



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 960659

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 19.12.80 (21) 3220333/18-21

(51) М. Кл.³

с присоединением заявки № -

G 01 R 25/00

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.09.82. Бюллетень № 35

(53) УДК 621.317.
.77(088.8)

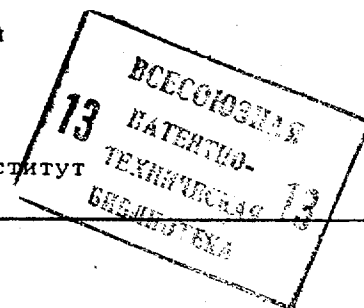
Дата опубликования описания 23.09.82

(72) Авторы
изобретения

В.Т. Ревин и М.М. Брилевский

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



(54) ЦИФРОВОЙ ФАЗОМЕТР

1

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано при измерении фазовых сдвигов.

Известен цифровой фазометр с постоянным временем измерения, содержащий два формирователя, два триггера, два элемента совпадения, генератор квантуемых импульсов, счетчик импульсов, делитель частоты [1].

Однако в этом фазометре возникает значительная амплитудно-фазовая погрешность измерения фазовых сдвигов, обусловленная неидентичностью формирователей, и низкочастотная погрешность дискретного преобразования, причина возникновения которой в некратности периода исследуемого напряжения и времени измерения фазометра. Кроме того, цифровой фазометр не позволяет производить измерение фазовых сдвигов двух равномерно существующих напряжений.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является времяимпульсной цифровой фазометр, содержащий два аттенюатора, автоматический переключатель, избирательный усилитель, фазовращатель, широкополосный усилитель, два усилителя-ог-

2

раничителя, две дифференцирующие цепи, триггер с отдельными входами, элемент совпадения, генератор квантуемых импульсов, два пересчетных блока, реверсивный счетчик, цифровой индикатор, блок управления, причем вход первого канала через первый аттенюатор, автоматический переключатель, к второму входу которого через второй аттенюатор подключен вход второго канала, избирательный усилитель, первый усилитель-ограничитель, первую дифференцирующую цепочку подключен к первому входу триггера с отдельными входами, а вход второго канала через второй аттенюатор, фазовращатель, широкополосный усилитель, второй усилитель-ограничитель, вторую дифференцирующую цепочку подключен к второму входу триггера с отдельными входами, выход которого через элемент совпадения, к второму входу которого подключен первый выход генератора квантуемых импульсов, первый пересчетный блок, реверсивный счетчик подключен к входу цифрового индикатора. Второй выход генератора квантуемых импульсов через второй пересчетный блок подключен к входу блока управления,

первый, второй, третий и четвертый выходы которого подключены к управляющим входам соответственно автоматического переключателя, реверсивного счетчика, цифрового индикатора и генератора квантовых импульсов [2].

Однако этот фазометр обладает низким быстродействием, поскольку частота коммутации выбирается значительно большей частоты входных сигналов и после измерительного периода коммутации для снятия отсчета с цифрового индикатора осуществляются "холостые" такты автоматического переключателя. В фазометре существует низкочастотная погрешность дискретного преобразования, обусловленная не кратностью периода исследуемого напряжения и времени измерения фазовых сдвигов. Кроме того, фазометр не позволяет производить измерение фазовых сдвигов одновременно существующих исследуемых напряжений.

Целью изобретения является повышение точности, быстродействия и расширение функциональных возможностей измерения фазовых сдвигов исследуемых напряжений.

Указанная цель достигается тем, что в цифровой фазометр, содержащий автоматический переключатель, выход которого через формирователь напряжения прямоугольной формы подключен к входу триггера, выход которого через элемент совпадения подключен к входу реверсивного счетчика, цифровой индикатор, генератор квантовых импульсов, блок управления, выходы которого подключены к управляющим входам автоматического переключателя и реверсивного счетчика соответственно, делитель частоты, введенные три дополнительных триггера, дополнительный элемент совпадения и счетчик, при этом выход триггера через первый и третий дополнительные триггеры подключен к входу блока управления, выход генератора квантовых импульсов через дополнительный элемент совпадения, выход которого через делитель частоты, второй дополнительный триггер подключен к его второму входу, подключен ко второму входу элемента совпадения, к третьему и четвертому входам которого подключены выходы соответственно первого и третьего дополнительных триггеров, выход реверсивного счетчика через счетчик подключен к входу цифрового индикатора, выход первого дополнительного триггера подключен к управляющим входам второго дополнительного триггера и счетчика.

На фиг. 1 приведена структурная схема фазометра; на фиг. 2 - эпюры напряжений, поясняющие работу устройства.

