

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор-директор ЭНИН
к.т.н., доцент

_____ Ю.С.Боровиков
« ____ » _____ 2011 г.

**ИЗУЧЕНИЕ И ПОВЕРКА ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ
МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов
направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника
Энергетического института

Томск 2011

УДК 621.1.002 – 05

Изучение и поверка пирометрических милливольтметров.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника Энергетического института. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 11 с.

Составитель старший преподаватель Григорьева М.М.

Рецензент доцент, канд. техн. наук Волошенко А.В.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2011 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ Озерова И.П.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении принципа действия и устройства пирометрических милливольтметров, предназначенных для измерения температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, и освоении операций поверки пирометрических милливольтметров.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение устройства и принципа действия милливольтметра,
- проведение поверки милливольтметра компенсационным методом и определение его годности для дальнейшей эксплуатации,
- определение внутреннего сопротивления милливольтметра методом замещения,
- определение влияния величины внешнего сопротивления на показания милливольтметра.

ПИРОМЕТРИЧЕСКИЕ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРЫ

Пирометрические милливольтметры (МВ) предназначены для измерения температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями (ТЭП) стандартной градуировки. Это прибор магнитоэлектрической системы.

Принцип действия МВ основан на взаимодействии магнитного поля неподвижного постоянного магнита и постоянного тока, протекающего через обмотку подвижной рамки.

Проводник в форме прямоугольной рамки 1 (рис. 1) помещается в радиальное поле постоянного магнита 2. Для создания радиального магнитного поля, т.е. поля с постоянной магнитной индукцией B , круглый магнит и рамка помещаются в кольцо 3, выполненное из магнитомягкой стали. При прохождении тока I через рамку появляется магнитное поле перпендикулярное полю постоянного магнита. В результате взаимодействия этих магнитных полей образуется вращающий момент M_{BP} равный:

$$M_{BP} = \omega \cdot b \cdot l \cdot B \cdot I = \psi \cdot I, \quad (1)$$

где ω – число витков в рамке;

b, l – соответственно ширина и активная длина рамки;

B – магнитная индукция;

I – ток, протекающий по рамке;

ψ – потокосцепление рамки.

При протекании тока через обмотку рамки подвижная часть будет находиться в равновесии, если вращающий момент будет равен

противодействующему моменту, который создается противодействующими пружинами 4.

$$M_{BP} = M_{ПР} \quad \text{или} \quad \psi \cdot I = k \cdot \alpha,$$

где k – удельный противодействующий момент;
 α – угол перемещения подвижной части механизма.

