



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G06F 17/18* (2021.05); *G09G 3/28* (2021.05); *H01J 9/42* (2021.05); *G01R 31/00* (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2021112881, 04.05.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.05.2021Дата регистрации:  
11.01.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.05.2021

(45) Опубликовано: 11.01.2022 Бюл. № 2

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: RU 2646897 C2, 13.03.2018. RU 201281 U1, 08.12.2020. RU 2678646 C1, 30.01.2019. RU 2714382 C1, 14.02.2020. RU 2541109 C1, 10.02.2015. WO 2003063122 A1, 31.07.2003. EP 1365381 A3, 10.01.2007. US 7778555 B2, 17.08.2010.

(54) Устройство для оценки параметров экспоненциального распределения

(57) Реферат:

Полезная модель относится к устройствам определения характеристик случайных процессов при исследовании характеристик газоразрядных матричных индикаторов. Технический результат заключается в повышении достоверности оценки параметров экспоненциального распределения времени запаздывания зажигания газоразрядных матричных индикаторов. Устройство для оценки параметров экспоненциального распределения содержит блоки коммутации анодов и катодов газоразрядных матричных индикаторов, пороговый элемент, измеритель времени запаздывания, элемент задержки, блок управления, блок памяти, блок вычисления оценок. В предлагаемом устройстве для

вычисления оценок параметров распределения используются достоверные результаты измерений времени запаздывания, определенные после окончания переходных процессов, обусловленных коммутацией высоковольтных стимулирующих напряжений, и число недостоверных измерений. Для этого введены средства, обеспечивающие то, что времена запаздывания зажигания, сравнимые с длительностью помех, не переносят в блок памяти, и одновременно подсчитывают число таких ситуаций, что обеспечивает вычисление оптимальных оценок параметров экспоненциального распределения с высокой достоверностью. 2 ил.

Предлагаемое техническое решение относится к устройствам определения характеристик случайных процессов и предназначено для вычисления параметров экспоненциального распределения на основе выборки с усеченными наименьшими результатами измерений. Его целесообразно использовать при исследовании характеристик газоразрядных матричных индикаторов.

Известны устройства для оценки параметров газоразрядных индикаторов, которые позволяют измерить (зарегистрировать) случайные значения времени запаздывания зажигания элементов отображения, занести эти значения в блок памяти и затем вычислить необходимые характеристики (например, Связов А.А., Солдатов В.В. Автоматизированные устройства научных исследований параметров газоразрядных знаков синтезирующих индикаторов постоянного тока. Вестник РГРТУ, Выпуск 24, Рязань. 2008 г.; С.И. Лаврентьев, Шестеркин А.Н. Устройство для определения плотностей определения времени запаздывания зажигания элементов отображения газоразрядных индикаторов. Электронная техника, Серия 4 - Электровакуумные и газоразрядные приборы, Выпуск 3(98), 1983 г.).

В этих устройствах для измерения времени запаздывания зажигания на исследуемый элемент отображения подают стимулирующее напряжение - сотни вольт. Одновременно с подачей стимулирующего сигнала включают измеритель времени запаздывания. При зажигании элемента отображения в нем возникает ток разряда, не превышающий нескольких миллиампер. Время между моментом подачи стимулирующего напряжения и случайным моментом возникновения тока разряда, равное времени запаздывания зажигания, регистрируется для последующей оценки характеристик случайного процесса. Если необходимо определить время запаздывания при «подсвете» горящими или горевшими элементами, то в это же время аналогичные высоковольтные сигналы подают и на «подсвечиваемые» элементы.

