



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е
ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 02.08.76 (21) 2392366/18-21

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 05.02.80. Бюллетень № 5

Дата опубликования описания 05.02.80

(11) 714302

(51) М. Кл.²

G 01 R 23/02

(53) УДК 621.317.
.761 (088.8)

(72) Автор
изобретения

В. Н. Крыжка

(71) Заявитель

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЛЕДОВАНИЯ
ИМПУЛЬСОВ

Изобретение относится к области измерения электрических величин и может быть использовано при разработке быстродействующих преобразователей частоты следования импульсов в цифровой код для измерительных систем с частотным представлением первичных сигналов.

Известен способ измерения частоты следования импульсов, при котором подсчитывают число целых периодов измеряемой частоты, попавших в интервал измерения, и определяют величины дробных частей периодов, прилегающих к началу и к концу интервала измерения, а значение измеряемой частоты вычисляют по формуле

$$f_i = \frac{N_i + \Delta_{ni} + \Delta_{ki}}{T_u}$$

где N_i - число целых периодов в интервале измерения;

Δ_{ni}, Δ_{ki} - величины дробных частей периодов;

T_u - интервал измерения [1].

Наиболее близким техническим решением к данному изобретению является способ измерения частоты следования импульсов, при котором в каждом из

соприкасающихся интервалов измерения T_u подсчитывают число целых периодов N_i и определяют величину дробной части ΔU_i периода, прилегающей к началу каждого интервала измерения, а значение измеряемой частоты на i -м интервале измерения вычисляют по формуле [2]

$$f_i = \frac{N_i + \Delta_{ni} + \Delta_{ki+1}}{T_u}$$

Недостатком известных способов является наличие методической погрешности усреднения при измерении изменяющейся во времени частоты. В известных способах величина дробной части периода вычисляется, как отношение измеренных длительностей соответствующей дробной части периода и всего периода

$$\Delta_n = \frac{t_n}{t_k + t_n}$$

где t_k и t_n - длительность дробных частей периода, прилегающие слева и справа к началу интервала измерения.

При изменении частоты в окрестности начала интервала измерения дейст-

вительная величина дробной части отличается от вычисленной по формуле, что и приводит к погрешности усреднения.

Целью изобретения является повышение точности измерения изменяющейся частоты следования импульсов.

Поставленная цель достигается тем, что в способе измерения частоты следования импульсов, основанном на подсчете числа целых периодов и определении длительностей дробных частей периодов измеряемой частоты, попавших в интервал измерения, дополнительно измеряют длительность последнего целого периода в каждом интервале измерения, а величины дробных частей периодов определяют по соотношению

$$\Delta_{ni} = \frac{t_{ni}}{t_{ki-1} + t_{ni}} \left[1 + \frac{t_{ki-1}(T_{i-1} - t_{ki-1} - t_{ni})}{T_{i-1}(T_{i-1} + t_{ki-1} + t_{ni})} \right],$$

где Δ_{ni} — величина дробной части периода в i -ом интервале измерения;

t_{ni} — длительность дробной части периода, следующая после начала i -го интервала измерения;

t_{ki-1} — длительность дробной части периода, предшествующего началу i -го интервала измерения;

T_{i-1} — длительность последнего целого периода в $(i-1)$ -м интервале измерения.

На фиг. 1 и 2 представлены временные диаграммы, поясняющие сущность способа измерения частоты следования импульсов; на фиг. 3 — изображена структурная электрическая схема устройства реализующего способа; на фиг. 4 — временная диаграмма его работы.

Устройство для ввода частотных сигналов в память ЭЦВМ (фиг. 3) выполнено на логических элементах и содержит триггеры 1, 2 — управляющие работой всего устройства, элементы И 3-7, генератор импульсов высокой частоты (импульсов t_b) 8, используемых при измерении интервалов времени T , t_k , t_n , счетчик 9 для измерения T и t_k , счетчик 10 числа целых периодов N , регистр памяти 11 для запоминания содержимого счетчика 9 (длительности T), счетчик 12 для измерения t_n , элемент ИЛИ 13, элементы задержки 14-16, блок считывания 17 в память ЭЦВМ, входная шина 18, по которой поступают импульсы, определяющие соприкасающиеся интервалы измерения T_u (импульсы f_u), и входная шина 19 частотного сигнала (импульсы f_c).

