



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 856435

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 17.12.79 (21) 2853462/28-13

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 23.08.81. Бюллетень № 31

Дата опубликования описания 28.08.81

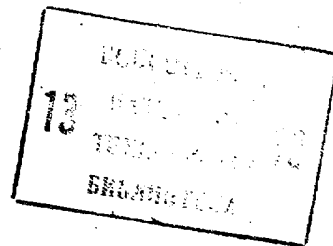
(51) М. Кл.³
А 61 В 5/02
В 61 В 6/00

(53) УДК 615.47
(088.8)

(72) Автор
изобретения

Ф. М. Тищенко

(71) Заявитель



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕБИТА КРОВИ

1

Изобретение относится к медицинской технике и может быть использовано при исследовании гемодинамики методами разведения и клиренса радиоактивных индикаторов.

Известно устройство для измерения дебита крови, содержащее датчик, схему совпадения, счетчик импульсов, регистр, индикатор (регистратор), делитель частоты, реле времени, триггер и элемент задержки [1].

Недостатком этого устройства является наличие некомпенсированной систематической погрешности измерения.

Известно также устройство для измерения дебита крови, содержащее датчик, два реле времени, триггер, последовательно включенные счетчик импульсов, регистр, преобразователь код-частота и делитель частоты, регистратор, две схемы совпадения, элемент задержки, выход которого подключен к обнуляющему входу счетчика импульсов, второй делитель импульсов и два элемента ИЛИ, выход одного из которых соединен с управляющим входом счетчика импульсов, а вход этого элемента ИЛИ соединен со входом синхронизации регистра [2].

2

Недостатком известного устройства является большая статистическая погрешность измерения, которая определяется погрешностью измерения разности $N_1 - N_2$, где

$$N_1 = \frac{n(t_1)}{\lambda} (1 - e^{-\lambda \Delta t}) = \frac{n_0 - N\lambda}{\lambda} (1 - e^{-\lambda \Delta t}); \quad (1)$$
$$N_2 = \frac{n(t_2)}{\lambda} (1 - e^{-\lambda \Delta t}) = \frac{n_0 - 2N\lambda}{\lambda} (1 - e^{-\lambda \Delta t}). \quad (2)$$

Известно, что статистическая погрешность измерения разности равна

$$\delta_1 = \frac{\sqrt{N_1 + N_2}}{N_1 - N_2} \cdot 100\%.$$

10 Например, при $N = 10^3$; $\Delta t = 0,1$ с;
 $\lambda = 0,1$ с⁻¹ и $n_0 = 10^3$
$$N_1 = \frac{10^3 - 10^3 \cdot 0,1}{0,1} (1 - e^{-0,01}) = \frac{900}{0,1} (1 - 0,99) = 90;$$
$$N_2 = \frac{10^3 - 2 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{0,1} (1 - e^{-0,01}) = 80; \quad (3)$$

15
$$\delta_1 = \frac{\sqrt{90 + 80}}{90 - 80} \cdot 100\% = 130,4\%.$$

Цель изобретения — уменьшение статистической погрешности измерения.

20 Поставленная цель достигается тем, что в устройство, содержащее датчик, элемент ИЛИ, регистратор элемент задержки и последовательно включенные первый счетчик,

регистр, преобразователь код—частота и делитель частоты, введены генератор, второй счетчик, второй регистр, второй преобразователь код—частота и два счетчика-регистра, причем выход датчика подключен к счетному входу первого счетчика, импульсный выход которого соединен с входом синхронизации второго регистра и одним из входов элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с входом элемента задержки, выходом переноса второго счетчика и входом синхронизации первого регистра, выход элемента задержки подключен к сбросовому входу первого счетчика, управляющий вход второго счетчика подключен к выходу элемента ИЛИ и к управляющему входу первого счетчика, выход генератора подключен к счетному входу второго счетчика, информационные выходы которого через второй регистр подключены к информационным входам первого и второго счетчиков-регистров, выход переноса одного из которых соединен с соответствующим входом синхронизации и одним из входов регистратора, а счетные входы второго и первого счетчиков-регистров подключены соответственно к выходу делителя частоты и выходу второго преобразователя код—частота, информационные входы которого подключены к информационным входам первого преобразователя код—частота.

