющим входом блока индикации, вход блока управления является управляющим

входом устройства. 1 ил., 1 табл.



Функциональная схема устройства для оценки параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений

RU 202070 U1

RU 202070 U1

Предлагаемое техническое решение относится к устройствам определения характеристик случайных процессов и предназначено для вычисления параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений. Его целесообразно использовать при исследовании характеристик газоразрядных матричных индикаторов.

5 Известны устройства для оценки параметров газоразрядных индикаторов, которые позволяют измерить (зарегистрировать) случайные значения времени запаздывания зажигания элементов отображения, занести эти значения в память и затем вычислить необходимые характеристики (например, Связов А.А., Солдатов В.В. Автоматизированные устройства научных исследований параметров газоразрядных
10 знаковинтезирующих индикаторов постоянного тока. Вестник РГРТУ, Выпуск 24, Рязань. 2008 г; С.И. Лаврентьев, Шестеркин А.Н. Устройство для определения плотностей времени запаздывания зажигания элементов отображения газоразрядных индикаторов. Электронная техника, Серия 4 - Электровакуумные и газоразрядные приборы, Выпуск 3(98), 1983 г). Структура этих устройства предполагает, что случайные
15 значения времени запаздывания распределены по экспоненциальному закону и поэтому требуется вычислять лишь единственный параметр распределения, т.е. устройства имеют ограниченные возможности. Это является недостатком аналогов.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является устройство (Авторское свидетельство СССР №1520545 Устройство для определения закона
20 распределения, прототип), в котором проводится оценка параметров распределения на основе моментов. Это устройство содержит блок памяти, блок вычисления моментов распределения, блок вычисления параметров распределения, блок индикации, синхронизатор (в дальнейшем блок управления), первый и второй выходы которого соединены соответственно с управляющим входом блока памяти и первым управляющим
25 входом блока вычисления параметров распределения. Управляющий вход блока вычисления параметров распределения соединен с входом устройства.

В устройстве, принятом в качестве прототипа, вычисление параметров распределения выполняется в два этапа. На первом этапе из системы уравнений, содержащих оценки моментов распределения случайной величины, совокупности априорных
30 (предполагаемых) значений вероятностей, определяющих некоторое распределение, и координат середин интервалов аппроксимации для соответствующих значений априорных вероятностей (система уравнений 10 прототипа) вычисляются два параметра распределения. Для этого на основе предварительных исследований необходимо установить допустимые минимальные и максимальные значения для обоих
35 отыскиваемых параметров. На втором этапе на основе двух ранее найденных параметров, совокупности априорных значений вероятностей и координат середин интервалов аппроксимации для соответствующих значений априорных вероятностей вычисляется третий параметр. Таким образом, для определения параметров распределения, кроме массива случайных значений, на основе которых вычисляются
40 моменты распределения, требуется знание совокупности априорных вероятностей распределения и области определения параметров распределения. В уравнения для вычисления параметров распределения входит множество значений априорных вероятностей и, соответственно, столько же координат середин интервалов аппроксимации. Так как для достоверного задания априорного распределения требуется
45 большое число (до нескольких десятков) значений априорных вероятностей, причем, как это указано в прототипе, точность их задания существенно влияет на погрешность определяемых параметров распределения, то процедура вычисления параметров распределения в известном устройстве достаточно сложная и громоздкая.

Кроме того, целью статистической обработки случайных значений является выявление влияющих факторов, связей между ними и закономерностей, которым подчиняются случайные события и т.п. В известном устройстве (прототипе) вычисленные параметры распределения суммируются, а результат используется как некоторый показатель экспоненты. Интерпретировать каждый вычисленный параметр распределения и оценить его влияние на исследуемый процесс, тем более, для непараметрических статистик (свободных от распределения), в известном устройстве практически невозможно.