В измерительных системах с частотным представлением первичных сигналов наиболее широкое распространение получили линейные частотно-

импульсные модуляторы первичного исследуемого сигнала $x(t)$. Два соседних импульса, генерируемых линейным модулятором, отсекают постоянные площади S_0 , ограниченные осью времени и сигналом $x(t)$ (фиг. 2). При измерении частоты линейного модулятора на интервале времени T_u наиболее информативным результатом измерения будет такой, при котором полученное значение частоты, усредненное на интервале T_u , будет пропорционально среднему значению сигнала $x(t)$ на этом интервале. Из фиг. 2 видно, что указанная площадь равна величине

$$S_{Tu} = (N_i + 1) S_0 + S_{ni} - S_{ni+1}$$

Разделив последнее выражение на $S_0 T_u$, получим формулу для точного значения частоты, пропорционального среднему значению сигнала $x(t)$ на интервале T_u

$$f_i = \frac{N_i + 1 - S_{ni} / S_0 - S_{ni+1} / S_0}{T_u}$$

Следовательно, дробные части периодов Δ_{ni} должны быть найдены, как отношение соответствующих площадей

$$\Delta_{ni} = \frac{S_{ni}}{S_0}$$

При известном способе измерения они находятся, как соотношение временных интервалов

$$\Delta_{ni}' = \frac{t_{ni}}{t_k + t_n}$$

В случае изменяющегося сигнала $x(t)$ величина Δ_{ni}' не равна величине Δ_{ni} , что приводит к погрешности усреднения.

Покажем, что дополнительное измерение длительности периода T_i (фиг. 1, 2) и вычисление величины дробной части периода по формуле, как это принято в настоящем изобретении, устраняет погрешность усреднения.

Для систем с частотной модуляцией выполняется неравенство

$$T + t_k + t_n \ll T_{\min}$$

где T_{\min} — период наиболее высокочастотной полезной составляющей спектра модулирующего сигнала $x(t)$.

Поэтому с достаточной для практики точностью сигнал $x(t)$ в пределах интервала $T + t_k + t_n$ можно считать линейно-изменяющимся

$$x(t) \approx x_1 + ct,$$

где x_1 — значение сигнала $x(t)$, соответствующее середине интервала T ;

a — скорость изменения сигнала $x(t)$.

С учетом предыдущей формулы

$$S_{ni} = \left(x_2 + \frac{at_k}{2} \right) t_n$$

$$x_1 T = x_2 (t_k + t_n) = S_0$$

где x_2 — значение входного сигнала

соответствующее середине интервала $t_k + t_n$.

Очевидно, что

$$\alpha = \frac{2(x_2 - x_1)}{T + t_k + t_n}$$

Тогда получаем

$$\alpha = \frac{2S_0(T - t_k - t_n)}{T(t_k + t_n)(T + t_k + t_n)}$$

После простых преобразований найдем истинную величину дробной части периода Δn_i в i -м интервале измерения.

Следовательно, дробная часть, как это принято в настоящем изобретении, определяется как отношение площадей, чем устраняется погрешность усреднения, в результате повышается точность измерения изменяющейся частоты следования импульсов.

Длительность T , t_k и t_n измеряются в устройстве методом счета импульсов f_b высокочастотного генератора за соответствующие промежутки времени.

В исходном состоянии устройства триггеры 1 и 2 установлены в '0'. С выхода Q триггера 1 при этом подается разрешение на элементы 4, 5 и 6. Импульсы f_b от генератора 8, поступают через элемент 5 на вход счетчика 9. При подаче на входные шины 18 и 19 импульсов f_u и f_c (фиг. 4 а, б), импульсы f_c через элемент 4 поступают на вход счетчика 10. Кроме того, каждый импульс f_c , поступая через элемент 6, на вход записи, регистра памяти 11, организует считывание информации со счетчика 9 в регистр памяти (фиг. 4 в). Проходя далее через элемент 14 и элемент ИЛИ 13 на установочный вход счетчика 9, импульс f_c устанавливает его в '0' (фиг. 4 г). В результате каждый импульс вызывает перепись информации о длительности закончившегося периода измеряемой частоты в регистр памяти 11, обнуление счетчика 9 и повторный счет импульсов f_b счетчиком 9. С приходом первого импульса f_u по шине 18 триггера 1 и 2 устанавливаются в '1' (фиг. 4 д, е), чем снимается разрешение с элементов 4 (конец счета N), 5 (конец измерения t_k) и 6 (запрещение переписи информации со счетчика 9 в регистр памяти 11). Одновременно подается разрешение с выхода Q триггера 2 на элемент 7, через который импульсы f_b поступают на вход счетчика 12 (начало измерения t_n). С выхода Q триггера 1 подается разрешение на элемент 3. Первый после импульса f_u , импульс f_c устанавливает триггер 2 в '0', чем снимается разрешение с элемента 7 (конец измерения t_n). Этот же импульс, проходя через элемент 3 на считывающий вход блока 17, организует перепись