Из-за переходных процессов, возникающих при коммутации высоковольтных напряжений, значительных емкостных и индуктивных связей между электродами матричного индикатора на электродах исследуемого элемента непосредственно после формирования стимулирующих сигналов в течение нескольких микросекунд действуют помехи, амплитуда которых может быть больше полезного сигнала. Если проводится измерение времени запаздывания при «подсвете» горящими или горевшими элементами, то длительность этих помех оказывается сопоставима со значительным числом возможных случайных значений времени запаздывания. Например, если среднее время запаздывания зажигания составляет  $\approx 3$  мкс (распределение экспоненциальное), то за это время в среднем происходит  $\approx 63\%$  зажигания. Очевидно, измерение времени запаздывания с такими длительностями при действии значительных помех аналогами будут проведены с низкой достоверностью а, в дальнейшем, с низкой достоверностью будут определены и параметры распределения. Это является недостатком аналогов.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является устройство (Орлов Ю.И., Шестеркин А.Н. Исследование функции распределения в условиях взаимной ионизации разрядных промежутков. Электровакуумные и газоразрядные приборы. Вып. 5(66), 1978 г., прототип), содержащее газоразрядный индикатор, блоки коммутации анодов и катодов, пороговый элемент, измеритель времени запаздывания (кодирующий блок) и блок управления. Первый и второй выходы блока управления подключены к входам блоков коммутации анодов и катодов, а их выходы к электродам газоразрядного индикатора. Выход порогового элемента соединен с первым входом измерителя времени запаздывания. В прототипе, также как и в аналогах, измерение времени запаздывания малых длительностей осуществляется с низкой достоверностью, следовательно, с низкой

достоверностью определяются и параметры распределения.

Если недостоверны наименьшие результаты измерений, то при вычислении оценок параметров распределения их целесообразно исключить из рассмотрения, т.е. выборку подвергнуть цензурированию слева и оценку параметров распределения проводить на основе остальных, не цензурированных результатов измерений.

Известно (например, Шестеркин А.Н. Определение надежности отображения информации на газоразрядных матричных индикаторах. Вестник РГРТУ. Вып. 39. Часть 2. Рязань. 2012 г.), что для описания распределения времени запаздывания возникновения разряда в большинстве случаев можно использовать экспоненциальное распределение. Для выборки, элементы которой имеют экспоненциальное распределение и цензурированы слева (исключены малые случайные значения), оценки смещения  $\hat{t}_{zv}$  и среднего значения  $\hat{m}_{zv}$  можно вычислить по формулам (Гринберг Б., Сархан А. Введение в теорию порядковых статистик. Статистика, М., 1970 г. §21.1):

$$\hat{t}_{zv} = C \left\{ \left[ \frac{1}{C} + (N - r) \cdot a_{r+1} \right] t_{r+1} - a_{r+1} \cdot \sum_{i=r+1}^N t_i \right\}, \quad (1)$$

$$\hat{m}_{zv} = C [\sum_{i=r+1}^N t_i - (N - r) \cdot t_{r+1}]. \quad (2)$$

Здесь  $N$  - число элементов (измерений) в выборке,  $r$  - число цензурированных измерений,  $t_i$  -  $i$ -я порядковая статистика,  $a_{r+1} = \sum_{i=1}^{r+1} \frac{1}{N-i+1}$ ,  $C = \frac{1}{N-r-1}$ . Оценки параметров экспоненциального распределения, вычисленные по формулам (1) и (2), являются оптимальными.

Для оценки параметров распределения по формулам (1) и (2) недостоверные результаты измерений времени запаздывания, имеющие длительность сравнимую с длительностью помех, следует исключить, например, запретив их регистрацию (запись в блок памяти) и одновременно сосчитав число таких ситуаций. Это позволит также снизить требования к пороговому элементу.

Из формул (1) и (2) следует, что для вычисления первого слагаемого оценки смещения и второго слагаемого оценки среднего значения необходимо из не цензурированных результатов измерений выделить минимальную  $t_{r+1}$  порядковую статистику. Реализация этой процедуры, особенно аппаратным способом, достаточно громоздкая и требует дополнительного времени. Оценим возможность исключения этой процедуры.

