



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4770923/21

(22) 18.12.89

(46) 07.03.92. Бюл. № 9

(71) Ангарское опытно-конструкторское бюро автоматики Научно-производственного объединения "Химвавтоматика"

(72) Ю.В.Подгорный

(53) 621.317.3(088.8)

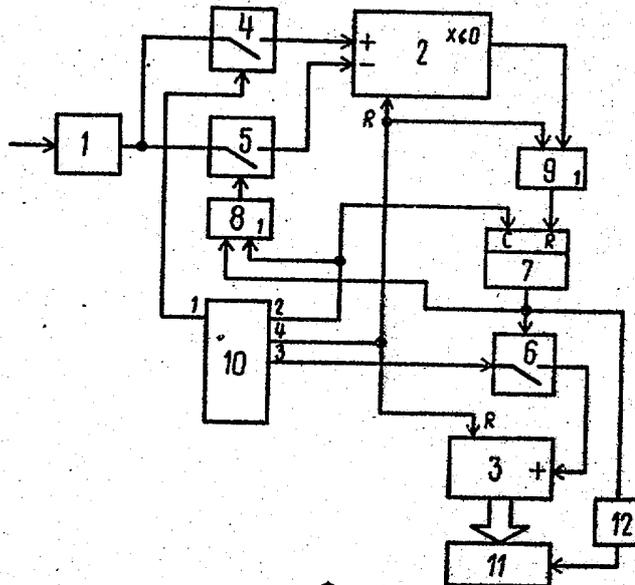
(56) Аргов В.Ю. Цифровой измеритель относительных приращений сигнала. - Приборы и системы управления, 1984, № 8, с.20.

Авторское свидетельство СССР

№ 995309, кл. Н 03 М 1/50, G 01 R 13/02, 06.08.84.

(4) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в измерителях диэлектрических характеристик. Цель изобретения - расширение диапазона измерений, которая достигается применением двух логических элементов ИЛИ 8, 9, D-триггера 7, ключа 6 за счет выбора числа разрядов счетчиков с учетом требуемой точности и количества T-триггеров с учетом диапазона измеряемого напряжения. Устройство содержит также преобразователь 1 напряжение - частота, два ключа 4, 5, реверсивный счетчик 2, счетчик 3, блок 11 цифровой регистрации, элемент 12 задержки, блок 10 управления. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в блоках измерения потерь в диэлькометрических анализаторах.

Известно устройство для измерения относительного изменения напряжений, реализованное в диэлькометре, содержащее аналоговый блок вычисления отношения двух напряжений, запоминающее устройство и вычитатель.

Устройство работает следующим образом.

В запоминающем устройстве запоминается напряжение U_0 . Выход запоминающего устройства соединен с первым входом вычитателя, на второй вход которого подается напряжение U_x ($U_x < U_0$). Разность $(U_0 - U_x)$ напряжений с вычитателя поступает на первый вход блока вычисления отношения двух напряжений, на второй вход которого поступает напряжение U_x . На выходе блока вычисления отношения двух напряжений в результате присутствует напряжение, равное отношению $\frac{U_0 - U_x}{U_x}$ и пропорциональное измеряемой проводимости g_x , эквивалентной диэлектрическим потерям в исследуемом образце вещества.

Напряжения U_0 и U_x поступают на вход устройства периодически от одного источника, поэтому необходимо запоминающее устройство, вход которого с источником связан через переключатель, синхронизированный с появлением напряжений U_0 и U_x .

Основным недостатком данного устройства является низкая точность. Источниками погрешности являются утечки в сопротивлении изоляции аналогового ЗУ и коммутирующего ключа. Низкая точность вообще присуща устройствам, использующим обработку информации в аналоговой форме.

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для измерения относительных приращений аналоговых сигналов, предназначенное для использования в автоматическом диэлькометрическом влагомере.

Устройство содержит АЦП, преобразующий уровень входного сигнала в число импульсов, два реверсивных счетчика, счетчик, два ключа, элемент задержки, блок управления и блок цифровой регистрации. Устройство позволяет автоматически определять относительное изменение убывающего сигнала к его исходному уровню.