Для описания распределения времени запаздывания возникновения разряда газоразрядных матричных индикаторов в ряде случаев (Шестеркин А.Н. Определение надежности зажигания элемента отображения газоразрядного матричного индикатора. Вестник РГРТУ. Вып. 61. Рязань. 2017) используют суперпозицию двух экспоненциальных распределений (гиперэкспоненциальное распределение)

$$f(\tau) = c_1 \lambda_1 \exp(-\lambda_1 \tau) + c_2 \lambda_2 \exp(-\lambda_2 \tau) , c_1 + c_2 = 1. \quad (1)$$

Здесь τ - случайная величина (время запаздывания возникновения разряда), λ_1 - интенсивность зажигания, обусловленная самостоятельным зажиганием элемента отображения (без «подсвета»), λ_2 - интенсивность зажигания элемента за счет влияния горения его в предыдущем такте возбуждения (за счет «подсвета»). Интенсивность зажигания $\lambda = \frac{1}{m}$, m - математическое ожидание времени запаздывания зажигания.

Коэффициенты c_1, c_2 характеризуют вклад каждого из эффектов в зажигание элемента отображения. В дальнейшем c_1 будем обозначать как c , а c_2 - 1-е. Суперпозиция экспоненциальных распределений используется также в теории надежности.

Расчет показателей надежности на основе распределения (1) предполагает знание параметров распределения λ_1, λ_2, c . Способы и устройства для определения этих параметров на основе некоторых теоретических предпосылок или на основе экспериментальных случайных значений автору неизвестны. Вычисление параметров распределения возможно путем решения системы уравнений, содержащих эти (неизвестные) параметры и некоторые характеристики распределения, которые следует определить на основе измеренных случайных значений (например, времени запаздывания).

Определение трех неизвестных параметров возможно из решения системы из трех уравнений. Такие системы уравнений могут быть составлены из равенств первого и второго начальных или центральных моментов соответствующим оценкам этим моментов, а также равенства функции распределения суперпозиции двух экспоненциальных распределений для случайного значения, равного экспериментальной оценке медианы \widehat{me} , величине 0.5:

$$\begin{cases} \frac{c}{\lambda_1} + \frac{(1-c)}{\lambda_2} = \widehat{m} \\ \frac{2c}{\lambda_1^2} + \frac{2(1-c)}{\lambda_2^2} = \widehat{2Nm} \\ ce^{-\lambda_1 \widehat{me}} + (1-c)e^{-\lambda_2 \widehat{me}} = 0.5 \end{cases} , \quad (2)$$

$$\begin{cases} \frac{c}{\lambda_1} + \frac{(1-c)}{\lambda_2} = \widehat{m} \\ \frac{2c}{\lambda_1^2} + \frac{2(1-c)}{\lambda_2^2} - \left[\frac{c}{\lambda_1} + \frac{(1-c)}{\lambda_2} \right]^2 = \widehat{2Cm} \\ ce^{-\lambda_1 \widehat{me}} + (1-c)e^{-\lambda_2 \widehat{me}} = 0.5 \end{cases} . \quad (3)$$

В этих уравнениях: \hat{m} – оценка первого начального (центрального) момента (математического ожидания); $\widehat{2Nm}$ – оценка второго начального момента; $\widehat{2Cm}$ – оценка второго центрального момента (дисперсии). Левые части первых двух уравнений (2) – начальные, а уравнений (3) – центральные моменты суперпозиции двух экспоненциальных распределений.

Оценка медианы те может быть найдена из уравнения $\hat{F}(\hat{m}_e) = 0.5$, где \hat{F} – экспериментальная оценка функции распределения. Если случайная величина принимает значения τ_i ($i=1, 2, \dots, n$), то оценки моментов вычисляются по формулам:

$$\hat{m} = \sum_{i=1}^n \tau_i / n, \quad \widehat{2Nm} = \sum_{i=1}^n \tau_i^2 / n, \quad \widehat{2Cm} = \sum_{i=1}^n (\tau_i - \hat{m})^2 / n.$$

Решение систем уравнений (2) или (3) позволяет найти параметры суперпозиции двух экспоненциальных распределений, которые однозначно характеризуют случайные процессы, в частности, протекающие при зажигании элементов отображения в газоразрядных индикаторах. Точность вычисления этих параметров определяется в основном погрешностью оценок моментов распределения и медианы, которая, в свою очередь, зависит, прежде всего, от числа элементов выборки, на основе которой определяются оценки.