Вычислим средний временной интервал между соседними порядковыми статистиками. Вероятность зажигания элемента отображения при экспоненциальном распределении за время  $t$ - $P(t)=1-\exp(-t/m)$ ,  $m$  - среднее время запаздывания (Шестеркин А.Н. Определение надежности отображения информации на газоразрядных матричных индикаторах. Вестник РГРТУ. Вып. 39. Часть 2. Рязань. 2012 г.). Для расчетов удобно использовать относительное время подключения  $t_0=t/m$ . При времени подключения  $t_0=0.200$ , вероятность зажигания элемента равна 0.1813. Для «инженерного» объема выборки из 300 элементов (Шестеркин А.Н. Определение объема выборки для исследования времени зажигания газового разряда. Вестник РГРТУ №71, Рязань, 2020 г.) за это время произойдет в среднем 54.38 зажигания из 300. Больше на единицу среднее число зажигания, т.е. в среднем следующее зажигание, происходит при увеличении длительности на 0.004 (до 0.204, среднее число зажигания 55.36). Если  $t_0=0.400$ , то вероятность зажигания элемента равна 0.3297, а увеличение числа зажигания на 1 (от

98.90 до 99.91) происходит при увеличении длительности до 0.405.

Для выборки, содержащей 100 элементов, увеличение среднего числа зажиганий на 1 происходит при увеличении относительного времени подключения от 0.200 до 0.212 или от 0.400 до 0.415. Таким образом, средний временной интервал между соседними начальными статистиками не превышает нескольких процентов, причем если известен некоторый временной интервал, то можно вычислить значение его приращение, в течение которого в среднем должно произойти следующее зажигание элемента, т.е. определить значение следующей порядковой статистики. Тогда, вместо минимальной порядковой статистики не цензурированных результатов измерений  $t_{r+1}$  можно взять значение длительности  $\tau_1$ , вычисленное из формулы  $N[\exp(-\tau) - \exp(-\tau_1)] = 1$ . Здесь  $\tau$  - длительность блокировки записи измеренных значений. После преобразований получим простую и достаточно точную формулу для вычисления длительности

$$\tau_1 \cong \tau + 1/[N \cdot \exp(-\tau)].$$

Нетрудно убедиться, что  $\tau_1$  незначительно превышает  $\tau$ .

Например, для «инженерной» выборки из 300 элементов, эти длительности отличаются на 2.0% при  $t_0=0.200$  и на 1.2% при  $t_0=0.400$ . Отметим также, что возможная погрешность оценки параметров распределения из-за замены  $t_{r+1}$  на  $\tau$  или  $\tau_1$  в формулах (1) и (2) будет существенно меньше, чем разность  $t_{r+1}$  и  $\tau$  или  $\tau_1$ . Это обусловлено тем, что второе слагаемое в формуле (2) в несколько раз меньше, чем первое, а в формуле (1) оба слагаемых примерно равны.

Таким образом, оценка спейсингов (расстояний между соседними порядковыми статистиками) экспоненциального распределения, показывает, что для вычисления оценок параметров, особенно при объемах выборки, обеспечивающих исследования с «инженерной» точностью, в формулах (1) и (2) можно  $t_{r+1}$  заменить на  $\tau$  или  $\tau_1$ . Это позволяет исключить процедуру нахождения в не цензурированных результатах измерений минимальную  $t_{r+1}$  порядковую статистику, следовательно, построить более простое устройство определения параметров распределения.

Целью предлагаемого технического решения является повышение достоверности вычисления параметров экспоненциального распределения.

С этой целью в устройство дополнительно включены элемент задержки, три элемента 2И, триггер, счетчик, блок вычисления оценок и блок памяти, информационный вход которого соединен с выходом измерителя времени запаздывания. Пороговый элемент включен между дополнительным выходом блока коммутации катодов и катодом исследуемого элемента газоразрядного индикатора. Выход порогового элемента и выход элемента задержки соединены с входами первого элемента 2И, выход которого соединен с R-входом триггера. Третий выход блока управления подключен ко второму входу измерителя времени запаздывания, S-входу триггера и входу элемента задержки. Прямой и инверсный выходы триггера соединены соответственно с первыми входами второго и третьего элементов 2И, вторые входы которых подключены к четвертому выходу блока управления. Выход второго элемента 2И соединен с S-входом блока памяти, выход третьего элемента 2И - со счетным входом счетчика. Входы установки в исходное состояние блока памяти и счетчика соединены с пятым выходом блока управления. Выходы блока памяти и счетчика подключены к информационным входам блока вычисления оценок. Управляющий вход блока памяти и первый вход блока вычисления оценок соединены с шестым выходом блока управления. Первый и второй входы блока управления, управляющий вход элемента задержки и второй вход блока вычисления оценок являются входами устройства. Выходы блока вычисления оценок

являются выходами устройства.