На чертеже изображена структурная схема устройства для измерения дебитов.

Устройство содержит датчик 1, элемент 2 задержки, выход которого подключен к общему входу счетчика 3 импульсов, управляющие входы последнего соединены с управляющими входами счетчика 4 и выходом элемента ИЛИ 5, один из входов которого соединен с выходом переноса счетчика 4, входом синхронизации регистра 6 и входом элемента 2 задержки, а другой вход элемента ИЛИ 5 соединен с импульсным выходом счетчика 3 импульсов и входом синхронизации регистра 7. Информационные входы регистра 6 соединены с соответствующими выходами счетчика 3 импульсов, а выходы — с входами преобразователей 8 и 9 код—частота, выходы которых подключены соответственно к счетному входу счетчика-регистра 10 и входу делителя 11 частоты. Информационные входы регистра 7 соединены с соответствующими выходами счетчика 4, а выход — с информационными входами счетчиков-регистров 10 и 12, выходы переноса которых соединены с их же входами синхронизации и входами регистратора 13. Счетные входы счетчиков 3 и 4 подключены соответственно к датчику 1 и генератору 14.

Устройство работает следующим образом.

В исходном состоянии счетчики 3 и 4, регистры 6 и 7 и делитель 11 установлены

в нулевое положение, а счетчики-регистры 10 и 12 — в положение «+1». При этом на выходах преобразователей 8 и 9 код—частота и входах регистратора 13 импульсы отсутствуют. Импульсы с выхода датчика 1 поступают на счетный вход счетчика 3, который работает на сложение. Одновременно импульсы генератора 14 поступают на счетный вход счетчика 4, который также работает в режиме сложения. На вход счетчика 3 за время t_1 поступает количество импульсов N (равное, например, 1000).

$$N = \int_0^{t_1} n_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{n_0}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}). \quad (4)$$

После набора N импульсов с импульсного выхода счетчика 3 на вход синхронизации регистра 7 поступает импульс, осуществляя запоминание в регистре 7 времени, в течение которого на вход счетчика 3 поступило число импульсов N . Этот же импульс через элемент ИЛИ 5 поступает на управляющие входы счетчиков 3 и 4, которые начинают после этого работать на вычитание.

В течение второго промежутка времени, равного t_1 , в счетчик 3 поступает число импульсов

$$N_0 = \int_0^{t_1} n_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{n_0}{\lambda} e^{-\lambda t_1} (1 - e^{-\lambda t_1}) = \frac{n(t_1)}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}), \quad (5)$$

которое вычитается из числа N . К концу второго промежутка в счетчике 3 фиксируется число импульсов

$$N - N_0 = \frac{n_0}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1})^2, \quad (6)$$

которое записывается в регистр 6, когда счетчик 4 переходит в нулевое положение и импульс переноса с его выхода поступает на вход синхронизации регистра 6. Одновременно импульс с выхода счетчика 4 через элемент 2 задержки поступает на общий вход счетчика 3 импульсов, а также через элемент ИЛИ 5 на управляющие входы счетчиков 3 и 4, которые снова начинают счет на сложение (начинается второй отсчет времени, в течение которого на вход счетчика 3 поступает число импульсов, равное N). Одновременно с этим на выходах преобразователей 8 и 9 (линейное преобразование и квадратичное преобразование) появляются периодические импульсы, частота которых соответственно равна

$$f_1 = \frac{1}{T} (N - N_0), \quad (7)$$

$$f_2 = \frac{1}{T} (N - N_0)^2, \quad (8)$$

$$\text{при } T = \frac{10^3}{n_0}.$$

Первый приходящий на счетный вход счетчика-регистра 10 импульс частоты f_1 производит досчет до нуля, и импульс переноса с выхода счетчика-регистра 10 осуществляет прием в него числа t_1 из регистра 7. Последующие импульсы с частотой f_1 производят вычитание до нуля счет-