Выход АЦП через первый ключ связан с входом прямого счета первого двоично-десятичного счетчика, выход переноса (пере-

полнения) которого — с входами прямого счета второго реверсивного счетчика и счетчика, информационные выходы которого соединены с входами "Установка" второго реверсивного счета, выход переноса которого — через элемент задержки с входами обратного счета первого двоично-десятичного реверсивного счетчика и предварительной записи второго реверсивного счетчика, вход обратного счета которого через второй ключ соединен с выходом АЦП, причем выходы блока управления соединены с управляющими входами ключей, входами "Сброс" счетчика и второго реверсивного счетчика и входом "Сброс" первого реверсивного счетчика; информационные выходы которого соединены с входами блока цифровой регистрации.

Устройство работает следующим образом.

Предварительно установив счетчики в ноль, устройство управления открывает ключ, при этом импульсы АЦП поступают на вход прямого счета первого двоично-десятичного реверсивного счетчика, выполняющего роль делителя частоты с числом десятичных разрядов k . Импульсы переполнения первого реверсивного счетчика поступают на вход счетчика и вход прямого счета второго реверсивного счетчика.

Число разрядов счетчиков определяется требуемой точностью измерения. Например, если погрешность вычисления должна быть не выше 1%, то первый двоично-десятичный реверсивный счетчик должен иметь не менее двух десятичных разрядов ($k = 2$), а емкость второго реверсивного и нереверсивного счетчиков должна позволять записывать соответствующее первому преобразуемому напряжению число

$$N = E \left(\frac{V_0}{100} \right) > 100,$$

где V_0 — число импульсов, прошедшее через первый ключ;

$$E — \text{целая часть отношения } \frac{V_0}{100}.$$

Время аналого-цифрового преобразователя входного сигнала, т.е. время, на которое открываются ключи, выбирается таким, чтобы второй реверсивный счетчик был максимально заполнен, но в то же время не переполнялся.

Затем блок управления, предварительно установив в ноль первый реверсивный счетчик, что соответствует записи в него числа 10^k (100 при $k = 2$), открывает второй ключ, через который импульсы АЦП, соответствующие меньшему из преобразуемых напряжений, поступают на вход обратного

счета второго реверсивного счетчика и вычитаются из его содержимого. При установлении в нуль второго реверсивного счетчика на его выходе появляется сигнал, подается на вход обратного счета первого реверсивного счетчика и на вход предварительной записи второго реверсивного счетчика. В результате осуществляется параллельная перезапись содержимого нереверсивного счетчика во второй реверсивный счетчик.

Таким образом, во второй части измерений второй реверсивный счетчик по отношению к первому реверсивному счетчику выполняет роль делителя частот с коэффициентом деления N . Общее число импульсов переполнения, получаемых при обратном счете второго реверсивного счетчика, равно

$$R_1 = E \left(\frac{B_1}{N} \right),$$

где B_1 – число импульсов, прошедшее через второй ключ, соответствующее числовому эквиваленту второго напряжения $U(t)$;

E – целая часть числа $\frac{B_1}{N}$.

Поэтому после окончания цикла измерения содержимое счетчика окажется равным

$$g_1 = 100^k - R_1,$$

что при $k = 2$ с точностью до 1% соответствует истинному значению относительного приращения сигнала на входе АЦП, определяемому по формуле

$$g = \frac{U(t_0) - U(t_1)}{U(t_0)} \cdot 100,$$

где $U(t)$ – исследуемый сигнал;

$t_0 < t_1$ – моменты времени, относительно которых осуществляется оценка величины изменения сигнала.

Результат измерения отображается с помощью блока цифровой регистрации.

Недостатки известного устройства для измерения относительного изменения аналогового сигнала состоят в его сложности (необходимо использовать два реверсивных счетчика), в невозможности его использования в резонансных измерителях диэлектрических параметров и измерителя полной проводимости, в которых необходимо измерять относительное изменение напряжения на LC-контуре после введения в емкостной датчик-ячейку, включенную в резонансный контур, исследуемого вещества. В этом случае вычисления должны осуществляться по формуле

$$g_x = \frac{U_0 - U_x}{U_x} g_k,$$

где g_k – постоянная;

U_0 – напряжение на контуре до введения исследуемого вещества;

U_x – напряжение на контуре после введения в ячейку вещества ($U_x < U_0$, т.е. необходимо вычислять отношение абсолютного изменения напряжения к меньшему из напряжений).

Цель изобретения – упрощение устройства для измерения относительного изменения напряжений при одновременном обеспечении возможности его использования в качестве цифрового блока измерения диэлектрических потерь в резонансных диэлькометрах и расширение диапазона измерений.

