



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в приборах, измеряющих эффективное значение электрических сигналов.

Известен преобразователь среднеквадратичного значения напряжения, содержащий генератор треугольного напряжения, выход которого подключен к первому входу ограничителя, второй вход которого соединен с входной шиной, выход - с входом фильтрующе-суммирующего элемента, выход которого является выходом преобразователя [1].

Известный преобразователь имеет невысокую точность преобразования вследствие влияния дрейфа нулевого уровня ограничителя, а также недостаточную линейность преобразования.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является преобразователь среднеквадратичного значения напряжения, содержащий фильтрующе-суммирующий элемент, выход которого соединен с выходной шиной и входом генератора треугольного напряжения, и ограничитель, первый вход которого соединен с входной шиной, второй - с выходом генератора треугольного напряжения, а выход - с входом фильтрующе-суммирующего элемента [2].

Однако, известный преобразователь характеризуется недостаточно высокой точностью, т.е. погрешность преобразования в нем линейно связана с напряжением смещения нулевого уровня ограничителя.

В самом деле, выходное напряжение преобразователей среднеквадратичного значения напряжения, работающих на принципе формирования треугольных импульсов с амплитудой, пропорциональной мгновенным значениям входного сигнала, с последующим усреднением треугольных импульсов следующее:

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{4U_{\text{max}}} \overline{U^2(t)}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{max}}$  - амплитуда треугольного напряжения;

$\overline{U^2(t)}$  - среднеквадратичное значение входного сигнала.

С учетом влияния напряжения смещения  $U_{\text{см}}$

$$U(t) = U_{\text{max}} + U_x + U_{\text{см}}, \quad (2)$$

а выходное напряжение из (1) и (2) следующее:

$$U_{\text{ср}} = \frac{(U_{\text{max}} + U_x + U_{\text{см}})^2}{4U_{\text{max}}} = \frac{U_{\text{max}}}{4} + \frac{\overline{U_x^2}}{4U_{\text{max}}} + \frac{U_{\text{см}}}{2} + \frac{\overline{U_x}}{2} + \frac{U_{\text{см}} U_x}{2U_{\text{max}}}, \quad (3)$$

Входное напряжение  $U_x$  является переменным, поэтому  $\overline{U_x} = 0$ , а

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{max}}}{4} + \frac{\overline{U_x^2}}{4U_{\text{max}}} + \frac{U_{\text{см}}}{2} + \frac{U_{\text{см}}^2}{4U_{\text{max}}} = \frac{U_{\text{max}}}{4} + \frac{U_x^2}{4U_{\text{max}}} + \frac{U_{\text{см}}}{2} \left(1 + \frac{U_{\text{см}}}{2U_{\text{max}}}\right).$$

Поскольку  $U_{\text{см}} \ll 2U_{\text{max}}$ , то

$$U_{\text{ср}} \approx \frac{U_{\text{max}}}{4} + \frac{U_x^2}{4U_{\text{max}}} + \frac{U_{\text{см}}}{2}. \quad (4)$$

Последнее слагаемое представляет собой погрешность преобразования, обусловленную напряжением смещения ограничителя.

Амплитуда треугольного напряжения пропорциональна выходному напряжению

$$U_{\text{max}} = k U_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности.

Подставляя (5) в (4) и решая уравнение относительно  $U_{\text{ср}}$ , можно получить с учетом того, что

$$U_{\text{ср}} \approx \frac{U_{\text{см}}}{4-k} + \frac{\sqrt{\overline{U_x^2}}}{\sqrt{k(4-k)}}. \quad (6)$$

Относительная погрешность преобразования в прототипе

$$\sigma_1^2 = \frac{U_{\text{ср}}}{U_{\text{ср}}^2} - 1,$$

где  $U_{\text{ср}}^2$  - выходное напряжение преобразователя при  $U_{\text{см}} = 0$ .

$$\sigma_1^2 = \frac{U_{\text{см}}}{\sqrt{\overline{U_x^2}}} \sqrt{\frac{k}{4-k}}. \quad (7)$$

Целью изобретения является повышение точности преобразования.

