

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

А. В. Фёдоров, А. Н. Членов

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Производственная и пожарная автоматика»

Часть 1

Производственная автоматика
для предупреждения пожаров и взрывов

Допущено Министерством Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве
учебного пособия для высших образовательных учреждений
МЧС России

Москва
2014

УДК 681.5: 614.8
ББК 38.96
Ф33

Р е ц е н з е н т ы:

- А. Н. Гилетич*, заместитель директора Департамента надзорной деятельности МЧС России, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
- С. Н. Терехин*, начальник кафедры автоматики и сетевых технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент;
- Т. А. Кирюхина*, ректор НОУ «Институт электронных систем безопасности», кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Фёдоров А. В.

Ф33 Лабораторный практикум по дисциплине «Производственная и пожарная автоматика». Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов: учеб. пособие. / А. В. Фёдоров, А. Н. Членов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. – 79 с.

ISBN 978-5-9229-0081-2

В учебном пособии приведены краткие теоретические сведения, методики и порядок исследования характеристик приборов и устройств автоматизации пожаровзрывоопасных производств. Рассмотрены принципы построения и основные характеристики автоматизированных систем управления технологическими процессами производства.

УДК 681.5: 614.8
ББК 38.96



© Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014

Введение

Организация лабораторных работ

В учебном пособии представлены лабораторные работы, проводимые в специализированной лаборатории кафедры «Пожарная автоматика» и составляющие основу первой части дисциплины «Производственная и пожарная автоматика».

Лабораторные работы выполняются в соответствии с тематическим планом после изучения теоретического материала. Подготовка к лабораторным занятиям состоит в подробном изучении содержания работы и схемы экспериментальной установки, ознакомлении с устройством и назначением каждого прибора, задействованного в схеме, записью их технических данных, а затем сборке экспериментальной установки. Измерения и результаты расчетов заносятся в протокол наблюдений, и их предъявляют руководителю занятий до разборки схемы. Если результаты признаются неудовлетворительными, то эксперименты следует повторить. Выполненная работа подлежит защите.

Техника безопасности

Учащийся при работе с приборами контроля, регулирования, а также со схемами автоматической защиты должен знать и строго соблюдать правила техники безопасности и противопожарные требования, для этого нужно пройти специальный инструктаж и расписаться в журнале о его прохождении.

В лаборатории необходимо выполнять следующие правила:

1. Перед сборкой схемы лабораторной установки необходимо ознакомиться с паспортными данными используемых приборов и аппаратов.
2. Сборка, монтаж и разборка схемы под напряжением категорически запрещаются.
3. Схема проверяется преподавателем, и напряжение включается только после его разрешения.
4. Все соединения в электрических схемах должны быть выполнены надежно, винты завернуты до упора. При необходимости электрические провода соединяются пайкой, а места соединений надежно изолируются. Скрутка проводов не допускается.
5. В случае короткого замыкания в цепи или повреждения прибора необходимо снять напряжение и, не делая попыток к исправлению, сообщить об этом преподавателю или лаборанту.
6. Рубильники, выключатели, реостаты и другое оборудование, находящееся под напряжением, используется только после соответствующего разрешения.

7. Запрещается открывать, включать и отключать аппараты и приборы, не имеющие отношения к выполняемой работе.

8. Запрещается оставлять без присмотра действующие и включенные аппараты, приборы автоматики, электроприборы, устройства проверки газоанализаторов и т. п.

9. В случае появления дыма или загорания надо незамедлительно отключить напряжение на установке и поставить в известность преподавателя.

Типовая форма отчета о лабораторной работе

Формат А4

Ориентация – книжная

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России
Кафедра «Пожарная автоматика»

Дисциплина «Производственная и пожарная автоматика»

Учебная группа _____

Слушатель _____
(звание, фамилия, инициалы)

Лабораторная работа № _____

Наименование лабораторной работы

Цель: _____

Схема лабораторной установки (рисунок).

Приборная техника (тип приборов, технические данные).

Порядок выполнения работы (краткое описание).

Таблицы экспериментальных данных и результатов их обработки.

Графическая обработка экспериментальных и расчетных данных.

Выводы (полученные результаты и их интерпретация).

Работа выполнена

«___» _____ 201_ г.

(подпись слушателя)

Работа защищена

«___» _____ 201_ г.

(подпись преподавателя)

Основные понятия теории измерений

Автоматизация производственных процессов неразрывно связана с измерением физических величин. Для этой цели используются различные датчики и измерительные устройства, нормальная работа которых определяется основными положениями теории измерений.

Измерением называют экспериментальное определение численного соотношения между измеряемой физической величиной и значением, принятым за единицу.

Измерения делятся на прямые и косвенные.

При выполнении *прямых измерений* значение измеряемой величины определяют непосредственным сравнением ее с единицей измерения или по показаниям приборов, градуированных в выбранных единицах.

При проведении *косвенных измерений* измеряемую величину находят на основании результатов прямых измерений других величин, связанных с искомой однозначной зависимостью.

Погрешности приборов. Вследствие несовершенства методов измерений и самих измерительных приборов результаты измерений, как бы тщательно они не выполнялись, имеют отклонения от истинных значений. Для определения степени достоверности полученного результата необходимо знать погрешность при измерении данным прибором.

Различают абсолютную, относительную и приведенную относительную погрешности.

Абсолютной погрешностью ΔX измерительного прибора называют разность между его показанием и истинным значением измеряемой величины. Поскольку последнее установить нельзя, то в измерительной технике используют так называемое действительное значение, полученное с помощью образцового прибора.