Поставленная цель достигается тем, что устройство, содержащее преобразователь напряжения в частоту, два ключа, реверсивный счетчик, вход прямого счета которого через первый ключ соединен с выходом преобразователя напряжения в частоту, второй счетчик, блок цифровой регистрации, элемент задержки и блок управления, первые два выхода которого соединены с управляющими входами первого и второго ключей, дополнительно введены две схемы ИЛИ, D-триггер и включенный между третьим тактовым выходом блока управления и счетным входом второго счетчика третий ключ, управляющий вход которого и первый вход первой схемы ИЛИ соединены с выходом D-триггера, вход синхронизации которого и второй вход первой схемы ИЛИ – с вторым выходом блока управления, четвертый выход которого соединен с входами установки в ноль счетчиков и первым входом второй схемы ИЛИ, второй вход которой соединен с выходом обратного переноса первого реверсивного счетчика, вход обратного счета которого соединен с выходом преобразователя напряжения в частоту через второй ключ, управляющий вход которого соединен с выходом первой схемы ИЛИ, а выход второй схемы ИЛИ – с входом сброса D-триггера, выход которого через элемент задержки соединен с входом "Запись" блока цифровой индикации, информационные входы которого соединены с соответствующими выходами второго счетчика.

Блок управления устройства выполнен в виде двух M-входовых схем И, формирователя импульса сброса, вход которого соединен с выходом первой схемы И, и последовательно включенных генератора тактовых импульсов и M T-триггеров, причем первым выходом блока управления является выход первой схемы И, входы которой соединены с прямыми выходами первых M-1 T-триггеров и инверсным выходом последнего T-триггера, прямой выход которого соединен с входом второй схемы И, остальные входы которой соединены с

инверсными выходами остальных Т-триггеров, выход второй схемы И является вторым выходом блока управления, третьим выходом которого является дополнительный выход генератора тактовых импульсов, а число М Т-триггеров определяется по формуле

$$M = E[\log_2 \frac{U_0}{U_{x \text{ мин}}}] + 1,$$

где $E[x]$ – целая часть числа x ;

U_0 – значение максимального напряжения на входе устройства, относительно которого измеряются изменения напряжения;

$U_{x \text{ мин}}$ – значение минимального напряжения на входе устройства.

На фиг. 1 приведена принципиальная схема устройства для измерения относительного изменения напряжений; на фиг. 2 – принципиальная схема блока управления; на фиг. 3 – временные диаграммы напряжений, поясняющие работу устройства: а – на выходе тактового генератора; в – е – на прямых выходах Т-триггеров; f – на первом выходе блока управления – сигнал, открывающий вход прямого счета реверсивного счетчика; g – на втором выходе блока управления; h – на выходе D-триггера – на управляющем входе второго ключа; i – на управляющем входе первого ключа, открывающем вход обратного счета РС2.

Устройство содержит преобразователь входного напряжения в частоту (ПНЧ), реверсивный счетчик 2, счетчик 3, ключи 4–6, D-триггер 7, схемы ИЛИ 8–9, блок 10 управления, блок 11 цифровой регистрации и элемент 12 задержки.

Входы прямого и обратного счета реверсивного счетчика 2 с выходом ПНЧ-1 соединены соответственно через ключи 4 и 5, управляющие входы которых соответственно соединены с первым выходом блока 10 управления и выходом схемы ИЛИ 8.

Выход обратного переноса реверсивного счетчика 2 через схему ИЛИ 9 соединен с входом сброса D-триггера 7, вход синхронизации которого и первый вход счеты ИЛИ 8 соединены с вторым выходом блока 10 управления, третий тактовый выход которого через ключ 6 соединен со счетным входом счетчика 3. Четвертый выход блока 10 управления соединен с входами установки в ноль счетчиков и вторым входом схемы ИЛИ 9. Выход D-триггера 7 соединен с управляющим входом ключа 6, вторым входом схемы ИЛИ 8 и через элемент 12 задержки с входом "Запись" блока 11 цифровой регистрации, информационные входы которого соединены с соответствующими выходами счетчика 3.

Блок 10 управления содержит две четырехходовых схемы И 13 и 14, формирователь 15 импульсов сброса, вход которого соединен с выходом схемы И 13, и последовательно включенные генератор 16 тактовых импульсов и Т-триггеры 17–20. Первым выходом блока управления является выход схемы И 13, входы которой соединены с прямыми выходами Т-триггеров 17–19 и инверсным выходом Т-триггера 20, прямой выход которого соединен с входом схемы И 14, остальные входы которой соединены с инверсными выходами Т-триггеров 17–19.

