

ЧАСТОТНО-ЦИФРОВАЯ ИИС НА БАЗЕ LABVIEW

Красивская М.И., Красивский И.Н., Скачко Ю.В.

Московский государственный институт электроники и математики (ту)

Одной из отличительных черт современного этапа развития информационно-измерительных систем является широкое применение в них различных компьютерных измерительных технологий (КИТ), позволяющих существенно повысить эффективность метрологического обеспечения применяемого как на стадиях исследований и разработок, так и на стадии производства различных видов изделий.

Применение КИТ лежит в основе создания виртуальных (интеллектуальных) частотно-цифровых измерительных систем (ВЧЦИС), в состав которых входят измерительные преобразователи с частотно-модулированным сигналом в звуковом диапазоне частот [1].

Метрологическое обеспечение виртуальных измерительных систем (ВИС) – средств измерений, основу которых составляет ЭВМ, специализированное программное обеспечение и измерительные преобразователи, требует пересмотра ранее установленных требований к их конструктивным, эксплуатационным и, в первую очередь, метрологическим характеристикам.

Возникает необходимость совершенствования метрологического обеспечения исследовательских и производственных процессов на базе интеллектуализации используемых в них информационно-измерительных систем (ИИС).

Проблемы совершенствования метрологического обеспечения ИИС рассматриваются в данной работе на примере цифрового устройства со струнным преобразователем (ЦУСП) линейных перемещений, разработанного по заказу подшипниковой промышленности для измерения отклонения линейных размеров.

В состав ИИС, предназначенной для исследования датчиков с частотным выходом, входит ряд базовых компонентов, от правильного выбора которых зависит качество получаемой измерительной информации.

В качестве средств обработки сигнала датчика с частотным выходом могут быть использованы различные схемы измерений на основе типовых электронно-счётных частотомеров. Ограничение использования этих устройств в составе измерительных комплексов связано с их высокой стоимостью, значительными массогабаритными параметрами и ограниченными функциональными возможностями по цифровой обработке сигналов (ЦОС), поступающих с преобразователя. Сложность алгоритмов ЦОС, реализуемых при оценке метрологических характеристик датчиков определяется необходимостью проведения статистического анализа погрешностей, возникающих в условиях наличия большого числа внешних влияющих факторов.

В значительной степени данные ограничения могут быть сняты при использовании в составе ИИС т.н. виртуальных частотомеров при сохранении требуемой точности измерения параметров контролируемых объектов.

Одним из вариантов построения ИИС на основе КИТ является система состоящая из датчика, который формирует на своем выходе сигнал, содержащий информацию о параметрах контролируемого объекта (объекта измерений), устройства сбора данных (УСД), преобразующего выходной сигнал датчика в цифровую форму и процессорного блока, в котором производится обработка измерительной информации. Обрабатываемая информация преобразуется к виду, необходимому для ее отображения, передачи по компьютерным сетям и хранения на различных типах носителей.

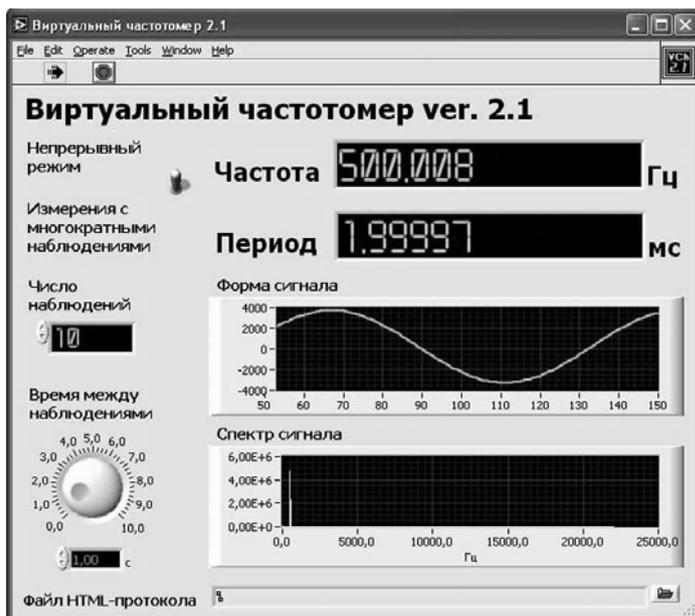
На каждом из этапов преобразования и обработки измерительной информации, могут быть использованы алгоритмические последовательности операций, реализованные на основе применения специальных программных средств.