Фазометр содержит автоматический переключатель 1, формирователь 2 напряжения прямоугольной формы, триггер 3, элемент 4 совпадения, дополнительный элемент 5 совпадения, генератор 6 квантовых импульсов, первый дополнительный триггер 7, реверсивный счетчик 8, второй дополнительный триггер 9, третий дополнительный триггер 10, счетчик 11, делитель 12 частоты, блок 13 управления, цифровой индикатор 14.

Причем на первый и второй вход автоматического переключателя 2 подаются исследуемые сигналы, а его выход через формирователь 2 подключен к входу триггера 3, выход которого через первый 7 и третий 10 дополнительные триггеры подключен к входу блока 13 управления, первый и второй выходы которого подключены к управляющим входам автоматического переключателя 1 и реверсивного счетчика 8 соответственно. К первому, третьему и четвертому входам элемента 4 совпадения подключены выходы триггеров 3, 7 и 10 соответственно, а к его второму входу через элемент 5 совпадения подключен выход генератора 6 квантовых импульсов. К второму входу элемента 5 совпадения через делитель 12 частоты, триггер 9 подключен его выход. Выход элемента 4 совпадения через реверсивный счетчик 8, счетчик 11 подключен к входу цифрового индикатора 14. Выход триггера 7 подключен к управляющим входам триггера 9 и счетчика 11.

Фазометр работает следующим образом.

Исследуемые входные сигналы (фиг. 2, а, б)

$$\begin{aligned} U_1 &= U_1 \sin(\omega t - \varphi_1); \\ U_2 &= U_2 \sin(\omega t - \varphi_2) \end{aligned} \quad (1)$$

поступают на вход автоматического переключателя 1, на управляющий вход которого поступают импульсы управления от блока 13 управления. При работе автоматического переключателя 1 с частотой Ω (рис. 2, в) на его выходе формируется непрерывное напряжение, модулированное по фазе с частотой коммутации:

$$U_3 = U_1 \sin(\omega t - \varphi_1) \cdot F'(t) + U_2 \sin(\omega t - \varphi_2) \cdot F''(t); \quad (2)$$

$$F'(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1};$$

$$F''(t) = \frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1}.$$

Напряжение (2) преобразуется в напряжение прямоугольной формы при помощи формирователя 2 (рис. 2, в)

которое подается на последовательно соединенные триггеры 3, 7 и 10. На выходе второго дополнительного триггера 10 (рис. 2, е) формируется напряжение частоты коммутации Ω , которое поступает на блок 13 управления и управляет его работой. При этом период коммутирующего напряжения $\theta = \frac{1}{\Omega}$ связан с периодом коммутируемых напряжений T следующей зависимостью

$$\theta = (2^{m+1} - 1)T, \quad (3)$$

где m — целое положительное число, $m \neq 0$.

В первый такт работы автоматического переключателя 1 на вход триггера 3 поступают напряжение прямоугольной формы, моменты перехода через нуль которого определяются следующим выражением

$$\omega t_1 - \varphi_1 = 0; \quad t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega}. \quad (4)$$

В другой такт работы автоматического переключателя 1 на вход триггера 3 поступает напряжение прямоугольной формы, моменты перехода через нуль которого определяются

$$\omega t_2 - \varphi_2 = 0; \quad t_2 = \frac{\varphi_2}{\omega} \quad (5)$$

На выходе триггера 3 формируется прямоугольное напряжение (рис. 2, г), длительность начального импульса которого в первый такт работы автоматического переключателя 1 равна

$$\tau' = T - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\omega} = T - \tau, \quad (6)$$

а во второй такт

$$\tau = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\omega}. \quad (7)$$

На выходе первого дополнительного триггера 7 также формируется напряжение прямоугольной формы (рис. 2, д), длительность начального импульса которого во второй такт работы автоматического переключателя 1 равна

$$\tau'' = T + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\omega} = T + \tau. \quad (8)$$

На выходе третьего дополнительного триггера 10 формируется напряжение прямоугольной формы (рис. 2, е), длительность импульса которого в первый такт работы автоматического переключателя 1 равна

$$\theta' = 2^m T - \tau, \quad (9)$$

а во второй такт

$$\theta'' = (2^m - 1)T + \tau \quad (10)$$

Таким образом, период коммутации складывается из двух полупериодов,

длительность которых зависит не только от частоты входных сигналов, но и от фазового сдвига между этими сигналами. Кроме того, при $\varphi - \varphi_2 = 180^\circ$ длительности полупериодов коммутации становятся равными, при фазовых сдвигах, меньших 180° $\theta' < \theta''$, а при фазовых сдвигах, больших 180° $\theta' > \theta''$, что дает возможность автоматически индцировать знак фазового сдвига.