Вторым выходом блока управления является выход схемы И 14, третьим выходом – дополнительный выход генератора 16 тактовых импульсов, четвертым – выход формирователя 15 импульсов сброса.

В момент времени t_1 блок 15 по положительному перепаду напряжения, поступающего на его вход с выхода схемы И 13, формирует на выходе короткий (около 75 нс) импульс, который с выхода 3 блока 10 поступает на входы "Очистка" счетчиков 2 и 3 и через схему ИЛИ 9 на вход сброса D-триггера 7.

Одновременно высоким уровнем напряжения с выхода И 13 (выход 1 блока 10 управления), поступающим на управляющий вход ключа 4, открывается вход прямого счета реверсивного счетчика 2.

В течение промежутка времени от t_1 до t_2 реверсивный счетчик 2 заполняется с входа прямого счета импульсами, частота которых пропорциональна опорному напряжению U_0 .

Длительность $t_2 - t_1$ определяется временем нахождения в единичном состоянии триггера Т 17.

В момент времени t_2 к входу преобразователя 1 напряжение-частота подключается источник напряжения ($U_x < U_0$). Одновременно выход блока 1 переключается с входа прямого счета на вход обратного счета реверсивного счетчика 2. Выход блока 1 соединяется с входом обратного счета реверсивного счетчика 2 ключом 5, на управляющий вход которого через схему ИЛИ 8 с момента времени t_2 по t_3 поступает высокий уровень напряжения с выхода 2 блока 10 управления (выход схемы И 14).

В момент времени t_3 задним фронтом напряжения с выхода схемы И 14 D-триггер 7 устанавливается в единичное состояние и высокий уровень напряжения с его выхода, поступая через схему ИЛИ 8 на ключ И 5, оставляет открытым вход обратного счета реверсивного счетчика 2 и, поступая на управляющий вход ключа К6, разрешает про-

хождение импульсов с тактового генератора 16 в счетчик 3.

Таким образом на отрезке времени от t_1 до t_2 реверсивный счетчик 2 заполняется с входа прямого счета импульсами, частота следования которых пропорциональна U_0 , а с момента t_2 — с входа обратного счета импульсами, частота следования которых пропорциональна U_x ($U_x < U_0$).

Поэтому, так как $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$, к моменту времени t_3 в счетчике 2 останется записанным число импульсов, пропорциональное разности напряжений $U_0 - U_x$. С этого момента времени (t_3) начинает заполняться счетчик 3 импульсами с генератора 16 тактовых импульсов. Заполнение счетчика 3 продолжается до тех пор, пока содержимое реверсивного счетчика 2 не пройдет через ноль, при этом на выходе реверсивного счетчика 2 появляется импульс обратного переноса, поступающий через схему ИЛИ 9 на вход "Сброс" D-триггер 7, и низкий уровень напряжения на его выходе отключает вход счетчика 3 от выхода генератора тактовых импульсов.

Очевидно, время ($t_4 - t_3$) заполнения счетчика 3 прямо пропорционально разности напряжений ($U_0 - U_x$) — числу импульсов, оставшихся в реверсивном счетчике 2 к моменту времени t_3 , и обратно пропорционально напряжению U_x (обратно пропорционально частоте следования импульсов, поступающих на вход обратного счета реверсивного счетчика 2, т.е.

$$g_k \frac{U_0 - U_x}{U_x} = N_g,$$

где g_k — коэффициент пропорциональности; N_g — число импульсов, зафиксированное счетчиком 3 к моменту времени t_4 .

Определим, каким образом коэффициент пропорциональности связан с параметрами устройства.

$$\text{Можно записать } f_0 = S U_0; \quad (1)$$

$$f_x = S U_x. \quad (2)$$

где U_0 и U_x — напряжения на входе блока ПНЧ 1;

f_0 и f_x — соответствующие им частоты на выходе ПНЧ 1;

S — крутизна преобразования ПНЧ 1.

