

УДК 621.317

**ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ****Дроменко В. Б., Пацера Д. С.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Дослідження деформації коефіцієнту перетворення під дією зміни опору в процесі вимірювання напруги змінного струму високої частоти термоелектричними перетворювачами.

Методика. Теоретично-експериментальний аналіз з проблеми дослідження, положення теорії термоелектрометрії, методи математичної статистики обробки експериментальних досліджень.

Результати. Показано, що одним з шляхів покращення характеристик термоелектричних перетворювачів є відновлення номінальної перетворювальної характеристики шляхом врахування зміни опору перетворювача.

Наукова новизна. На основі експериментальних досліджень вольт-амперних характеристик термоелектричних перетворювачів запропоновано корегувати номінальну перетворювальну характеристику перетворювача залежно від струму.

Практична значимість. Результати досліджень можуть бути покладені в основу методики вимірювань змінного струму та змінної напруги термоелектричними перетворювачами.

Ключові слова: термоелектричний перетворювач, термоелектрорушійна сила, коефіцієнт перетворення, перетворювальна характеристика

Сучасний розвиток техніки та технологій вимагає розробки та удосконалення малопотужних і високоточних засобів вимірювання.

На високих частотах електровимірювальні прилади або не працюють зовсім (прилади магнітоелектричної системи), або не забезпечують необхідної точності (прилади електромагнітної системи). Тому для вимірювання змінних електричних сигналів високої частоти використовують системи з термоперетворювачами, які мають високі класи точності вимірювання в широких діапазонах по частоті, напрузі та струму [1].

До основних параметрів термоелектричних перетворювачів та факторів, що на них впливають відносяться: чутливість, перевантажувальна здатність, інерційність, стабільність параметрів у часі, вплив зміни температури вільних кінців термопари, зміна параметрів перетворювача в інтервалі температур, вплив ефектів Пельте та Томпсона, вплив скін-ефекту, вплив ємнісних витоків струму через нагрівач, вплив електронів нагрівача, частотні похибки [2].

Термоелектричні перетворювачі характеризуються квадратичністю перетворення – постійністю коефіцієнта $K_{\text{пр}}$ у динамічному діапазоні струмів [3]. Для опису відхилення від квадратичності використовують також показник ступеня n у формулі (1):

$$E = K_{\text{пр}} \cdot I^n, \quad (1)$$

де E – термоелектрорушійна сила; $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт перетворення; I – струм перетворювача; n – показник, який враховує неквадратичність перетворення.

Але на практиці $K_{\text{пр}}$ змінює своє значення при зміні величини струму. Це пов'язано з тим, що зростання струму приводить до зростання температури нагрівача, яке, в свою чергу, приводить до зміни електричного опору електродів [1, 2]. Тому дослідження зміни опору термоелектричних перетворювачів на різних режимах роботи та відновлення квадратичності перетворення є актуальною задачею.

Постановка завдання

Програма експериментальних досліджень включала в себе:

- 1) дослідження характеристик вихідної термоелектрорушійної сили від вхідного струму в режимі заданого струму;
- 2) дослідження характеристик вихідної термоелектрорушійної сили від вхідного струму в режимі заданої напруги.

Реалізація програми досліджень виявила наступні завдання:

- 1) розробка структури вимірювально комплексу;
- 2) розробка алгоритму роботи;
- 3) організація обробки результатів вимірювання.

Результати досліджень

Для проведення досліджень була розроблена структурна схема вимірювального комплексу (рис. 1), до складу якої входять: ПК – персональний комп'ютер зі спеціальним програмним забезпеченням, К – калібратор Н4-7, ОД – об'єкт дослідження, НВ – нановольтметр НР34420А, $R_{\text{ш}}$ – шунт.

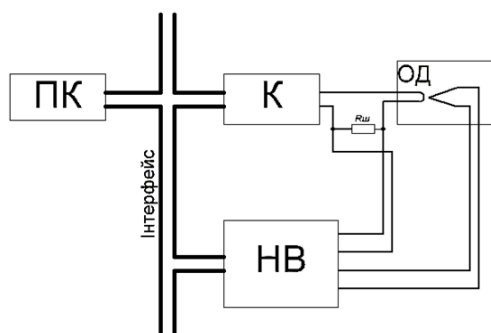


Рис. 1. Структурна схема вимірювального комплексу дослідження термоелектричних перетворювачів

Калібратор універсальний Н4-7 – прецизійний прилад, який призначений для калібрування, повірки та досліджень великої кількості приладів і пристроїв як в складі автоматизованих систем (з приладовими інтерфейсами RS-232 і IEEE-488), так і автономно. Нановольтметр НР34420А – це високо чутливий мультиметр, оптимізований для виконання високоточних вимірювань. Прилад поєднує в собі функції вимірювання напруги, опору та температури. Прилад має 2-канальний програмований сканер, який спрощує порівняння напруги. Вбудовані функції співвідношення і відмінності дозволяють автоматизувати два канали вимірювання. Обидва канали мають одні й ті ж характеристики для забезпечення точного зіставлення.

Програмне забезпечення (ПЗ) виконано у вигляді проекту, реалізованого за допомогою інтегрованого середовища розробки Microsoft Visual Studio.NET. Microsoft Visual Studio – лінійка продуктів компанії Microsoft, що включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментальних засобів. Вихідний код проекту написаний мовою C# та Java, а бібліотека зв'язку з послідовним портом – мовою Managed C++ та JavaFreeChart. Платформа .NET дозволяє працювати з даними ПЗ на комп'ютері з операційною системою Windows.

