

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЖИМА ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЧАСТОТНО-ЦИФРОВОГО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Филимонов В.В., Скачко Ю.В., Юрин А.И.

Московский Государственный Институт Электроники и Математики (Технический Университет) 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 3/12, кафедра МиС, [vasily\\_filimonov@mail.ru](mailto:vasily_filimonov@mail.ru)

В работе рассматриваются некоторые результаты исследований частотно-цифрового средства измерений (ЧЦСИ) линейных размеров. Данное устройство предлагается для использования в области измерения малых линейных перемещений в диапазоне до 100 мкм с точностью 0.25%, что соответствует несколько улучшенным характеристикам, используемых в настоящий момент на производстве, пружинных измерительных головок.

Структура ЧЦСИ [4, 5] включает струнный измерительный преобразователь линейных перемещений, блок автогенератора и мультимедийную ПЭВМ (МПЭВМ). Основные этапы и особенности построения ЧЦСИ, обоснование выбора частотного метода и струнного типа преобразователей рассмотрены в [1, 3-5].

Характерной особенностью ЧЦСИ является упрощение конструкции используемого преобразователя. В частности, используемая ранее двухструнная дифференциальная схема (унифицированный измерительный преобразователь УИП-5ВМ) заменяется однострунной недифференциальной схемой (УИП-8), исключаются сложные операции механической настройки преобразователя, в совокупности удешевляется вся конструкция.

С другой стороны, ухудшаются метрологические характеристики преобразователя упрощенной конструкции. Проявляется нелинейность функции преобразования [1, 5], определенная нестабильность частоты. Эти особенности учитываются при обработке результатов измерений, проводящейся посредством ЭВМ в автоматическом режиме, таким образом, снижается погрешность и достигается требуемый уровень точности.

На ряду с упрощенной (удешевленной) конструкцией измерительного преобразователя удастся достигнуть улучшения метрологических характеристик средства измерений в целом, например, увеличение рабочего диапазона, а также дополнительные возможности ПЭВМ.

Задача реализации режима прямого измерения в рамках ЧЦСИ на базе струнного измерительного преобразователя и МПЭВМ носит комплексный характер и имеет следующие особенности: ввод аналогового сигнала (частотно-цифровое преобразование); анализ представленной в цифровом виде измерительной информации, выявление и автоматическая коррекция (учет погрешностей (случайной, систематической, прогрессирующей, погрешности вариации)); построение градуировочной характеристики, установка нуля; реализация обратного преобразования, получение, оценка, корректировка и представление результата.

Ввод частотно-модулированного аналогового сигнала звукового диапазона в МПЭВМ осуществляется посредством звуковой карты. Частотно-цифровое преобразование может осуществляться различными методами, например методом дискретного счета или методами спектрального анализа. При этом погрешность измерения частоты в основном определяется погрешностями аналого-цифрового преобразования, т.е. характеристиками оборудования. Погрешность дискретности, определяемая частотой дискретизации, может быть снижена увеличением времени измерений.

На этапе анализа результатов измерений проводится оценка, коррекция и учет известных составляющих погрешности. Исключаются грубые промахи, за счет многократных наблюдений снижается случайная составляющая погрешности, учитывается влияние прогрессирующей составляющей (если ее уровень существенен). Как показали экспериментальные исследования [4], для датчика УИП-8 характерно снижение уровня всех составляющих погрешности при движении по диапазону в сторону увеличения входного сигнала (рис. 1).

Величины указанных составляющих погрешности значительно меньше по сравнению с величиной систематической погрешности, вызванной нелинейностью функции преобразования. В работах [4, 5] рассматриваются и сравниваются различные способы построения градуировочной характеристики, оценивается погрешность. Один из наиболее точных методов – кусочно-линейная интерполяция, имеет существенные недостатки: необходимость проведения большого количества измерений, построенная зависимость не учитывает неравномерность распределения погрешности по диапазону. Более перспективным представляется использование приближения многочленом второй степени (обратно-квадратичной функцией, в зависимости от вида искомой градуировочной характеристики).

Экспериментальный анализ (эксперимент проводился при помощи лабораторного стенда на наборе концевых мер длины [5]) основных составляющих погрешности ЧЦСИ представлен на диаграммах рис. 2, 3.