информации со счетчиков 9, 10, 12 и регистра памяти 11 в ячейку памяти ЭЦВМ (фиг. 4 ж), затем через элемент задержки 15 обнуляет счетчики 10 и 12 и через элемент ИЛИ 13 - счетчик 9 (фиг. 4 з). Импульс f_c поступает также через элемент задержки 16 на один из входов триггера 1 и устанавливает его в '0'. Далее производится счет N, измерение T и t_k в следующем интервале измерения, и так далее.

Таким образом, в каждую ячейку памяти ЭЦВМ записывается информация о величинах N_i , T_i , t_{ki} , t_{ni} (код частоты). После ввода частотного сигнала в ЭЦВМ выполняется обработка полученного массива кодов - вычисление значений Δn_i и дискретных значений измеряемой частоты.

Использование настоящего изобретения позволяет существенно повысить точность измерений в системах с частотным представлением динамических сигналов. Повышение точности определения величин дробных частей периодов соответственно увеличивает точность измерения частоты следования импульсов.

Изобретение оказывается также эффективным в случае предварительной записи частотных сигналов совместно с сигналом f_u на магнитную ленту. Известно, что запись и воспроизведение сопровождаются колебаниями скорости магнитной ленты, вызываемыми паразитной частотной модуляцией при прохождении сигнала через тракт магнитной записи. Данный способ измерения существенно уменьшает погрешности усреднения и более эффективно подавляет паразитную частотную модуляцию, вызванную нестабильностью движения магнитной ленты.

Формула изобретения

Способ измерения частоты следования импульсов, основанный на подсчете числа целых периодов и определении длительностей дробных частей периодов измеряемой частоты, попавших в интервал измерения, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения изменяющейся частоты, дополнительно измеряют длительность последнего целого периода в каждом интервале измерения, а величины дробных частей периодов определяются по соотношению

