

Методические указания
к выполнению лабораторной работы 2.3.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭДС
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТЕРМОПАРЫ***

*Некрасов В.В. Электрические свойства проводников, полупроводников и диэлектриков: Методические указания к выполнению лабораторных работ / В.В. Некрасов, Л.В. Филимоненкова, В.В. Добрынина, Ю.В. Логинов, О.А. Андреев– РИО АЛТИ, 1981. – 36 с.

Цель работы – исследование зависимости термоэдс термопары медь-железо от разности температур спаев.

Теоретические положения

В электрической цепи разнородных проводников (полупроводников) появление разности температур спаев приводит к возникновению в ней термоэдс.

Согласно квантовой (зонной) теории, возникновение термоэдс обусловлено рядом факторов, среди которых наибольший вклад вносят контактная ε_{κ} и диффузионная ε_{δ} – составляющие эдс. Термоэдс термопары равна алгебраической сумме составляющих:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\kappa} + \varepsilon_{\delta}$$

Контактная термоэдс связана с изменением внутренней контактной разности потенциалов, которая рассчитывается по уравнению

$$\Delta \varphi_{\kappa} = \frac{F_2 - F_1}{e},$$

где F_1, F_2 – положение уровня Ферми в первом и втором металлах при данной температуре;

e – заряд электрона.

Для замкнутой цепи из двух разнородных металлов в изотермических условиях скачки потенциалов на спаях одинаковые по величине и противоположные по знаку, то есть контактная термоэдс в этих условиях отсутствует. При нагревании одного спая уровни Ферми того или другого металла начинают понижаться. Согласно зонной теории, чем меньше концентрация электронов в металле (меньше уровень Ферми), тем быстрее с ростом температуры понижается уровень Ферми. Различие в скоростях убывания уровней Ферми контактирующихся металлов в горячем спае приводит к изменению на нем внутренней контактной разности потенциалов. Это приводит к нарушению равенства скачков потенциала на спаях термопары, то есть в цепи появляется контактная термоэдс. Величина этой эдс пропорциональна разности температур:

$$d\varepsilon_{\kappa} = b_{12}dT.$$

Диффузионная термоэдс появляется в однородном проводнике при возникновении вдоль него градиента температур. Под действием разности температур на концах проводника протекает термодиффузия, благодаря чему горячий конец проводника заряжается положительно, а холодный отрицательно. В проводнике создается электрическое поле с градиентом потенциала, который прямо пропорционален градиенту температур в проводнике. Отсюда диффузионная разность потенциалов или диффузионная термоэдс прямо пропорциональна разности температур:

$$d\varepsilon_{\delta} = \beta_{12}dT.$$

Алгебраическая сумма $d\varepsilon_{\kappa}$ и $d\varepsilon_{\delta}$ обуславливает термоэдс термопары:

$$d\varepsilon = d\varepsilon_{\kappa} + d\varepsilon_{\sigma} = (b_{12} + \beta_{12})dT.$$

Для небольших разностей температур $b_{12} + \beta_{12} = \alpha_{12}$ (α_{12} – величина постоянная), поэтому

$$\varepsilon = \int_{T_2}^{T_1} d\varepsilon = \alpha_{12}\Delta T, \quad (6.1)$$

Для многих термопар при конечных разностях температур величина α_{12} непостоянная. Согласно выражению

$$\alpha_{12} = \frac{d\varepsilon}{dT}, \quad (6.2)$$

она изменяется с ростом температуры.

H

Описание установки

Для принципиальной схемы установки (рис. 6.1) введены обозначения:
ИТ – исследуемая термопара железо-медь (*Fe – Cu*);