Незначительная часть в начале диапазона характеризуемая высоким уровнем систематической погрешности может быть исключена из рабочего диапазона. С другой стороны характерно наличие грубых промахов, выбросов. В связи с чем, в алгоритм обработки были внедрены соответствующие проверки: детектирование уровня входного сигнала, контроль статичности режима, контроль частотного диапазона,

контроль вида градуировочной характеристики. Перспективным также представляется комбинация различных методов частотно-цифрового преобразования.

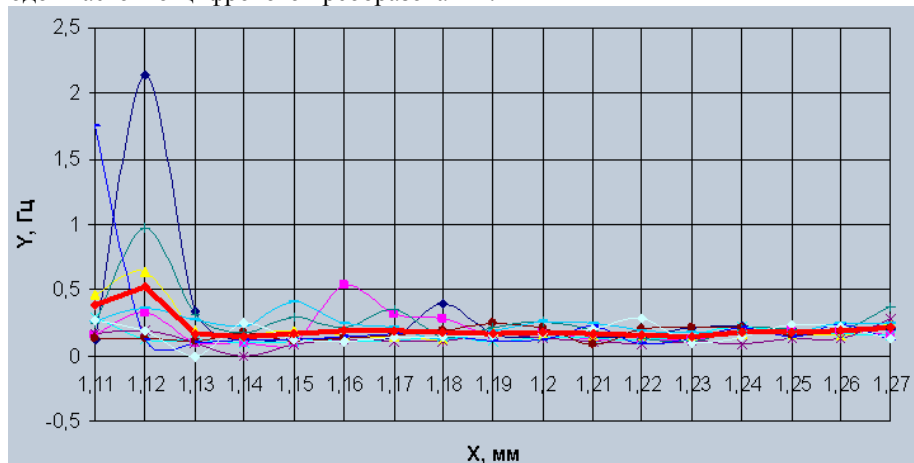


Рис. 1. Распределение случайной составляющей погрешности измерения частоты по диапазону, датчик УИП-8, выделенная линия соответствует среднему.

