

Լ.Ս. ԱՐՐԱՀԱՄՅԱՆ

ՓՈՒԼԱՅԻՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓԻՉԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ

Նկարագրված է չափիչ սարք՝ ունակային կերպափոխիչով, որի ծրագրային ապահովումն իրականացված է LabVIEW գրաֆիկական ծրագրավորման միջավայրում: Չափիչ շղթան հավաքված է NI ELVIS աշխատանքային կայանքի վրա, որով էլ չափիչ շղթայի ելքային ազդանշանները փոխանցվում են համակարգչին և փուլաչափային մեթոդով չափվում է կերպափոխիչի ունակությունը՝ LabVIEW միջավայրում: Իրականացված է չափիչ սարքի աշխատանքի վերլուծություն և սխալանքների գնահատում:

Առանցքային բառեր. չափիչ սարք, ունակային կերպափոխիչ, LabVIEW գրաֆիկական ծրագրավորման միջավայր:

Ներածություն: Ներկայումս LabVIEW ծրագրավորման միջավայրը լայնորեն կիրառվում է ավտոմատացված թեստավորման և չափիչ համակարգերում՝ որպես ծրագրային ապահովում: LabVIEW-ում շատ ավելի հեշտ է նախագծել SCADA համակարգեր, քան ավանդական նախագծման միջոցներով: Դա պայմանավորված է նրանով, որ սա սկզբունքորեն ծրագրավորման այլ միջավայր է կամ անգամ նոր <<փիլիսոփայություն>>: LabVIEW-ի գլխավոր առավելությունն այն է, որ այն հեշտորեն ինտեգրվում է մեծ քանակությամբ սարքերի հետ: LabVIEW-ն համարվում է բարձր կարգի ծրագրավորման միջավայր, որին էլ հավելելով դրա գրաֆիկական լինելը՝ թույլ է տալիս <<ոչ ծրագրավորողներին>> հեշտությամբ ծրագրավորել և կառավարել բարդ համակարգեր [1,2]:

NI ELVIS աշխատանքային կայանքը մոդուլյար լաբորատոր-տեխնիկական հարթակ է, որը ներառում է օսցիլոգրաֆ, թվային մուլտիմետր, ֆունկցիաների գեներատոր, կարգավորվող սնման աղբյուր և հաճախակի օգտագործվող փորձարարական այլ սարքավորումներ:

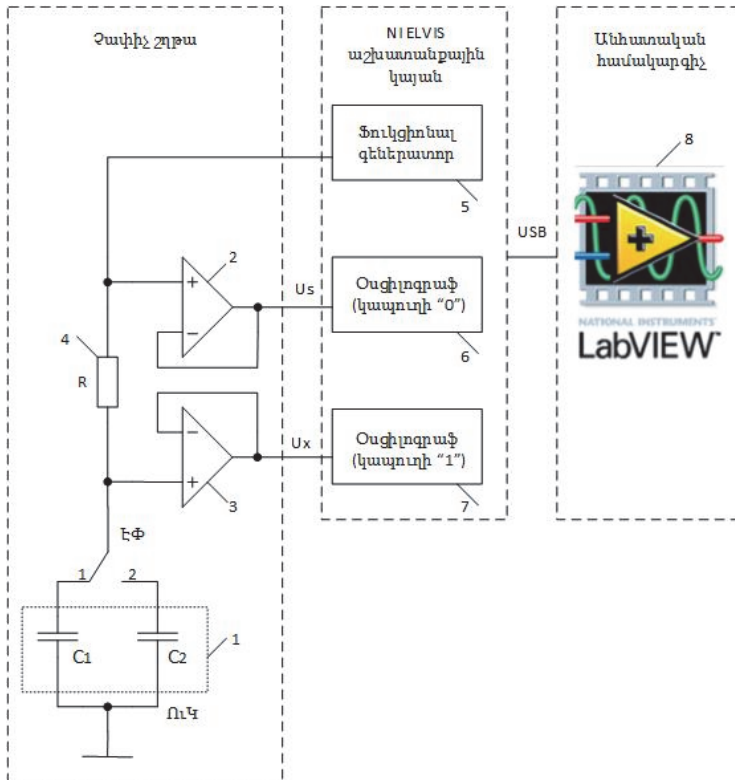
Վերոհիշյալից ելնելով՝ հիմնավորվում է նշված ծրագրային միջավայրի և աշխատանքային հարթակի օգտագործմամբ չափիչ սարքի նախագծումը:

Սարքի նկարագրությունը: Աշխատանքում նկարագրված է ունակային կերպափոխիչի ունակության չափման չափիչ սարքը: Ընդհանուր մեթոդը և չափիչ սխեման, որով կատարվում է չափումը, նկարագրված են [3, 4]-ում, որտեղ օգտագործվում է չափիչ սարք՝ միկրոկոնտրոլերի հիմքի վրա:

Առաջնային կերպափոխիչի ունակության չափումը LabVIEW միջավայրում նկարագրված է [5] աշխատանքում, որի բավարար արդյունքները հիմք հան-

դիսացան հետագա աշխատանքները շարունակելու՝ դիֆերենցիալ կերպափոխիչի պարամետրերը չափելու համար չափիչի մոդելավորման համար:

Սարքը նախագծելու համար օգտագործվել են NI ELVIS (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) աշխատանքային կայանքը և LabVIEW ծրագրային միջավայրը (նկ. 1):



Նկ. 1. Դիֆերենցիալ ունակային կերպափոխիչի ունակության չափման չափիչ շղթան

NI ELVIS աշխատանքային կայանքի բաց հարթակի հիմքի վրա հավաքվել է նկ. 1-ում պատկերված սխեման: Սխեմայում պատկերված են հետևյալ բլոկները. 1- C_1 և C_2 ունակային կերպափոխիչներ (ՈւԿ), 2, 3 - գործության ուժեղացուցիչներ (LM 324 N), 4 - նմուշային ռեզիստոր, 5 - NI ELVIS-ի ֆունկցիոնալ գեներատոր, 6, 7 - NI ELVIS-ի օսցիլոգրաֆ (կապուղիներ 1 և 2), 8 - անհատական համակարգիչ՝ LabVIEW ծրագրային ապահովմամբ [6]:

Սարքի չափիչ շղթայում (նկ. 1) ՈւԿ-ներին հաջորդաբար, էլեկտրական փոխանցատիչով (ԷՓ) միացված է R նմուշային ռեզիստորը: Այս միացմամբ ստացված լարման բաժանարարը սնուցվում է $f = 50 կՀց$ և $1 մՎ$ սինուսոիդալ

ազդանշանով՝ NI ELVIS աշխատանքային կայանքի գեներատորից: Չափիչ շղթայի ելքային մեծություններն են \dot{U}_s (լարման բաժանիչի ընդհանուր լարումը) և \dot{U}_x (ՈւԿ-ի վրայի լարումը) լարումները, որոնք գործության ուժեղացուցիչների միջոցով փոխանցվում են NI ELVIS աշխատանքային կայանքի օսցիլոգրաֆի <<0>> և <<1>> կապուղիներին: Ելքային տվյալները NI ELVIS-ից USB պորտի միջոցով փոխանցվում են համակարգչին, որտեղ LabVIEW միջավայրում, էլեկտրական փոխանցատիչի երկու դիրքերում չափվում է նշված լարումների միջև փուլային շեղումը:

Ընդհանուր դեպքում φ անկյան համար կարող ենք գրել [3].

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{Im}(\dot{U}_s/\dot{U}_x)}{\operatorname{Re}(\dot{U}_s/\dot{U}_x)} = \frac{\operatorname{Im}[I(R-jX_C)/I(-jX_C)]}{\operatorname{Re}[I(R-jX_C)/I(-jX_C)]} = \frac{R}{X_C} = \omega RC: \quad (1)$$

Էլեկտրական փոխանցատիչի <<1>> և <<2>> դիրքերի համար համապատասխանաբար ստանում ենք. $\operatorname{tg} \varphi_1 = \omega RC_1$ և $\operatorname{tg} \varphi_2 = \omega RC_2$:

Վերջին երկու բանաձևերն իրարից հանելով՝ ստանում ենք.

