



УДК 378.096

Комп'ютерне моделювання оцінки метрологічних характеристик міри фазового зсуву

С. А. Затока, Б. М. Шуба

*НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського", пр-т Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна
zavertaluk@ukr.net*

Анотація

У сучасному навчальному процесі широко використовуються комп'ютерні технології. Інформаційні технології дозволяють ефективно використовувати як традиційні, так і інноваційні засоби і форми навчання.

Розглянуто питання використання комп'ютерного моделювання оцінки метрологічних характеристик міри фазового зсуву при підготовці спеціалістів-метрологів. Велика увага приділяється створенню відповідного лабораторного практикуму, що дає можливість студентам набуття відповідних практичних навичок.

Програма підготовки спеціалістів за спеціальністю "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка" кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки Національного технічного університету "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського" включає до себе курс "Випробування і сертифікація засобів вимірювальної техніки". Випробування засобів вимірювальної техніки полягає в оцінці їх технічних і метрологічних характеристик при визначенні придатності цих засобів до використання.

Описано використання комп'ютерного моделювання оцінки метрологічних характеристик міри (калібратора) фазових зсувів. Завдання створення віртуальної лабораторної роботи було вирішено шляхом використання програмного пакету LabVIEW. Описано імітаційну модель, наведено технічні і метрологічні характеристики змодельованих засобів вимірювання. Детально описано методику оцінки похибок відтворення напруги, частоти вихідних сигналів і прирощень фазових зсувів.

Ключові слова: вимірювання; міра; калібратор; фазовий зсув; похибка; напруга; частота.

Отримано: 10.01.2019

Відредаговано: 04.03.2019

Схвалено до друку: 02.04.2019

Постановка завдання

Інформаційні технології дозволяють ефективно використовувати як традиційні, так і інноваційні засоби та форми навчання. Використання інформаційних технологій дає можливість створення дистанційного навчання студентів.

При підготовці спеціалістів за спеціальністю "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка" в кожному курсі велика увага приділяється створенню відповідного лабораторного практикуму, що дає можливість студентам набуття відповідних практичних навичок.

В програмі курсу "Випробування і сертифікація засобів вимірювальної техніки" передбачено 36 годин лабораторного практикуму. Цей практикум присвячено вивченню методів оцінки метрологічних характеристик різних видів засобів вимірювання: перетворювачів, аналогових і цифрових приладів, а також мір різних фізичних величин. Роботу присвячено оцінці метрологічних характеристик міри фазового зсуву — калібратора фазового зсуву.

В дослідницькій і виробничій практиці проводиться вимірювання зсуву фаз між напругою і стру-

мом навантаження на промисловій частоті, між двома гармонічними напругами (наприклад, вхідною і вихідною напругою чотириполосника, підсилювача), в залежності від частоти, або між двома періодичними сигналами однакової частоти будь-якої форми.

Калібратор може використовуватися в організаціях Держспоживстандарту і метрологічних службах підприємств для перевірки та налаштування фазовимірювальної апаратури, а також для проведення наукових досліджень і експериментів.

Калібратори Ф5224 можуть бути використані також як двоканальні (з каліброваною затримкою в одному каналі) або одноканальні генератори. Оцінка метрологічних характеристик калібратора виконується згідно з вимогами відповідних методичних рекомендацій [1]. При вивченні дисципліни виникають труднощі, пов'язані з необхідністю набуття навичок роботи на реальних фізичних приладах і макетах. Розроблене методичне забезпечення дає можливість ознайомлення з технічними і метрологічними характеристиками використаних засобів, набуття навичок роботи з ними, оцінки похибок результатів вимірювання.

Опис комп'ютерного тренажера

При розробці комп'ютерного моделювання особлива увага приділялася можливості набуття учнями навичок застосування різних методів і засобів вимірювальної техніки, які використовуються при вимірюванні.

Завдання створення віртуальної лабораторної роботи було вирішено шляхом використання програмного пакету LabVIEW [2].

На рис. 1 наведено вигляд робочого столу (імітаційна модель).