Поставленная цель достигается тем, что в измерительный преобразователь среднеквадратичного значения напряжения, содержащий фильтрующе-суммирующий элемент, выход которого соединен с выходной шиной и входом генератора треугольного напряжения, введены пер-

вый и второй ключи и компаратор, при этом выход генератора треугольного напряжения соединен с первым входом компаратора и входами ключей, второй вход компаратора подключен к входной шине, его выход - к управляющему входу первого ключа, выход которого соединен с первым входом фильтрующе-суммирующего элемента, другой вход которого подключен к выходу второго ключа, а управляющий вход второго ключа соединен с синхронизирующим выходом генератора треугольного напряжения.

На фиг. 1 приведена структурная схема преобразователя; на фиг. 2 - временные диаграммы напряжений; на фиг. 3 - пример реализации генератора треугольного напряжения; на фиг. 4 - эпюры напряжений в цепях генератора.

Измерительный преобразователь среднеквадратического значения напряжения содержит фильтрующе-суммирующий элемент 1, выход которого соединен с выходной шиной и входом генератора 2 треугольных импульсов. В преобразователе дополнительно введены первый 3 и второй 4 ключи и компаратор 5, при этом выход генератора 2 треугольного напряжения соединен с первым входом компаратора 5 и входами ключей 3 и 4, второй вход компаратора 5 подключен к входной шине, его выход - к управляющему входу первого ключа 3, выход которого соединен с первыми входами фильтрующе-суммирующего элемента 1, второй вход которого подключен к выходу второго ключа 4, а управляющий вход второго ключа 4 соединен с синхронизирующим выходом генератора 2 треугольного напряжения.

Генератор 2 треугольного напряжения содержит генератор 6 тактовых импульсов, к выходу которого подключен вход первого триггера 7, выходы которого соединены с входами второго 8 и третьего 9 триггеров, а выход третьего триггера 9 соединен с управляющим входом аналогового ключа 10, выход которого подключен к входу интегратора 11. Вход аналогового ключа 10 является входом генератора 2 треугольного напряжения, выход интегратора 11 - выходом генератора 2 треугольного напряжения, а выход второго триггера 8 - синхронизирующим выходом генератора 2 треугольного напряжения.

Измерительный преобразователь среднеквадратического значения напряжения работает следующим образом.

Треугольное напряжение с выхода генератора 2 треугольного напряжения сравнивается с входным напряжением в компараторе 5. В результате сравнения компаратор 5 выдает отпирающий сигнал на управляющий вход ключа 3, если мгновенные значения входного напряжения больше, чем мгновенные значения треугольного напряжения. На первый вход фильтрующе-суммирующего элемента 1 через ключ 3 поступают импульсы напряжения, заттрихованные на фиг. 2а. На второй вход суммирующе-фильтрующего элемента 1 через ключ 4 под действием на его управляющий вход синхронизирующих прямоугольных импульсов с синхронизирующего выхода генератора 2 треугольного напряжения поступают треугольные импульсы отрицательной полярности, заттрихованные на фиг. 2. Фильтрующе-суммирующий элемент 1 суммирует две последовательности импульсов, поступающие на его входы, таким образом, что они преобразуются в последовательность треугольных импульсов (фиг. 2в), амплитуды которых равны соответствующим мгновенным значениям входного напряжения. Затем фильтрующе-суммирующий элемент 1 интегрирует полученную последовательность импульсов, в результате чего на выходе преобразователя формируется постоянное напряжение, пропорциональное среднеквадратическому значению входного напряжения.

Генератор 2 треугольного напряжения работает следующим образом. Генератор тактовых импульсов 6 формирует последовательность тактовых импульсов (фиг. 4а) с частотой  $U/T$ , где  $T$  - период треугольного напряжения. На выходах первого триггера 7 формируется прямая (фиг. 4б) и обратная (фиг. 4в) последовательности прямоугольных импульсов, частота повторения которых в два раза ниже тактовой. Третий триггер 9 уменьшает частоту повторения импульсов еще в два раза и формирует импульсы, управляющие аналоговым ключом 10 (фиг. 4г). В интервале времени, равном длительности этих импульсов, на вход интегратора 11 подается выходное напряжение

преобразователя, а поскольку оно в указанном интервале времени практически постоянно, то на выходе интегратора 11, являющемся выходом генератора 2 прямоугольного напряжения, формируется треугольное напряжение (фиг. 4д) с амплитудой, пропорциональной выходному напряжению преобразователя. Последовательность импульсов с другого выхода первого триггера 7 поступает на вход второго триггера 8, который формирует последовательность синхронизирующих импульсов (фиг. 4е).