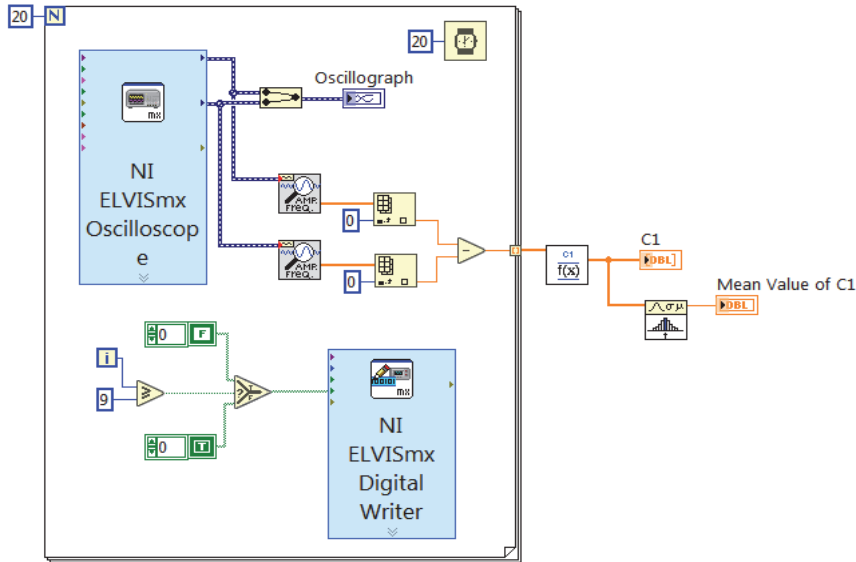
$$\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2 = \omega R(C_1 - C_2), \quad (2)$$

հետևաբար՝

$$C_1 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2}{\omega R} + C_2: \quad (3)$$

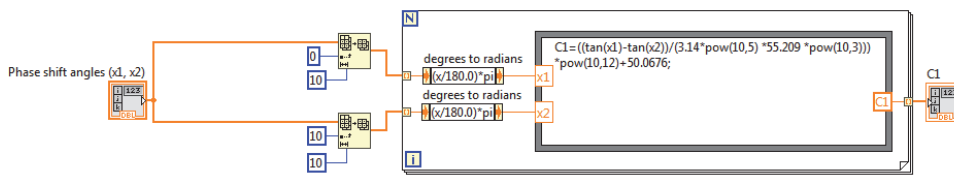
Բանաձև (3)-ով հաշվարկները կատարելու համար օգտագործվել է C_2 ունակության այն արժեքը ($C_2 = 50.0676$), μF , որը ստացվել է բարձր ճշգրտություն ունեցող NI PXI-4072 FlexDMM լաբորատոր սարքով՝ 30 անուն չափումներ կատարելով և մշակելով ստացված արդյունքները: Նշված սարքը մինչև 300 μF չափման տիրույթում ունի 0.05 μF թույլատրելի սխալանքի մակարդակ [7]:

NI ELVIS-ի օսցիլոգրաֆին փոխանցված ազդանշանները LabVIEW միջավայրում ստանալու և մշակելու համար գրվել է նկ. 2-ում ներկայացված ծրագիրը [8]:



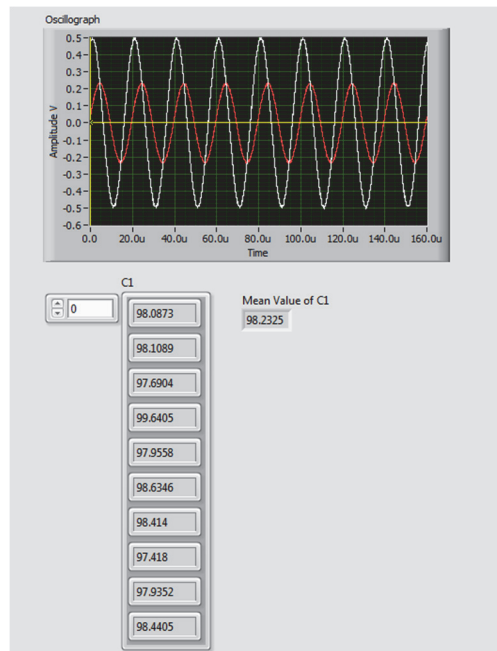
Նկ. 2. Չափիչի ծրագրային ապահովման G-կողը

Նկ. 3-ում ներկայացված է (3) բանաձևով C1-ի հաշվարկի ծրագիրը:



Նկ. 3. C1 ունակության հաշվարկի ենթածրագրի G-կողը

Օգտագործողի ինտերֆեյսն ունի նկ. 4-ում պատկերված տեսքը: Որպես չափիչ սարքի չափման արդյունք, ծրագրի դիմային պատուհանում ստանում ենք C1-ի արժեքը, որը ներկայացնում է 10 չափումների արդյունքների միջին արժեքը:



Նկ. 4. Չափիչի ծրագրային ապահովման օգտագործողի ինտերֆեյսը

Սարքի աշխատանքի վերլուծության և սխալանքը գնահատելու համար կատարվել է 30 անուն չափում ($n = 30$), և սարքի $C1_i$ ցուցմունքերի համար որոշվել են.

- չափումների արդյունքների միջին արժեքները. $C1_0 = \sum C1_i / 30$,
- առանձին չափումների արդյունքների միջին քառակուսային շեղումները միջին արժեքից.

$$\sigma(C1_i) = \sqrt{\frac{\sum(C1_i - C1_0)^2}{n-1}},$$

- սարքի չափման արդյունքը՝ 0.9 վստահելիության հավանականությամբ.

$$C1_x = C1_0 \pm 2\sigma(C1_i) :$$

Բացարձակ սխալանքի արժեքի արտաձման համար $C1$ -ի արժեքը չափվել է բարձր ճշգրտություն ունեցող NI PXI-4072 FlexDMM լաբորատոր սարքով, որը մինչև 300 $\mu\text{Ֆ}$ չափման տիրույթում ունի 0.05 $\mu\text{Ֆ}$ թույլատրելի սխալանքի մակարդակ [7]:

Չափումների արդյունքները LabVIEW ծրագրային միջավայրում՝ ($C1_i(1)$), և NI PXI-4072 FlexDMM սարքի միջոցով ($C1_i(2)$), ինչպես նաև նշված տվյալների մշակման արդյունքները՝ ($C1_0$, $\sigma(C1_i)$ և $C1_x$), բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Չափումների արդյունքները

i	$C1_i(1)$, պՖ NI PXI-4072 FlexDMM	$C1_i(2)$, պՖ նախագծած չափիչ սարք
1	99.7817	98.3623
2	99.7675	98.1781
3	99.7724	98.4558
4	99.7999	98.3008
5	99.7990	98.2803
6	99.8047	98.3286
7	99.7869	98.349
8	99.7741	98.0343
9	99.8251	98.4773
10	99.7951	98.1401
11	99.7805	98.4405
12	99.7898	98.4352
13	99.8043	98.418
14	99.7776	98.414
15	99.8206	98.3346
16	99.8099	98.4558
17	99.8234	98.2405
18	99.7960	98.3904
19	99.7822	98.1089
20	99.7756	98.0873
21	99.8098	98.3584
22	99.7780	98.0773
23	99.7979	98.3749
24	99.7768	98.487
25	99.7606	98.309
30	99.7699	98.1505
31	99.7729	98.4033
32	99.7784	98.205
33	99.7916	98.0528
n=30	99.7892	98.0187
$C1_0 = \sum C1_i / 30$	99.78971	98.28896
$\sigma(C1_i) = \sqrt{\frac{\sum(C1_i - C1_0)^2}{n - 1}}$	0.01709	0.14743
$C1_x = C1_0 \pm 2\sigma(C1_i)$	99.78971±0.03418	98.28896± 0.29487