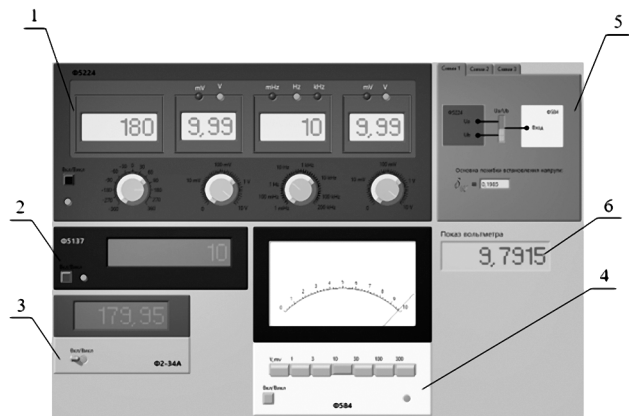


Рис. 1. Вигляд робочого столу

Імітаційна модель є робочим столом, на якому знаходяться: 1 — модель випробувального калібратора фазових зсувів Ф5224; 2 — модель частотоміра Ф5137; 3 — модель вимірювача різниці фаз Ф2-34А; 4 — модель вольтметра Ф584; 5 — панель висвітлення схем вимірювання і результатів автоматичного розрахунку похибок; 6 — значення напруги (показ вольтметра виведено у цифровому вигляді, позаяк прилад аналоговий).

На рис. 2 наведено загальний вигляд калібратора Ф5224.

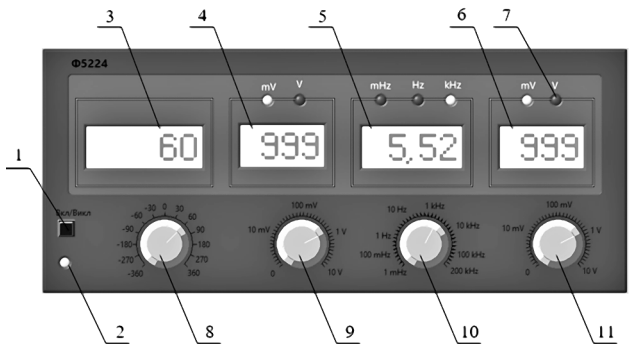


Рис. 2. Загальний вигляд калібратора

На калібраторі позначено: 1 — кнопка живлення "Вкл/Викл"; 2 — індикатор живлення; 3 — цифровий індикатор значення кута зсуву фаз; 4 — цифровий індикатор значення напруги в каналі U_a ; 5 — цифровий індикатор значення частоти; 6 — цифровий індикатор значення напруги в каналі U_b ; 7 — світлодіодні індикатори діапазону виставленого значення; 8 — ручка управління кутом

зсуву фаз; 9 — ручка управління вихідним значенням напруги в каналі U_a ; 10 — ручка управління для встановлення значення частоти; 11 — ручка управління значенням напруги в каналі U_b .

На рис. 3 наведено загальний вигляд частотоміра Ф5137.

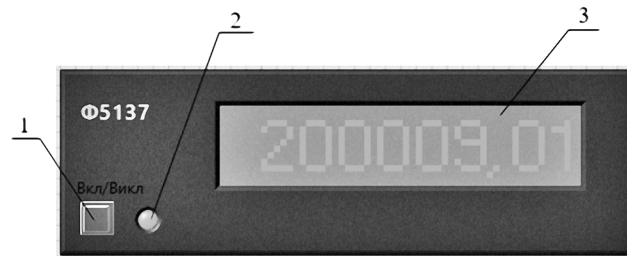


Рис. 3. Загальний вигляд частотоміра

На частотомірі позначено: 1 — кнопка живлення "Вкл/Викл"; 2 — індикатор живлення; 3 — цифровий індикатор значення частоти.

На рис. 4 наведено загальний вигляд вимірювача різниці фаз Ф2-34А.