Одним из главных требований, предъявляемых к таким программным средствам, является их согласованное по форме представление информации при переходах между звеньями ИИС. Потеря и искажение информации при переходе между звеньями ИИС является одной из основных причин ухудшения метрологических характеристик таких систем.

Обеспечение вопроса согласования звеньев виртуальной ИИС может решаться на основе применения современных программных продуктов, которые позволяют решать задачи сбора, обработки, отображения, передачи и хранения информации.

При разработке интеллектуализированных измерительных систем на основе частотно-цифровых измерительных преобразователей возникает необходимость разработки специального программного обеспечения, применяемого для решения ряда задач, таких как

- измерение значений частоты и периода выходного сигнала струнного преобразователя в непрерывном режиме и режиме измерений с многократными наблюдениями;
- исключение промахов из результатов измерений;
- проведение статистической обработки результатов измерений;
- оценка спектрального состава выходного сигнала преобразователя;
- оценка точности измерения значений частоты и периода;



- визуализация измерительной информации в численной и графической форме, формирование дружественного, интуитивно-понятного экранного интерфейса;
- формирование файла отчета в форме, доступной для последующей обработки другими программными средствами и передачи в локальных и глобальных сетях.

Рис. 1. Лицевая панель виртуального частотомера

В ходе работы было проведено исследование возможности построения интеллектуализированной измерительной системы на базе типовых VI-компонентов NI LabVIEW, позволяющих решать перечисленные задачи в наиболее полном объеме [2].

Целью разработки данного ПО является его применение в составе средств измерения

линейных размеров на основе струнных преобразователей с частотным выходом.

ЦУСП линейных перемещений состоит из струнного дифференциального модуля, электронного блока автогенераторов и виртуального частотомера. Характеристика преобразования (ХИП) в этом случае выбирается в ЦУСП линейной, в виде $y = Sx$, где чувствительность $S = 0.1$ ед/мкм.

В качестве устройства сбора данных применялись различные типы АЦП, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым при обработке сигналов струнных преобразователей в заданном частотном (0,5...10кГц) и амплитудном диапазоне, в том числе плата сбора данных DAQ, серии E¹, входящая в состав комплекса NI ELVIS, размещенная в одном из PCI слотов процессорного блока.

Кроме перечисленных элементов, в состав измерительной системы входит разработанное на основе NI LabVIEW программное обеспечение для построения средств измерения частоты и периода на базе типовой звуковой карты².

На рис.1 показан внешний вид экранного интерфейса лицевой панели, разработанного на базе NI LabVIEW виртуального частотомера.

Особенностью данного частотомера являются встроенные возможности измерения частоты и периода, как в непрерывном режиме, так и в режиме измерений с многократными наблюдениями с последующим статистическим анализом полученных результатов на наличие промахов.

Результаты работы ПО могут быть представлены как в виде файла текстового протокола, так и в виде файла HTML-документа, для последующего просмотра в браузере или передачи в какую-либо другую программную оболочку, например, Microsoft Excel.

Систематическая составляющая погрешности измерений зависит от выбора ХИП. При 2-3-х физических принципах, положенных в основу функционирования средства измерений ХИП выбирается в виде полинома. Поскольку обычный частотомер не имеет плавной регулировки чувствительности, одной из наиболее трудоемких технологических операций является настройка на заданную чувствительность $S = 0.1$ ед/мкм. Трудоемкость механической настройки связана с реализацией перемещения порядка 0,03 мкм узла заземления струн, существенно удорожающей сборку струнного датчика.

При использовании режима ВИС для ЦУСП достаточно функции настройки перенести на программное обеспечение, обеспечивающее в простейшем случае алгоритм прямого измерения с линейной номинальной ХИП. Для реализации ВИС на базе ЦУСП характеристика может быть выбрана также нелинейной, что позволяет существенно увеличить диапазон измерений. Эффективность режима ВИС особенно проявляется при обеспечении систематической погрешности менее 0,25% от диапазона измерений при существенно нелинейной ХИП. Уменьшение погрешности программным путем позволяет перейти от двухструнной дифференциальной схемы струнного преобразователя к однострунной схеме УИП-8, заменяющей пружинную головку-микромотор - основное средство допускового контроля в подшипниковой промышленности.