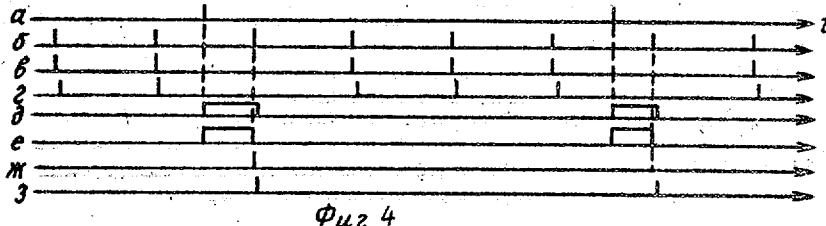
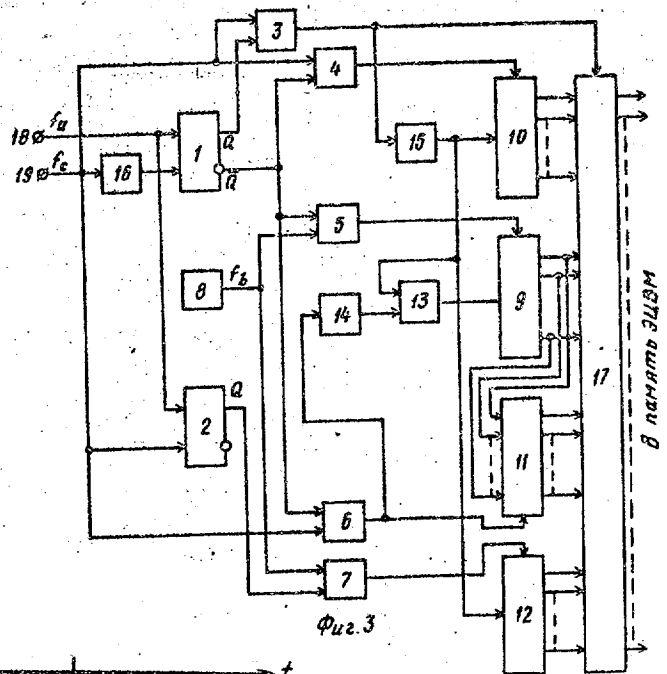
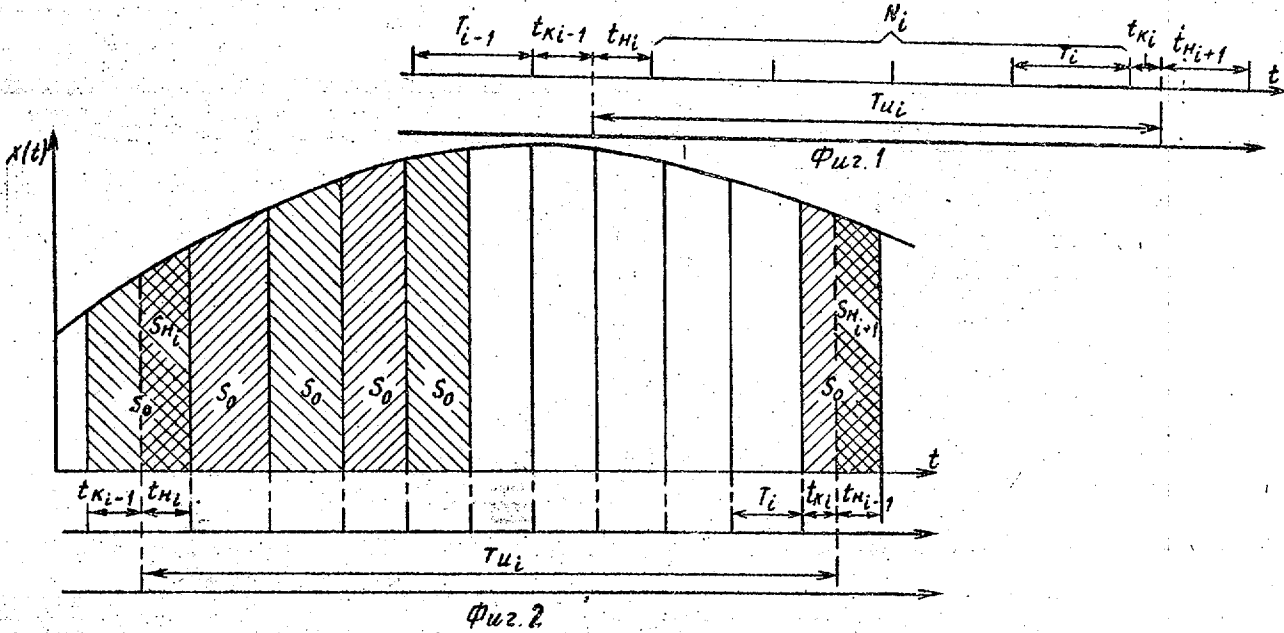
$$\Delta n_i = \frac{t_{ni}}{t_{k_{i-1}} + t_{ni}} \left[1 + \frac{t_{k_{i-1}}(T_{i-1} - t_{k_{i-1}} - t_{ni})}{T_{i-1}(T_{i-1} + t_{k_{i-1}} + t_{ni})} \right],$$

где Δn_i - величина дробной части периода в i -м интервале измерения;

- t_{ki} - длительность дробной части периода, следующая после начала i -го интервала измерения;
- t_{ki-1} - длительность дробной части периода, предшествующего началу i -го интервала измерения;
- T_{i-1} - длительность последнего целого периода в $(i-1)$ -м интервале измерения.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Касаткина А.С. Счетно-импульсные методы измерения частоты преобразованных неэлектрических сигналов. "Приборостроение", 1964, № 8, с. 3.
2. Авторское свидетельство СССР №406169, кл. G 01 R 23/10, 1973 (прототип).



ЦНИИПИ Заказ 9278/41
 Тираж 1019 Подписное
 Филиал ППП "Патент",
 г. Ужгород, ул. Проектная, 4