чика-регистра 10, и на выходе последнего появляется импульс переноса, который поступает на вход синхронизации, производящий новый прием числа t_1 из регистра 7. Частота повторения импульсов переноса на выходе счетчика-регистра 10 равна

$$F_1 = \frac{f_1}{t_1} = \frac{10^m}{t_1} \left(\frac{N - N_0}{N} \right). \quad (9)$$

Импульсы частотой f_2 поступают с выхода преобразователя 9 код—частота на вход делителя 11 частоты, коэффициент деления которого равен $2N$. На выходе делителя 11 появляются импульсы, частота которых равна $f_2/2N$. Эти импульсы поступают на счетный вход счетчика-регистра 12, и первый импульс производит досчет до нуля, в результате чего импульс переноса, появляющийся на выходе счетчика-регистра 12, осуществляет прием в него числа t_1 из регистра 7. Последующие импульсы частотой $f_2/2N$ производят вычитание до нуля счетчика-регистра 12 и новый прием числа t_1 из регистра 7. Частота импульсов переноса на выходе счетчика-регистра 12 равна

$$F_2 = \frac{f_2/2N}{t_1} = \frac{10^m}{2t_1} \left(\frac{N - N_0}{N} \right)^2. \quad (10)$$

Регистратором 13, в качестве которого используют электронный цифровой частотмер, работающий в режиме измерения суммы двух частот, поступающих по двум раздельным входам, измеряют сумму частот $F_1 + F_2 = \frac{10^m}{t_1} \left[\frac{N - N_0}{N} + \frac{1}{2} \left(\frac{N - N_0}{N} \right)^2 \right] = \frac{10^m}{t_1} \left[1 - e^{-\lambda t_1} + \frac{1}{2} (1 - 2e^{-\lambda t_1} + e^{-2\lambda t_1}) \right] = \frac{10^m}{t_1} \left[\frac{3}{2} - 2e^{-\lambda t_1} + \frac{1}{2} e^{-2\lambda t_1} \right] = \frac{10^m}{t_1} \left[\frac{3}{2} - 2 \left(1 - \lambda t_1 + \frac{(\lambda t_1)^2}{2} - \frac{(\lambda t_1)^3}{6} + \frac{(\lambda t_1)^4}{24} - \dots \right) + \frac{1}{2} \left(1 - 2\lambda t_1 + \frac{(2\lambda t_1)^2}{2} - \frac{(2\lambda t_1)^3}{6} + \frac{(2\lambda t_1)^4}{24} - \dots \right) \right] = \frac{10^m}{t_1} \left[\lambda t_1 - \frac{(\lambda t_1)^3}{6} + \frac{(\lambda t_1)^4}{24} - \dots \right] \approx \frac{10^m}{t_1} \lambda t_1 = 10^m \lambda, \quad (11)$

т. е. сумма частот на выходах регистратора 13 численно равна измеряемому логариф-

мическому декременту затухания λ с учетом сдвига запятой на m разрядов влево.

Для устройства принято приближение $\lambda t_1 = \frac{(\lambda t_1)^3}{3} + \frac{(\lambda t_1)^4}{4} + \dots \approx \lambda t_1, \quad (12)$

в результате чего систематическая погрешность измерения равна

$$\delta_{\text{сист.}} = \frac{[\lambda t_1 - \frac{(\lambda t_1)^3}{3} + \frac{(\lambda t_1)^4}{4} - \dots] - \lambda t_1}{\lambda t_1} = -\frac{(\lambda t_1)^2}{3} + \frac{(\lambda t_1)^3}{4} - \dots$$

