

ЧОТБАЕВ К.
ЧЕЧЕЙБАЕВ Б.
МАМБЕТАЛИЕВ Р.Б.

**ПРОВЕДЕНИЕ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕМЕ «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЯ»**

В целях получения более существенных результатов в образовании в настоящее время, пока остается актуальным программированный контроль знаний студентов. В качестве примера приведем проведение занятия по теме «измерительные преобразователи физических (электрических и неэлектрических) величин». Составляющими объективности заданной цели в обучении являются: адекватность задаче, определенность цели, воспроизводимость цели и диагностичность цели. Диагностичность цели - это та цель которая должна задаваться заранее зная что должен уметь обучающийся.

Эти цели достигаются общепринятыми формами деятельности в ВУЗах: теоретические занятия - лекции, лабораторно - практические занятия, самостоятельная работа, УИРС, НИРС.

Уровни усвоения (a) учебного материала показаны в следующей графологической структуре.

$$\boxed{a = 1}$$

$$\boxed{a = 2}$$

$$\boxed{a = 3}$$

и т.д.

$$a = 3$$

Д

Пр

$$a = 4$$

где, Д - Диагностичность цели

Р - репродуктивная деятельность (умение решать типичные задачи)

ПР - продуктивная деятельность (умение решать нетипичные задачи)

$a = 1$ - узнавание правильного ответа с подсказкой ответов

$a = 2$ - воспроизведение без подсказки ответа

$a = 3$ - умение решать задачи в объеме учебных программ

$a = 4$ - творчество, решения нетипичных задач выходящий за рамки программы.

Уровень $a = 4$ реализуется студентами при выполнении УИРС, НИРС и т.п.

Уровень усвоения определяется коэффициентом усвоения κ_a , который равняется отношению правильных ответов a к общему числу вопросов для каждого уровня теста p : $\kappa_a = a / p$

здесь подразумевается под a - действия которым научили студентов, под p - идеальные действия т.е. что нужно было им знать. Для студентов ВУЗов $\kappa_a \ll 0,7$ считается приемлемым.

Рассмотрим в качестве примера проведение занятия на тему указанной в заглавии работы. Краткие сведения из теории, которые должны знать обучающиеся.

1. Общие понятия.

В основе действия любых средств измерений от самого простейшего прибора до сложной автоматической измерительной системы лежат последовательно выполняемые преобразования измеряемой физической величины в сигнал, удобный для передачи и обработки, а также изменения его вида или формы. Набор (совокупность) таких операций определяют исходя из метода измерений той или иной физической величины. Осуществляются эти операции измерительными преобразователями (ИП). Измерительный преобразователь (ИП) - это средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Преобразование одной и той же физической величины может выполняться различным по принципу действия измерительными преобразователями. В отличие от ИП измерительный прибор вырабатывает сигнал в форме доступной для восприятия наблюдателем измеряемой физической величины.

Измерительный прибор осуществляет преобразование входного сигнала $x(t)$ в выходной сигнал $y(t)$: $y(t) = F[x(t)]$, (1).

где $x(t)$ и $y(t)$ - векторные величины; $F(x)$ - требуемая функция преобразования. Выражение (1) можно рассматривать как информационную модель прибора, в которой осуществляется преобразование входной информации в выходную. В более общей формулировке прибор осуществляет операцию отображения множество сигналов на входе $x \in X$ в множество сигналов на выходе $y \in Y$, при этом указанное отображение должно быть однозначным.

В реальных приборах функция преобразования зависит не только от сигнала $x(t)$, но также от возмущения (t) на сигнал $x(t)$, от помехи $\tau(t)$, действующей на параметры прибора $q(t)$, от несовершенства технологий изготовления прибора $r/(t)$ и от помехи $v(t)$, возникающих в самом приборе (трения, паразитных ЭДС и др.), т.е. $y(t) = F[x, g, q(\tau_j < \tau), v]$, (2). где J, q, r, o, v - векторы.