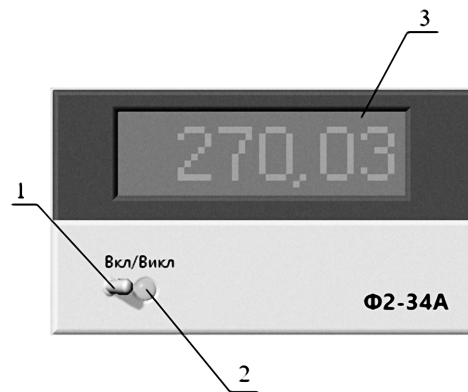


Рис. 4. Загальний вигляд вимірювача різниці фаз

На фазометрі позначено: 1 — кнопка живлення "Вкл/Викл"; 2 — індикатор живлення; 3 — цифровий індикатор значення кута зсуву фаз.

На рис. 5 наведено загальний вигляд вольтметра Ф584.

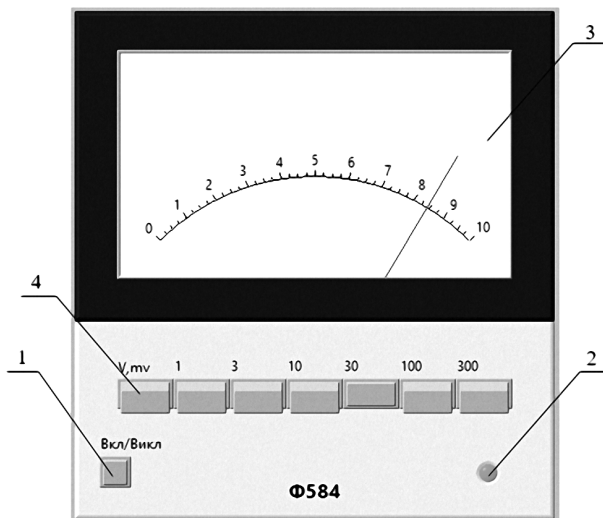


Рис. 5. Загальний вигляд вольтметра

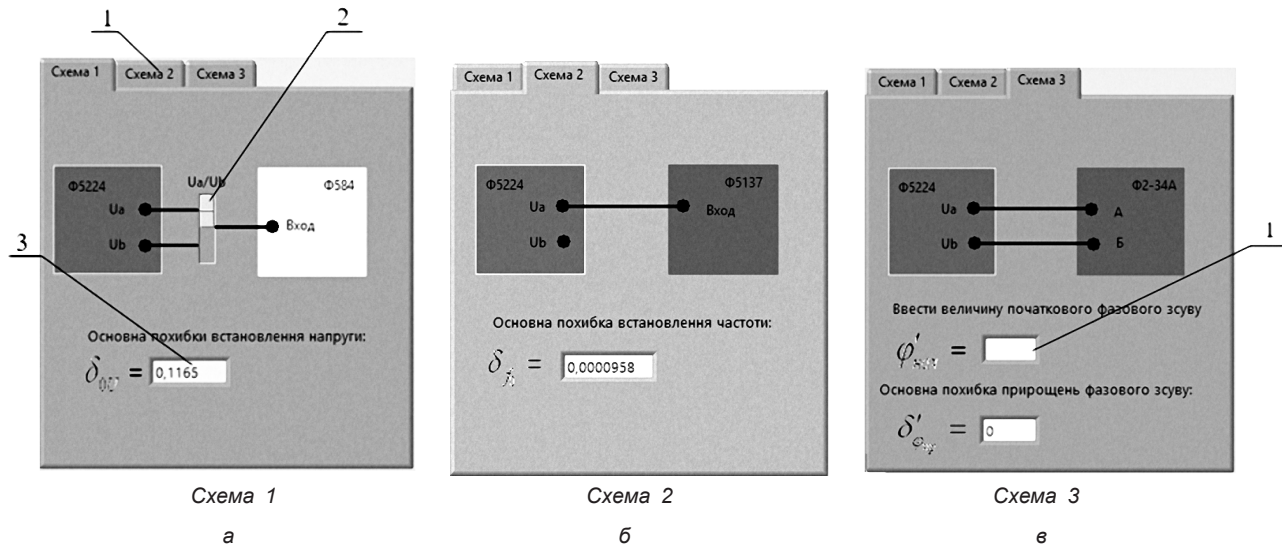


Рис. 6. Загальний вигляд панелі вибору схем вимірювання

На вольтметрі позначено: 1 — кнопка живлення “Вкл/Викл”; 2 — індикатор живлення; 3 — аналогова шкала зі стрілкою; 4 — кнопки для вибору діапазону вимірювання. Показ вольтметра продубльовано у цифровому вигляді (для підвищення точності відліку), див. рис. 1.