Функциональная схема устройства для оценки параметров экспоненциального распределения представлена на фиг. 1. На фиг. 2. представлены временные диаграммы работы устройства.

5 Устройство содержит газоразрядный индикатор 1, блок коммутации анодов 2, блок коммутации катодов 3, пороговый элемент 4, измеритель времени запаздывания 5, блок памяти 6, элемент задержки 7, первый элемент 2И 8, триггер 9, второй и третий элементы 2И 10 и 11, счетчик 12, блок управления 13 и блок вычисления оценок 14.

10 Устройство работает последовательно в двух режимах. В первом режиме осуществляется измерение времени запаздывания, регистрация достоверно измеренных значений и подсчет числа недостоверных результатов измерений. Во втором режиме на основе результатов, полученных в первом режиме, осуществляется вычисление оценок параметров экспоненциального распределения. Последовательное изменение режимов работы осуществляется сигналами блока управления 13.

15 Перед началом измерений, как и в прототипе, устанавливают напряжение стимулирующих сигналов, выбирают исследуемый, и если необходимо, «подсвечивающие» элементы отображения газоразрядного индикатора 1, определяют число измерений  $N$  (объем выборки). В предлагаемом устройстве дополнительно устанавливают время задержки элемента 7. Это время зависит от предполагаемых  
20 характеристик исследуемого элемента отображения, в частности от взаимного расположения исследуемого и «подсвечивающих» элементов отображения, напряжения стимулирующих сигналов и др. Необходимо, чтобы за время формирования сигнала элементом задержки 7 помехи от переходных процессов на электродах исследуемого элемента отображения практически завершились. При поступлении сигнала «Пуск»  
25 выходным сигналом с пятого выхода блока управления 13 в исходное (нулевое) состояние устанавливают блок памяти 6 и счетчик 12. Далее проводится измерение и регистрация времени запаздывания зажигания.

В начале каждого цикла измерений  $T$  на первом и втором выходах блока управления 13 формируются сигналы, которые с помощью блоков коммутации анодов 2 и катодов  
30 3 обеспечивают подачу на необходимые электроды газоразрядного индикатора 1 стимулирующих напряжений (фиг. 2). Одновременно сигналом с третьего выхода блока управления 13 включают измеритель 5 и элемент задержки 7, триггер 9 устанавливают в состояние «1». Далее возможны две ситуации. В первой из них элемент отображения газоразрядного индикатора 1 зажигается во время действия значительных помех, т.е.  
35 сигнал на выходе порогового элемента 4 формируется во время действия сигнала задержки на выходе элемента 7 (левая часть фиг. 2). Выходной сигнал порогового элемента 4 выключает измеритель времени запаздывания 5, кодирование времени запаздывания завершено. Кроме того, выходной сигнал порогового элемента 4, совпадающий по времени с выходным сигналом элемента задержки 7, обеспечит  
40 формирование на выходе первого элемента 2И сигнала, который переключит триггер 9 в «0» состояние. При окончании текущего цикла измерений на пятом выходе блока управления 13 формируется сигнал, который через третий элемент 2И увеличит состояние счетчика 12 на единицу. В этой ситуации сигнал на выходе второго элемента 2И 10 не будет сформирован, поэтому недостоверный результат измерения,  
45 зафиксированный в измерителе времени запаздывания 5, в блок памяти 6 записан не будет.

Во второй ситуации элемент отображения газоразрядного индикатора 1 зажигается после окончания сигнала задержки на выходе элемента 7 (правая часть фиг. 2), т.е.

после завершения переходных процессов, возникающих при коммутации высоковольтных напряжений. При зажигании элемента отображения на выходе порогового элемента 4 формируется сигнал, который завершает измерение времени запаздывания зажигания блоком 5. На выходе первого элемента 2И сигнал не изменяется и триггер 9 остается в состоянии «1». Как и в предыдущей ситуации, в конце цикла измерений на пятом выходе блока управления 13 формируется сигнал, который теперь через второй элемент 2И обеспечит перенос достоверно измеренного времени запаздывания зажигания из измерителя 5 в блок памяти 6. Очевидно, в текущей ситуации сигнал на выходе третьего элемента 2И сформирован не будет и состояние счетчика 12 не изменится. Рассмотренная последовательность операций (первый режим) будет повторяться до завершения всех  $N$  измерений. Таким образом, при завершении первого режима в блоке памяти 6 будут записаны достоверные результаты измерений времени запаздывания зажигания, а в счетчике 12 - число цензурированных результатов измерений.

