

Исследование зависимости нормальных элементов от температуры

М. Н. Беликова¹, А. С. Катков²

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им Д. И. Менделеева

¹m.n.belikova@vniim.ru, ²a.s.katkov@vniim.ru

Аннотация. В докладе представлены результаты исследования зависимости электродвижущей силы нормальных элементов от температуры на более высокоточном уровне, влияние температурного режима в термостатах и температурных поправок НЭ на точность воспроизведения ЭДС.

Ключевые слова: эталон Вольта, нормальные элементы, электродвижущая сила, эталон-копия, постоянное напряжение

I. ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1899 г. начались работы во ВНИИМ по созданию эталона электродвижущей силы (далее по тексту – ЭДС), т.к. существовала потребность в поверке измерительных приборов.

Преимуществом данного эталона являлась простота изготовления и возможность проверить его на точность 2-мя способами:

- взаимным сравнением;
- при помощи серебряного вольтметра и эталонного сопротивления, точные значения которых были известны с большей точностью и стабильностью.

Для определения ЭДС эталонных нормальных элементов составлялась электрическая цепь из последовательно соединенных вольтметра, эталонных катушек сопротивления (две катушки по 1 Ом), и аккумуляторной батареи [3].

Так в 1908 г. на Лондонской международной конференции было принято решение использовать группу нормальных элементов в основе построения эталона Вольта.

Нормальный элемент – это химический источник электродвижущей силы с высокой стабильностью во времени.

Нормальные элементы представляют из себя «Н»-образную форму из 2 стеклянных пробирок, спаянных между собой проходной трубкой. Каждая из пробирок заполнены такими химическими элементами как: ртуть, кадмий и др. в зависимости от типа нормальных элементов: насыщенный (1,018 В), ненасыщенный (1,019 В), Вестона (1,018 В), Кларка (1,014 В).

В настоящее время нормальные элементы изготавливались в двух вариантах:

- отобранные нормальные элементы без кожуха (рис. 1), которые применяются в термостате при

25 °С и точность которых оценивается на уровне $1,5 \cdot 10^{-7}$ В;

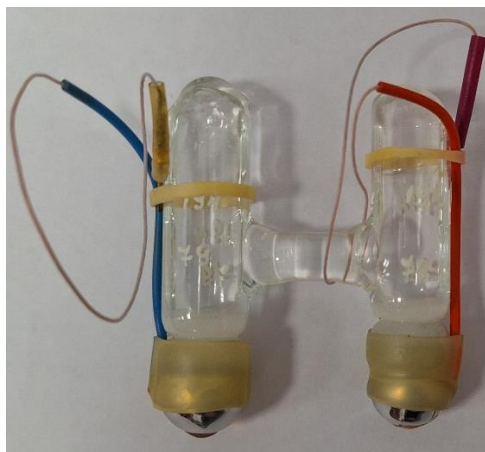


Рис. 1. Внешний вид нормальных элементов без кожуха

- нормальные элементы в кожухе (рис. 2) исследуются в специальной ванне при температуре 20 °С, заполненной трансформаторным маслом для стабилизации рабочих условий, что позволяет оценивать их точность на уровне рабочих эталонов.

Преимуществом нормальных элементов является высокая стабильность значения ЭДС, которая в течение долгих лет сохраняется с точностью до 1 мкВ/В.

К недостаткам НЭ относится высокая чувствительность к вибрации и температуре.

II. НОРМАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КОЖУХЕ

Ванная, в которой хранятся нормальные элементы, изготавливается из никелированной меди с герметичной крышкой со стеклом. Для уменьшения влияния температуры окружающего воздуха ванна помещена в дубовый футляр, что обеспечивает надежный способ хранения нормальных элементов и улучшает условия их сравнения.

Выход на режим нормальных элементов после погружения в ванну составляет приблизительно 6 часов (рис. 3), температура измеряется с помощью платинового термометра, расположенного в центре ванны.

Результаты исследования показали, что температура в ванне в течение года изменяется не более чем на 0,3 °С (рис. 4).



Рис. 2. Внешний вид нормальных элементов в кожухе

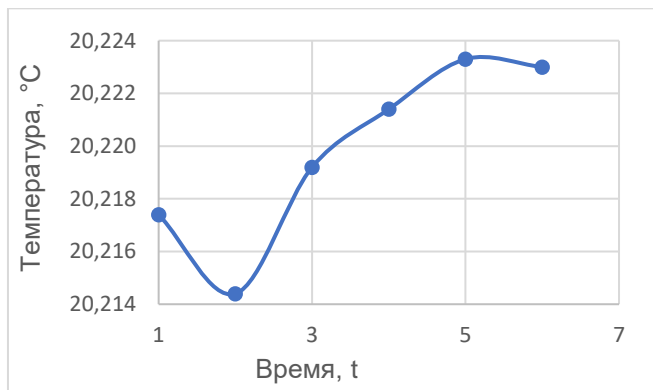


Рис. 3. Изменение температуры в ванне в течение 6 часов



Рис. 4. Изменение температуры в ванне в течение года

III. НОРМАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТЕРМОСТАТЕ

Для размещения в термостате нормальные элементы без кожуха устанавливают в кассеты.