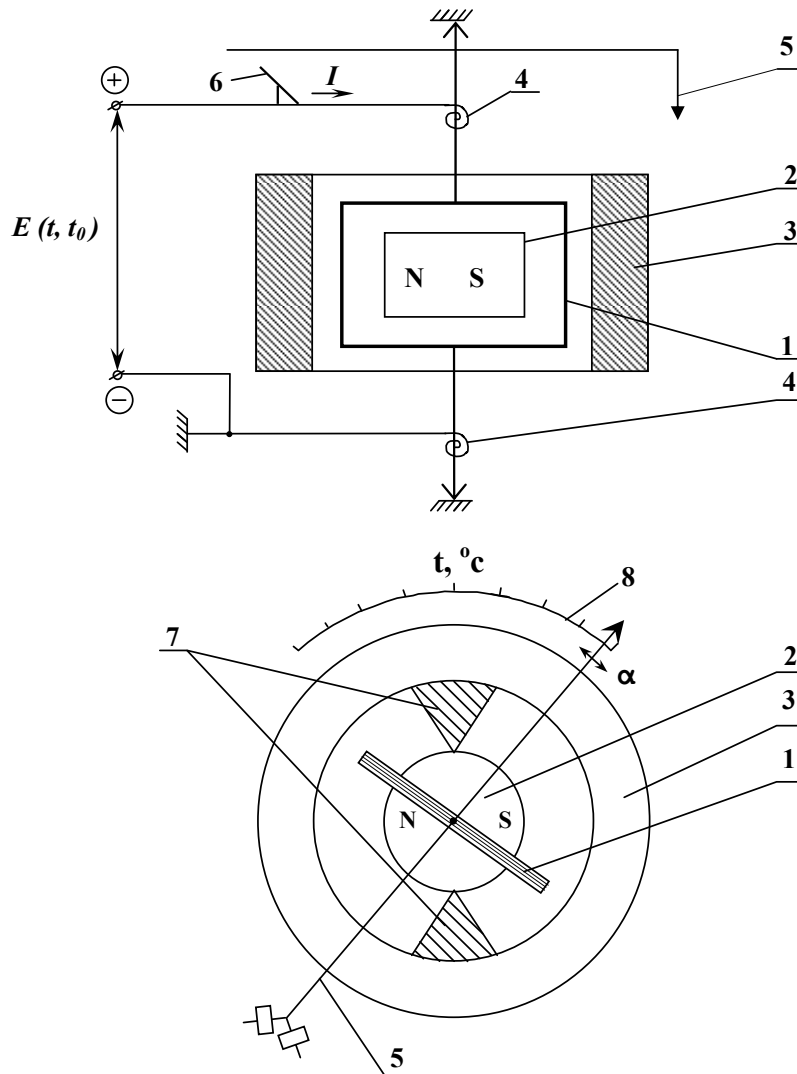


Рис. 1. Схема пирометрического милливольтметра:

- 1 – рамка; 2 – постоянный магнит; 3 – неподвижное кольцо;
- 4 – противодействующие пружины; 5 – стрелка;
- 6 – корректор; 7 – держатели; 8 – шкала

Из этого условия найдем зависимость между углом поворота подвижной части и током, протекающим через обмотку рамки:

$$\alpha = \frac{\psi}{k} \cdot I = S_I \cdot I. \quad (2)$$

где $S_I = \frac{\psi}{k} = \frac{\alpha}{I}$ – чувствительность измерительного механизма к току.

Из уравнения (2) следует, что угол перемещения подвижной части прямопропорционален величине тока I , и чем больше чувствительность S_I , тем меньший ток нужен для равного перемещения подвижной части.

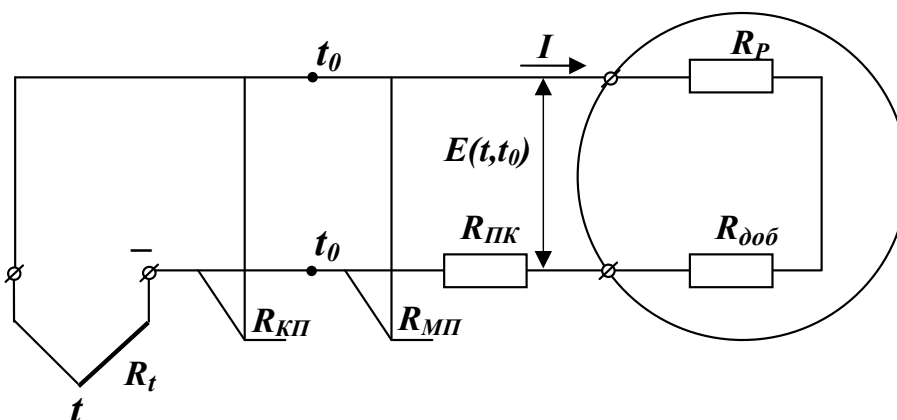


Рис. 2. Схема измерения ТЭДС термопары милливольтметром

Величина тока (рис. 2), протекающего через рамку, равна

$$I = \frac{E(t, t_0)}{R_t + R_{кп} + R_{мп} + R_{пк} + R_M}, \quad (3)$$

где $E(t, t_0)$ – ТЭДС термопары, подаваемая на вход МВ;

R_t – сопротивление термопары (рис. 2);

$R_{кп}$ – сопротивление компенсационных проводов;

$R_{мп}$ – сопротивление медных проводов;

$R_{пк}$ – сопротивление подгоночной катушки;

$R_M = R_p + R_{доб}$ – внутреннее сопротивление МВ, состоящее соответственно из сопротивления рамки и добавочного сопротивления.