Во второй режим работы устройство переходит при формировании на шестом выходе блока управления 13 сигналов, поступающих на управляющий вход блока памяти 6 и вход блока вычисления оценок 14. При этом последовательно осуществляется перенос данных из блока памяти 6 и счетчика 12 в блок вычисления оценок 14 и последующее вычисление параметров распределения в соответствии с формулами (1) и (2), в которых минимальную  $t_{r+1}$  порядковую статистику можно заменить скорректированным или просто временем задержки элемента 7.

Блоки 2, 3, 4, 5, 6 и 7 можно выполнить по любой известной схеме. Блок управления 13 представляет собой традиционную время задающую схему. Блок 14, осуществляющий вычисление оценок по формулам (1) и (2) и может быть реализован аппаратным или программным способом.

Достоверность вычисления параметров экспоненциального распределения с цензурированными слева элементами с помощью предлагаемого технического решения проверялась путем моделирования в среде MATLAB. Для этого при некоторых исходных параметрах распределения: среднем значении (интенсивности)  $m$  ( $\lambda$ ) и смещении  $\tau$  генерировался массив, содержащий  $N$  случайных значений времени запаздывания, элементы которого соответствуют экспоненциальному распределению. Классическим методом вычислялись оценки среднего значения -  $\hat{m}_{kl}$  и смещения -  $\hat{\tau}_{kl}$ . Затем сформированный массив сортировался по возрастанию. Устанавливалось некоторое пороговое значение времени, как часть исходного среднего значения времени запаздывания  $m$ . Из ранжированного массива исключались элементы (случайные значения)  $t_1, t_2, \dots, t_{r-1}, t_r$ , которые меньше установленного порогового значения, фиксировалось число удаленных элементов  $\tau$ , т.е. проводилось цензурирование массива. Среди оставшихся после удаления «недостоверных» элементов массива выделялся наименьший элемент  $t_{r+1}$ . Затем на основе цензурированной выборки, используя уравнения (1) и (2), вычисляли оценки среднего значения  $\hat{m}_{zv}$  и смещения  $\hat{\tau}_{zv}$  с использованием наименьшей статистики  $t_{r+1}$  и при ее замене на  $\tau_1$ .

Для определения параметров экспоненциального распределения с «инженерной» точностью и достоверностью объем выборки должен содержать около 300 случайных значений (Шестеркин А.Н. Определение объема выборки для исследования времени зажигания газового разряда. Вестник РГРТУ №71, Рязань, 2020 г.), поэтому при моделировании  $N$  устанавливался равным 300. Так как значения оценок являются

случайными, то для каждого исходного значения моделирование повторялось многократно ( $M$  раз), а затем вычислялись минимальное, среднее, максимальное значение оценок, а также среднее абсолютное отклонение от оценки среднего значения.

Результаты моделирования (оценки параметров распределения).

5

10

15

20

25

Оцениваемый параметр		Эксперимент №1		Эксперимент №2	
		Параметры распределения, вычисленные			
		по всей выборке	по цензурированной выборке (18%)	по всей выборке	по цензурированной выборке (33%)
$\hat{m}$	Миним.	0.8592	0.8583	0.8685	0.8696
	Ср. знач.	0,9961	0.9964	1.0058	1.0064
	Максим.	1.1497	1.1489	1.1170	1.1192
	Среднее абс. отклонение	0.0467	0.0470	0.0432	0.0434
$\hat{t}$	Миним.	1.2505e-04 (0.0200)	-0.1182 (-0.0951)	2.925e-05 (0.0200)	-0.1362 (-0.1749)
	Ср. знач.	0.0030 (0.0231)	0.0013 (0.0211)	0.0037 (0.0236)	0.0017 (0.0234)
	Максим.	0.0137 (0.0338)	0.0730 (0.0853)	0.0175 (0.0374)	0.1126 (0.1319)
	Среднее абс. отклонение	0.0023 (0.0023)	0.0276 (0.0258)	0.0027 (0.0027)	0.0387 (0.0392)