Таким образом, абсолютная погрешность ΔX представляет собой разность:

$$\Delta X = X - X_{\text{ист}}, \quad (1)$$

где X – показание измерительного прибора;

$X_{\text{ист}}$ – действительное (истинное) значение измеряемой величины.

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины, то есть является именованным числом.

Для нахождения действительного значения измеряемой величины в показания прибора вводят поправку C , которая численно равна абсолютной погрешности, взятой с обратным знаком.

Относительной погрешностью ε называется выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины и определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X_{\text{ист}}} 100 \% \approx \frac{\Delta X}{X} 100 \% . \quad (2)$$

Приведенной относительной погрешностью β называется выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к диапазону шкалы измерительного прибора N :

$$\beta = \frac{\Delta X}{N} 100 \% . \quad (3)$$

Класс точности прибора. В технике обычно применяют приборы, с помощью которых измерения производят лишь с определенной, заранее заданной и установленной ГОСТ допустимой основной приведенной относительной погрешностью. По ее величине измерительные приборы делятся на классы точности 0,05–4,0. Промышленные приборы в большинстве случаев выпускаются с классом точности 0,25; 0,5; 1,0; 1,5. Например, прибор класса 1,5 имеет максимально допустимую основную (при нормальных условиях) приведенную относительную погрешность $\pm 1,5\%$ от диапазона шкалы. Класс точности прибора указывается в его паспорте.

Вариацией называется наибольшая полученная экспериментально разность между показаниями измерительного прибора, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при одинаковых условиях измерения. Определяется при прямом и обратном ходе измерения.

Чувствительностью измерительного прибора S называется отношение линейного или углового перемещения указателя прибора ΔL к приращению измеряемой величины ΔX , вызвавшему это перемещение.

Под *порогом чувствительности* прибора понимают то наименьшее изменение значения измеряемой величины, которое способно вызвать минимально измеряемое изменение в показаниях прибора.

Поверка приборов. Под поверкой приборов понимают сравнение показаний измерительного и образцового приборов с целью определения погрешности измерительного прибора.

Для поверки в качестве образцового прибора необходимо выбрать такой прибор, класс точности которого выше, чем у поверяемого, в три-четыре раза.

Градуировка приборов. Градуировкой приборов называют операцию, посредством которой делениям шкалы прибора придают значения, выраженные в установленных единицах измерения. При градуировке экспериментально находят зависимость между значениями измеряемой величины и количеством делений по шкале прибора.

Датчики температуры

Датчики в системах автоматики являются устройствами, поставляющими информацию о контролируемой величине.

Датчик можно представить в виде чувствительного элемента (ЧЭ) и нормирующего преобразователя (НП). Структурная схема датчика представлена на рис. 1.

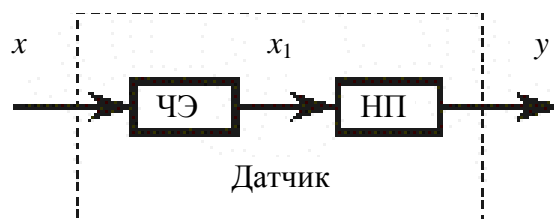


Рис. 1. Структура датчика:

x – входной сигнал (измеряемый параметр);
 x_1 – промежуточный сигнал; y – выходной сигнал

Чувствительный элемент измеряет и преобразует контролируемый параметр в физическую величину более удобную для использования и, как правило, пропорциональную этому параметру. Вид промежуточного сигнала определяется принципом действия и конструкцией чувствительного элемента. Обычно промежуточный сигнал бывает электрический – электродвижущая сила (ЭДС), электрическое сопротивление (R) – или механический – сила, линейное или угловое перемещение.

Нормирующий преобразователь переводит сигнал в форму, удобную для дистанционной передачи и дальнейшего его использования в системах автоматического контроля и регулирования. Обычно выходной сигнал датчика бывает электрический или пневматический.

Датчики, применяемые для автоматизации на промышленных предприятиях, должны выдавать выходные унифицированные (стандартные) сигналы в соответствии с требованиями системы ГСП (Государственная система приборов). Так, датчики, выходным сигналом которых является напряжение, должны отвечать ряду: 0,1 В; 0,2 В; 0,5 В; 1 В; 5 В; 10 В; 20 В. Датчики, выходным сигналом которых является ток, должны отвечать ряду: 1 мА; 2 мА; 5 мА; 10 мА; 20 мА.

Унификация промежуточного сигнала позволяет:

- уменьшить номенклатуру измерительных приборов и использовать только небольшую группу приборов;
- соединять различные приборы и регуляторы без дополнительного согласования их входных и выходных сигналов.

Унификация выходных сигналов датчиков необходима при использовании их в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) с управляющими ЭВМ. Аналого-цифровые

преобразователи на входе ЭВМ обслуживают обычно группу датчиков, различных по принципу действия и входным сигналам, но унифицированных по значению и виду выходного сигнала.

В настоящее время наибольшее распространение в автоматике и телемеханике получили электрические датчики, которые можно разделить на две большие группы: параметрические и генераторные.

Параметрические датчики преобразуют неэлектрическую контролируемую или регулируемую величину в параметр электрической цепи:

- сопротивление R ,
- индуктивность L ,
- емкость C .

Для работы этих датчиков необходимы вспомогательные источники электроэнергии.

К параметрическим относятся следующие типы датчиков:

- потенциометрические,
- тензометрические,
- терморезисторные,
- емкостные,
- индуктивные,
- трансформаторные.

Генераторные датчики преобразуют неэлектрическую контролируемую или регулируемую величину в ЭДС. Эти датчики не требуют вспомогательных источников электроэнергии, поскольку сами являются источниками электроэнергии.

