

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ, ПЕРЕВІРКИ І АТЕСТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ЕТАЛОННОГО ЯДЕРНО-КВАДРУПОЛЬНОГО ТЕРМОМЕТРА ПЕРШОГО РОЗРЯДУ ЯКРТ-5М

© Анатолій Ленюченко¹, Богдан Стадник², Петро Столярчук², Василь Паракуда³, Надія Ковальчук¹, 2012

1 – Львівський національний університет ім. І.Франка, Львів, Україна

2 – Національний університет „Львівська політехніка”, Львів, Україна

3 – ДП "Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем", Львів, Україна
nadiakoval1@gmail.com

На основі ядерно-квадрупольного термометра ЯКРТ-5М розроблено автоматизований вимірювальний комплекс для калібрування, перевірки і атестації засобів вимірювання температури з високою точністю. Він дає змогу у 10 і більше разів підняти продуктивність праці при виконанні метрологічних робіт.

На основе ядерно-квадрупольного термометра ЯКРТ-5М разработан автоматизированный измерительный комплекс для калибровки, проверки и аттестации средств измерения температуры с высокой точностью. Он позволяет в 10 и более раз поднять производительность труда при выполнении метрологических работ.

Based on the nuclear quadrupole thermometer YAKRT-5M developed automated measuring system for calibration, inspection and certification of temperature measurement with high accuracy. It allows you to more than 10 times to raise productivity when performing metrological work.

Вступ. Науково-технічною основою забезпечення єдності вимірювань у державі, що сприяє покращенню науково-технічної та виробничої сфер економіки (особливо в машинобудуванні та приладобудуванні) є еталонна база. Значна кількість різних засобів вимірювальної техніки, що використовуються в усіх галузях економіки потребує постійного вдосконалення технічної бази, в тому числі еталонів, що належать до сфери діяльності Держспоживстандарту, Національного космічного агентства, МОН, Міноборони, НАН України.

Розвиток науки і техніки вимагає постійного оновлення еталонної бази, при цьому сприяючи створенню принципово нових засобів, приладів, комплексів тощо.

Одним із основних шляхів в галузі забезпечення єдності вимірювань температури базується на використанні похідних фіксованих точок інтерполяційних термометрів. Він призвів до створення практичних температурних шкал. Засади дії таких термометрів базуються на використанні емпірично встановлених залежностей будь-яких властивостей термометричної субстанції від температури. У даному випадку нами запропоновано використати залежність частоти ядерного квадрупольного резонансу від температури, що реалізована у створеному еталонному засобі вимірювання температури.

Мета роботи. На основі останнього вперше в Україні і в Європі створено вимірювальний комплекс для калібрування, перевірки та атестації засобів вимірювання температури на базі цифрового еталонного ядерно-квадрупольного термометра першого розряду ЯКРТ-5М.

Експериментальна частина. Вимірювальний комплекс (рис.1.) складається з наступних засобів вимірювання, відтворення і регулювання температури:

- еталонний ядерно-квадрупольний резонансний термометр першого розряду ЯКРТ-5М.
- пристрій з ампулою для відтворення реперної температурної потрійної точки води за МТШ-90.
- рідинні термостати та повітряні термокамери з тепловими фільтрами.
- ультракріостат для відтворення низьких температур в діапазоні від 93 К до 243 К.

1. Еталонний ядерно-квадрупольний резонансний термометр першого розряду ЯКРТ-5М розроблено колективом авторів, виготовлено ТзОВ НВЦ "Метрологія" (м. Львів) і атестовано ННЦ "Інститут метрології" (м. Харків). На сучасному етапі розвитку термометрії він вважається одним із найбільш точних і стабільних контактних термометричних засобів [1–4].



Рис.1 Загальний вигляд вимірювального комплексу.

Принцип дії базується на використанні фізичного явища на квантовому рівні – ядерно-квадрупольному резонансі (ЯКР), частота якого при жорсткій герметизації чутливого елемента з магнітним пермалоевим екраном залежить тільки від температури і не залежить від інших зовнішніх факторів. Ця залежність є фізичною властивістю кристалічної ґратки речовини (сенсора) і для хімічно стійких матеріалів, в яких спостерігається ядерно-квадрупольний резонанс, характеризується високою стабільністю відтворення неперервної номінальної температурної характеристики протягом всього періоду експлуатації. Сенсор ЯКР-термометра, одноразово відградуваний, не потребує періодичних перевірок і калібрувань.

