

Физическая аппаратура

УДК 621.382

Универсальный цифровой измерительный прибор с частотными датчиками

С. С. Несмеянов, В. В. Привезенцев

Предложен новый универсальный измерительный прибор с частотными датчиками. По сравнению с обычными приборами он обладает следующими преимуществами: более совершенные характеристики, более простое схемное решение и более широкий диапазон функциональных возможностей, позволяющими работу с разнообразными линейными частотными датчиками.

PACS: 07.50.-e

Ключевые слова: измерительный прибор, частотный датчик, диапазон, функциональная возможность.

Введение

В настоящее время в технике измерений различных физических величин, таких как температура, освещение различного спектрального диапазона, постоянное магнитное поле, механическая деформация, состав газовой среды и т. п. широко используются цифровые измерительные приборы с первичными преобразователями (датчиками), выходным параметром которых является частота переменного тока [1]. Использование таких датчиков позволяет существенно упростить их согласование с измерительными системами и устранить ряд конструктивных трудностей в устройствах обработки их выходного сигнала. Так, показания частотных датчиков не зависят от сопротивления подводящих проводов, возможно эффективное применение фильтрации сигнала, не требуются прецизионные высокостабильные (бездрейфовые) усилители постоянного тока, упрощается преобразование выходного сигнала датчиков в цифровой код (период—код). Выходной частотный сигнал таких датчиков удобно совмещается с цифровыми ЭВМ.

Известно, что основным недостатком цифровых приборов с частотными датчиками, выполняемыми по обычному принципу [2], являются сложность их схемы, жесткие требования на пара-

метры входных импульсов (скважность) и низкое быстродействие, обусловленное структурой их построения, а именно, наличием подготовительного этапа во временной диаграмме работы.

Предлагаемый цифровой измерительный прибор лишен указанных выше недостатков и по сравнению с известными, построенными по обычной схеме, обладает следующими преимуществами: повышенным быстродействием, более простым схемным решением и более широкими функциональными возможностями, позволяющими работать с различными частотными датчиками.

Цифровой прибор

Из литературы известен аналого-цифровой преобразователь температуры [3]. Поставленная цель достигается тем, что в отличие от него в предлагаемом приборе [4] введены следующие элементы и соединения.

1. Синхронный счетчик распределителя импульсов, счетный вход которого соединен с выходом генератора опорной частоты, а выход соединен с его входом предустановки и со входом синхронизации триггера знака результата и входом установки триггера направления счета.

2. Синхронный счетчик результата измерения, счетный вход которого соединен с выходом первичного преобразователя с частотным выходом, а вход направления счета с первым выходом триггера направления счета, вход предустановки соединен с выходом синхронного счетчика распределителя импульсов, а выход переполнения — со счетным входом триггера направления счета.

3. Синхронный регистр памяти, входы которого $D_1—D_n$ соединены с выходами $Q_1—Q_n$ синхрон-

Несмеянов Сергей Сергеевич, главный специалист.
Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН.
119333, Москва, ИК РАН, Ленинский пр-т, 59.

Привезенцев Владимир Владимирович, старший научный сотрудник.

Физико-технологический институт РАН.
Россия, 117218, Москва, Нахимовский пр., 34.
E-mail: privezentsev@fian.ru

Статья поступила в редакцию 25 мая 2010 г.

ного счетчика результата измерения, вход синхронизации синхронного регистра памяти соединен с выходом синхронного счетчика распределителя импульсов.

На рис. 1 приведена структурная схема цифрового прибора. Частота следования импульсов f на выходе первичного преобразователя в зависимости от регистрируемой физической величины x определяется выражением

$$f = ax + b,$$

где a — крутизна частотной характеристики первичного преобразователя;

b — свободный член (значение частоты f при входной физической величине x , равной нулю).

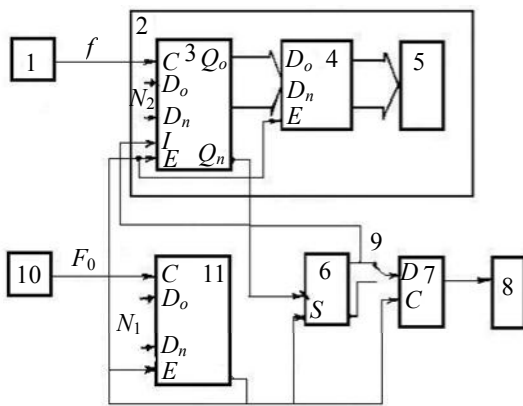


Рис. 1. Схема универсального цифрового измерительного прибора:

- 1 — первичный преобразователь с частотным выходом;
- 2 — счетчик результатов измерений; 3 — синхронный реверсивный счетчик; 4 — синхронный регистр памяти;
- 5 — дешифратор с цифровым индикатором; 6 — триггер направления счета; 7 — триггер знака; 8 — дешифратор индикатора знака; 9 — переключатель знака крутизны;
- 10 — генератор опорной частоты; 11 — синхронный счетчик формирования временных интервалов

В качестве примера рассмотрим первичный преобразователь состава газовой среды, например концентрации водорода в воздухе. Им может быть частотный датчик на основе линии задержки поверхностных акустических волн (ПАВ) с центральной частотой 35 МГц, построенный по дифференциальной автогенераторной схеме. В этом случае один канал является измерительным, а второй — опорным и обрабатывает изменение параметров окружающей среды. На выходе такого датчика при наличии регистрируемой физической величины (в данном случае концентрации водорода в воздухе) появляется разностный частотный сигнал. Он является входным для электронной части цифрового прибора. В датчике использовано сенсорное покрытие из палладия. В качестве материала звукопровода такого датчика использовали LiNbO_3 , причем расстояние между центрами вход-

ного и выходного встречно-штыревых преобразователей ПАВ равно длине входного преобразователя. Последний состоит из 50 пар электродов шириной 5 мкм и периодом 10 мкм с апертурой 100 мкм.