Выходные напряжения триггеров 3, 7 и 10 поступают на входы элемента 4 совпадения и открывают его только на моменты времени, равные τ' в первый такт работы автоматического переключателя 1 и τ'' — во второй такт работы (рис. 2, ж). На этот же элемент совпадения поступают от генератора 6 квантующих импульсов следующие с высокой частотой повторения f квантующие импульсы. С выхода элемента 4 совпадения на реверсивный счетчик 8 за время одного периода коммутации поступают пакеты квантующих импульсов, количество которых определяется (рис. 2, з)

$$N' = f\tau', \quad N'' = f\tau'', \quad (11)$$

Время измерения $T_{из}$ ограничивается с помощью дополнительных элемента 5 совпадения и второго триггера 9, а также делителя 12 частоты. Количество пакетов квантующих импульсов, проходящих на выход элемента 4 совпадения, определяется

$$n = 2\Omega T_{из}. \quad (12)$$

Выходное напряжение триггера 7 поступает на вход триггера 9 и опрокидывает его в моменты времени, сдвинутые во времени относительно импульсов коммутации на постоянную, зависящую от частоты входных исследуемых напряжений, величину, т.е. триггер 7 формирует импульс запуска. Триггер 9 открывает элемент 5 совпадения, и от генератора 6 квантующих импульсов на элемент 4 совпадения и делитель 12 частоты и поступают квантующие импульсы. Сигнал триггера 7 также сбрасывает на нуль показания счетчика 11. После прохождения заранее заданного числа квантующих импульсов N , кратного 360° , делитель 12 частоты выдает на триггер 9 сигнал, элемент 5 совпадения закрывается и процесс измерения прекращается.

На реверсивный счетчик 8 в первый такт работы коммутатора поступает число импульсов

$$N' = (T - \tau)f. \quad (13)$$

В следующий такт работы автоматического переключателя

$$N'' = (T + \tau)f. \quad (14)$$

При реверсировании счетчика 8 с частотой Ω в моменты переключения ав-

томатического переключателя, что обеспечивается блоком 13 управления, число импульсов, накопленных реверсивным счетчиком 8 за один период коммутации

$$N = N'' - N' = \frac{2\varphi f}{360^\circ F} \quad (15)$$

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$;

F — частота исследуемых напряжений.

Количество периодов коммутации за время измерения

$$n = 2\Omega T_{\text{и}} \quad (16)$$

Так как $\Omega = \frac{F}{2^{m+1}-1}$, то

$$n = \frac{2FT_{\text{и}}}{2^{m+1}-1} \quad (17)$$

Пачки импульсов (15) с выхода реверсивного счетчика 8 поступают на вход счетчика 11. Таким образом, общее количество импульсов, сосчитанное счетчиком 11 равно

$$N_{\text{изм}} = nN = \frac{4\varphi FT_{\text{и}}}{(2^{m+1}-1) \cdot 360^\circ} = \frac{\varphi FT_{\text{и}}}{(2^{m+1}-1) \cdot 90^\circ} \quad (18)$$

При $m = 2$ (что соответствует рассматриваемой схеме) формула (18) преобразуется

$$N_{\text{изм}} = \frac{\varphi FT_{\text{и}}}{630^\circ} \quad (19)$$

Из полученного выражения следует, что выбрав надлежащее соотношение между частотой следования квантовых импульсов f и временем измерения $T_{\text{и}}$, можно получить отсчет $N_{\text{изм}}$, соответствующий величине измеряемого фазового сдвига φ .

Таким образом, технико-экономические преимущества предлагаемого цифрового фазометра по сравнению с известным, заключается в более высокой точности измерения фазовых сдвигов, которая достигается за счет синхронизации момента запуска с частотой исследуемых напряжений, более высоким быстродействием измерения фазовых сдвигов, которое достигается за счет уменьшения времени измерения и повышения частоты коммутации по сравнению с частотой исследуемых напряжений.

Кроме того, предлагаемый цифровой фазометр имеет более широкие функциональные возможности, что дости-

гается обеспечением возможности измерения фазовых сдвигов двух равномерно существующих исследуемых напряжений.