30

35

В таблице представлены результаты исследований для двух экспериментов, в каждом из которых 100 ( $M=100$ ) раз сформированы массивы случайных значений. В первом эксперименте параметры распределения определены классическим методом и на основе выборки, цензурированной в среднем на 18%. Во втором эксперименте (на основе других случайных значений) параметры распределения определены также классическим методом и на основе выборки, цензурированной в среднем на 33%. Среднее значение времени запаздывания зажигания устанавливалось равным единице, т.е., фактически относительное значение. Результаты для любого времени можно получить простым умножением на соответствующее значение.

40

45

Анализ результатов моделирования показывает, что минимальные, максимальные и средние значения оценок среднего значения времени запаздывания, вычисленные классическим способом (на основе всех элементов выборки) и на основе цензурированных слева выборок практически совпадают. Средние значения оценок  $\hat{m}_{zv}$  и  $\hat{m}_{kl}$ , отличаются от исходных менее чем на 1%. Такая точность для средних значений обусловлена большим числом элементов (30000), на основе которых определялись оценки  $\hat{m}_{kl}$  и  $\hat{m}_{zv}$ . Минимальные и максимальные оценки среднего значения  $\hat{m}_{kl}$  и  $\hat{m}_{zv}$  отличаются от истинных примерно на 15%. Это объясняется тем, что каждая из указанных оценок вычисляется для выборки, состоящей лишь из 300 элементов, и большом числе повторов.

В процессе исследований установлено, что в каждом повторе моделирования оценки среднего значения, вычисленные по полной и цензурированной выборке, практически всегда либо превышали, либо были меньше истинного значения и значительно меньше отличались друг от друга. Об этом свидетельствуют примерно равные средние абсолютные отклонения от оценки среднего значения. Отношения оценок среднего значения для полной и цензурированной выборок для одних и тех же повторов также не превышают 5%, что свидетельствует о том, что основная погрешность оценки среднего значения не зависит от метода вычисления оценок, а возникает из-за ограниченного объема выборки и свойств генератора случайных чисел. Отметим, что при исключении из выборки 50% минимальных случайных значений максимальная погрешность оценки среднего значения при 100 повторах не превышала 15%, а при цензурировании даже 95% элементов выборки - 25%.

Оценка смещения времени запаздывания  $\hat{t}$  проводилась в двух режимах: при исходном нулевом смещении и при смещении, равном  $0.2m$ . Результаты моделирования для первого режима (смещение образовано минимальным случайным значением в сформированном массиве) записаны в верхних строчках соответствующих ячеек таблицы, для второго режима (смещение введено принудительно) - в нижних строчках (для наглядности последние записаны в скобках).

Средние значения смещения, вычисленные для первого режима как по всем, так и по цензурированным выборкам, близки друг к другу, однако не превышают 0.5% от среднего значения, и поэтому ими можно пренебречь. Средние значения смещения, вычисленные для второго режима как по всем, так и по цензурированным выборкам практически совпадают между собой и с принудительно введенным смещением. Так как при оценке смещения по всей (не цензурированной) выборке к принудительно введенному смещению добавлялось смещение, образованное минимальным случайным значением в сформированном массиве, то оценки смещения, вычисленные классическим способом незначительно выше, чем исходные значения и оценки смещения цензурированных выборок.

Минимальные и максимальные значения смещения, вычисленные для второго режима как по всем, так и по цензурированным выборкам по абсолютной величине существенно отличаются друг от друга и от принудительно введенного смещения, однако по отношению к среднему значению они являются незначительными. Как и при оценке среднего значения в каждом повторе моделирования оценки смещения, вычисленные по полной и цензурированной выборке, практически всегда превышали или были меньше истинного значения и в меньшей степени отличались друг от друга. Об этом свидетельствуют примерно равные средние абсолютные отклонения смещения от оценки ее среднего значения.