Целью предлагаемого технического решения является определение совокупности параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений, характеризующих исследуемый случайный процесс.

С этой целью в устройство дополнительно введен блок вычисления медианы. Информационные входы устройства подключены к информационным входам блока памяти, выходы которого подключены блоку управления и к входам блока вычисления медианы, а также к входам блока вычисления моментов, выходы результатов вычисления первого и второго моментов которого соединены с соответствующими входами блока вычисления параметров распределения. Выход блока вычисления медианы соединен третьим входом блока вычисления параметров распределения, решающего систему из трех уравнений, представляющих равенства первого и второго начального или центрального моментов случайной величины, описываемой суммой двух экспоненциальных распределений, и соответствующих экспериментальных оценок этих моментов, а также равенства функции распределения суперпозиции двух экспоненциальных распределений для случайного значения, равного экспериментальной оценке медианы, величине 0.5. Выходы блока вычисления параметров распределения подключены к информационным входам блока индикации, третий и четвертый выходы блока управления соединены соответственно с управляющим входом блока вычисления моментов распределения и блока вычисления медианы, а также управляющим входом блока индикации, вход блока управления является управляющим входом устройства.

Функциональная схема устройства для оценки параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений представлена на фиг. Устройство содержит блоки памяти 1, вычисления моментов распределения 2, вычисления параметров распределения 3, индикации 4, управления 5 и вычисления медианы 6.

Устройство работает последовательно в трех режимах: регистрации случайных значений исследуемого процесса, вычисления оценок начальных или центральных моментов и медианы, вычисления параметров распределения и их отображения. Последовательное изменение режимов работы осуществляется сигналами блока управления 5, поступающими на управляющие входы блоков памяти 1, вычисления

моментов распределения 2, вычисления параметров распределения 3 и индикации 4.

Регистрация случайных значений исследуемого процесса начинается при формировании сигнала «Пуск». При этом на управляющий вход блока памяти 1 с блока управления 5 поступает сигнал, устанавливающий блок памяти 1 в исходное состояние и разрешающий запись случайных значений, поступающих на информационные входы устройства. Так как частота поступления случайных значений, их число может существенно отличаться от исследования к исследованию, т.е. время записи данных в блок памяти 1 может существенно изменяться, то в предлагаемом устройстве на дополнительном выходе блока памяти 1 формируется сигнал, свидетельствующий об окончании записи данных. На его основе блоком управления 5 вырабатывается сигнал, переводящий устройство во второй режим: вычисление оценок начальных или центральных моментов блоком 2 и оценки медианы блоком 6.

В третий режим работы устройство переходит при формировании на втором выходе блока управления 5 сигнала, поступающего на первый управляющий вход блока 3. К этому моменту времени оценки моментов и медианы вычислены, а на втором управляющем входе блока 3 установлены исходные значения, которые могут потребоваться для решения систем уравнений (2) или (3). Необходимость таких установок обусловлена, как правило, итерационными методами решения уравнений, которые требуют установки начальных значений параметров, точности вычислений или числа итераций. Время вычисления оценок моментов распределения и медианы блоками 2 и 6, а также параметров распределения блоком 3 практически постоянные и может быть установлено заранее, поэтому время работы этих блоков определяется просто управляющими сигналами блока управления 5 (без обратных связей).

По окончании вычислений найденные значения параметров распределения, т.е. результаты работы устройства, воспроизводятся блоком индикации 4. Отсутствие управляющего сигнала на этом блоке до окончания вычислений не позволяет отображать значения параметров, изменяющихся во время вычислений.

Блоки 1-4 могут быть реализованы по любой из известных структур. Блок управления 5 представляет собой классическую схему задающую.