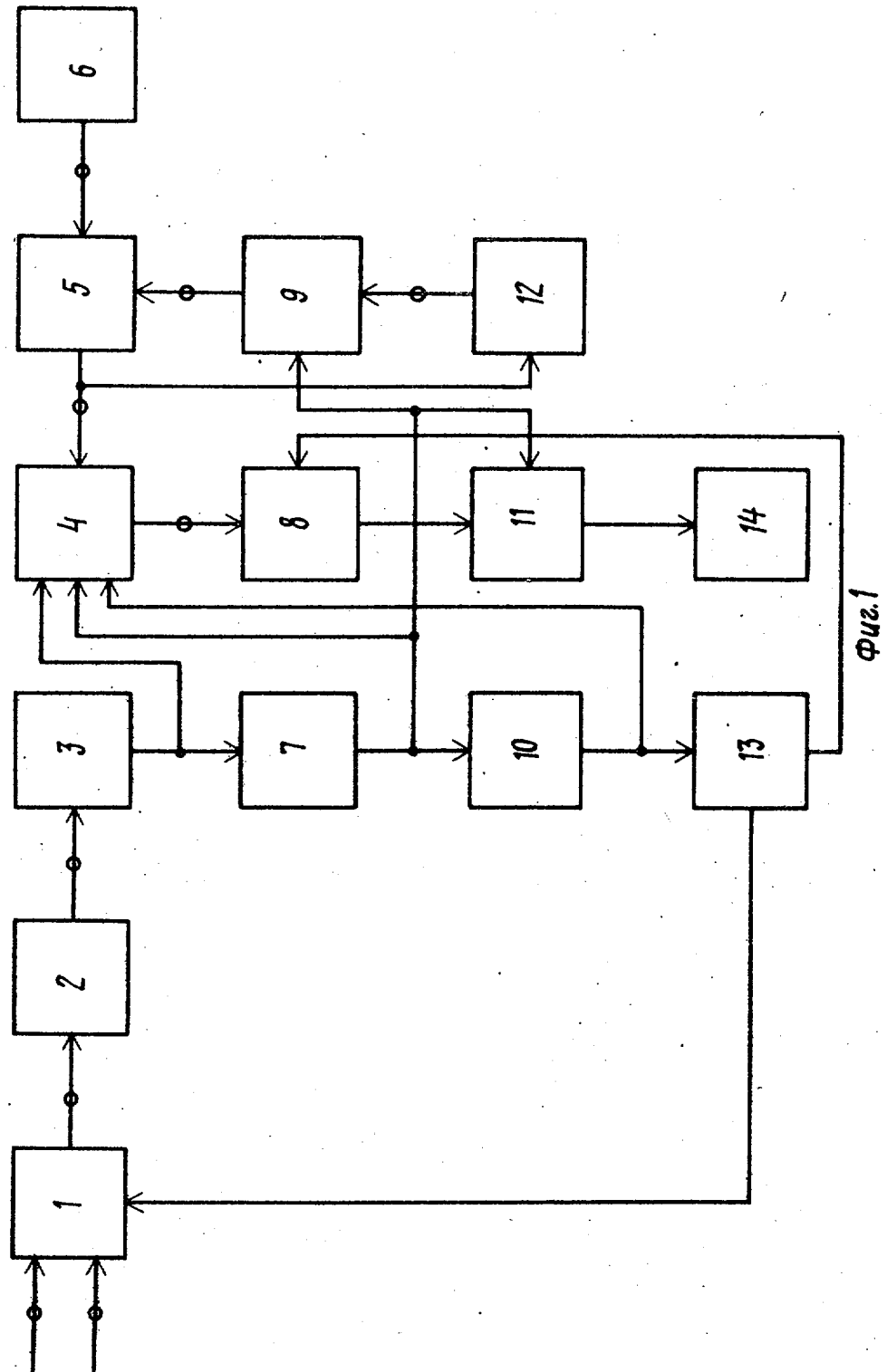
Формула изобретения

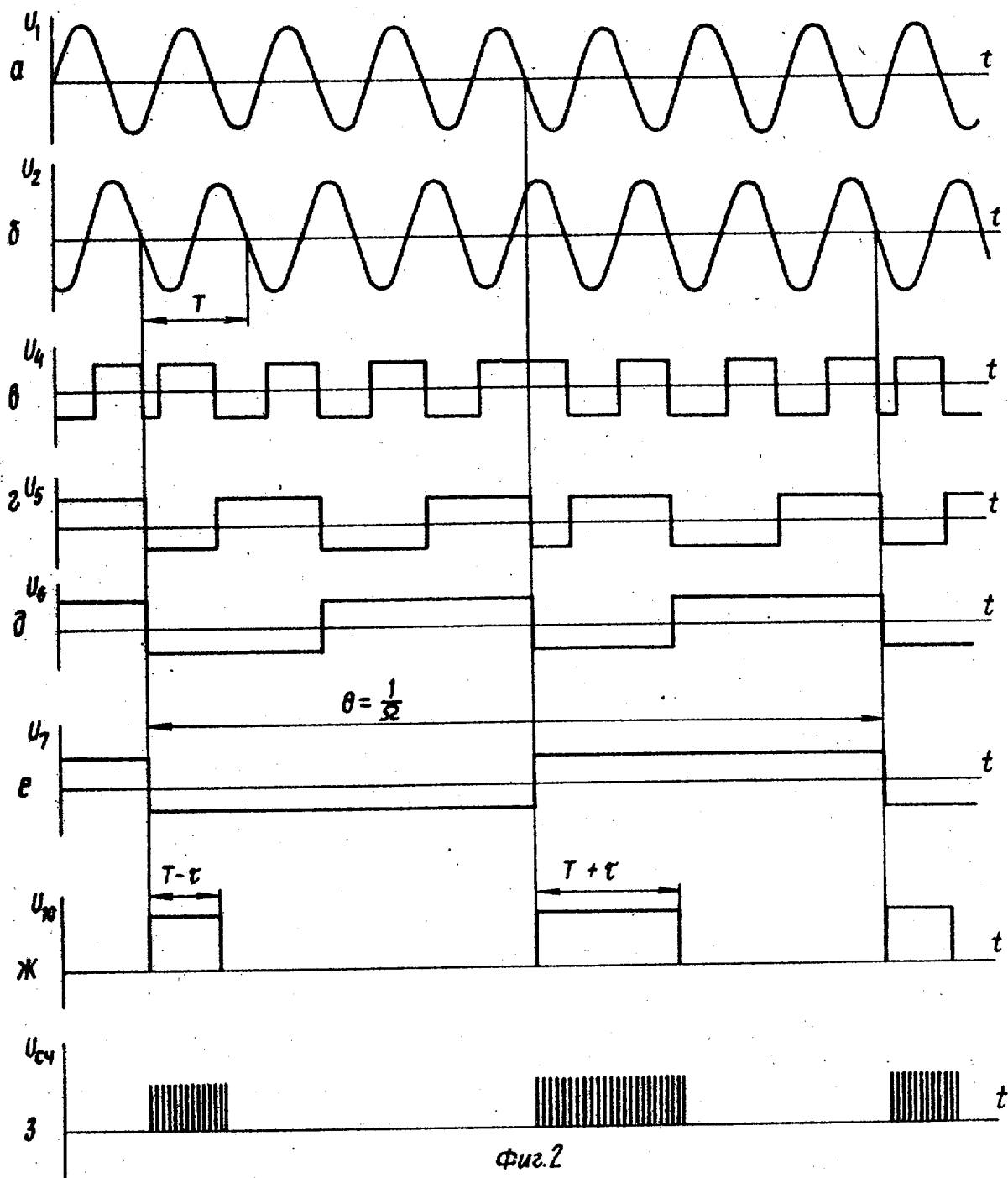
Цифровой фазометр, содержащий автоматический переключатель, выход которого через формирователь напряжения прямоугольной формы подключен к входу триггера, выход которого через элемент совпадения подключен к входу реверсивного счетчика, цифровой индикатор, генератор квантовых импульсов, блок управления, выходы которого подключены к управляющим входам автоматического переключателя и реверсивного счетчика соответственно, делитель частоты, от л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности, быстродействия и расширения функциональных возможностей измерения фазовых сдвигов исследуемых напряжений, введены три дополнительных триггера, дополнительный элемент совпадения и счетчик, причем выход триггера через последовательно соединенные первый и третий дополнительные триггеры подключен к входу блока управления, выход генератора квантовых импульсов через дополнительный элемент совпадения, выход которого через последовательно соединенные делитель частоты, второй дополнительный триггер подсоединен к его второму входу, подключен к второму входу элемента совпадения, к третьему и четвертому входам которого подключены выходы соответственно первого и третьего дополнительных триггеров, выход реверсивного счетчика через счетчик подключен к входу цифрового индикатора, выход первого дополнительного триггера подключен к управляющим входам второго дополнительного триггера и счетчика.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе
1. Смирнов П.Т. Цифровые фазометры. М., "Энергия", 1974, с. 33, рис. 13.

2. Скрипник Ю.А. Коммутационные цифровые измерительные приборы. М., "Энергия", 1973, с. 73-77, рис. 3-1, 3-2, 3-3.





Фиг.2

Составитель Н. Агеева
 Редактор Н. Пушненко Техред М. Коштура Корректор Ю. Макаренко
 Заказ 7255/51 Тираж 717 Подписное
 ВНИПИ 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