Ядерно-квадрупольний резонансний термометр ЯКРТ-5М не має аналогів в Україні і Європі. Прилад відноситься до нестандартного обладнання і призначений для застосування, як еталонний засіб для калібрування, перевірки і атестації засобів вимірювання температури з високою точністю в метрологічних центрах та метрологічних службах підприємств. Термометр ЯКРТ-5М забезпечує відтворення одиниці температури з середньоквадратичним відхиленням (S) 0,001К при неусуненій систематичній похибці (θ) не вище $\pm 0,003$ К.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього середовища від 15⁰С до 30⁰С;
- відносна вологість – (60 ± 20)%;
- атмосферний тиск – (750 ± 30) мм рт. ст;

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання – [77 ÷ 400] К.
- Основна абсолютна похибка вимірювання – ± 1 мК.
- Роздільна здатність дисплею – 1 мК.
- Показник теплової інерції – 20 сек.
- Діаметр чутливого елемента – 16 мм.
- Довжина зонда сенсора – 330 мм.

Прилад складається з виносного сенсора з детектором ядерного квадрупольного резонансу і блоку аналого-цифрової обробки сигналів з цифровим дисплеєм та інтерфейсом зв'язку із зовнішнім комп'ютером. Управління процесом вимірювання, математична обробка результатів виконується однокристальним мікроконтролером. Термометр оснащений внутрішнім частотоміром з термокомпенсованим і термостатованим опорним кварцовим генератором ГК-21ТК з номінальною частотою 10МГц і стабільністю протягом року 10⁻⁷. В приладі також передбачена можливість роботи із зовнішнім опорним сигналом номіналом 10МГц.

Прилад обладнаний пристроєм програмної розгортки по діапазону температур. Передбачено також ручний режим встановлення необхідного діапазону вимірювань з допомогою пакетного перемикача, якщо автоматика не може бути використана з певних причин. Зміна результату індикації під час вимірювання відбувається з періодом 5 сек.

З метою автоматизації процесу вимірювання, покращення точності формування сигналів для керування зовнішніми пристроями і зв'язку з комп'ютером розроблений спеціалізований інтерфейс, вмонтований в ядерно-квадрупольний термометр. Завданням його є формування коду інформаційної частоти, що видається внутрішнім частотоміром ЯКР-термометра і передача сигналу в комп'ютер для статистичної і математичної обробки результатів вимірювань з індикацією на моніторі та архівування. Для передачі даних в комп'ютер використано USB інтерфейс. Для спрощення написання програмної частини USB модуль мікроконтролера PSoC (Programmable System-On-Chip) сконфігуровано для реалізації стандартного класу комунікаційного пристрою (Communication Device Class – CDC), а саме віртуального COM-порта. Такий підхід дозволяє використовувати наявне програмне забезпечення комп'ютера для відображення даних, наприклад, стандартний Hyper Terminal і не вимагає написання спеціального драйвера для USB пристрою. У той же час зберігаються всі переваги передачі даних USB інтерфейсу, такі як висока швидкість і простота апаратної частини.

Програма-інтерфейс для ЯКРТ-5М складається з двох частин: власне програми та драйверу, який забезпечує зв'язок між ЯКР-термометром та операційною системою. Програма розрахована на роботу у середовищі Windows з використанням бібліотеки Net 2.0.

Після підключення ЯКР-термометра до комп'ютера, прилад автоматично ідентифікується і починається передача даних. Всі вимірювання автоматично зберігаються у файлі Log.txt в папці програми. Однією з функцій програми є статистична обробка результатів протягом заданого оператором періоду вимірювань. Результат усереднення і обчислене середньоквадратичне відхилення (СКВ) виводиться на дисплей (рис.2.).