Достоверность вычисления параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений с помощью предлагаемого технического решения проверялась путем моделирования в среде MathCAD. Для некоторых исходных параметров распределения λ_1, λ_2 , с генерировался массив случайных значений, элементы которого соответствуют суперпозиции двух экспоненциальных распределений, вычислялись численные характеристики распределения: оценки первого, второго начальных и центральных моментов, медианы. Далее из систем уравнений (2) или (3) находились оценки параметров распределения $\widehat{\lambda}_1, \widehat{\lambda}_2, \hat{\epsilon}$. Исследования проводились при различных интенсивностях зажигания λ_1, λ_2 , коэффициенте с, различных объемах выборки n.

В таблице представлены результаты исследований для характерных значений вероятности самостоятельного зажигания элемента отображения $\cong 0.2$, вероятности зажигания «подсвечиваемого» элемента $\cong 0.95$, с = 0.2. Это соответствует интенсивности зажигания элементов отображения $\lambda_1=0.003$ 1/мкс, $\lambda_2=0.04$ 1/мкс. Объем выборки 4000 элементов. Процесс моделирования и вычисления параметров повторялся 50 раз.

45

Результаты оценки параметров распределения.

Оцениваемый параметр	Система уравнений для вычисления параметров распределения		
	(2)	(3)	
с	Миним.	0.15	0.15
	Ср. знач.	0.20	0.21
	Максим.	0.23	0.23
λ_1 , 1/ мкс	Миним.	0.0027	0.0027
	Ср. знач.	0.0030	0.0031
	Максим.	0.0033	0.0034
λ_2 , 1/ мкс	Миним.	0.034	0.036
	Ср. знач.	0.039	0.040
	Максим.	0.040	0.041

Анализ результатов моделирования показывает, что средние значения всех вычисленных параметров практически совпадают с исходными. Увеличение объема выборки до 50000 элементов обеспечивает более точную оценку моментов и, соответственно, более точное вычисление параметров распределения. Если число элементов выборки установить небольшим, например, 500, то ошибка определения параметров распределения и разброс найденных значений существенно увеличиваются. Отметим, что даже при использовании оценок моментов и медианы, вычисленных на основе соответствующих формул для суперпозиции двух экспоненциальных распределений (т.е. идеальных значений), оценки параметров распределений вычисляются с незначительной погрешностью.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет вычислять оценки параметров распределения случайной величины, характеризуемой суперпозицией двух экспоненциальных распределений, с достаточно высокой точностью.

(57) Формула полезной модели

Устройство для оценки параметров суперпозиции двух экспоненциальных распределений, содержащее блок памяти, блок вычисления моментов распределения, блок вычисления параметров распределения, блок индикации, блок управления, первый и второй выходы которого соединены соответственно с управляющим входом блока памяти и первым управляющим входом блока вычисления параметров распределения, управляющий вход блока вычисления параметров распределения соединен с входом устройства, отличающееся тем, что дополнительно введен блок вычисления медианы, при этом информационные входы устройства подключены к информационным входам блока памяти, выходы которого подключены к блоку управления и к входам блока вычисления медианы, а также к входам блока вычисления моментов, выходы результатов вычисления первого и второго моментов которого соединены с соответствующими входами блока вычисления параметров распределения, выход блока вычисления медианы соединен с третьим входом блока вычисления параметров распределения, решающего систему из трех уравнений, представляющих равенства первого и второго начального или центрального моментов случайной величины, описываемой суммой двух экспоненциальных распределений, и соответствующих экспериментальных оценок этих моментов, а также равенства функции распределения суперпозиции двух

экспоненциальных распределений для случайного значения, равного экспериментальной
оценке медианы, величине 0,5, выходы блока вычисления параметров распределения
подключены к информационным входам блока индикации, третий и четвертый выходы
блока управления соединены соответственно с управляющим входом блока вычисления
5 моментов распределения и блока вычисления медианы, а также управляющим входом
блока индикации, вход блока управления является управляющим входом устройства.

10

15

20

25

30

35

40

45