На рис. 1 приведена функциональная схема, отображающая зависимость (2). Измеряемыми величинами, на основе которых формирует полезный сигнал $x(t)$, являются параметры первичной информации, такие, как давление, температура, количество и расход жидкостей, линейные и угловые размеры, расстояния, скорости, ускорения, деформации, напряжения, вибрации, внутренние трещины, несплошности в материалах и др. К числу вредных возмущений помех относятся перегрузки, вибрации, электрические и магнитные поля, неконтролируемые вариации температуры, давления, влажности окружающей среды и т.д. Все эти возмущения вносят погрешности в показания приборов.

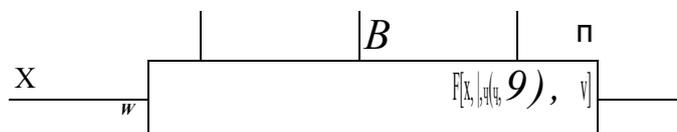


Рис.1. Функциональная схема прибора.

Прибор должен воспроизводить измеряемые величины с допускаемыми погрешностями. Под воспроизведением подразумевается: получение на выходе прибора величин, пропорциональных входным величинам; формирование заданных функций от входных величин; получение производных и интегралов от входных величин; формирование на выходе слуховых или зрительных образов, отображающих свойства входной информации; формирование сигналов, используемых для управления и контроля; запоминание и регистрация выходных сигналов. Измерительный сигнал, получаемый от контролируемого объекта, передается в измерительный прибор в виде импульса какого-либо вида энергии. Можно говорить о сигналах: первичных - непосредственно характеризующих контролируемый процесс; воспринимаемых чувствительным элементом прибора; подаваемых в измерительную схему, и т.д. При передаче информации от контролируемого объекта к указателю прибора¹ сигналы претерпевают ряд изменений по уровню и спектру и преобразуются из одного вида энергии в другой.

Необходимость такого преобразования вызывается тем, что первичные сигналы не всегда удобны для передачи, переработки, дальнейшего преобразования и воспроизведения. Например, при измерении температуры прибором, чувствительный элемент которого помещается в контролируемую среду, воспринимаемый поток тепла трудно передать, а тем более воспроизвести на указателе прибора. Этой особенностью обладают почти все сигналы первичной информации. Поэтому воспринимаемые чувствительными элементами сигналы почти всегда преобразуются в электрические сигналы, являющиеся универсальными. Та часть прибора, в которой первичный сигнал преобразуется, например, в электрический, называется первичным преобразователем. Часто этот преобразователь совмещается с чувствительным элементом. Сигналы с выхода первичного преобразователя поступают на следующие преобразователи измерительного прибора.