К генераторным относятся следующие типы датчиков:

- термоэлектрические,
- тахометрические,
- индукционные,
- фотоэлектрические,
- вентильные,
- пьезоэлектрические.

К параметрическим и генераторным датчикам предъявляются следующие общие требования:

- непрерывная и линейная зависимость выходной величины y от входной величины x ;
- стабильность параметров и характеристик во времени и при изменении условий эксплуатации;
- высокая динамическая (дифференциальная) чувствительность;
- малая инерционность;
- наименьшее влияние датчика на измеряемый или регулируемый параметр;
- надежность в работе и долговечность;

– применимость к используемой измерительной аппаратуре и источникам питания;

– наименьшая себестоимость;

– минимальные масса и габариты.

К датчикам могут предъявляться особые требования:

– по параметрам, характеризующим условия эксплуатации:

- взрывобезопасность;

- устойчивость к воздействию атмосферных условий (влажность и температура воздуха);

- стойкость к химическим, механическим воздействиям, радиационному излучению;

– по параметрам, характеризующим эксплуатационные свойства:

- ремонтпригодность;

- взаимозаменяемость однотипных датчиков;

- удобство монтажа и обслуживания.

В промышленности для измерения температуры наиболее часто используются термоэлектрические датчики генераторного типа – термопары, (термоэлектрические пирометры) – и терморезисторные датчики параметрического типа – термометры сопротивления.

Лабораторная работа № 1

Исследование характеристик термопары в комплекте с программно-техническим комплексом «ТОРНАДО»

Цель работы

Ознакомиться в ходе проведения лабораторной работы с устройством и принципом действия термопары и термометра сопротивления, изучить устройство и работу учебного стенда «ТОРНАДО-MIRage-N».

Устройство и работа технических термопар

Термопара предназначена для преобразования температуры в ЭДС, называемую термо-ЭДС (ТЭДС). Термопара не требует постороннего источника энергии, поскольку сама является источником ЭДС.

Основой работы термопары является явление термоэлектрического эффекта, открытого в 1756 г. русским академиком Ф. У. Эпинусом. Это явление заключается в том, что если составить замкнутую цепь из двух разнородных по материалу проводников 1 и 2 (рис. 2) и места соединений поместить в среды с различными температурами t_1 и t_2 , то в цепи термопары появляется термо-ЭДС E_T , которая будет тем больше, чем больше разность температур концов термопары $\Delta t = t_1 - t_2$:

$$E_T = k(t_1 - t_2). \quad (4)$$

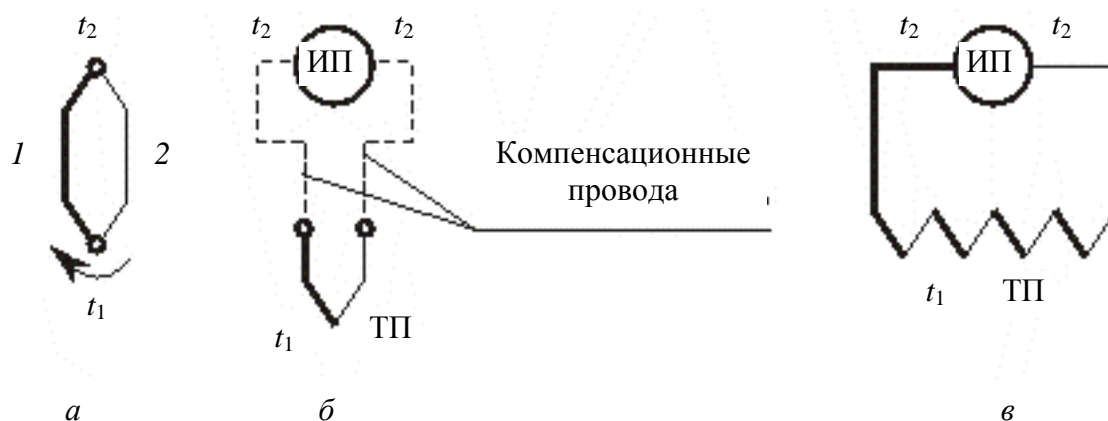


Рис. 2. Термопары:

а – термоэлектрическая цепь; б – непосредственное включение термопары в цепь измерительного прибора (ИП); в – последовательное включение термопар (ТП)

При точном определении температуры по величине термо-ЭДС необходимо пользоваться стандартными градуировочными таблицами.

В табл. 1 приведены характеристики некоторых термопар при температуре свободных концов $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Конец термопары, имеющий температуру t_1 , называется рабочим концом (горячим спаем), а конец термопары, находящийся при постоянной температуре t_2 , называется свободным концом (холодным спаем).

Проводники 1 и 2, с помощью которых образуется термопара, называются *термоэлектродами*. Термоэлектроды обычно изготавливаются из:

- чистых металлов (платина, золото, никель, медь, железо, вольфрам, молибден);
- сплавов (константан, нихром, платинородий, чугуны, алюмель, копель, хромель);
- полупроводниковых материалов (уголь, карборунд).

Термоэлектроды бывают термоположительными и термоотрицательными. *Термоположительный электрод* – это такой термоэлектрод, на котором при соединении его с химически чистой платиной при $t_1 > t_2$ образуется положительный потенциал по отношению к платине. *Термоотрицательный электрод* – это термоэлектрод, на котором при тех же условиях образуется отрицательный потенциал по отношению к платине.