Среднее значение напряжения, поступающего на первый вход фильтрующе-суммирующего элемента 1, равно

$$U_{cp} = \frac{U_1 \Delta t_1}{2} + \frac{U_2 \Delta t_2}{2} + \frac{U_{max} T_T}{4} + \dots + \frac{U_n \Delta t_n}{2} - \left( \frac{U_{max} T_T}{4} - \frac{U'_1 \Delta t'_1}{2} - \frac{U'_2 \Delta t'_2}{2} - \dots - \left( \frac{U_{max} T_T}{4} - \frac{U'_m \Delta t'_m}{2} \right) \right) \frac{1}{T}$$

где  $U_1, U_2, \dots, U_n$  - амплитуда треугольных импульсов положительной полярности, формируемых на первом входе суммирующе-фильтрующего элемента;

$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$  - длительности указанных импульсов;

$U'_1, U'_2, \dots, U'_m$  - мгновенные значения входного напряжения в моменты его равенства с отрицательным треугольным напряжением;

$\Delta t'_1, \Delta t'_2, \dots, \Delta t'_m$  - соответствующие интервалы времени;

$T_T$  - период треугольного напряжения;

$T$  - период входного напряжения;

$n$  - число срабатываний компара-

тора 5 в течение положительных полупериодов треугольного напряжения;  $m$  - число его срабатываний в течение отрицательных полупериодов треугольного напряжения.

В общем виде среднее значение напряжения равно

$$U_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_i \Delta t_i}{2T} + \frac{\sum_{i=1}^m \Delta U'_i \Delta t'_i}{2T} - \frac{U_{max} (n+m) T_T}{8T} \quad (8)$$

Поскольку  $T \gg T_T$ , то  $\frac{n+m}{2} \approx \frac{T}{T_T}$  или  $\frac{(n+m) T_T}{2T} = 1$  (9)

Первые два слагаемых правой части выражения (8) являются площадями прямоугольных импульсов с амплитудами, равными мгновенным значениям входного напряжения  $U(t)$ . Среднее значение такой последовательности импульсов в соответствии с выражением (1)

$$U_{cp} = \frac{U^2(t)}{4U_{max}}$$

Выражение (8) с учетом (9) можно записать

$$U_{cp} = \frac{U^2(t)}{4U_{max}} - \frac{U_{max}}{4} \quad (10)$$

На второй вход суммирующе-фильтрующего элемента 1 поступает последовательность импульсов отрицательной полярности со средним значением

$$U_{cp} = -\frac{U_{max}}{4}$$

В результате обработки входных напряжений с учетом их знаков на выходе фильтрующе-суммирующего элемента 1 получается постоянное напряжение:

$$U_{cp} = \frac{U^2(t)}{4U_{max}} \quad (11)$$

С учетом влияния напряжения смещения компаратора 5, которое суммируется с входным переменным напряжением  $U_x$

$$U_{cp} = \frac{(U_x + U_{cm})^2}{4U_{max}} = \frac{U_x^2 + 2U_x U_{cm} + U_{cm}^2}{4U_{max}}$$

Среднее значение  $U_x$  равно нулю, поэтому

$$U_{cp} = \frac{\bar{U}_x^2}{4U_{max}} + \frac{U_{cm}^2}{4U_{max}} \quad (12)$$

Из сопоставления (4) и (12) видно, что предлагаемый преобразователь имеет погрешность преобразования за счет влияния напряжения смещения компаратора 5 намного меньшую, чем известный, так как обусловленная этим напряжением составляющая пропорциональна его квадрату.

Если в (12) подставить  $U_{max} = KU_{cp}$ , получим:

$$U_{cp} = \frac{\bar{U}_x^2 + U_{cm}^2}{4KU_{cp}}$$

откуда

$$U_{cp} = \frac{\sqrt{U_x^2 + U_{cm}^2}}{2\sqrt{k}} \quad (13)$$

Относительная погрешность преобразования

$$\sigma_2 = \sqrt{1 + \frac{U_{cm}^2}{U_x^2}} - 1 \approx \frac{U_{cm}^2}{2U_x^2} \quad (14)$$