Для вычисления $\delta_{\text{сист.}}$ определяем λt_1 из следующего равенства

$$n(t_1) = n_0 e^{-\lambda t_1} = n_0 - N \lambda; e^{-\lambda t_1} = \frac{n_0 - n \lambda}{n_0}; -\lambda t_1 = \ln \frac{n_0 - n \lambda}{n_0}. \quad (14)$$

Для $N = 10^3$; $n_0 = 10^3 \cdot c$; и $\lambda = 0,1c$ имеем

$$-\lambda t_1 = \ln \frac{10^3 - 10^3 \cdot 0,1}{10^3} = -0,1054$$

Подставляя значение $\lambda t_1 = 0,1054$ в (13) и производя вычисления получаем $\delta_{\text{сист.}} = 0,309\%$.

Статистическая погрешность измерения устройством определяется погрешностью измерения разности $N - N_0$ и по аналогии с (3) равна

$$\delta_2 = \frac{\sqrt{N + N_0}}{N - N_0} \cdot 100\% \quad (3a)$$

Для вычисления N_0 (с учетом принятых значений $N = 10^3$; $\lambda = 0,1c$; $n_0 = 10^3 c$) преобразуем уравнение (5), используя (14) $N_0 = \frac{n(t_1)}{(1 - e^{-\lambda t_1})} = \frac{n_0 - N \lambda}{(1 - \frac{n_0 - N \lambda}{n_0})} = \frac{n_0 - N \lambda}{\frac{N \lambda}{n_0}} = N \left(1 - \frac{N \lambda}{n_0} \right), \quad (15)$

$$N_0 = 10^3 \left(1 - \frac{10^3 \cdot 0,1}{10^3} \right) = 900.$$

Вычисления по формуле (3a) при $N = 10^3$; $N_0 = 900$ дают следующий результат

$$\delta_2 = \frac{\sqrt{1900}}{100} \cdot 100\% = 43,5\%.$$

Следовательно, предлагаемое устройство и известное для принятых значений N , n_0 , λ и Δt имеют следующие характеристики

Погрешность	Систематическая, %	Статистическая, %	Суммарная, %
Известное устройство	0,0025	130,4	130,4025
Предлагаемое устройство	0,309	43,5	43,809

Таким образом, устройство обеспечивает по сравнению с известным уменьшение в несколько раз статистической погрешности измерения, которая вносит основной вклад в общую погрешность измерения.

Формула изобретения

Устройство для измерения дебита крови, содержащее датчик, элемент ИЛИ, регист-

ратор, элемент задержки и последовательно включенные первый счетчик, регистр, преобразователь код—частота и делитель частоты, отличающееся тем, что, с целью уменьшения статистической погрешности измерения, в него введены генератор, второй счетчик, второй регистр, второй преобразователь код—частота и два счетчика-регистра, причем выход датчика подключен к счетному входу первого счетчика, импульсный выход которого соединен с входом

синхронизации второго регистра и одним из входов элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с входом элемента задержки выходом переноса второго счетчика и входом синхронизации первого регистра, выход элемента задержки подключен к сбросовому входу первого счетчика, управляющий вход второго счетчика подключен к выходу элемента ИЛИ и к управляющему входу первого счетчика, выход генератора подключен к счетному входу второго счетчика, информационные выходы которого через второй регистр подключены к информационным входам первого и второго счетчиков-регистров, выход переноса каждого