Например, при соединении железа с платиной при температуре рабочего конца $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и свободного конца $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ железо имеет по отношению к платине положительный потенциал, равный $E_{\text{ж.п}} = +1,75\text{ мВ}$. При соединении копеля с платиной при $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ на копеле образуется по отношению к платине отрицательный потенциал $E_{\text{к.п}} = -4,00\text{ мВ}$.

Для повышения термо-ЭДС соединяют положительные и отрицательные термоэлектроды. Так, при соединении железа и копеля при $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$ и $t_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ потенциал железа по отношению к копелю определяется по формуле

$$E_{\text{ж.к}} = E_{\text{ж.п}} - E_{\text{к.п}} = +1,75 - (-4,00) = +5,75\text{ мВ.} \quad (5)$$

Термоэлектроды термопары соединяют между собой пайкой или сваркой. Для защиты от механических повреждений термоэлектроды помещают в столбик из керамических колец.

Если термопару используют в качестве датчика, то ее сначала градуируют, то есть определяют зависимость термо-ЭДС от температуры рабочего конца t_1 при температуре свободного конца $t_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ (температура таяния льда).

Предположим, что при измерении температура t_2 не равна температуре, при которой происходила градуировка термопары, тогда истинное значение термо-ЭДС $E_{\text{ист}}$ необходимо определять с учетом поправки на температуру свободного конца:

$$E_{\text{ист}} = E_{\text{изм}} + E_2, \quad (6)$$

где $E_{\text{изм}}$ – измеренная термо-ЭДС при $t_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$;
 E_2 – поправка на температуру свободного конца.

Таблица 1

Характеристики термопар

Материал термоэлектродов	Условное обозначение градуировки	Максимальная рабочая температура при длительном использовании, $^\circ\text{C}$	Термо-ЭДС при максимальной рабочей температуре, мВ
Платинородий-платина	ПП-1	1300	13,13
Хромель-алюмель	ХА	1000	41,32
Нихром-никель	НН	1000	36,70
Хромель-копель	ХК	600	49,02
Железо-копель	ЖК	600	37,40
Медь-копель	МК	400	23,13
Медь-константан	МК	350	17,10

Примечание. В наименовании термопар первым указан положительный термоэлектрод.

На рис. 3 приведены характеристики трех термопар, которые представляют собой почти линейную зависимость термо-ЭДС от температуры рабочего конца. Градуировочные таблицы для хромель-копелевой и хромель-алюмелевой термопар дополнительно представлены в табл. 2 и 3, соответственно.

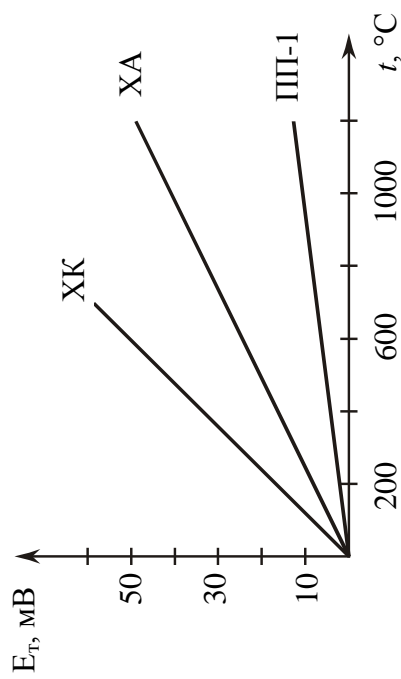


Рис. 3. Градуировочные кривые термопар

Таблица 2

Стандартная градуировочная таблица для термопары хромель-копель

Температура рабочего конца ТП, °С	Милливольты, мВ									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,65	1,31	1,98	2,66	3,35	4,05	4,76	5,48	6,21
100	6,95	7,69	8,43	9,18	9,93	10,69	11,46	12,24	13,03	13,84
200	14,66	15,48	16,30	17,12	17,95	18,77	19,60	20,43	21,25	22,08
300	22,91	23,75	24,60	25,45	26,31	27,16	28,02	28,89	29,76	30,62
400	31,49	32,35	33,22	34,08	34,95	35,82	36,68	37,55	38,42	39,29
500	40,16	41,03	41,91	42,79	43,68	44,56	45,45	46,34	47,23	48,12
600	49,02	49,90	50,78	51,66	52,53	53,41	54,28	55,15	56,03	56,90
700	57,77	58,64	59,51	60,37	61,24	62,11	62,97	63,83	64,70	65,56
800	66,42	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Свободные концы находятся при 0 °С.

Таблица 3

Стандартная градуировочная таблица для термопары хромель-алюмель

Температура рабочего конца ТП, °С	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Милливольты, мВ									
0	0	0,40	0,80	1,20	1,61	2,02	2,43	2,85	3,26	6,68
100	4,10	4,51	4,92	5,33	5,73	6,13	6,53	6,93	7,33	7,73
200	8,13	8,53	8,93	9,34	9,74	10,15	10,56	10,97	11,38	11,80
300	12,21	12,62	13,04	13,45	13,87	14,30	14,72	15,14	15,56	15,99
400	16,40	16,83	17,25	17,67	18,09	18,51	18,94	19,37	19,79	20,22
500	20,65	21,08	21,50	21,93	22,35	22,78	23,21	23,63	24,06	24,49
600	24,91	25,33	25,76	26,19	26,61	27,04	27,46	27,88	28,30	28,73
700	29,15	29,57	29,99	30,41	30,83	31,24	31,66	32,08	32,49	32,90
800	33,32	33,72	34,13	34,55	34,95	35,36	35,76	36,17	36,57	36,97
900	37,37	37,77	38,17	38,57	38,97	39,36	39,76	40,15	40,54	40,93
1000	41,32	41,71	42,09	42,48	42,88	43,26	43,64	44,02	44,40	44,78
1100	45,16	45,54	45,91	46,29	46,66	47,03	47,40	47,77	48,14	48,50
1200	48,87	49,23	49,59	49,95	50,31	50,67	51,02	51,38	51,73	52,08
1300	52,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Свободные концы находятся при 0 °С.

