

Измерение емкости первичного преобразователя в программной среде LabVIEW

Давид Никогосян¹, Лусине Абраамян²

¹Национальный политехнический университет Армении, Гюмри, Армения

²Национальный политехнический университет Армении, Ереван, Армения

¹nikdavnik@mail.ru, ²lusine.abraamyan@gmail.com

Аннотация — В работе описано измерительное устройство на основе программной среды LabVIEW для измерения емкости первичного преобразователя. От измерительной цепи сигналы через платформу NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NIELVIS) поступают в программную среду LabVIEW, где проводится измерение емкости преобразователя фазовым методом. Произведен анализ работы измерительного устройства, оценены погрешности измерения.

Ключевые слова — программная среда, измерительное устройство, емкостный преобразователь, фазовый метод.

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в научных исследованиях и учебном процессе всё чаще стали использоваться среды программирования, которые легко интегрировать с реальными приборами и устройствами. В частности, массовое применение нашло программное обеспечение LabVIEW американской фирмы National Instruments, за счёт того, что в отличие от аналогичных программных продуктов, где производится имитация измерительных приборов, в LabVIEW "виртуальные" приборы выполняют реальные измерительные функции. Программное обеспечение LabVIEW широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. LabVIEW позволяет создавать системы измерения, управления и диагностики различного назначения практически любой произвольной сложности, включая математическое моделирование и тестирование этих систем [1-4].

Поэтому обоснована актуальность разработки измерительного прибора на основе данного программного обеспечения для измерения ряда физических величин.

II. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

В работе описано измерительное устройство для измерения емкости первичного преобразователя. Схема и метод, по которым проводится измерение,

описано в [5,6], где для измерения используется реальное устройство на основе микроконтроллера.

При разработке прибора была использована программная среда LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) и платформа NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS).

На платформе NIELVIS была собрана схема рис. 1. На схеме обозначены: 1 – функциональный генератор на платформе NI ELVIS; 2, 3 – операционный усилитель OP27; 4 – образцовый резистор; 5, 6 – каналы 0 и 1 осциллографа на платформе NI ELVIS; 7 – Программная среда LabVIEW; 8 – емкость C_x первичного преобразователя;

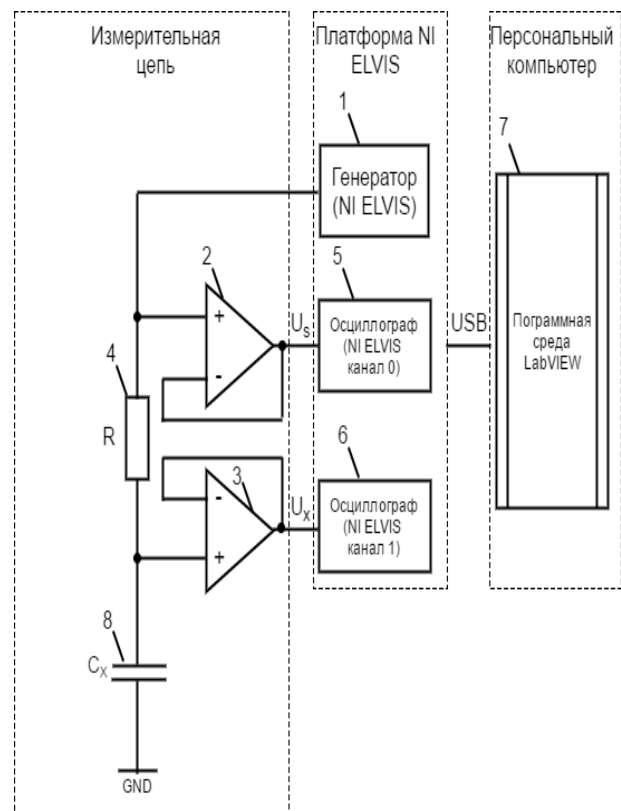


Рис. 1. Измерительная схема

Измерительная цепь питается синусоидальным током от генератора на платформе NI ELVIS частотой $f = 50 \text{ кГц}$. Общее напряжение делителя напряжения и напряжения на ЕП через операционные усилители подается на платформу NI ELVIS к каналам осциллографа 0 и 1. От платформы NI ELVIS данные через USB порт подаются на персональный компьютер, где в программной среде LabVIEW измеряется сдвиг фазового угла между двумя напряжениями.

Для получения сигналов в среде LabVIEW была использована утилита «NI ELVIS OSCILLOSCOPE» которая была настроена в двухканальный режим работы с максимальной частотой 500000 результатов/секунду. Далее зафиксированный сигнал подается на вход функции «Phase detection», выходной величиной которого является фазовый угол сигнала в градусах [7]. Для получения сдвига фазового угла двух сигналов, фазовый угол сигнала \dot{U}_x вычитается из \dot{U}_s . Блок-диаграмма программы измерительного устройства представлена на рис. 2.

В алгоритме работы устройства предусмотрено усреднение результатов измерений, чтобы программным способом исключить случайные погрешности. Для достижения данной цели сдвиг фазового угла двух сигналов измеряется 10 раз и производится усреднение.