Милливольтметры имеют арретир и корректор. Арретир служит для предохранения подвижной системы прибора от повреждений при его транспортировке. Корректор предназначен для установки стрелки в нулевое положение или на отметку шкалы в диапазоне возможных колебаний температуры свободных концов ТЭП.

Пирометрические МВ градуируются на определенное внешнее сопротивление цепи $R_{ВН}$, значение которого указывается на шкале прибора. Чаще всего $R_{ВН} = 5$ Ом. На шкале указываются также: тип, НСХ термоэлектрического преобразователя, класс точности, система прибора (магнитоэлектрический, электромагнитный и т.п.), рабочее положение прибора для вертикальной или горизонтальной установки, заводской номер, год выпуска и марка завода – изготовителя.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРКИ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ

Поверка МВ проводится на установке, схема которой представлена на рис. 3.

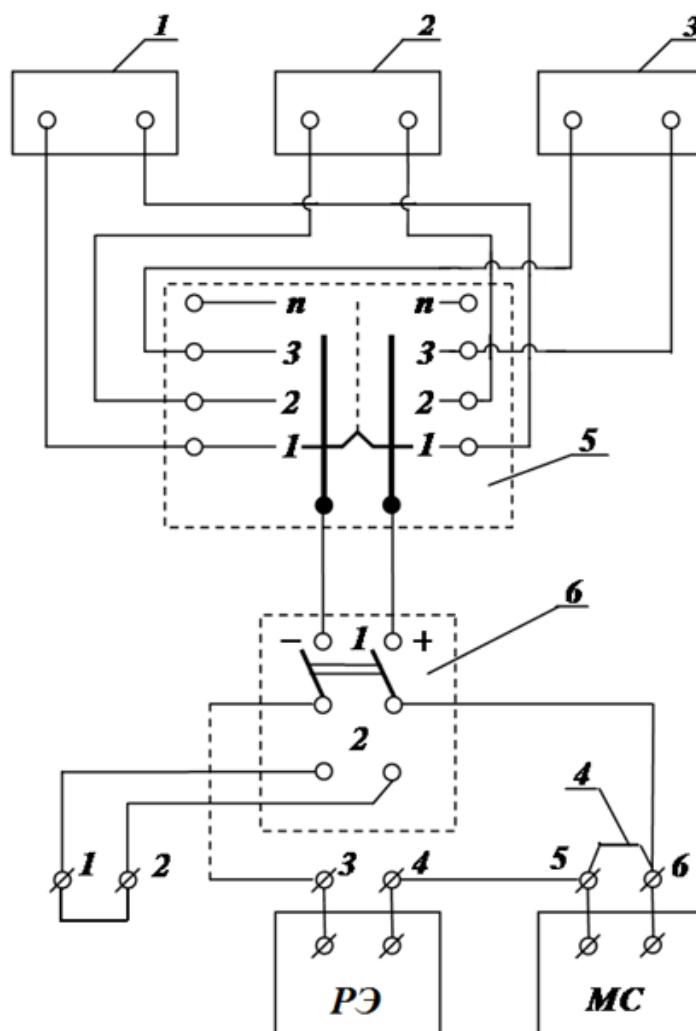


Рис. 3. Схема установки для поверки МВ:
1,2,3 – милливольтметры; 4 – перемычка; 5 – щеточный переключатель; 6 – двухполюсный переключатель

В состав установки входят: поверяемые МВ 1, 2 и 3; рабочий эталон – многофункциональный калибратор МЕТРАН 510-ПКМ; магазин сопротивлений МС, применяемый для проверки влияния внешнего сопротивления на показания МВ; щеточный переключатель 5, предназначенный для поочередного подключения поверяемых МВ; двухполюсный переключатель 6, клеммы 1-6, предназначенные для подключения эталонных приборов.