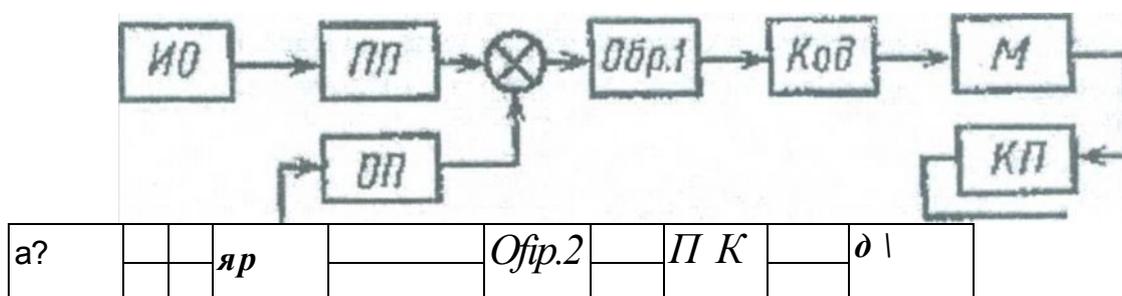


Рис. 2 Функциональная схема прибора

На рис. 2 дана функциональная схема прибора, на которой указаны: исследуемый объект ИО; первичный преобразователь ПП; устройство сравнения УС; устройство обработки сигналов Об. 1, в котором производится селекция, усиление, коррекция погрешностей, фильтрация и др.; кодирующее устройство Код; модулятор М; канал передачи КП; устройство детектирования Д; устройство декодирования ДК; устройство обработки информации Обр. 2, обеспечивающее функциональное преобразование, коррекции погрешностей, формирование функции преобразования (1) и др.; преобразователь Пр, выдающий информацию на систему отображения СОИ и на обратный преобразователь ОП, с которого поступают сигналы на устройство

сравнения. Эта схема является обобщенной и включает ряд элементов, которые в более простых приборах могут отсутствовать.

2. Классификация датчиков.

При классификации датчиков в качестве основы часто используется принцип их действия, который, в свою очередь, может базироваться на физических или химических явлениях и свойствах.

Некоторые виды датчиков:

Температурные датчики. Среди прочих датчиков температурные отличаются особенно большим разнообразием типов и являются одним из самых распространенных. Стекланный термометр со столбиком ртути известен с давних времен и широко используется в наши дни. Терморезисторы - сопротивления которых изменяется под влиянием температуры, используются довольно часто в разнообразных устройствах.

Термопары особенно широко применяются в области измерений. В них используется эффект Зеебека: в спае из разнородных металлов возникает ЭДС, приблизительно пропорциональная разности температур между самим спаем и его выводами. Диапазон измеряемых термопарой температур зависит от применяемых металлов. В термочувствительных ферритах и конденсаторах используется влияние температуры соответственно на магнитную и диэлектрическую проницаемость, начиная с некоторого значения, которое называется температурой Кюри и для конкретного датчика зависит от применяемых в нем материалов. Термочувствительные диоды и конденсаторы относятся к полупроводниковым датчикам, в которых используется температурная зависимость проводимости р-п-перехода (обычно на кристалле кремния). В последнее время практическое применение нашли, так называемые интегральные температурные датчики представляет собой термочувствительный диод на одном кристалле с периферийным устройствами, например усилителем и др.

Оптические датчики. Подобно температурным оптические датчики отличаются большим разнообразием и массовостью применения. По принципу оптико-электрического преобразования эти датчики можно разделить на четыре типа: на основе эффектов фотоэлектронной эмиссии, фотопроводимости, фотогальванического и пироэлектрических.

Фотогальваническая эмиссия, или внешний фотоэффект, - это испускание электронов при падении света физическое тело. Для вылета электронов из физического тела им необходимо преодолеть энергетический барьер. Поскольку энергия фотоэлектронов пропорциональна hc/L (где h - постоянная Планка, c - скорость света, L - длина волны света), то, чем короче длина волны облучающего света, тем больше энергия электронов и легче преодоление ими указанного барьера.

Эффект фотопроводимости, или внутренний фотоэффект, - это изменение электрического сопротивления физического тела при облучении его светом.

Фотогальванический эффект заключается в возникновении ЭДС на выводах р-п-перехода в облучаемом светом полупроводнике. Под воздействием света внутри р-п-перехода появляются свободные электроны и дырки и генерируется ЭДС. Типичные датчики, работающие по этому принципу, - фотодиоды, фототранзисторы. Такой же принцип действия имеет оптико-электрическая часть двумерных твердотельных датчиков изображения, например датчиков на приборах с зарядовой связью (ПЗС-датчиков). В качестве материала подложки для фотогальванических датчиков чаще всего используется кремний. Сравнительно высокая скорость отклика и большая чувствительность в диапазоне от ближней инфракрасной (ИК) зоны до видимого света обеспечивает этим датчикам широкую сферу применения.

Пироэлектрические эффекты - это явления, при которых на поверхности физического тела вследствие изменений поверхностного температурного «рельефа» возникают электрические заряды, соответствующие этим изменениям. Из датчиков этого типа наиболее часто используются ИК-датчики.

