

**Толмач Г.А.**

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЕТАЛОННОГО СИГНАЛУ ЗМІННОЇ НАПРУГИ**

У сучасних умовах розвитку вимірювальної техніки, зокрема з появою високоточних мультиметрів, виникає потреба в підвищенні точності вимірювань. Точність перетворювачів, таких як ПНТЕ-6 та КПП-1, недостатня для калібрування новітніх приладів. Це зумовлює необхідність розробки нових методів передачі одиниць змінної напруги та оцінки невизначеності цих методів.

Основним елементом еталона напруги змінного струму термокомпараторного типу є еталонний термоелектричний перетворювач напруги (ЕПНТЕ), в якому відбувається низка фізичних процесів, кожен із яких впливає на метрологічні характеристики під час відтворення напруги змінного струму. Зокрема: перетворення напруги на струм, струму на потужність, потужності на кількість теплоти, теплоти на приріст температури, а температури — на електрорушійну силу.

При перетворенні напруги на струм спочатку виникає необхідність перетворити змінну напругу на постійну. Метод визначення похибки переходу зі змінної напруги на постійну базується на принципі термокомпарації, що передбачає рівність теплових ефектів термоперетворювачів під дією змінної та постійної напруги. Ці теплові ефекти створюють термоелектрорушійну силу (ТЕРС) на виході ПНТЕ.

На контактних переходах між вхідним підвідним проводом і нагрівачем, а також між нагрівачем і вихідним проводом виділяється теплота. Відповідно до ефекту Пельтьє, залежно від матеріалів підвідних проводів і нагрівача, в одному контакті теплота виділяється і температура підвищується, а в іншому — тепло поглинається, що спричиняє зниження температури. Зміна кількості тепла та температури на контактах залежить від напрямку струму, що призводить до асиметричного розподілу температури вздовж нагрівача відносно його середини.

Цей непрямий метод вимірювання має низку недоліків, зокрема пов'язаних із похибками під час вимірювання сигналу змінної напруги. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано прямий метод, розроблений в НДІ АЕД НТУУ "КПІ". Прямий метод визначення похибки переходу можливий за наявності джерела змінної напруги з точно відомим значенням або такого, середньоквадратичне значення напруги якого строго пов'язане зі значенням певної постійної напруги, яка подається на ПНТЕ з почерговою зміною полярності. Таким джерелом є вимірювальний блок, створений у межах ДКР "Батуметр". Принцип його роботи базується на перетворенні чисто синусоїдальної напруги у часовий інтервал. Сигнал формується з будь-якою амплітудою. Необхідне значення розраховується шляхом вимірювання часових інтервалів, точність вимірювання яких набагато вища ніж точність вимірюваних амплітудних значень. Цей метод можливо використовувати тільки з дуже низьким коефіцієнтом нелінійних спотворень, наприклад, у генератору DS360 ця величина складає  $-100\text{dBm}$ . Підключаючи напругу

почергово до ПНТЕ та визначаючи амплітуду за допомогою вимірювання часових інтервалів, можна оцінити похибку переходу без необхідності врахування похибки різнополярності.

Виникає необхідність в оцінці та розробці методу оцінки невизначеності еталонного сигналу змінної напруги, який використовує прямий метод визначення похибки переходу зі змінної напруги на постійну, створення математичної моделі для оцінки загальної невизначеності еталонного сигналу, експериментальної перевірки розробленого методу та розробки рекомендацій щодо практичного застосування результатів.

Аналіз наукових праць показує, що проблема невизначеності оцінки еталонних сигналів змінної напруги є актуальною і їй приділяється увага багатьох дослідників. Зокрема, розглядаються загальні методи оцінки невизначеності вимірювань змінної напруги, дослідження джерел невизначеності еталонних сигналів на різних етапах формування та передачі сигналу.

Однак методу оцінки невизначеності еталонних сигналів напруги змінного струму, який враховує формування сигналу за допомогою інтервального методу, ще не знайдено в існуючих наукових ресурсах. Інтервальный метод є потужним інструментом для математичного моделювання змінної напруги. Основні аспекти його використання включають:

- формування інтервальних моделей, що дозволяє враховувати коливання значень;
- параметричну ідентифікацію моделей змінної напруги;
- статистичний аналіз даних для оцінки їх розподілу та невизначеності.
- На основі проведених досліджень планується:
  - впровадження інтервальних методів у практику вимірювання змінної напруги;
  - регулярне калібрування вимірювальних приладів для зменшення систематичних похибок;
  - постійний моніторинг зовнішніх факторів, що можуть вплинути на точність вимірювань.

Цей метод забезпечує гнучкість у моделюванні, зменшує обчислювальну складність і покращує точність прогнозування, крім того даний підхід дозволить підвищити достовірність результатів вимірювань та калібрування.

Література:

1. Еталон одиниці електричної напруги змінного струму. Державний стандарт України, 1994.
2. Павленко Ю.Ф., Кондрашов С.І., Неєжмаков П.І. та ін.: Вступ до квантової метрології. Підручник. – Харків 2017. – 244с.
3. Чинков В.М.. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник. – Харків: ХВУ, 2001. – 424 с.

4. Оцінка невизначеності вимірювань напруги змінного струму в електроенергетиці, Служба Північної Ірландії / Н.І. Блау, Ю.О. Карпенко // Повідомлення НТУУ “КПІ”. Серія приладів. – 2012. – Питання 43. – С. 7-15.

5. Поджаренко В.О. Невизначеність вимірювань змінної напруги в електроенергетиці / В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюк, Ю.О. Карпенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 1. – С. 146-150

6. Кухарчук В.В. Аналіз джерел невизначеності при вимірюванні змінної напруги / В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, Є.Т. Володарський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 1. – С. 134-138.

---

Робота виконана під керівництвом професора кафедри ІКТМ Купріянова О.В.