¹ NI DAQ PCI-MIO-16-E. Аналоговый ввод: 16 каналов с общим проводом или 8 дифференциальных каналов, частота дискретизации 200 кГц, диапазон изменения входного напряжения ± 10 В, разрешение АЦП 12 разрядов. Аналоговый вывод: 2 канала ЦАП, диапазон выходного напряжения ± 10 В, разрешение ЦАП 12 разрядов. Цифровой ввод-вывод: 8 линий ТТЛ.

² Avance AC97 Audio. Разрешение 16 разрядов, частота дискретизации 44100 Гц

Применение ЭВМ позволяет ограничить выбор диапазона измерения требованием стабильности колебаний резонатора, а не требованием заданной погрешности нелинейности.

В ходе работы было установлено, что специализированное ПО для измерения линейных размеров на основе струнных преобразователей с частотным выходом должно решать также следующие задачи:

- осуществление градуировочных измерений;
- исключение промахов из результатов градуировочных измерений;
- построение градуировочной характеристики в виде полинома заданного порядка;
- отображение результатов градуировочных измерений в виде таблицы;
- измерение с использованием градуировочной характеристики;
- измерение линейных размеров в режиме измерений с многократными наблюдениями;
- исключение промахов из результатов измерений линейных размеров;
- проведение статистической обработки результатов измерений;
- сигнализация о работе в пределах градуировочной характеристики.

На основе разработанного виртуального частотомера была построена функциональная схема устройства для измерения линейных размеров на базе преобразователя УИП-8. Особенностью данного измерителя являются встроенные возможности градуировки и последующего измерения линейных размеров с использованием струнных преобразователей с частотным выходом. На рис. 2 представлен экранный интерфейс лицевой панели измерителя в режимах градуировки и измерения линейных размеров.

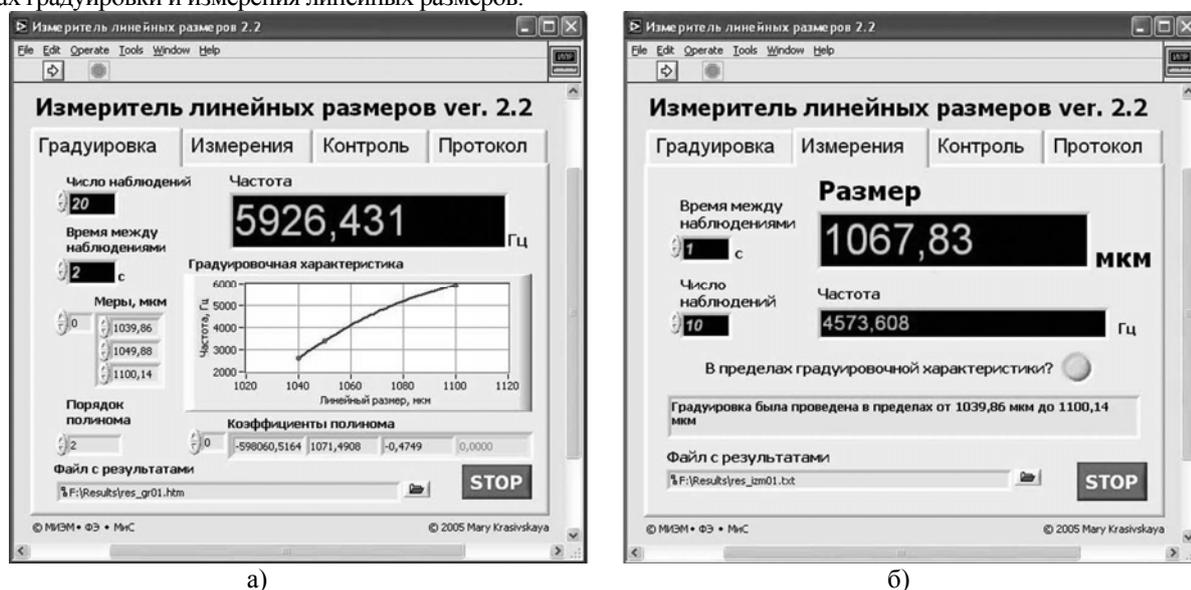


Рис. 2. Лицевая панель измерителя линейных размеров в режиме градуировки (а) и в режиме измерений линейных размеров (б)