Следует отметить, что любая термопара обладает следующими основными свойствами:

- если не изменять температуру рабочего t_1 и свободного t_2 концов, то абсолютное значение термо-ЭДС остается постоянным при нагревании любой точки проводника термопары;

- значение термо-ЭДС не изменится, если в разрыв термопары включить третий проводник, оба конца которого имеют одинаковую температуру.

Термопара ТП может включаться как непосредственно в цепь измерительного прибора ИП (см. рис. 2, б), так и по компенсационной схеме. Принцип компенсации основан на уравнивании термо-ЭДС термопары равным и противоположным по знаку напряжением. Этот принцип широко применяется в потенциометрах.

В технике часто измерительный прибор ИП расположен на значительном расстоянии от термопары ТП. В этих случаях соединение измерительного прибора с термопарой осуществляется с помощью компенсационных проводов (см. рис. 2, б). Если термопара изготовлена из дешевого материала (никель, медь, копель, алюмель и др.), то и компенсационные провода изготавливаются из того же материала.

Если термопара изготовлена из дорогих материалов (платина, золото, платинородий, вольфрам, молибден), то компенсационные провода изготавливаются из дешевых материалов, но имеющих в паре ту же термо-ЭДС, как и основные материалы.

Основными достоинствами металлических термопар являются:

- простота и дешевизна;
- большое разнообразие конструктивных форм исполнения.

К недостаткам металлических термопар можно отнести:

- наличие паразитных термо-ЭДС (за счет примесей в металлах);
- тепловую инерционность (постоянная времени термопар колеблется от нескольких минут до десятых долей секунды).

В настоящее время промышленностью выпускаются термопары, изготовленные из полупроводникового материала, которые имеют термо-ЭДС, равную $1 \text{ мВ}/^\circ\text{С}$, то есть в десятки раз большую, чем металлические термопары.

Недостатками полупроводниковых термопар являются:

- сравнительно небольшой диапазон измерения температур (от $+200$ до $+400$ $^\circ\text{С}$);

- малая прочность;
- нелинейность и нестабильность характеристики;
- разброс характеристик.

Термопары как металлические, так и полупроводниковые выполняются различных размеров и конфигураций. Термопары больших размеров, как правило, устанавливаются в промышленных печах, а миниатюрные термопары – в вакууме. Для длительного измерения высоких температур (около 2000 °С) применяются вольфраморидиевые и вольфрамомолибденовые термопары.

В автоматике для измерения температур обычно используют не одиночные термопары, а несколько термопар (см. рис. 2, в), соединенных последовательно. Такое соединение термопар позволяет повысить значение термо-ЭДС и выходную мощность термоэлектрического датчика.

Учебный стенд «ТОРНАДО-MIRage-N»

Стенд «ТОРНАДО-MIRage-N» предназначен для демонстрационных целей и обучения работе с техническими и программными средствами комплекса «ТОРНАДО».

Стенд включает модель программируемого контроллера, используемого в программно-технических комплексах «ТОРНАДО». Он выполняет функции сбора аналоговых и дискретных данных, обработки поступающей информации, передачи обработанных данных другим контроллерам и компьютерам, получения данных от других контроллеров и компьютеров, а также формирование управляющих воздействий. Особенностью данного стенда является реализация обмена данными между управляющим контроллером и модулями ввода и вывода посредством сети Ethernet. Это позволяет реализовать не только распределенный ввод/вывод, но и распределенное управление объектом.

Оборудование стенда включает в себя:

- шкаф с оборудованием в комплекте;
- персональный компьютер.

В шкафу располагается контроллер, выполненный на базе промышленного компьютера Advantech ARK-3382 с операционной системой Windows-XP embedded, система электропитания, блоки полевых интерфейсов.

Блоки полевых интерфейсов предназначены для ввода/вывода сигналов. В их состав входят:

– Mirage-NAI16 – предназначен для ввода аналоговых унифицированных сигналов и измерения значений напряжений и/или токов (в зависимости от типа нормирующих вставок) и передачи измеренных значений на процессорное устройство через гальванически развязанный от измерительной части дублированный интерфейс Ethernet. Модуль MIRage-NAI имеет 16 дифференциальных входных каналов. Для измерения токов используются активные submodule вставок, содержащие элемент питания датчика и измерительное сопротивление, а при измерении напряжений датчик подключается к измерительной цепи напрямую;

– MIRage-NAO – предназначен для вывода аналоговых сигналов напряжений и/или токов, а также ввода дискретных сигналов и/или выдачи дискретных управляющих команд. Связь с модулем осуществляется при помощи гальванически развязанного от измерительной части дублированного интерфейса Ethernet. Модуль MIRage-NAO имеет 7 дискретных каналов ввода/вывода и 4 канала для вывода заданного тока/напряжения. Режимы использования каналов дискретного ввода/вывода определяются программной конфигурацией модуля;

– MIRage-NTHERM – предназначен для измерения температур с помощью преобразователей термоэлектрических (термопар) различных типов и передачи измеренных значений на процессорное устройство через гальванически развязанный от измерительной части дублированный интерфейс Ethernet. MIRage-NTHERM снабжен встроенным термочувствительным преобразователем для компенсации температуры холодного спая термопары и схемой для обнаружения разрыва цепи подключения термопар. К MIRage-NTHERM может быть подключено до 8 термопар;