Анализ оценок смещения показывает, для того чтобы обеспечить более точную оценку смещения для цензурированных выборок следует увеличить объем выборки, что при реализации устройства оценки параметров практически всегда значительно проще, чем осуществить достоверное измерение малых длительностей времени запаздывания зажигания.

Установлено, что для выборки, состоящей из 300 элементов, при времени задержки  $0.2 \cdot m$  минимальное, среднее и максимальное значения первого элемента из цензурированного массива равны, соответственно,  $0.2000 \cdot m$ ,  $0.2037 \cdot m$  и  $0.2222 \cdot m$ . При времени задержки  $0.4 \cdot m$  минимальное, среднее и максимальное значения первого элемента из цензурированного массива равны, соответственно,  $0.4000 \cdot m$ ,  $0.4040 \cdot m$  и  $0.4226 \cdot m$ . Для выборки, состоящей из 100 элементов, при времени задержки  $0.2 \cdot m$

минимальное, среднее и максимальное значения первого элемента из цензурированного массива равны соответственно,  $0.2000 \cdot m$ ,  $0.2138 \cdot m$  и  $0.2751 \cdot m$ . При времени задержки  $0.4 \cdot m$  минимальное, среднее и максимальное значения первого элемента из цензурированного массива равны, соответственно,  $0.4002 \cdot m$ ,  $0.4151 \cdot m$  и  $0.4599 \cdot m$ .

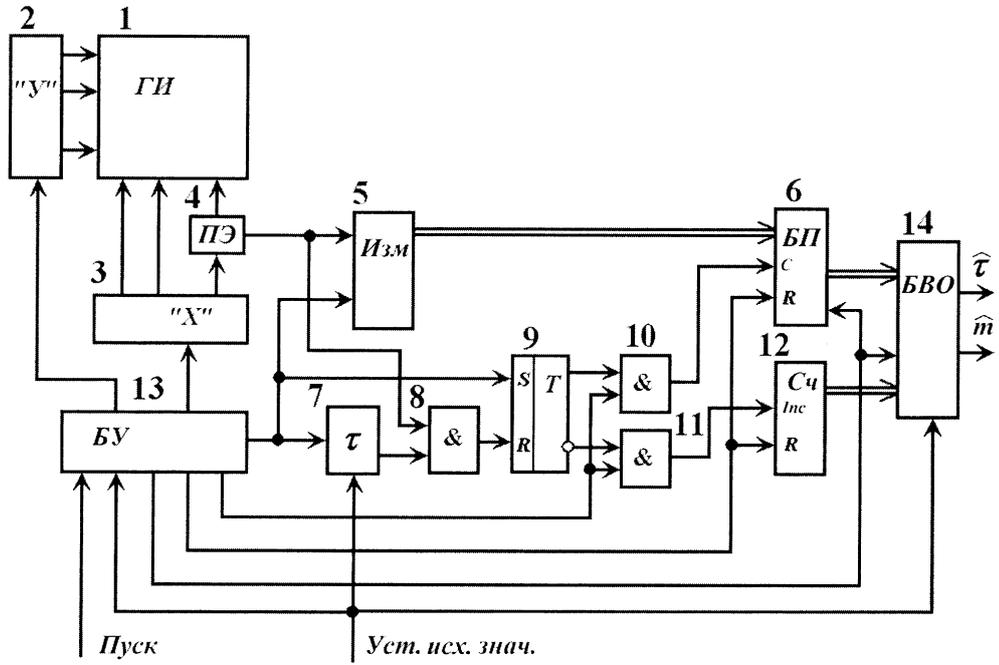
5 Поэтому при обработке одних и тех же массивов случайных значений замена в формулах (1) и (2) наименьший статистики  $t_{r+1}$  на время  $\tau$ , равное длительность блокировки записи измеренных значений (на время задержки элемента  $\tau$ ) даже без пересчета на  $\tau_1$ , лишь в некоторых случаях приводила к изменению данных, приведенные в таблице, на одну-  
10 две единицы в последнем, четвертом знаке после запятой.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет с высокой достоверностью определять оптимальные оценки параметров экспоненциального распределения за счет использования при вычислениях только достоверных результатов измерений времени запаздывания. Если исключить процедуру нахождения в не цензурированных результатах измерений минимальной  $t_{r+1}$  порядковой статистики, то  
15 предлагаемое устройство определения параметров распределения будет более простым.