Градуировочные измерения проводятся в режиме измерений с многократными наблюдениями. Обработка результатов градуировочных измерений производится по определенному алгоритму для определения и уменьшения случайной составляющей погрешности. Осуществляется статистический анализ результатов градуировочных измерений, выявление и исключение промахов.

Градуировочная характеристика представляет собой полином с порядком, задаваемым пользователем. Результаты градуировочных измерений заносятся в файл протокола.

Построенная градуировочная характеристика используется для измерения линейных размеров. Измерения линейных размеров проводятся в режиме измерений с многократными наблюдениями с последующим статистическим анализом полученных результатов на наличие промахов.

Результаты измерений заносятся в файл отчета, который может быть использован другими программными средствами для последующей обработки, а также для передачи по локальной и глобальной сетям.

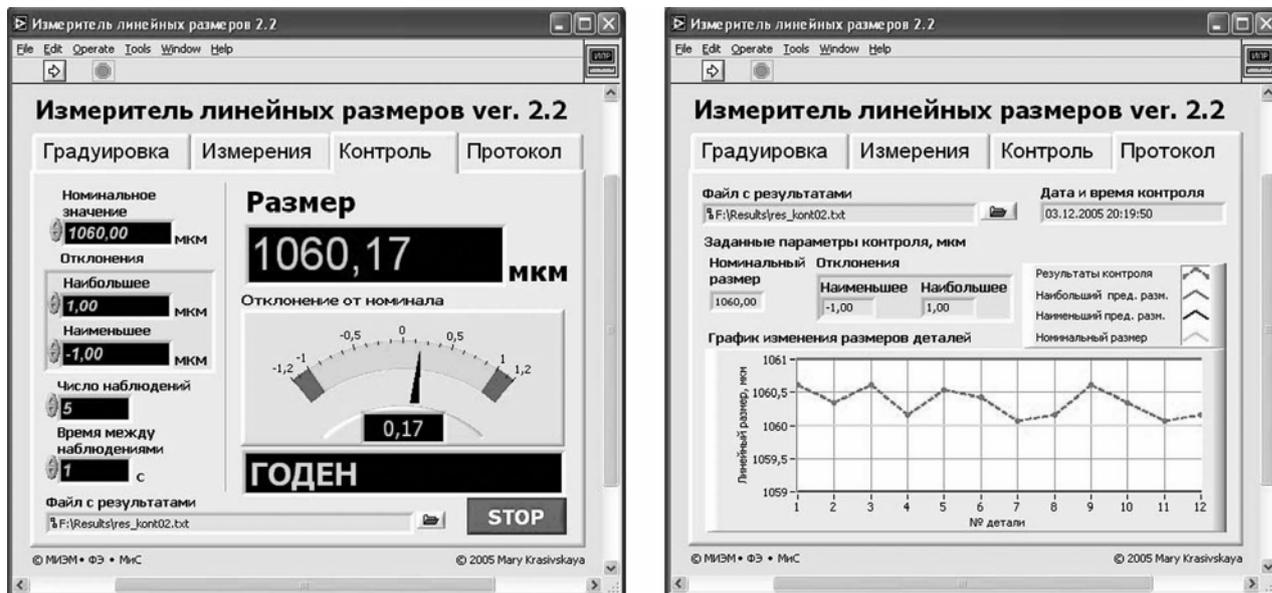
Кроме режима измерений линейных размеров в измерителе реализован режим допускового контроля линейных размеров (рис.3,а). При работе в этом режиме пользователем вводится номинальное значение размера контролируемой детали и значения допусков.

Контроль линейных размеров проводится в режиме измерений с многократными наблюдениями с последующим статистическим анализом полученных результатов на наличие промахов. Результаты контроля отображаются на специальном табло с индикацией наличия брака и заносятся в файл отчета.