ПОВЕРКА МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ

Поверка показаний МВ компенсационным методом производится с помощью эталонного калибратора МЕТРАН 510-ПКМ.

Подключают поверяемый МВ, поставив щеточный переключатель 5 в соответствующее положение 1, 2 или 3.

Собирают схему поверки МВ, для чего клеммы 1-2, 5-6 закорачивают перемычкой 4, к клеммам 3 - 4 подсоединяют эталонный калибратор МЕТРАН 510-ПКМ. Подготавливают калибратор к поверке МВ, выбрав режим генерации напряжения.

Двухполюсный переключатель 6 устанавливают в положение 1.

На отдельном листе готовят протокол поверки МВ, форма которого представлена ниже. В первый столбец протокола заносят значения температур, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы МВ. Во второй столбец заносят значения ТЭДС, соответствующие этим значениям температур и найденные по номинальной статической характеристике ТЭП.

Поверка пирометрического МВ производится в следующем порядке. Подбирая значение генерируемого напряжения, устанавливают стрелку МВ на первую поверяемую отметку, соответствующую нижнему пределу измерения МВ. Показания калибратора записывают в протокол поверки. Затем стрелку устанавливают на последующие оцифрованные отметки МВ, увеличивая подаваемое напряжение (прямой ход) и занося результаты в протокол поверки.

Увеличивая значение входного сигнала, выводят стрелку за верхний предел измерения прибора. Затем, уменьшая значение входного сигнала (обратный ход), вновь последовательно устанавливают стрелку на все оцифрованные отметки шкалы прибора. Значения входного сигнала при обратном ходе, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы, заносят в протокол поверки.

Рассчитывают абсолютные погрешности показаний прибора для каждой оцифрованной отметки шкалы при прямом Δe_1 и обратном Δe_2 ходе и вариацию показаний Δe_v прибора по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta e_1 &= e_1 - e_p, \\ \Delta e_2 &= e_2 - e_p, \\ \Delta e_v &= |e_1 - e_2|,\end{aligned}\tag{4}$$

где e_1 – показания эталонного калибратора, соответствующие данной отметке шкалы при увеличении измеряемой величины, мВ;
 e_2 – показания эталонного калибратора, соответствующие данной отметке шкалы при уменьшении измеряемой величины, мВ;
 e_p – действительное значение ТЭДС для оцифрованной отметки шкалы, найденное по номинальной статической характеристике ТЭП, мВ.

Определяют предел допускаемой основной абсолютной погрешности и допускаемой вариации показаний МВ по формуле:

$$\pm \Delta e_{\text{дон}} = \Delta e_{v, \text{дон}} = \frac{e_k \cdot \gamma}{100}, \quad (5)$$

где $\Delta e_{\text{дон}}$ – предел допускаемой основной абсолютной погрешности, мВ;
 $\Delta e_{v, \text{дон}}$ – допускаемая вариация показаний МВ, мВ;
 e_k – верхний предел измерения поверяемого МВ, мВ;
 γ – предел допускаемой основной приведенной погрешности поверяемого МВ, %.

По результатам поверки определяют годность МВ к эксплуатации или соответствие погрешностей Δe_1 , Δe_2 и вариации Δe_v , рассчитанных для каждой поверяемой отметки шкалы, допускаемым значениям:

$$\Delta e_1 \leq \Delta e_{\text{дон}}; \quad \Delta e_2 \leq \Delta e_{\text{дон}}; \quad \Delta e_v \leq \Delta e_{v, \text{дон}}. \quad (6)$$

Если данные условия выполняются, то МВ **годен** к дальнейшей эксплуатации и подлежит клеймению, если же хотя бы одно из условий не выполняется, то МВ **не годен** к дальнейшей эксплуатации.