Число импульсов, прошедшее в реверсивный счетчик 2 с входа прямого счета, равно

$$N_0 = f_0(t_2 - t_1), \quad (3)$$

с входа обратного счета за отрезок

$$N_x = f_x(t_3 - t_2). \quad (4)$$

С учетом (1) и (2) и (3) и (4) можно определить число импульсов, оставшееся в счетчике 2 к моменту t_3

$$N_0 - N_x = S(U_0 - U_x)(t_2 - t_1). \quad (5)$$

Время ($t_4 - t_3$) заполнения счетчика 3 определяется из

$$\frac{N_0 - N_x}{f_x} = \frac{t_4 - t_3}{S U_x} = \frac{S(U_0 - U_x)(t_2 - t_1)}{S U_x} = \frac{U_0 - U_x}{U_x} (t_2 - t_1). \quad (6)$$

А число N_g импульсов, прошедшее в счетчик 2, равно

$$N_g = \frac{U_0 - U_x}{U_x} (t_2 - t_1) f_{ггт}. \quad (7)$$

где $f_{ггт}$ — частота с выхода 3 тактового генератора 16, т.е.

$$g_k = (t_2 - t_1) f_{ггт}. \quad (8)$$

Очевидно, коэффициент пропорциональности g_k равен отношению частот на выходе 3 генератора 16 тактовых импульсов и на входе Т-триггера 7. Это отношение частот можно выбрать таким образом, чтобы получать результат измерения непосредственно в значениях измеряемой проводимости.

Диапазон измерения относительного изменения напряжений ограничивается допустимым временем ($t_4 - t_3$) заполнения счетчика 3, которое зависит от количества включенных последовательно Т-триггеров. Для приведенного примера реализации устройства

$$(t_4 - t_3) \cdot (2^{(M-1)} - 1)(t_2 - t_1); \quad (9)$$

$$\frac{t_4 - t_3}{t_2 - t_1} < 7.$$

С учетом (9) из (6) имеем

$$\frac{U_0 - U_{x\text{мин}}}{U_{x\text{мин}}} = \frac{t_4 - t_3}{t_2 - t_1} 2^{(M-1)} - 1. \quad (10)$$

Откуда находим число Т-триггеров, обеспечивающее требуемый диапазон измерений

$$2^{(M-1)} = \frac{U_0 - U_x}{U_x} + 1 = \frac{U_0}{U_{x\text{мин}}}; \quad (11)$$

$$M-1 \geq E[\log_2 \frac{U_0}{U_{x\text{мин}}}], \quad (12)$$

где $U_{x\text{мин}}$ — значение минимального напряжения на входе устройства;

$E[X]$ — целая часть числа X .

Предлагаемое устройство позволяет измерять относительное изменение убывающих напряжений, является более простым по сравнению с известным и обеспечивает более высокую точность измерения диэлектрических потерь в резонансных диэлектрических анализаторах, например в резонансных измерителях диэлектрической проницаемости типа ТАНГЕНС-2М и Ш2-5, основанных на методе прямого замещения. Принцип действия диэлькометров состоит в том, что к измерительному LC-контур диэлькометра поочередно подключаются заполненная исследуемым веществом

емкостная ячейка-датчик или градуированный конденсатор. При подключенной ячейке LC-контур настраивается в резонанс постоянно включенным в него конденсатором переменной емкости, а при подключении к LC-контуру вместо ячейки градуированного конденсатора изменением емкости этого конденсатора. После настройки диэлектрическую проницаемость вещества определяют по шкале градуированного конденсатора, а проводимость g_x , эквивалентную диэлектрическим потерям в веществе – по относительному изменению напряжения на LC-контуре. Известно

$$g_x = g_k = \frac{U_0 - U_x}{U_x}$$

где U_0 – напряжение на настроенном в резонанс контуре при незаполненной ячейке;

U_x – напряжение на настроенном в резонанс контуре после введения в ячейку исследуемого вещества;

g_k – постоянная – собственная проводимость нагруженного контура, эквивалентная потерям в его элементах.

Из-за наличия активных потерь в веществе $U_x < U_0$.