Также в измерителе имеется возможность просмотра протокола результатов измерений или контроля (рис. 3,б). Результаты отображаются в графической форме.

Эксплуатация разработанного программного обеспечения в лабораторных условиях на кафедре Метрологии и сертификации МИЭМ показала его высокую надежность и эффективность.

Разработанная система предназначена для эксплуатации, как в лабораторных условиях (для оценки метрологических характеристик преобразователей физических величин с частотным выходом), так и в производственных условиях в качестве устройства допускового контроля построенных на основе применения частотных датчиков.



а) б)

Рис. 3. Лицевая панель измерителя линейных размеров в режиме допускового контроля (а) и в режиме просмотра протокола результатов контроля (б)

Литература

1. Красивская М.И., Простомолотов А.С., Скачко Н.Ю. Мобильные персональные компьютеры в виртуальных частотно-цифровых средствах измерений // Сб. тр. РНТОРЭС им. А.С. Попова. Науч. сессия посв. дню Радио. – 2005. – Вып. LX-1. – С. 259-260.
2. Разработка интеллектуализированных измерительных систем в среде LabVIEW: МУ к ПЗ / Моск. гос. ин-т электроники и математики; Сост.: Ю.В. Скачко, М.И. Красивская и др. М., 2005.

FREQUENCY DIGITAL INFORMATION MEASURING SYSTEM ON THE BASIS OF LABVIEW

Krasivskaya M., Krasivskiy I., Skachko Yu.

The Moscow state institute of electronics and mathematics (technical university)

Systems on the basis of computer measuring technologies (CMT) are widely used at present. CMT allow to increase the efficiency of measurement assurance at stages of research, development and manufacture.

CMT application underlies creation of virtual (intellectual) frequency-digital measuring systems (VFDMS) which structure includes instrument transducers with frequency-modulated signal in a sound frequency band.

Measurement assurance of virtual measuring systems (VMS) demands revision of the established requirements to their constructive, operational and especially metrological characteristics.

It is necessary to improve measurement assurance of research and productions. It can be realized on the basis of intellectualization of information-measuring systems (IMS) used in them.

Problems of perfection of IMS measurement assurance are considered in this work in the example of the digital device with string transducer (DDST) of linear displacement. This device has been developed under the order the Boll-bearing industries for measurement of the linear size drift.

DDST of linear displacement consists of the string differential module, the electronic block of active oscillators and a virtual frequency meter. We choose the linear characteristic of transformation (CT) in this case.

There is a necessity of development of the special software for intellectual IMS based on frequency-digital measuring transducers. This software is applied to solve some tasks:

- measurement of values of frequency and the period of a output signal of the string transducer;
- realization of statistical processing of the measurement data.

To solve these tasks a software has been developed. The software has been constructed on NI LabVIEW base. The developed software is designed for creating instruments for measuring of the frequency and the period on the basis of a typical sound card, and it's named «a virtual frequency meter».

The feature of this frequency meter is a built-in possibility of measuring of the frequency and the period with the subsequent statistical analysis of the obtained results. The statistical analysis allows to reveal misses from measurement results. The result of the work of the software is represented as a report file.

The systematic inaccuracy of measurements depends on the choice of CT. If 2-3 physical principles underlie functioning of measuring instrument then we choose a polynomial CT.

As the usual frequency meter has no smooth adjustment of sensitivity, one of the most laborious technological operations in DDST application is adjustment for the given sensitivity. When using of VMS mode for DDST, the functions of adjustment are transferred to the software. For realization VMS on DDST base the characteristic can be chosen nonlinear, that allows to increase a measurement range essentially.

Reducing of an error by using a program allows to proceed from a two-string differential circuit of the string transducer to a single-string circuit UIP-8.

A functional device for measurement of the linear dimension on the basis of instrument transducer UIP-8 has been constructed. The device (linear dimension measuring instrument) has been developed on the basis of the virtual frequency meter. The feature of the given measuring instrument is the built-in possibility of graduating and measuring the linear dimensions with the use of instrument transducers with the frequency output. Processing the results of measurements perform by the certain algorithm for definition and reduction of an accidental error.