– MIRage-NDIO32 – предназначены для ввода дискретных сигналов и/или выдачи дискретных управляющих команд при помощи гальванически развязанного от измерительной части дублированного интерфейса Ethernet. Модули MIRage-NDIO имеют 32 канала ввода/вывода. Режимы использования каналов определяются программной конфигурацией модуля и установкой соответствующих типов submodule вставок. Имеются вставки дискретных входов (диодные мостики) на различные напряжения и вставки релейных дискретных выходов. Выходные контакты каждого из каналов имеют гальваническую изоляцию друг от друга и от системной части. Измеренные дискретные сигналы подаются на (либо считываются) порт микроконтроллера в байтах, таким образом, каналы разделяются на группы, состоящие из 8 входных или 8 выходных каналов;

– MIRage-NPT – предназначен для измерения температур с помощью датчиков термометров сопротивления (термосопротивлений) различных типов и передачи измеренных значений на процессорное устройство через дублированный интерфейс Ethernet, гальванически развязанный от измерительной части. Модуль имеет 8 измерительных каналов и дополнительный внутренний опорный канал для калибровки.

Требуемое электропитание блоков полевого интерфейса +24 В обеспечивается источником питания FPOWER-24-1A.

Кроме того, используются:

– кабель UTP4×2 для подключения к сети Ethernet;

– провода питания.

Программное обеспечение стенда включает в себя следующее лицензионное программное обеспечение:

- на промышленном компьютере Advantech ARK-3382:
 - операционная система Windows-XP embedded;
 - драйверы ввода-вывода;
 - ядро ISaGRAF;
- на персональном компьютере:
 - ISaGRAF (демоверсия) – программная среда разработки и отладки приложений для логических контроллеров;
 - InTouch (демоверсия) – SCADA-система разработки приложений визуализации;
 - TeraTerm – коммуникационная программа эмулятора терминала;
 - OPC DA Server – OPC-сервер для организации связи с контроллером;
 - OPCLink – OPC-интерфейс для организации связи между приложением InTouch и OPC-сервером.

Метрологические характеристики измерительных модулей учебного стенда «ТОРНАДО-MIRage-N» приведены в табл. 4.

Таблица 4

Метрологические характеристики измерительных модулей учебного стенда «ТОРНАДО-MIRage-N»

№	Наименование измерительного модуля	Диапазон измерений	Класс точности
1	MIRage-NAI16	от –10 до 10 В от –25 до 25 мА	0,1 0,15
2	MIRage-NTHERM	от –50 до 1000 °С	0,2
3	MIRage-NPT	от –50 до 460 °С	0,1

Описание лабораторной установки

Исследование характеристик термопары и термометра сопротивления в комплекте с учебным стендом «ТОРНАДО-MIRage-N» проводится по схеме, показанной на рис. 4.

Теплотехническим объектом лабораторной установки является тепловой фен Lukey 702.

Приборная часть лабораторной установки состоит из хромель-копелевой термопары (ТП1) и учебного стенда «ТОРНАДО-MIRage-N», подлежащих лабораторному исследованию.

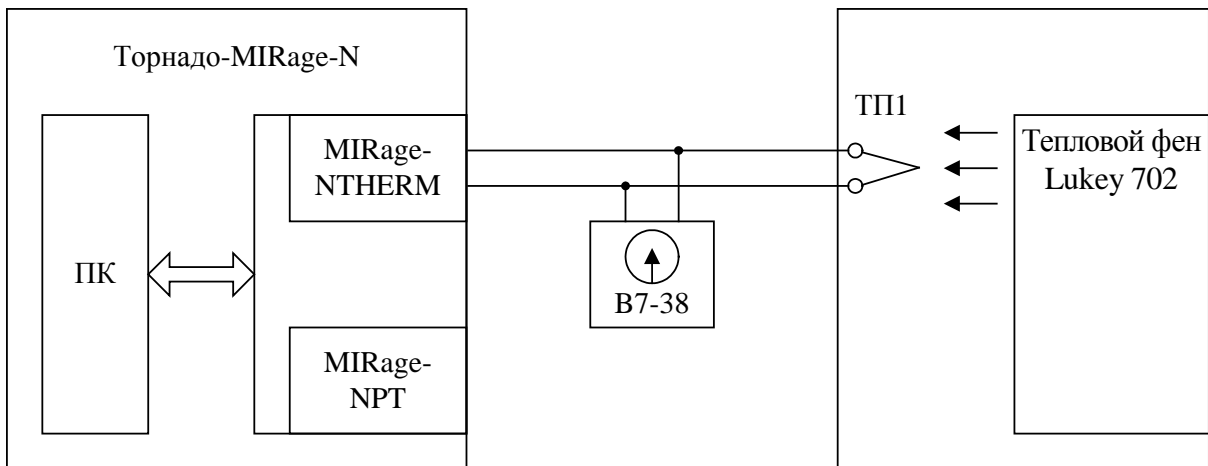


Рис. 4. Схема установки для исследования характеристик термопары и термометра сопротивления

К измерительному оборудованию лабораторной установки относятся цифровой индикатор температуры на тепловом фене Lukey 702, вольтметр универсальный цифровой В7-38.

Задействованные в схеме устройства автоматики и приборы позволяют осуществить градуировку термопары ТП1 и термометра сопротивления ТП2, поверку термопары ТП1 в комплекте с «ТОРНАДО-MIRage-N».

Порядок выполнения работы

1. Произвести градуировку хромель-копелевой термопары ТП1.