#### (57) Формула полезной модели

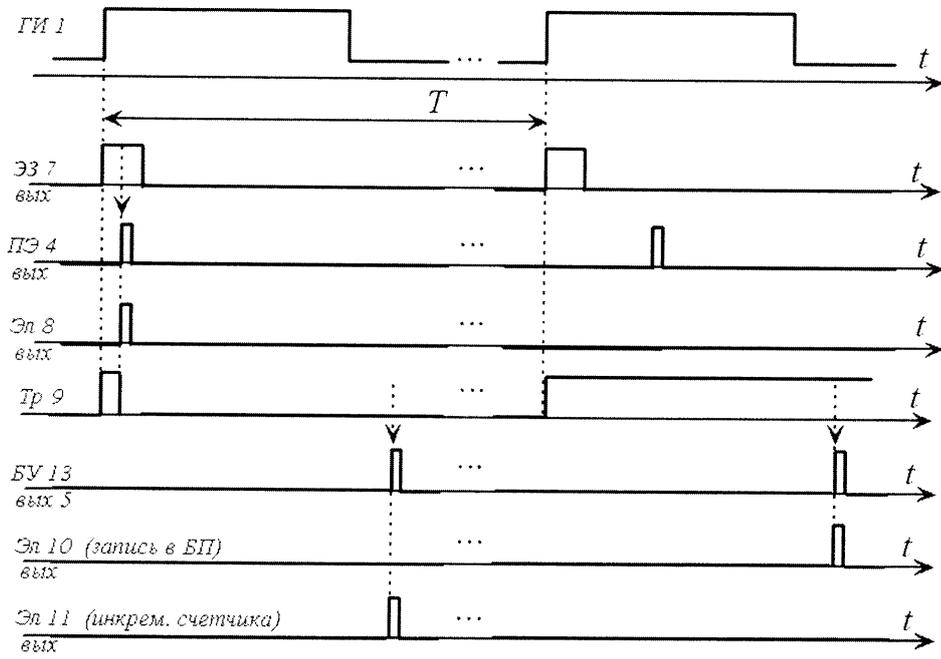
Устройство для оценки параметров экспоненциального распределения, содержащее  
20 блоки коммутации анодов и катодов, пороговый элемент, измеритель времени запаздывания, блок управления, первый и второй выходы которого подключены к входам блоков коммутации анодов и катодов, а их выходы соответственно к анодам и катодам исследуемого газоразрядного индикатора, выход порогового элемента соединен с первым входом измерителя времени запаздывания, отличающееся тем, что  
25 в устройство дополнительно включены элемент задержки, первый, второй и третий элементы 2И, триггер, счетчик, блок вычисления оценок и блок памяти, информационный вход которого соединен с выходом измерителя времени запаздывания, между дополнительным выходом блока коммутации катодов и катодом исследуемого  
30 элемента газоразрядного индикатора включен пороговый элемент, третий выход блока управления подключен ко второму входу измерителя времени запаздывания, S-входу триггера и входу элемента задержки, выход порогового элемента и выход элемента задержки соединены с входами первого элемента 2И, выход которого соединен с R-  
35 входом триггера, прямой и инверсный выходы триггера соединены соответственно с первыми входами второго и третьего элементов 2И, вторые входы которых подключены к четвертому выходу блока управления, выход второго элемента 2И соединен с C-  
40 входом блока памяти, выход третьего элемента 2И - со счетным входом счетчика, входы установки в исходное состояние блока памяти и счетчика соединены с пятым выходом блока управления, выходы блока памяти и счетчика подключены к информационным входам блока вычисления оценок, управляющий вход блока памяти и первый вход блока вычисления оценок соединены с шестым выходом блока  
45 управления, первый и второй входы блока управления, управляющий вход элемента задержки и второй вход блока вычисления оценок являются входами устройства, выходы блока вычисления оценок являются выходами устройства.

1



Фиг.1. Функциональная схема устройства

2



Фиг.2. Временные диаграммы работы устройства