Отличие одного частотного датчика от другого будет только в коэффициентах a и b выходной функции частотного датчика, т. е., иначе говоря, в диапазоне частот на выходе первичного преобразователя и в относительном изменении частоты в рабочем интервале измеряемой физической величины. Для датчика на основе ПАВ этот диапазон составляет $\Delta f = (10^3—10^6)$ Гц. Относительное изменение частоты для него равно $\delta_f = (10^{-5}—10^{-2})\%$.

Для калибровки частотных датчиков различных типов необходимо установить, соответственно, на входах предустановки счетчика результата измерений $D_1—D_n$ значение:

$$N_2 = F_0/a,$$

где F_0 — частота опорного генератора, а по входам предварительной установки $D_1—D_k$ счетчика формирователя временного интервала 11 — значение рабочего временного интервала:

$$N_1 = -b/a.$$

Цифровой прибор работает следующим образом (см. рис. 1 и 2). Частотный сигнал с выхода первичного преобразователя поступает на счетный вход счетчика результата измерения. С выхода генератора опорной частоты сигнал поступает на счетный вход формирователя временного интервала, в качестве которого используется синхронный счетчик с синхронной предустановкой.

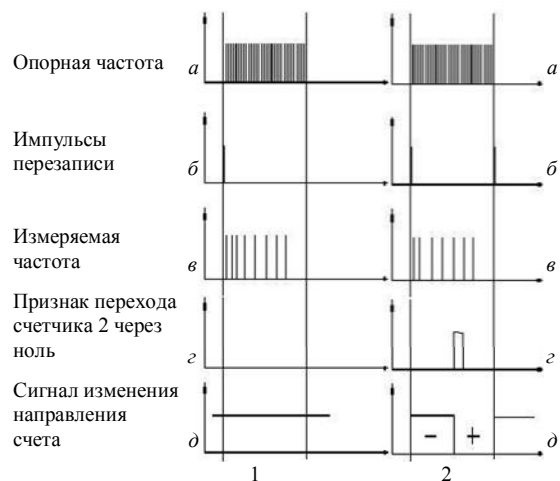


Рис. 2. Временная диаграмма работы универсального цифрового измерительного прибора:

- 1 — диаграмма работы при отсутствии перехода измеряемого параметра через нуль; 2 — диаграмма работы при переходе измеряемого параметра через нуль; a — опорная частота на входе счетчика 3; b — импульсы перезаписи на выходе счетчика 3; v — измеряемая частота на входе счетчика 11; z — импульсы перезаписи на выходе счетчика 11; d — знак полярности на выходе триггера 6

Каждый раз, когда наступает переполнение счетчика формирователя временного интервала на его выходе появляется импульс, поступающий на входы загрузки счетчиков 2 и 11, регистра и вход установки триггера направления счета. При этом информация, накопленная в счетчике результатов измерений за предыдущий период, записывается в регистре и отображается на цифровом индикаторе, а знак фиксируется на триггере знака и отображается на индикаторе знака. Одновременно производится предустановка счетчика результатов измерений по входам предварительной установки $D_1—D_n$ значением частоты, соответствующей нулевой точке измеряемого значения первичного преобразователя, а счетчика формирования временных интервалов — по входам предварительной установки $D_1—D_k$ значением рабочего временного интервала. Счетчик результатов измерений начинает работать в режиме вычитания из записанного в него кода, при переходе содержимого счетчика через ноль выходной сигнал с его выхода переноса поступает на счетный вход триггера направления счета, переводя его в другое состояние, при этом сигнал с выхода триггера переводит счетчик результатов измерений по входу направления счета в режим суммирования импульсов. Далее цикл измерения повторяется. Диапазон рабочих частот предлагаемого прибора зависит от быстродействия

и разрядности синхронных счетчиков и соотношения частот опорного генератора и первичного частотного преобразователя.

Заключение

Наличие в предлагаемом цифровом измерительном приборе синхронных счетчиков с синхронной предустановкой, а также новых связей между его элементами, позволяет:

существенно упростить конструкцию цифрового прибора без снижения точности измерения регистрируемой физической величины;

повысить быстродействие цифрового прибора за счет устранения подготовительного этапа во временной диаграмме его работы;

упростить процесс градуировки цифрового прибора.

Литература

1. Дзуреченский А. В. Частотные полупроводниковые датчики. — М.: Энергия, 1982.
2. Новицкий П. В., Кнорринг В. Г., Гужников В. С. Цифровые приборы с частотными датчиками. — М.: Энергия, 1990.
3. Голембо В. А., Котляков В. Л., Швецкий Б. И. Пьезокварцевые аналого-цифровые преобразователи температуры. — Львов: Вища школа, 1977.
4. Несмеянов С. С., Привезенцев В. В. Цифровой прибор. Патент 2161805 России, МКИ G 01 R 13/02.

Universal digital measuring device with frequency sensors

S. S. Nesmeyanov

Institute for Crystallography of the RAS

V. V. Privezentsev

Physical and Technological Institute of the RAS

E-mail: privezentsev@ftian.ru

A new universal digital measuring device with frequency sensors is suggested. In comparison with ordinary devices, it has next advantages: a higher performance, a simpler scheme decision and more wide functional possibilities, which make permit to work with various linear frequency sensors.

PACS: 07.50.-e

Bibliography — 4 references.

Received May 25, 2010