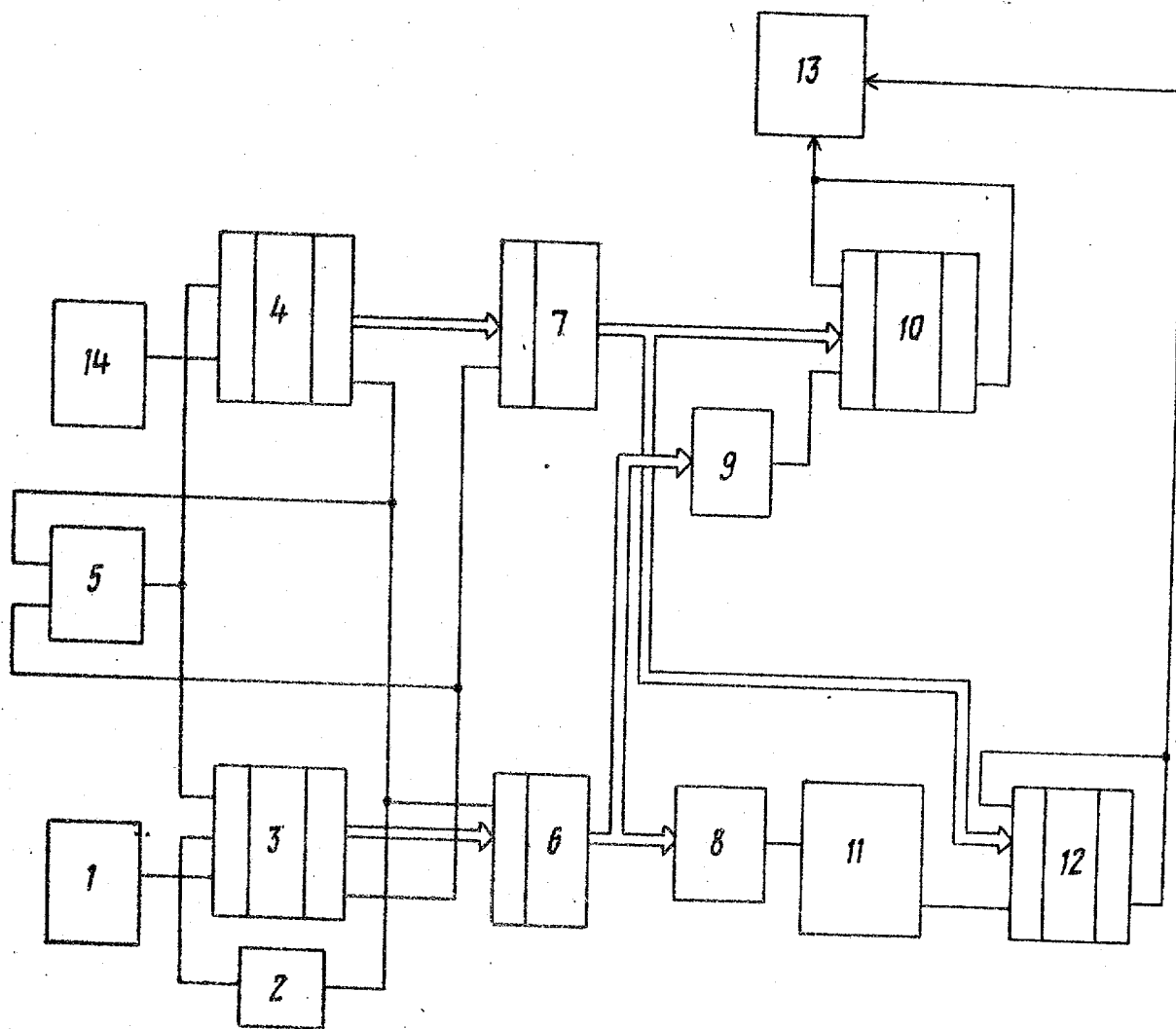
из которых соединен с собственным входом синхронизации и одним из входов регистра, а счетные входы второго и первого счетчиков-регистров подключены соответственно к выходу делителя частоты и выходу второго преобразователя код—частота, информационные входы которого подключены к информационным входам первого преобразователя код—частота.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 603373, кл. А 61 В 5/02, 1978.

2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2756606/13, кл. А 61 В 5/02, 1979.



Редактор В. Данко
Заказ 7032/2

Составитель Л. Соловьев
Техред А. Бойкас
Тираж 687

Корректор Ю. Макаренко
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