Термостат представляет из себя многоконтурную схему с последовательно чередованием пассивных и активных контуров, разделенные между собой теплоизоляционным материалом.

По результатам измерений определено, что температура в термостате поддерживается в течение года на уровне 0,005 °C (рис. 5).

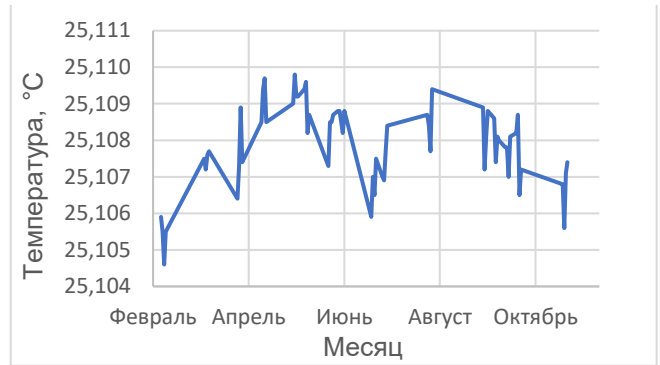


Рис. 5. Изменение температуры в термостате

IV. ЗАВИСИМОСТЬ НОРМАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

На рис. 6 представлено измеренные значения нормальных элементов относительно опорного нормального элемента без введения температурной поправки.

Одновременно проводились измерения температуры в ванне для определения ее влияния на ЭДС нормальных элементов (рис. 7).

Из полученных результатов (рис. 6 и 7) видно, что при понижении температуры в ванне значение ЭДС увеличивается, а при повышении уменьшается.

Введение паспортной температурной поправки показало (рис. 8), что ее влияние на семь исследованных нормальных элементов уменьшило влияние температуры ЭДС приблизительно в 8 раз, по сравнению с восьмым нормальным элементом, который, по-видимому, изготовлен по другой технологии и имеет другую температурную поправку.

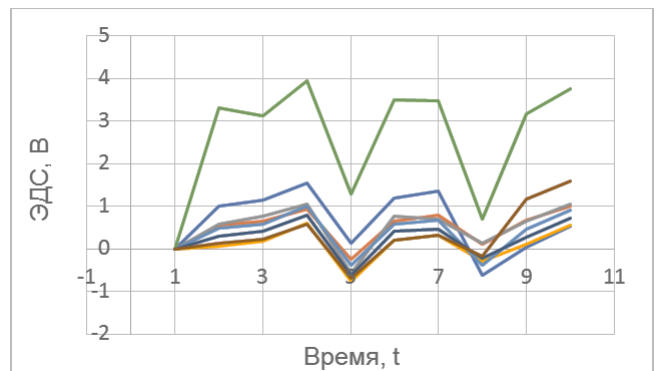


Рис. 6. Результаты измерений без температурной поправки

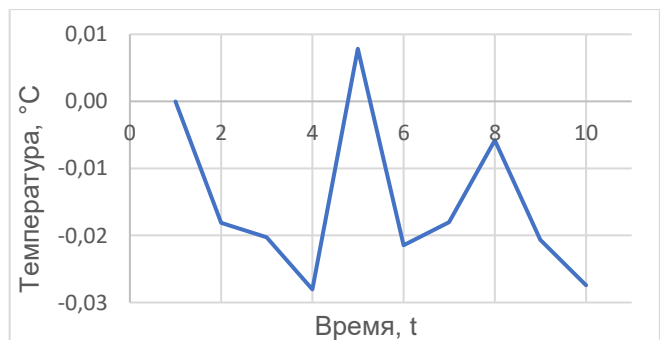


Рис. 7. Изменения температуры в ванне

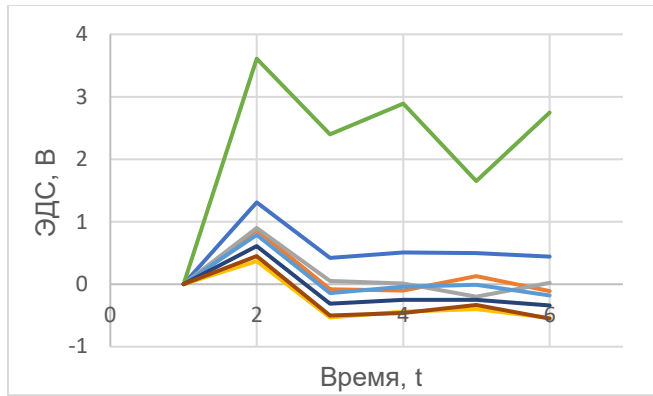


Рис. 8. Результаты измерений с температурной поправки

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование было проведено с целью определения зависимости нормальных элементов от температуры для дальнейшей модернизации эталона-копии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Маликов М.Ф. Временник, ч.15. Эталон Международного Вольта. 1925, 130-156.
- [2] Малинин Д.В., Катков А.С. Термостат для мер электродвижущей силы // Измерительная техника. 2003. N 10. С. 36-38.
- [3] Катков А.С., Шевцов В.И., Быков А.И., Ловцов В.Э., Беликова М.Н. Метрологическое обеспечение в области измерений постоянного напряжения и ЭДС: от нормальных элементов к квантовому эталону // Эталоны. Стандартные образцы, Т. 19, № 5. 2023, 45-58.