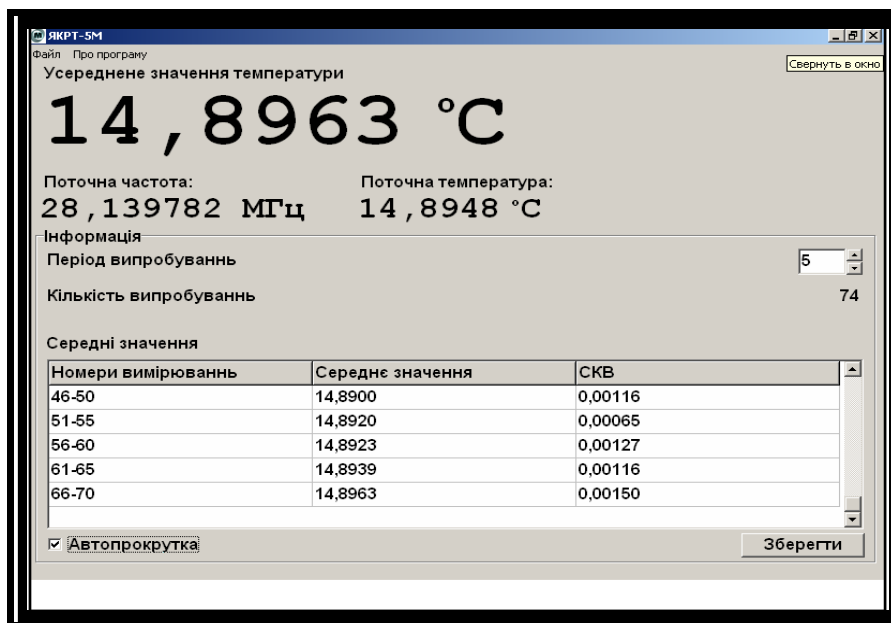


Рис. 2. Вигляд програми на дисплеї комп'ютера.

Результати вимірювань зберігаються у файлі з даними усереднення по періодах. В кінці файлу подається підсумкова інформація, яка автоматично запам'ятовується у файлі AutoSave.txt в папці програми.

2. Рідинний термостат серії УН4 (Німеччина).

Технічні характеристики:

- діапазон термостатування – (213,15 ÷ 323,15) К;
- градієнт температури по об'єму – ± 0,01 К (з мідним тепловим фільтром ±0,001 К).

3. Повітряні термокамери Міні Сабзеро МС-71 (Японія).

Технічні характеристики:

- діапазон термостатування – (193,15 ÷ 373,15) К;
- стабільність підтримання температури – $\pm 0,5$ К;
- температурний градієнт по об'єму – ± 1 К (з тепловим фільтром $\pm 0,01$ К);
- розмір внутрішньої камери – 40 x 40 x 40 см;
- місткість внутрішньої камери – 64 л;
- обладнана програмним керуванням.

4. Ультракріостат для відтворення низьких температур (Тип №180, Німеччина).

Технічні характеристики:

- діапазон відтворення температури:
 - в повітряному середовищі – від 93,15 К до 243,15 К;
 - в рідкому електроліті – від 123,15 К до 233,15 К
(з дифторидхлорметаном (R12), як контактною рідиною);
- точність підтримання:
 - в повітряному середовищі – ± 2 К;
 - в рідкому електроліті – ± 1 К;
 - (при застосуванні теплового фільтра точність зростає на порядок);
- холодоагент – рідкий азот (точка кипіння 78,15 К);
- камера підтримання температури – скляна посудина Дьюара об'ємом 5 л.