На рис. 6 наведено загальний вигляд панелі вибору схем вимірювання і результатів автоматичного розрахунку похибок.

На цій панелі є три вкладки: схема 1 (рис. 6а), схема 2 (рис. 6б), схема 3 (рис. 6в). На схемі 1 позначено: 1 — перемикач між вкладками схем вимірювання; 2 — перемикач між каналами U_a і U_b , що підключені до вольтметра; 3 — вікно з виведенням похибки відтворення напруги. На схемі 2 — вікно з виведенням похибки відтворення частоти. На схемі 3 — вікно з виведенням похибки встановлення прирощень фазових зсувів.

Порядок оцінки метрологічних характеристик калібратора фазових зсувів

Дослід 1. Випробування

1.1. Запустити програму. Увімкнути кнопки “Вкл/Викл” на вольтметрі, фазометрі, частотомірі та калібраторі.

1.2. Задати значення частоти на калібраторі, рівне 200 kHz.

1.2.1. За допомогою схеми 1 (з використанням вольтметра Ф584) перевірити можливість зміни кожної з напруг калібратора 1; 9,99; 99,9; 999 mV і 9,99 V.

1.2.2. Встановити напругу вихідного синусоїдального сигналу калібратора, рівну 1 V, а фазу — 0° .

1.2.3. Перевірити за допомогою схеми 1, що початковий фазовий зсув не перевищує 1° .

1.3. Задати значення частоти калібратора 20 kHz.

1.3.1. Перевірити можливість зміни фазового зсуву за допомогою схеми 3 від 0 до 360° з дис-

кретністю $0,1^\circ$: $0,1$; $0,2$; $0,3$; $0,4$; $0,5$; $0,6$; $0,7$; $0,8$; $0,9$; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; 200 ; 300 ; $\pm 359,9^\circ$.

1.4. Змінити значення частоти калібратора на 200 kHz.

1.4.1. Повторити пункт 1.3.1 з дискретністю 1° : 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; 200 ; $\pm 359^\circ$.

Дослід 2. Визначення основної похибки відтворення напруги вихідних сигналів калібратора

2.1. На панелі вибору схем вибрати схему 1.

2.2. Встановити частоту на калібраторі фазових зсувів 0,001 Hz.

2.3. Встановити напругу сигналу калібратора, рівну 9,99 V.

2.4. Встановити на вольтметрі необхідний діапазон, натиснувши відповідну кнопку.

2.5. Виміряти значення напруги на виході калібратора за допомогою схеми 1 в каналах U_a і U_b .

2.6. Повторити пункти 2.3–2.5 на частотах 0,05 і 10 Hz.

2.7. Повторити вимірювання для напруг калібратора 1; 9,99; 99,9; 999 mV і 9,99 V на частотах калібратора $1 \cdot 10^3$ і $2 \cdot 10^5$ Hz.

Дослід 3. Визначення основної похибки відтворення частоти вихідних сигналів калібратора

3.1. На панелі вибору схем вибрати схему 2.

3.2. Встановити частоту калібратора фазового зсуву 200 kHz.

3.3. Виміряти значення частоти із застосуванням частотоміра Ф5137.

Дослід 4. Визначення нестабільності частоти вихідних сигналів калібратора

4.1. На панелі вибору схем вибрати схему 3.

4.2. Встановити частоту калібратора фазових зсувів — $1 \cdot 10^{-3}$ Hz.

4.3. Встановити фазовий зсув калібратора, рівний 0° . Провести вимірювання зсуву фаз із застосуванням фазометра.

4.4. Встановити фазовий зсув, рівний 90° , і провести вимірювання фазометром.

4.5. Повторити пункти 4.2–4.3 для фазового зсуву -90° .

4.6. Змінити значення частоти калібратора на 10 Hz.

4.7. Повторити пункти 4.2–4.3 для фазових зсувів $\pm 30^\circ$; $\pm 60^\circ$; $\pm 90^\circ$; $\pm 180^\circ$; $\pm 270^\circ$.