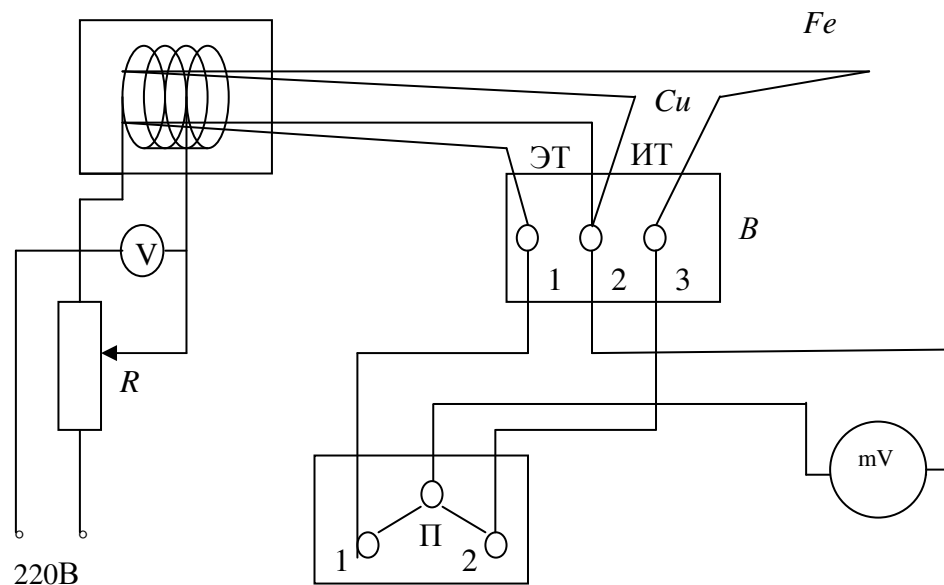
ЭТ – эталонная термопара с постоянной $\alpha_{12} = 33,8 \cdot 10^{-6} \frac{B}{K}$;

H – нагреватель;

R – реостат для регулировки напряжения в нагревателе; *B* – клеммник, к которому выведены концы термопар ЭТ (1-2) и ИТ (2-3);

mV – милливольтметр для измерения термоэдс;

П – переключатель, позволяющий подключить к милливольтметру эталонную термопару (положение 1) и исследуемую термопару (положение 2). Левые спаи эталонной и испытуемой термопар помещены в нагреватель *H*, а правые находятся при комнатной температуре. Эталонная термопара применяется для определения разности температур нагревателя и комнатного воздуха.



Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1. Записать характеристики приборов.
2. Сопоставить схему (рис. 6.1) с приборами лабораторной установки.
3. Ознакомиться с панелью милливольтметра.
4. Соединить проводами переключатель П, клеммник В и милливольтметр.
5. Установить переключатель M_2 в положение И. Ввести полностью реостат и включить нагреватель в сеть (напряжение 220 В) и через 2 мин. поставить реостатом напряжение (50÷60) В. Постоянная температура в нагревателе установится примерно через 5 мин.
6. Измерить термоэдс эталонной термопары. Для этого переключатель П установить в положение 1. Затем поставить переключатель П в положение 2 и измерить эдс испытуемой термопары, результаты записать в таб. 6.1.
7. Установить напряжение в нагревателе (70÷80) В и выждать 5 мин. Произвести те же операции, что и в п. 6.
8. При высоких температурах полярность термоэдс испытуемой термопары может изменяться.
9. Измерения закончить при напряжении нагревателя 200 В. Результаты измерений занести в табл. 6.1.

Таблица 6.1. - Результаты измерений

№п/п	U, В	$\mathcal{E}_{эм.}, мВ$	$\Delta T, К$	$\mathcal{E}_{ит.}, мВ$

Обработка результатов эксперимента

1. Рассчитать разность температур ΔT по показаниям эталонной термопары. Данные записать в таблицу (6.1).
2. Построить график зависимостей $\mathcal{E}_{ит} = f(\Delta T)$.
3. Используя график $\mathcal{E}_{ит} = f(\Delta T)$, рассчитать α_{12} для следующих значений температур: 50, 100, 150, 200, ..., 500 (600)°С.
4. Для этого на оси ΔT отложить 20°С по обе стороны от указанных температур и по графику $\mathcal{E}_{ит} = f(\Delta T)$ определить $\Delta \mathcal{E}$, соответствующие приращению температуры $\Delta(\Delta T) = 40^\circ C$, тогда

$$\alpha_{12} = \frac{\Delta \mathcal{E}_{ит}}{\Delta(\Delta T)} = \frac{\Delta \mathcal{E}}{40}.$$
5. Значения ΔT , $\Delta(\Delta T)$, $\Delta \mathcal{E}_{ит}$, α_{12} занести в табл. 6.2.

Таблица 6.2. - Результаты измерений

№ п/п	$\Delta(\Delta T), ^\circ C$	$\Delta \mathcal{E}_{ит}, мВ$	$\alpha_{12}, мВ/К$

6. Построить график зависимости $\alpha_{12} = f(\Delta T)$

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения термоэдс?
2. Что такое термопара, термостолбик?
3. Применение термопар в термостолбике.
4. Физический и геометрический смысл постоянной термопары α_{12} .