Термопара градуируется по данным, получаемым с помощью теплового фена Lukey 702.

1.1. Подключить термопару ТП1 к клеммам Y4 и Y5 модуля MIRage-NTHERM, как показано на рис. 5.

На рис. 6 представлено расположение элементов на модуле MIRage-NTHERM.

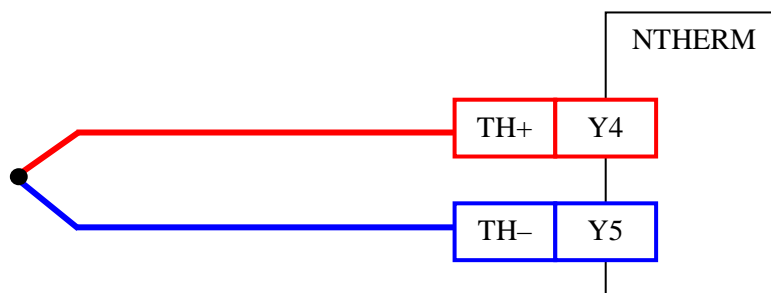


Рис. 5. Схема подключения термопары ТП1 к модулю MIRage-NTHERM

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 Y12 Y13 Y14 Y15 Y16 Y17 Y18 Y19 Y20 Y21

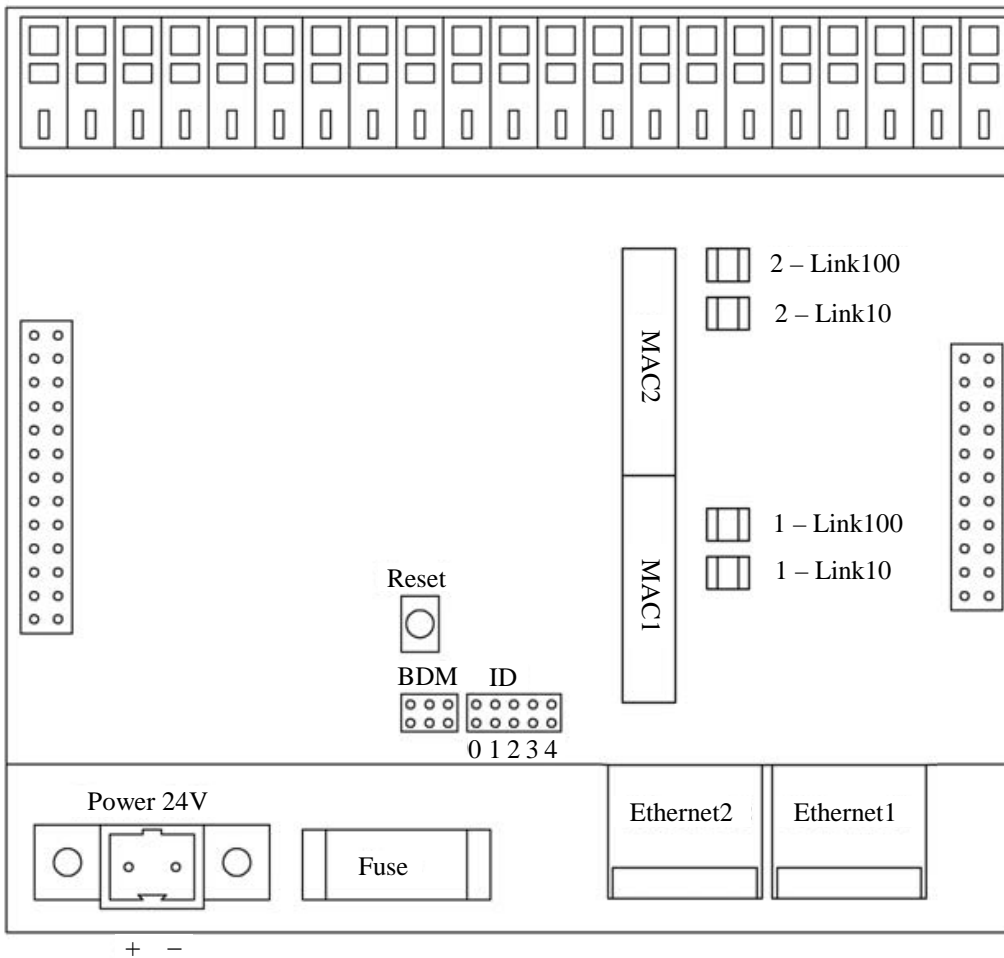


Рис. 6. Расположение элементов на модуле MIRage-NTHERM

Элементы модуля MIRage-NTHERM:

- Y1–Y21 – клеммы для подключения термопар (табл. 5);
- Ethernet1, Ethernet2 – клеммы интерфейсов Ethernet;
- Power 24 – разъем питания 24 В;
- Fuse – предохранительная вставка;
- Reset – кнопка сброса модуля;
- ID – переключки для задания режима работы модуля. Для режима установки IP-адреса переключить контакты с номером 0;
- 1–Link10, 2–Link10 – светодиодные индикаторы наличия связи по Ethernet на скорости 10 Mbit/s для 1-го и 2-го канала, соответственно;
- 1–Link100, 2–Link100 – светодиодные индикаторы наличия связи по Ethernet на скорости 100 Mbit/s для 1-го и 2-го канала, соответственно;
- MAC1 – адрес MAC 1-го физического канала Ethernet;
- MAC2 – адрес MAC 2-го физического канала Ethernet;
- BDM – служебный разъем для программирования и отладки.