Емкость C_x вычисляется по формуле

$$C_x = \frac{tg\varphi}{\omega R_0}$$

Блок-диаграмма подпрограммы для измерения значения C_x представлена на рис. 3.

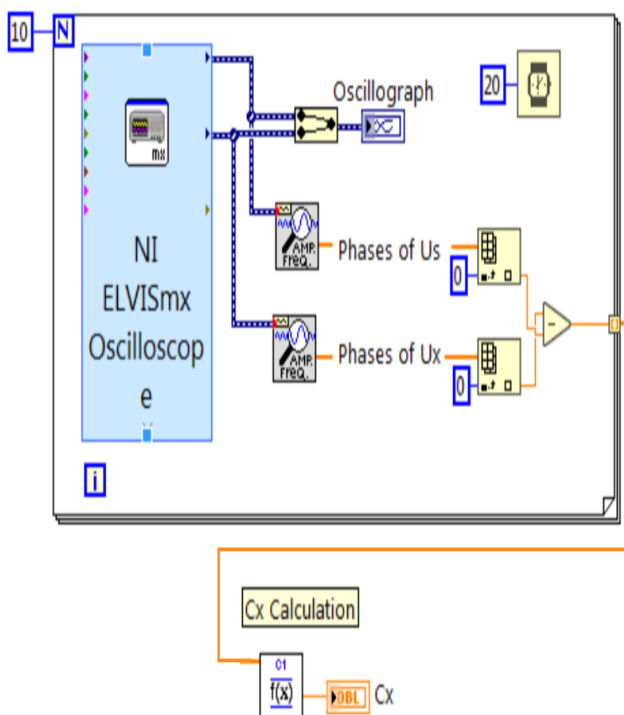


Рис. 2. Блок диаграмма программы измерительного прибора

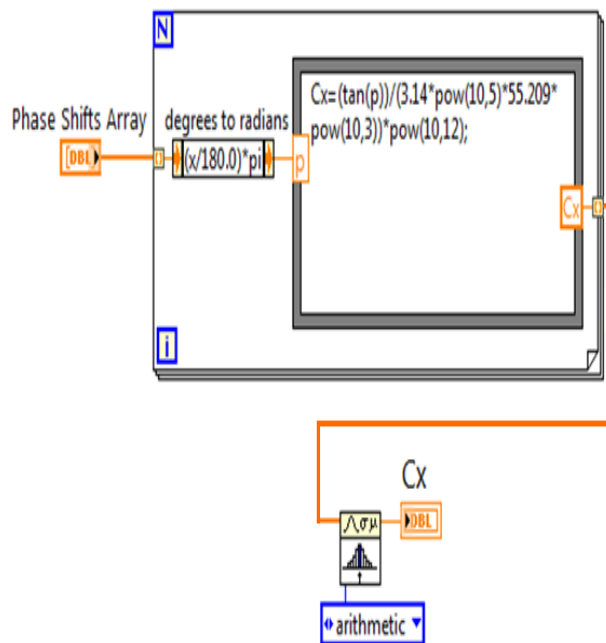


Рис. 3. Блок-диаграмма подпрограммы вычислений C_x

На лицевой панели устройства расположены цифровой индикатор для отображения результата измерения C_x и график сигналов, где пользователь может увидеть вид сигналов и их фазовый сдвиг в реальном времени. Внешний вид панели устройства представлен на рис. 4.

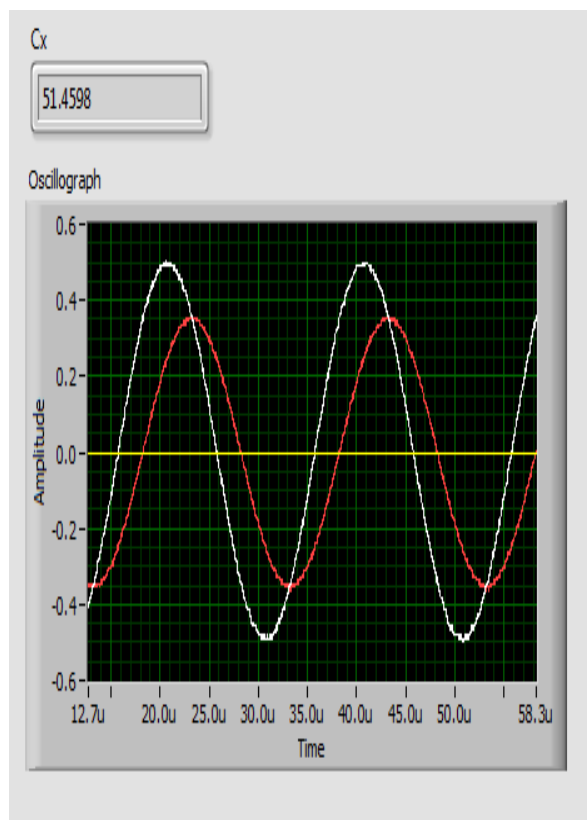


Рис. 4. Лицевая панель программы измерительного прибора

Для анализа работы устройства и оценки погрешности измерения были проведены по $n = 30$ измерений и по показаниям N_i устройства определялись:

- среднее значение $N_0 = \sum N_i / 30$ результатов измерений;
- среднее квадратичное отклонение $\sigma(N_i) = \sqrt{\frac{\sum(N_i - N_0)^2}{n-1}}$ результатов отдельных измерений от среднего значения;
- результат измерения прибора с доверительной вероятностью 0,9 $N_x = N_0 \pm 2 \cdot \sigma(N_i)$.