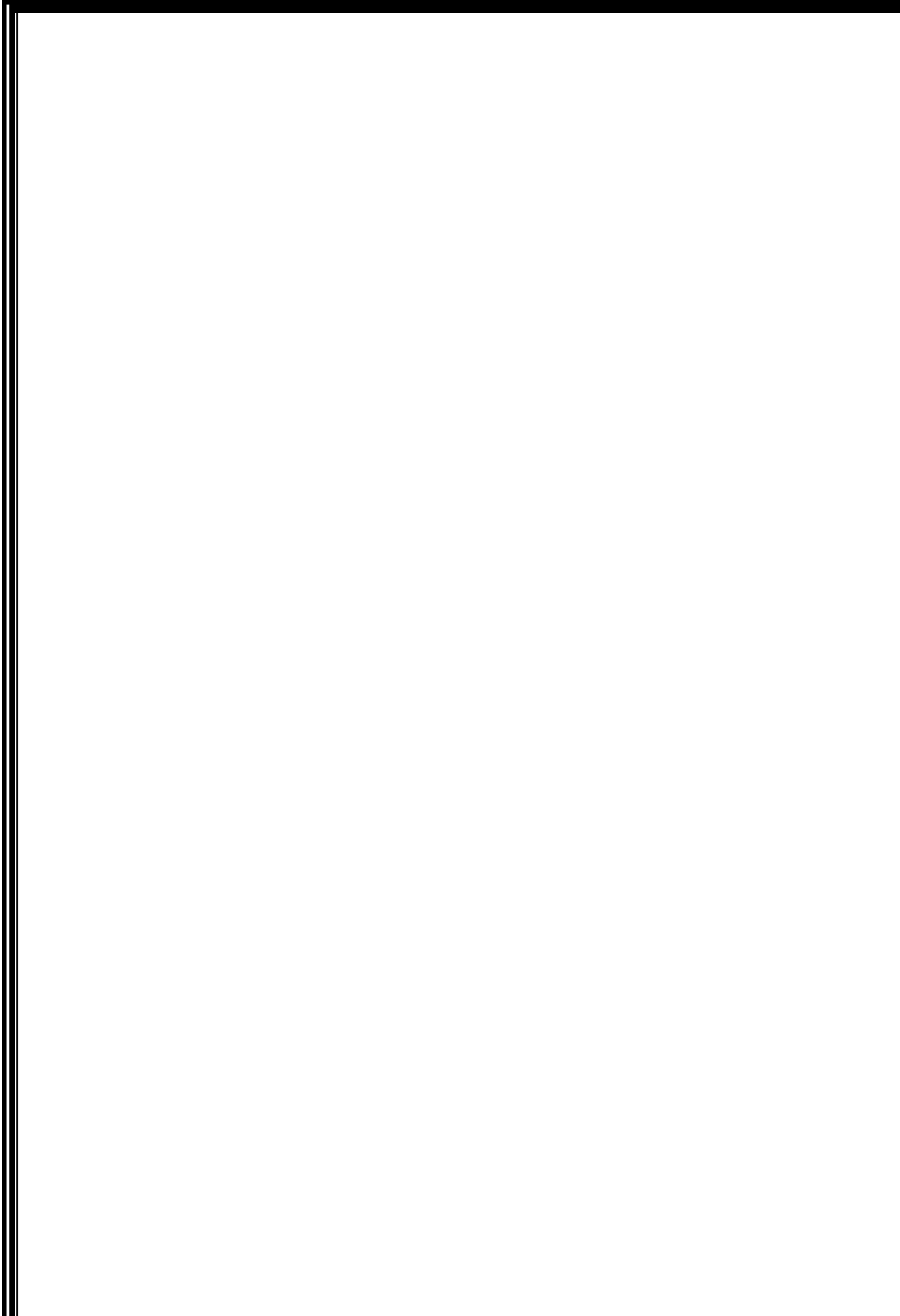


Рис. 3. Ультракріостат для відтворення низьких температур.

Висновки. Створено автоматизований вимірювальний комплекс для калібрування, перевірки і атестації засобів вимірювання температури з високою точністю на базі ядерно-квадрупольного термометра ЯКРТ-5М, який дозволяє підняти продуктивність праці при виконанні метрологічних робіт в десятки разів в порівнянні з традиційними, в яких застосовуються платинові термоперетворювачі та реперні температурні точки.

Література

1. NQR standard Thermometer (model 2571) //Catalog Yokogawa Electric Works. –1983.
2. Ohte A., Iwaoka Y. A Precision on Nuclear Quadrupole Resonance Thermometer // IEEE, Trans. on Instrum. and Measur. –1976.–Vol. IM.-26, №14. –P.357-362.
3. Еталонний ядерно-квадрупольний резонансний термометр ЯКРТ–5М [Електронний ресурс]: Інноваційне підприємство: Львів, Україна. – Режим доступу: <http://cstei.lviv.ua/ua/item/161>.
4. Ленюченко А.М. и др. Квадрупольный ядерный термометр. –Авт. свид. №979896 (СССР). –Опубл. 07.12.82. – Бюл. №45.