LabVIEW ծրագրային միջավայրում ունակության չափման բացարձակ սխալանքի արժեքը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\Delta = C1_0(2) - C1_0(1) = 1.5007 \text{ պ.Ֆ.} \quad (4)$$

Ունակության չափման հարաբերական սխալանքը տվյալ չափիչով կազմում է.

$$\delta(C1) = \left(\frac{\Delta}{C1_0}\right) * 100 = 1.5039 \% \quad (5)$$

Եզրակացություն: Ունակային կերպափոխիչի պարամետրերի չափման համար նախագծվել և ուսումնասիրվել է չափիչ սարք, որի ծրագրավորումը և կառավարումն իրականացված են ժամանակակից LabVIEW գրաֆիկական ծրագրավորման միջավայրում, իսկ սարքային մասը նախագծված է NI ELVIS աշխատանքային կայանքի հիմքի վրա:

Կատարված փորձնական չափումների արդյունքում հաստատվել է, որ ներկայացված մեթոդով կարելի է իրականացնել ունակային կերպափոխիչի պարամետրերի չափում՝ 1.5039% սխալանքով:

Նկարագրված փորձարարական աշխատանքները կատարվել են Հայաստանի ազգային ճարտարագիտական լաբորատորիաներում (ANEL):

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Васильев А.С., Лашманов О.Ю.** Основы программирования в среде LabVIEW. -Университет ИТМО, 2015. -С. 80.
2. **Федосов И.В.** Основы программирования в LabVIEW. -Саратов, 2010. -С. 52.
3. **Мамиконян Б.М., Никогосян Д.С., Абраамян Л.С.** Широотно-импульсное преобразование информативного параметра дифференциального емкостного преобразователя // Вестник НПУА: Информационные технологии, электроника, радиотехника. - 2015- №2. -С. 43-48.
4. **Мамиконян Б.М., Мамиконян Х.Б.** Измерительные цепи индуктивных и емкостных первичных преобразователей с фазовыми выходными сигналами // Приборы. – 2015. - №7. -С. 11-16.
5. **Никогосян Д.С., Абраамян Л.С.** Измерение емкости первичного преобразователя в программной среде LabVIEW // VIII International scientific and practical conference INSO.-Кутаиси, 2017. -С. 178-181.
6. NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVIS™ II Series) User Manual // National Instruments Corporation. -Texas, 2011.-74 p.
7. **National Instruments.** PXI-4072 Specifications. ni.com, 2017.-18p.
8. Физические измерения в системе LabVIEW / Физический факультет МГУ. Кафедра общей физики. -М., 2011. - 28 с..

Л.С. АБРААМЯН

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
УСТРОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗОМЕТРИЧЕСКОГО
МЕТОДА**

Описано измерительное устройство с емкостным преобразователем, программное обеспечение которого реализовано в графической среде программирования LabVIEW. Измерительная цепь собрана на рабочей станции NI ELVIS (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite), с помощью которой выходные сигналы измерительной цепи передаются на компьютер, и методом фазового сдвига измеряется ёмкость преобразователя в среде LabVIEW. Проведен анализ работы и дана оценка погрешности измерительного устройства.

Ключевые слова: измерительный прибор, емкостной преобразователь, графическая среда программирования LabVIEW.

L.S. ABRAHAMYAN

**DESIGNING A CAPACITANCE MEASURING DEVICE USING THE
PHASE-METRIC METHOD**

A measuring device with a capacitive converter is described whose software is implemented in the graphical programming environment LabVIEW. The measuring circuit is assembled on the NI ELVIS workstation (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite), through which the output signals of the measuring circuit are transmitted to the computer and the capacitance of the transducer is measured by the phase-metric method in the LabVIEW environment. The performance analysis and an estimation of precision of the measuring device are performed.

Keywords: measuring device, differential capacitive transducer, LabVIEW graphical programming environment.