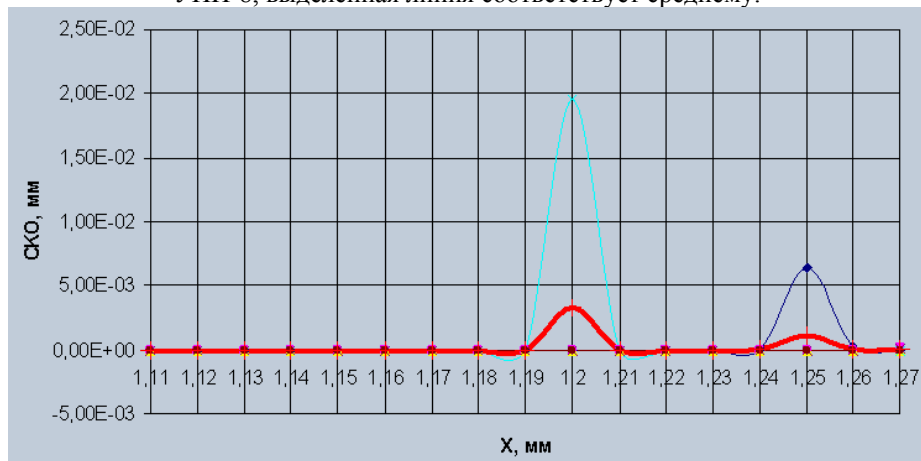


Рис. 2. Экспериментальные значения случайной погрешности ЧЦИ

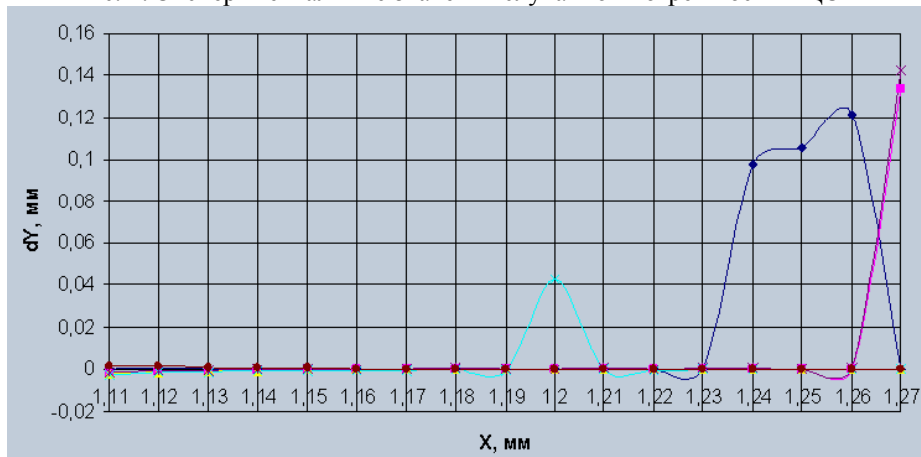


Рис. 3. Экспериментальные значения систематической погрешности ЧЦИ

Таким образом, в качестве основных выводов можно выделить: возможность успешной реализации ЧЦИ с повышенными метрологическими характеристиками (расширенный диапазон измерений); важную роль методов автоматической коррекции погрешности в том числе, методов детектирования и исключения грубых выбросов.

#### Литература

- 1.Цейтлин Я.М., Скачко Ю.В., Капырин В.В. Модифицированные струнные преобразователи для измерения геометрических величин. - М.; Изд-во стандартов, 1989 - 264 с.
- 2.Скачко Ю.В., Чистов К.Э., Морозова Т.В. и др. Измерительная головка. Авторское свидетельство N 144237011. Бюллет. изобрет., 1992, N 46.

3. Филимонов В.В., Скачко Ю.В., Особенности использования частотно-цифровых средств измерений, Труды 6-й Международной Конференции и Выставки цифровая обработка сигналов и ее применение, 2004

4. Филимонов В.В., Разработка методов повышения точности частотно-цифровых измерительных преобразователей на принципах интеллектуализации измерений, Труды 7-й Международной Конференции и Выставки цифровая обработка сигналов и ее применение, 2005

5. Филимонов В.В., Скачко Ю.В., Методика назначения характеристики измерительного преобразования частотно-цифрового устройства для измерения линейных размеров, "Измерительная техника" N 12 за 2005 г

---

**PARTICULARITIES OF DIRECT MODE MEASUREMENT AND METHODS OF RAISING ACCURACY OF FREQUENCY-NUMERICAL MEASUREMENT FACILITY**

Filimonov V., Skachko U., Yurin A.

Moscow State Institute of Electronics and Mathematics (Technical University)

109028, Moscow, B. Trehsviatitelski per., 3/12, vasily\_filimonov@mail.ru

In work are considered some results of studies frequency-numerical measurement facility (FNMF). Given device is offered for using in the field of small single-line displacement measurements within the range of before 100 micro meters with accuracy 0.25% that corresponds several advanced features, used at this moment on the production.

Distinctive particularity FNMF is a simplification to designs of used converter. In particular, used earlier differential scheme (converter UIP-5VM) is changed by the simpler non differential scheme (UIP-8), are excluded complex operations of mechanical adjusting a converter.

On the other hand, are worsened metrological features of converter simplified to designs. These particularities is taken account into processing the results of measurements, conducting by means of PC in the automatic mode, thereby, falls inaccuracy and is reached required accuracy level.

Problem to realization a mode of direct measurement within the framework of FNMF on the base of string converter and PC carries a complex nature and has the following particularities: entering an analog signal (frequency-numerical transformation); the analysis, discovery and automatic correction (account) inaccuracy (casual, systematic etc.); realization of reconversion, reception, evaluation, adjustment and presentation of result.

Experimental analysis (experiment was conducted with the help of the laboratory stand on the kit of measures of length [5]) main forming inaccuracy FNMF allows to do the following findings: small part at the beginning of initially range characterized by the high systematic inaccuracy level can be excluded from the operating range. On the other hand distinctive presence of rough misses, surges.

Thereby, as main conclusions possible to select: possibility to successful realization FNMF with increased metrological features (extended range of measurements); important role of methods of automatic correcting inaccuracy.

---