4.8. Повторити пункт 4.5.6 для частот 25; 50 і 200 kHz.

Висновки

Використання комп'ютерних технологій у підготовці фахівців за спеціальністю “Метро-

логія та інформаційно-вимірювальна техніка” дозволило:

- вивчити методику і набути навичок експериментального визначення метрологічних характеристик міри фазового зсуву;
- за необхідності виконати лабораторні роботи дистанційно;
- закріпити знання з курсу виконанням самостійної роботи, використовуючи методичні матеріали;
- підвищити активність вивчення дисципліни, позаяк виключається бригадна робота;
- створити єдиний освітній простір – можливість використання цього курсу при підготовці фахівців для інших спеціальностей.

Компьютерное моделирование оценки метрологических характеристик меры фазового сдвига

С. А. Затока, Б. Н. Шуба

НТУУ “Киевский политехнический институт им. И. Сикорского”, пр-т Победы, 37, 03056, Киев, Украина
zavertaluk@ukr.net

Аннотация

Рассмотрены вопросы использования компьютерного моделирования оценки метрологических характеристик меры фазового сдвига при подготовке специалистов-метрологов.

Программа подготовки специалистов по специальности “Метрология и информационно-измерительная техника” кафедрой информационно-измерительной техники Национального технического университета “Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского” включает курс “Испытания и сертификация средств измерительной техники”. Испытания средств измерительной техники заключаются в оценке их технических и метрологических характеристик при определении пригодности этих средств к использованию.

Описано использование компьютерного моделирования оценки метрологических характеристик меры (калибратора) фазовых сдвигов. Задача создания виртуальной лабораторной работы была решена путем использования программного пакета LabVIEW. Описана имитационная модель, приведены технические и метрологические характеристики смоделированных средств измерения. Подробно описана методика оценки погрешностей воспроизведения напряжения, частоты выходных сигналов и приращений фазовых сдвигов.

Ключевые слова: измерение; мера; калибратор; фазовый сдвиг; погрешность; напряжение; частота.

Computer modeling of evaluation of metrological characteristics of the measure of phase shift

S. Zatoka, B. Shuba

NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Peremohy Prospect, 37, 03056, Kyiv, Ukraine
zavertaluk@ukr.net

Abstract

Computer technologies are widely used in the modern training process. These technologies allow to create the whole cycles of laboratory works in different disciplines.

Information technologies make possible the effective use of both traditional and innovative means and forms of training.

The issue of using the computer modeling of evaluation of metrological characteristics of measure of phase shift during preparation of metrologists is considered. In the training of the specialists, much attention is being paid to the creation of a corresponding laboratory workshop, enabling students to acquire appropriate practical skills.

The program of training the specialists in specialty "Metrology and Information and Measuring Engineering" by the Department of Information and Measuring Technology at the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" includes a course "Tests and certification of measuring instruments". Testing of measuring instruments includes evaluation of their technical and metrological characteristics, when determining the applicability of these instruments for use.

The given paper considers the use of computer modeling of evaluation of metrological characteristics of the measure (calibrator) of phase shifts. The task of creating a virtual laboratory work was solved by using the LabVIEW software package. The article describes the simulation model, gives the corresponding drawings, technical and metrological characteristics of the simulated measuring instruments. A detailed description of the procedure for estimating the voltage reproduction errors, the frequency of output signals and the increments of phase shifts is presented.

Keywords: measurement; measure; calibrator; phase shift; error; voltage; frequency.

Список літератури

1. МИ 343–83. Калибратор фазовых сдвигов Ф5223. Методы и средства поверки. Киев, 1983. 15 с.
2. Свиридов Е. В., Листратов Я. И., Виноградова Н. А. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW. Москва: Изд-во МЭИ, 2005. 50 с.

References

1. MI 343–83. Phase shift calibrator F5223. Methods and means of verification. Kiev, 1983. 15 p. (in Russian).
2. Svyrydov E. V., Lystratov Ya. Ya., Vynohradova N. A. Razrabotka prykladnoho prohrammnoho obespecheniya v srede LabVIEW [Development of application software in LabVIEW environment]. Moscow, Izd-vo MEI, 2005. 50 p. (in Russian).