Датчики давления. В датчиках давления всегда испытывается большая потребность, и они находят весьма широкое применение. Принцип регистрации давления служит основой для многих других типов датчиков, например датчиков массы, положения, уровня и расхода жидкости и др. В подавляющем большинстве случаев индикация давления осуществляется благодаря деформации упругих тел, например диафрагмы, трубки Прудона, гофрированной мембраны.

В настоящее время в качестве датчиков давления все шире используются тензометры. Особенно перспективными представляются полупроводниковые тензометры диффузионного типа. Диффузионные тензометры на кремниевой подложке обладают высокой чувствительностью, малыми размерами и легко интегрируются с периферийными устройствами. Путем травления по тонкопленочной технологии на поверхности кристалла кремния с p-проводимостью формируется круглая диафрагма. На краях диафрагмы методом диффузии наносятся пленочные резисторы, имеющие p-проводимость. Если к диафрагме прикладывается давление, то сопротивление одних резисторов увеличивается, а других - уменьшается. Выходной сигнал датчика формируется с помощью мостовой схемы, в которую входят эти резисторы.

Полупроводниковые датчики давления диффузионного типа, подобные вышеописанному, широко используются в автомобильной электронике, во всевозможных компрессорах.

Датчики влажности и газовые анализаторы.

В настоящее время для определения влажности используется полимерная пленка, покрытая хлористым литием, набухающим от влаги. Более современными являются датчики, в которых используются керамика и твердые электролиты. Одна из сфер применения датчиков влажности - разнообразные регуляторы атмосферы.

Газовые датчики широко используются на производственных предприятиях для обнаружения разного рода вредных газов, а в домашних помещениях - для обнаружения утечки горючего газа. Газовые датчики могут быть выполнены на основе МОП-транзисторов, гальванических элементов, твердых электролитов с использованием явлений катализа, интерференции, поглощения инфракрасных лучей и т.д. Для регистрации утечки бытового газа, например сжиженного природного или горючего газа типа пропан, используется главным образом полупроводниковая керамика, в частности, или устройства, работающие по принципу каталитического горения.

Магнитные датчики. Главной особенностью магнитных датчиков, как и оптических, является быстроедействие и возможность обнаружения и измерения бесконтактным способом, но в отличие от оптических этот вид датчиков не чувствителен к загрязнению.

Среди магнитных датчиков хорошо известны датчики Холла. В настоящее время они применяются в качестве дискретных элементов, но быстро расширяется применение элементов Холла в виде ИС, выполненных на кремниевой подложке. Сейчас ведутся исследования и разработки магниторезистивных датчиков, в которых используется ферромагнетика.

Программируемый контроль обучения по теме.

Тесты I уровня

a =1

a =2

a=3 №	Задание	эталон	СО
1	2	3	4
	Тесты на опознание		
1	Являются ли фотоэлектрические датчики биоуправляемыми	нет	1
2	Являются ли индуктивные датчики генераторными	нет	1
	Тесты на различие		
	в) Индукционные	а)в)д)	3
	г) Пьезоэлектрические		
	д) Резистивные		
2	Из перечисленных видов входных данных величин выделите три физических		
	а) Давление		
	б) Концентрация		
	в) Влажность		
	г) Состав веществ	а)в)д)	3
	д) Скорость		
	Тесты на классификацию		
1	Какие из перечисленных датчиков являются: 1) генераторными; 2) параметрическими		
	а) Емкостные		
	б) Индукционные		
	в) Индуктивные		
	г) Резистивные		
	д) Пьезоэлектрические	1- б)д)е)	6
	е) Термоэлектрические	2- а)в)г)	
2	Какие из перечисленных входных данных относятся к: 1) физическим; 2) химическим?		
	а) Температура		
	б) Состав		
	в) Влажность		
	г) Перемещение	1-а)в)	
	д) Концентрация	г)е)ж)	
	е) Ускорение	2-б)д)	7
	ж) Скорость		