Алгоритм роботи вимірювального комплексу наступний:

1. Користувач за допомогою спеціального програмного забезпечення Voltstandart задає значення напруги (або струму) на калібраторі Н4-7.
2. На вхід досліджуваного об'єкта від калібратора Н4-7 подається постійна напруга, яка дорівнює номінальному значенню напруги досліджуваного об'єкта.
3. Каналом 1 (Ch 1) нановольтметра вимірюються вхідні значення напруги на досліджуваному об'єкті. Каналом 2 (Ch 2) вимірюється напруга на шунті.

4. Результати вимірювань записуються через шини КОП на персональний комп'ютер для зберігання та подальшої їх обробки.

Обробка та систематизація даних, отриманих даних під час експерименту, проводиться в середовищі MathCad. Для побудови перевірного поліному застосовується метод найменших квадратів.

Висновки

На основі аналізу характеристик та умов експлуатації термоелектричних перетворювачів для досліджень була розроблена структурна схема вимірювального комплексу, яка складалася з нановольтметра НР34420А, калібратора Н4-7, персонального комп'ютера з спеціалізованим програмним забезпеченням та об'єкту дослідження.

На запропонованому комплексі отримуються та обробляються експериментальні дані, що дозволяє відновити квадратичну залежність термоелектрорушійної сили від струму в різних режимах роботи (заданого струму і заданої напруги). Відновлення квадратичної залежності зменшує адитивну та мультиплікативну похибку термоелектричних перетворювачів.

Список використаних джерел

1. Анатычук Л. И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник / Л. И. Анатычук – К.: Наук. думка, 1979. – 768 с.
2. Никонов Н. В. Термопары. Типы, характеристики, конструкции, производство / Никонов Н. В. – М.: ООО «МТК «МЕТОТЕХНИКА»», 2015. – 62 с.
3. Гондюл В. П. Термоелектричні прилади контролю: навч. посібник / В. П. Гондюл, Д. Б. Головка, Ю. О. Скрипник, А. І. Хімічева, Л. О. Глазков – К.: Либідь, 1994. – 200 с.

References

1. Anatyshuk, L.Y. (1979). *Termoelementy y termoelektrycheskiye ustroystva: Spravochnyk* [Thermocouples and thermoelectric devices: a guide] Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].
2. Nikonov, N. (2015). *Termopary. Typy, kharakteristiki, konstruktсии, proizvodstvo* [Thermocouples. Types, characteristics, designs, production] Moscow: ООО «МТК «МЕТОТЕХНИКА»» [in Russian].
3. Hondyul, V.P., Holovko, D.B., Skrypnyk, Yu.O., Khimicheva, A.I. & Hlazkov, L.O. (1994). *Termoelektrychni prylady kontrolyu* [Thermoelectric control] Kyiv : Lybid' [in Ukrainian].

Dromenko Valeriia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6360-0076>

dromenko.vb@knuutd.edu.ua

*Kyiv National University of
Technologies and Design*

Patsera Denis

Idenis.hatsera@gmail.com

*Kyiv National University of
Technologies and Design*

Улучшение характеристик термоэлектрических преобразователей**Дроменко В. Б., Пацера Д. С.***Киевский национальный университет технологий и дизайна*

Цель. Исследование деформации коэффициента преобразования под действием изменения сопротивления в процессе измерения напряжения переменного тока высокой частоты термоэлектрическими преобразователями.

Методика. Теоретико-экспериментальный анализ по проблеме исследования, положения теории термоэлектрометрии, методы математической статистики обработки экспериментальных исследований.

Результаты. Показано, что одним из путей улучшения характеристик термоэлектрических преобразователей является восстановление номинальной преобразовательной характеристики путем учета изменения сопротивления преобразователя.

Научная новизна. На основе экспериментальных исследований вольт-амперных характеристик термоэлектрических преобразователей предложено корректировать номинальную преобразующую характеристику преобразователя в зависимости от тока.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть положены в основу методики измерений переменного тока и переменного напряжения термоэлектрическими преобразователями.

Ключевые слова: термоэлектрический преобразователь,, термоэлектродвижущая сила, коэффициент преобразования, преобразовательная характеристика

Improvement of characteristics of thermoelectric converters**Dromenko V. B., Patsera D. S.***Kiev National University of Technology and Design*

Purpose. Investigation of the deformation of the conversion factor under the action of resistance change in the process of measuring high-voltage alternating current voltage by thermoelectric converters.

Methodology. Theoretical and experimental analysis on the problem of research, the position of the theory of thermoelectrometry, methods of mathematical statistics for the processing of experimental studies.

Findings. On the basis of experimental studies of current-voltage characteristics of thermoelectric converters it is proposed to correct the nominal conversion characteristic of the transducer depending on the current.

Originality. Taking into account the effect of change of resistance of thermoelectric converters on the functional dependence of thermoelectric driving force on the current.

Practical value. The results of the studies can be the basis for the method of measurements of AC and AC voltage by thermoelectric converters.

Keywords: thermoelectric converter, thermoelectric driving force, conversion factor, conversion characteristic