Для вычисления систематической погрешности одна и та же емкость C_x была измерена лабораторным прибором PXI-4072 FlexDMM, который имеет достаточно высокую точность и на пределе измерения 300 нФ имеет допускаемую погрешность в $0,05 \text{ нФ}$ [8].

Результаты измерений в программной среде LabVIEW $N_i(1)$ и прибором PXI-4072 FlexDMM $N_i(2)$, а также результаты расчетов N_0 , $\sigma(N_i)$ и N_x представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

| i | $N_i(1)$, (PXI-4072), нФ | $N_i(2)$, (LabVIEW), нФ |
|-----|--|---|
| 1 | 50,0897 | 51,4596 |
| 2 | 50,0667 | 51,4677 |
| 3 | 50,0920 | 51,7124 |
| 4 | 50,0649 | 51,7149 |
| 5 | 50,0696 | 51,7139 |
| 6 | 50,0481 | 51,5624 |
| 7 | 50,0497 | 51,7675 |
| 8 | 50,0777 | 51,6232 |
| 9 | 50,0676 | 51,3562 |
| 10 | 50,0636 | 51,5346 |
| 11 | 50,0367 | 51,7686 |
| 12 | 50,0794 | 51,6448 |
| 13 | 50,0707 | 51,6956 |
| 14 | 50,0682 | 51,7123 |
| 15 | 50,0845 | 51,4261 |
| 16 | 50,0599 | 51,4082 |
| 17 | 50,0682 | 51,7112 |
| 18 | 50,0661 | 51,4789 |
| 19 | 50,0467 | 51,6230 |
| 20 | 50,0712 | 51,7895 |
| 21 | 50,0765 | 51,3659 |
| 22 | 50,0956 | 51,4846 |
| 18 | 50,0661 | 51,4789 |
| 19 | 50,0467 | 51,6230 |

| | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| 20 | 50,0712 | 51,7895 |
| 21 | 50,0765 | 51,3659 |
| 22 | 50,0956 | 51,4846 |
| 23 | 50,0922 | 51,5447 |
| 24 | 50,0773 | 51,6521 |
| 25 | 50,0712 | 51,4152 |
| 26 | 50,0765 | 51,4865 |
| 27 | 50,0467 | 51,3684 |
| 28 | 50,0773 | 51,4782 |
| 29 | 50,0424 | 51,5127 |
| $n = 30$ | 50,0492 | 51,5047 |
| $N_0 = \sum N_i / 30$ | 50,0682 | 51,5661 |
| $\sigma(N_i) = \sqrt{\frac{\sum(N_i - N_0)^2}{n-1}}$ | 0,01555 | 0,13443 |
| $N_x = N_0 \pm 2 \cdot \sigma(N_i)$ | 50,0682± 0,0311 | 51,5661± 0,26886 |

Абсолютное значение систематической погрешности измерения емкости в программной среде LabVIEW $\Delta_{\text{сист}}$ вычисляется по формуле

$$\Delta_{\text{сист}} = N_0(2) - N_0(1) = 1,4979 \text{ нФ}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в процессе решения поставленных задач было разработано измерительное устройство для измерения емкости первичного преобразователя с применением современных средств графического программирования.

Экспериментально доказано, что при сравнении результатов измерений, проводимых лабораторным прибором высокой точностью и разработанным устройством систематической погрешности измерения составляет $1,4979 \text{ нФ}$, а среднее квадратичное отклонение результатов отдельных измерений от среднего значения находятся в диапазоне $\pm 0,13443 \text{ нФ}$.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Манонина И.В. Применение программы LabVIEW для изучения вопросов поверки измерительных приборов. Т_Comm, 2012.– С. 66–71.
- [2] Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 208 с.
- [3] Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 400 с.
- [4] Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для

работы в программной среде LabVIEW. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 400 с

[5] Mamikonyan B.M., MamikonyanKh.B., Nikoghosyan D.S., Abrahamyan L.S. Capacitive Measuring Device // IJEERT, Vol. 4, Issue 1, 2016, PP. 19-28.

[6] Мамиконян Б.М., Мамиконян Х.Б. Измерительные цепи индуктивных и емкостных первичных преобразователей с фазовыми выходными сигналами // Приборы. – 2015. - №7. – С. 11-16.

[7] Автоматизация физических исследований эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / под ред. Бутырина П.А. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.

[8] National Instruments. PXI-4072 Specifications. Ni.com, 2017. – 18 p.