5

Выигрыш в точности работы предлагаемого преобразователя по сравнению с прототипом за счет уменьшения влияния напряжения смещения можно определить из (7) и

$$B = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{2\sqrt{U_x^2}}{U_{cm}} \sqrt{\frac{k}{4-k}} \quad (15)$$

Из (13) с учетом того, что  $U_{cp} = KU_{max}$  можно найти связь между и

$$\sqrt{U_x^2} \approx \frac{2U_{max}}{\sqrt{k}}$$

С учетом этой связи из (15) следует, что

$$B = \frac{4U_{max}}{U_{cm}\sqrt{4-k}}$$

при  $K=2$ ;  $B = 2\sqrt{2} \frac{U_{max}}{U_{cm}}$

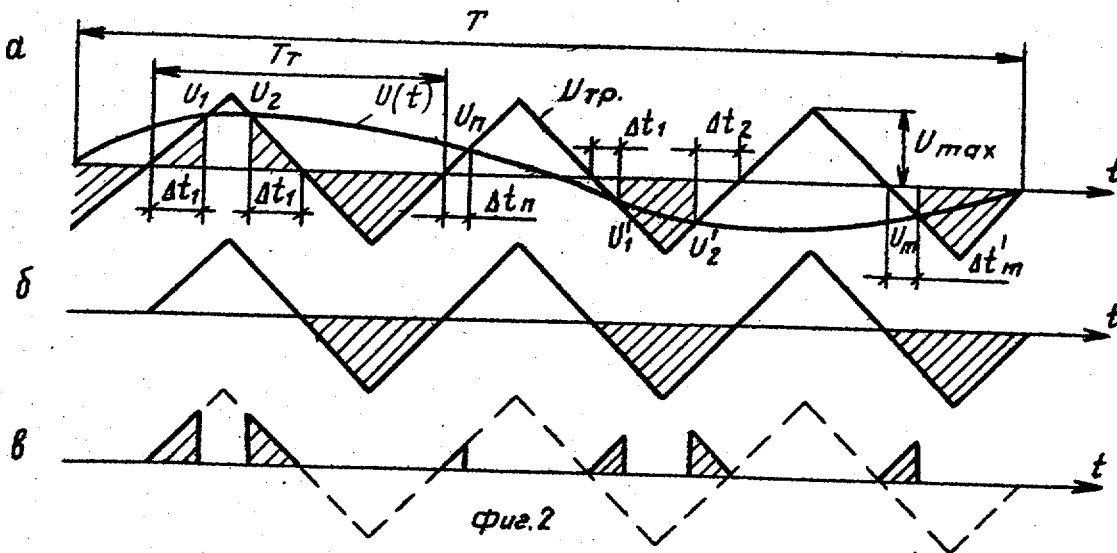
20

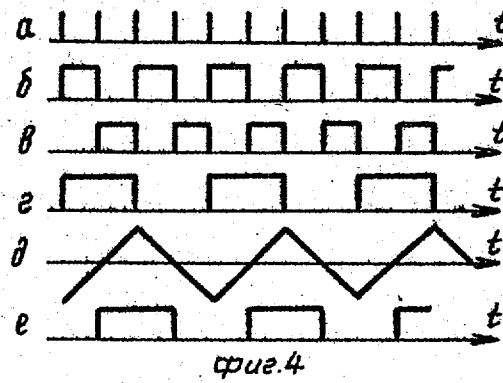
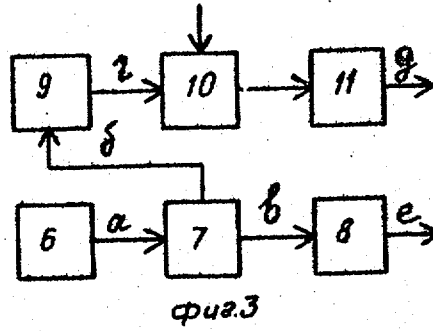
При средних значениях величин  $U_{max} = 1В$  и  $U_{cp} = 1мВ$  выигрыш в точности преобразования за счет уменьшения влияния напряжения  $B=2800$ .

25

Приведенные расчеты подтверждают, что в предлагаемом измерительном преобразователе повышается точность преобразования за счет значительного уменьшения погрешности, вызванной смещением нуля компаратора.

30





Редактор М.Циткина      Составитель А.Пучковский      Корректор М.Шароши  
 Техред Ж. Кастелевич

Заказ 5595/35      Тираж 711      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