Примечание: СО - содержит операций.
Тесты II-го уровня

№	Задание	Э	Р
1	2	3	4
	Тесты на подстановку		
1	Назовите два типа биоуправляемых датчиков		
	а)	а) генераторные	2

	б)	б) параметрические	
2	Перечислите 3 входные величины датчиков		
	а)	а) физические	3
	б)	б) химические	
	в)	в) физичес.-логические	
	Тесты конструктивные		
1	Назовите виды выходных величин датчиков		
	а)	а) ток	4
	б)	б) напряжение	
	в)	в) частота фаза	
2	Назовите основные виды генераторных датчиков		
	а)	а) индукционные	
	б)	б) пьезоэлектрические	
	в)	в) термоэлектрические	3

Типовая задача

Определить термический коэффициент сопротивления датчика, если при изменении температуры на 6°C его сопротивление уменьшается (на) с 6,7 кОм до 5,1 кОм _____

$$a = \frac{R_0 \Delta t}{R_0 - R_t}$$

$$a = \frac{5.1 - 6.7}{6.7 * 6} \text{ град}$$

$$= -0.04$$

$$X$$

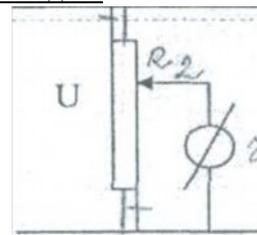
Имея график зависимости выходного напряжения датчика от величин относительного перемещения, определить величину перемещения, если известно, что выходное напряжение равно 2,1В _____

- 3,5
 - 3
 - 2,5
 - 2
 - 0,5
- 1,5

1,5
0,5
По оси ординат найти точку соответствующей 2.1 В и провести прямую // оси абсцисс затем // оси ординат от точки пересечения с графиком, найти значение по оси абсцисс
0,82

Нетиповая задача

Необходимо подобрать вольтметр к реостатному датчику с известным сопротивлением R так, чтобы при градуировке шкала прибора оказалась равномерной. Каким должно быть сопротивление вольтметра (больше, меньше) по сравнению с сопротивлением датчика?



$$u_x = u -$$

$$u_2$$

$$U_2 = IR_2$$

$$U$$

$$R_2 \ll R_v$$

$$u_x = \frac{U(R_2 r + R_x R_2 + R_x r - R_2 r - R_x R)}{R_x R}$$

$$= u - \frac{R_2 r + R_x r + R_x R_2}{R_x R} U$$

$$u - u_x = \frac{R_2 r}{R_x R} + \frac{U_x}{U} \approx \frac{R_2}{R} + \frac{R_x R_2}{R^2}$$

При $R \gg R_2$ можно пренебречь $\frac{R_2}{R}$

тогда $U_x = U_{-}$, т. е. напряжение на

выходе пропорционально перемещению и шкала вольтметра будет линейной

Тесты вводятся в компьютер и в процессе изучения материала могут быть использованы как для обучения, так и для программируемого контроля знаний после завершения изучения темы. С помощью специальной программы введенный в компьютер на экране дисплея выдаются результаты ответов или в 5 балльный, или в других системах с учетом уровней сложности поставленной задачи.

После анализа проведенных тестов для обучающихся, преподаватель будет иметь объективное представление об уровне усвоения отдельными учащимися материала, что в свою очередь будет способствовать плодотворной его работе, с применением разнообразных дидактических форм обучения, как индивидуальная работа с отстающими студентами или привлечение более успевающих к творческой работе в УИРС, НИРС.

Литература

1. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника. - М: Мир, 1982.
2. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники т 2. - М: Мир, 1984.
3. Н.Г. Восторкнутов. Электрические измерения. - М: Высшая школа, 1966.
4. Справочная книга радиолюбителя - конструктора. - М: Радио и связь, 1990.