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВНЕШНЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ПОКАЗАНИЯ МВ

Снимают перемычку 4 и к клеммам 5-6 подключают МС. При этом магазин сопротивлений МС включается в линию связи МВ и эталонного калибратора. Двухполюсный переключатель 6 устанавливают в положение 1.

На магазине сопротивлений МС выставляют значение внешнего сопротивления, увеличенное на $+\Delta R_{BH}$. Величина $+\Delta R_{BH}$ указывается преподавателем. Следовательно, $R'_{BH} = R_{BH} + \Delta R_{BH}$. Производят поверку показаний МВ в трех точках шкалы (начальной, средней и конечной). Данные заносят в таблицу 1.

Рассчитывают абсолютные погрешности по формулам (4) и сравнивают их с погрешностями, полученными при $R_{BH} = 5$ Ом. Делают вывод о влиянии R_{BH} на показания МВ.

По данным протокола и таблицы 1 строят график абсолютных погрешностей МВ при $R_{BH} = 5 \text{ Ом}$, R'_{BH} и основной допускаемой абсолютной погрешности в координатах $\Delta e \text{ [мВ]} - t \text{ [}^\circ\text{C]}$: по оси абсцисс откладывают значения температуры, а по оси ординат – значения абсолютных погрешностей.

Таблица 1. Влияние R_{BH} на показания МВ

Отметка шкалы поверяемого прибора		Отсчет по эталонному калибратору		Погрешности поверяемого МВ	
		При увеличении показаний e_1'	При уменьшении показаний e_2'	При увеличении показаний $\Delta e_1'$	При уменьшении показаний $\Delta e_2'$
$^\circ\text{C}$	мВ	мВ			

Вывод: _____

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

1. Описание принципа действия и устройства пирометрического МВ.
2. Описание установки для поверки пирометрических МВ.
3. Поверка пирометрического милливольтметра.
4. Протокол поверки (выполняется на отдельной странице).
5. Влияние изменения значения внешнего сопротивления на показания пирометрического милливольтметра.
6. Ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите источники погрешностей при измерении ТЭДС милливольтметром.
2. Как учитывается влияние температуры окружающей среды на показания МВ?
3. Назначение корректора и арретира.
4. С какими первичными преобразователями работают МВ?
5. Для чего применяются компенсационные провода?
6. Какими метрологическими показателями определяется годность МВ к эксплуатации?
7. Для чего предназначены противодействующие пружины в МВ?
8. Как определяется предел допускаемой вариации показаний МВ?

ПРОТОКОЛ

поверки милливольтметра типа _____, № _____ класса точности _____, НСХ _____ с диапазоном измерения от _____ до _____ °С.

Поверка проведена по эталонному калибратору типа _____, № _____, класса точности _____.

Внешнее сопротивление _____ Ом.

Внутреннее сопротивление _____ Ом.

Отметка шкалы поверяемого прибора		Отсчет по эталонному прибору		Погрешность поверяемого прибора		Вариация показаний прибора Δe_v	
		При увеличении показаний e_1	При уменьшении показаний e_2	При увеличении показаний Δe_1	При уменьшении показаний Δe_2		
0С	мВ	мВ					

Предел допускаемой основной погрешности $\Delta e_{\text{дон}} =$ _____ мВ.

Максимальная абсолютная погрешность _____ мВ.

Предел допускаемой вариации $\Delta e_{v,\text{дон}} =$ _____ мВ.

Максимальная вариация _____ мВ.

Вывод _____ .

Муза Михайловна Григорьева

Изучение и поверка пирометрических милливольтметров.
Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» для студентов направления 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника Энергетического института.

Подписано к печати_____.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. 0.75. Уч.-изд. л. 0.7.

Тираж_____экз. Заказ_____.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина 30.