Назначения клемм

Номер клеммы	Название сигнала	Назначение
Y1	экран	
Y2	(не используется)	
Y3	(не используется)	
Y4	+A1	канал 1
Y5	-B1	
Y6	+A2	канал 2
Y7	-B2	
Y8	экран	
Y9	+A3	канал 3
Y10	-B3	
Y11	+A4	канал 4
Y12	-B4	
Y13	+A5	канал 5
Y14	-B5	
Y15	экран	
Y16	+A6	канал 6
Y17	-B6	
Y18	+A7	канал 7
Y19	-B7	
Y20	+A8	канал 8
Y21	-B8	

Внимание! Термопару ТП1 подключать при отключенном питании учебного стенда!

2. Включить питание учебного стенда:
 – включить персональный компьютер;
 – включить выключатель двуполюсный автоматический в шкафу с оборудованием.

3. После загрузки операционной системы включить контроллер, выполненный на базе промышленного компьютера Advantech ARK-3382 (кнопка находится на правой стороне контроллера).

4. На ПК открыть *My computer*, открыть диск *USER (D:)*, открыть папку *MIRAGE N*, запустить программу *nterm.exe*.

Определить значение комнатной температуры, отображаемое программой *nterm.exe* в табличной форме на экране монитора (канал 1).

5. На тепловом фене Lukey 702 установить первое задание регулируемой температуры 100 °С.

6. Наблюдать за изменением температуры термопары ТП1 (канал 1), отображаемым программой *nterm.exe* в табличной форме на экране монитора.

7. Зафиксировать поступление аварийного (порогового) сигнала красного цвета (NТHERM ввод 1 = 32) в окне визуализатора при превышении температуры на термопаре 32 °С.

8. Измерить ТЭДС, развиваемую термопарой ТП1, с помощью вольтметра универсального цифрового В7-38, когда температура теплового фена Lukey 702 достигнет заданного значения.

Полученное значение следует увеличить на величину поправки $E_{\text{п}}$ на комнатную температуру $T_{\text{к}}$, определенную в п. 4, по формуле

$$E_{\text{п}} = \frac{1,31 T_{\text{к}}}{20}. \quad (7)$$

Данные занести в табл. 6.

9. Повторить измерения (пп. 5–8) с другими заданными значениями температуры: 120, 140, 160 °С. Данные занести в табл. 6.

10. По стандартной градуировочной таблице (табл. 3) определить градуированные значения ТЭДС. Данные занести в табл. 6.

11. Построить на миллиметровой бумаге графики зависимости ТЭДС градуируемой термопары от температуры – экспериментальный и теоретический:

$$E_{\text{T}} = f(t). \quad (8)$$

12. Проверить градуировку термопары.

Найти значения ТЭДС, развиваемые исследуемой термопарой ТП1 при температурах 100, 120, 140, 160 °С. Вычислить погрешности градуировки термопары, принимая за действительные значения ТЭДС исследуемой термопары градуированные значения (по стандартной градуировочной таблице). Данные занести в табл. 7.

Таблица 6

Снятие градуировочной характеристики термопары

№	Температура t , °С, на приборе-образце Lukey 702	Термо-ЭДС	
		E_{T} , мВ (экспериментальная)	E_{T}^* , мВ (теоретическая)
1	100		
2	120		
3	140		
4	160		

Таблица 7

Погрешности градуировки термопары

№	Величины, полученные по экспериментальной градуировочной кривой		Градуированные значения ТЭДС E_{T}^* , мВ	Погрешность	
	Температура t , °С	ТЭДС E_{T} , мВ		Абсолютная ΔE_{T} , мВ	Относительная ε , %
1	130				
2	150				
3	170				

Содержание

Введение	3
Организация лабораторных работ.....	3
Техника безопасности.....	3
Типовая форма отчета о лабораторной работе.....	4
Основные понятия теории измерений	5
Погрешности приборов	5
Класс точности прибора	6
Поверка приборов.....	6
Градуировка приборов	6
Датчики температуры	7
Лабораторная работа № 1	
Исследование характеристик термопары в комплекте с программно-техническим комплексом «ТОРНАДО»	9
Лабораторная работа № 2	
Исследование характеристик термометра сопротивления в комплекте с программно-техническим комплексом «ТОРНАДО».....	22
Автоматические сигнализаторы и газоанализаторы	30
Термохимические сигнализаторы.....	31
Общие сведения о термохимическом сигнализаторе горючих газов и паров СТМ-10	35
Лабораторная работа № 3	
Поверка термохимического сигнализатора горючих газов и паров СТМ-10 в комплекте с учебным стендом «ТОРНАДО-MIRage-N».....	41
Размещение датчиков сигнализатора до взрывных концентраций на промышленной территории	52
Определение высоты размещения датчика газоанализатора с учетом температуры обнаруживаемых горючих газов.....	60
Лабораторная работа № 4	
Разработка варианта размещения датчиков сигнализатора до взрывных концентраций на открытой технологической установке	61
Лабораторная работа № 5	
Разработка варианта размещения датчиков сигнализатора до взрывных концентраций на промышленном предприятии.....	64
Автоматизированные системы управления технологическим процессом	66
Общий порядок проектирования локальных систем автоматизации	68
Лабораторная работа № 6	
Исследование автоматизированной системы управления технологическими процессами	70

Учебное издание

ФЁДОРОВ Андрей Владимирович
ЧЛЕНОВ Анатолий Николаевич

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Производственная и пожарная автоматика»

Часть 1

Производственная автоматика
для предупреждения пожаров и взрывов

Редактор *Л. А. Маслова*
Технический редактор *Г. А. Габдулина*
Корректор *А. В. Бондаренко*

Подписано в печать 22.12.2013. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 3,6. Бумага офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ 220

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4