Был изготовлен макет предлагаемого устройства и испытан в диэлькометрическом анализаторе с положительными результатами.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для измерения относительного изменения напряжения, содержащее преобразователь напряжение-частота, два ключа, реверсивный счетчик, счетчик, блок цифровой регистрации, элемент задержки, блок управления, первый выход которого соединен с управляющим входом первого ключа, вход прямого счета реверсивного счетчика соединен с выходом первого ключа, вход которого соединен с выходом преобразователя напряжение-частота, о т л и ч а ю щ е е с я т е м , что, с целью расширения диапазона измерений, дополнительно введены два логических элемента ИЛИ, D-триггер, третий ключ, вход которого соединен с третьим выходом блока управления, выход третьего ключа соединен со счетным входом счетчика, вход сброса которого соединен с четвертым выходом блока управ-

ления, входом сброса реверсивного счетчика и первым входом второго элемента ИЛИ, вход преобразователя напряжение-частота является входом устройства, выход которого соединен с входом второго ключа, выход которого соединен с входом обратного счета реверсивного счетчика, выход обратного переноса которого соединен с вторым входом второго элемента ИЛИ, выход которого соединен с входом сброса D-триггера, вход записи которого соединен с вторым выходом блока управления и первым входом первого элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом D-триггера, управляющим входом третьего ключа и входом элемента задержки, выход которого соединен с вторым входом блока цифровой регистрации, первый вход которого соединен с выходом счетчика, выход первого элемента ИЛИ соединен с управляющим входом второго ключа.

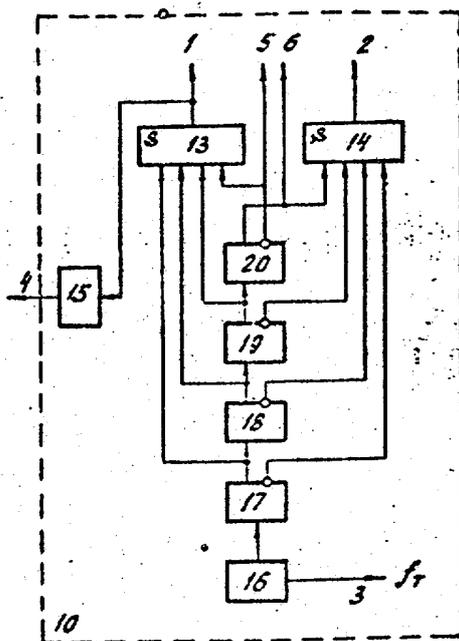
2. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я т е м , что блок управления содержит два M-входных элемента И, формирователь импульса сброса, генератор импульсов, первый вход которого соединен с входом последовательно соединенных M T-триггеров, причем первым выходом блока управления является выход первого элемента И, входы которого соединены с прямыми выходами первых M-1 T-триггеров и инверсным выходом последнего T-триггера, прямой выход которого соединен с входом второго элемента И, остальные входы которого соединены с инверсными выходами остальных T-триггеров, выход второго элемента И является вторым выходом блока управления, третьим выходом которого является второй выход генератора тактовых импульсов сброса соединен с выходом первого элемента И, а число M T-триггеров определяется по формуле

$$M = E[\log_2 \frac{U_0}{U_{x\min}}] + 1,$$

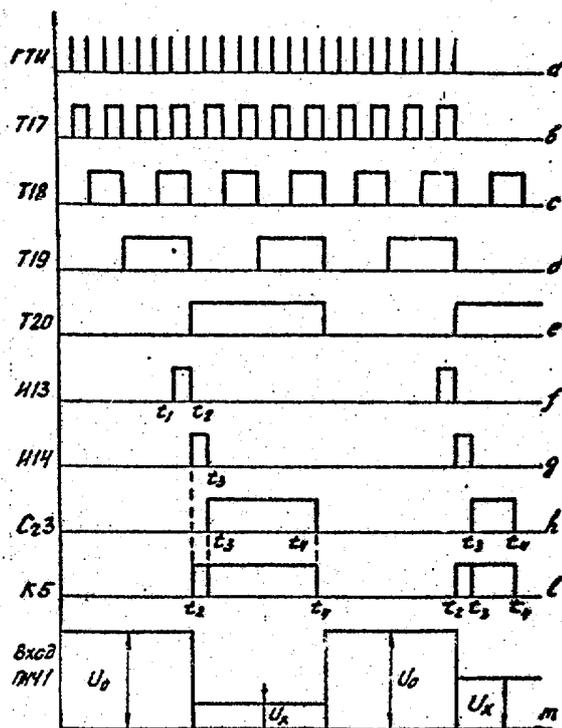
где $E[X]$ – целая часть числа X;

U_0 – значение максимального напряжения на входе устройства, относительно которого измеряется изменение напряжения;

$U_{x\min}$ – значение минимального напряжения на входе устройства.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор В. Данко

Составитель Л. Фомина
Техред М.Моргентал

Корректор С. Черни

Заказ 878

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101