МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ

Кафедра «Автоматизации и управления технологическими процессами»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения практических занятий по дисциплине

Проектирование систем автоматики.

Для специальности 5521800 – Автоматизация и управление

ТАШКЕНТ – 2011

Методическое указание рассмотрено и утверждено Учебно – методическим советом Ташкентского института ирригации и мелиорации, протокол № 7 от 7 января 2011 г.

Методические указания предназначены для студентов специальности 5521800 – «Автоматизация и управление». Указания отражают некоторые решения по определению параметров и выбору датчиков: потенциометрических, индуктивных, емкостных, терморезисторов и др., а так же измерительных схем. Они призваны закрепить знания полученные студентами при изучении теоретического курса Проектирование систем автоматики.

Составители:

Усманов А.М. доцент, к.т.н.
Азизова Н.Ш ассистент.

Рецензенты: Ибрагимов М., доцент кафедры «Общетехнических дисциплин, ТашГАУ, к.т.н.

Музаффаров Ш.М доцент, к.т.н.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

В дисциплине Проектирование систем автоматики, помимо рассмотрения нормативных документов, особое внимание следует уделять вопросам разработки схем автоматизации, исследованию объектов управления, а также расчету и выбору средств автоматики. В этом контексте, основная цель данных методических указаний – научить студентов применять знания общетеоретического характера для решения практических задач, развить в них навыки и умение расчета и выбора устройств и систем автоматического управления. Настоящие указания являются первой частью в этой работе и посвящены расчету и выбору датчиков, а также методам подключения датчиков в измерительных схемах, и некоторых параметров характеризующих тот или иной датчик автоматики.

Как известно датчики предназначены для контроля разнообразных параметров. К таким параметрам относятся многие неэлектрические величины, характеризующие технологический процесс.

Наиболее важной частью датчика является его первичный преобразователь – воспринимающий орган, который непосредственно реагирует на контролируемый параметр и преобразует его в электрический сигнал. Воспринимающие органы датчиков, являющиеся частью системы автоматики, в большей степени, чем какие – либо другие подвержены различным влияниям, как окружающей среды (широкий диапазон изменения температуры и влажности, солнечная радиация, коррозия и др.), так и вредным воздействием со стороны автоматизируемого объекта (механические перегрузки, толчки, электромагнитные поля и т.п.). Поскольку электрические датчики неэлектрических величин универсальные и дешевые, широко используются в системах автоматики, в данных методических указаниях приводятся примеры расчета датчиков именно такого типа.

Каждое практическое занятие содержит основные сведения по теме занятий, задание с исходными данными и пример его решения. Занятие сопровождается необходимыми рисунками, характеристиками и таблицами.

Практическое занятие № 1

Расчет и выбор статических характеристик датчика температуры. (4 часа)

I. Общие сведения по теме занятия.

В термоэлектрических первичных преобразователях используют термоэлектрические явления, возникающие в твердых телах в результате взаимодействия тепловых и электрических процессов. Сущность этих процессов в том , что в замкнутой цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников, соединения которых поддерживают при разных температурах, возникает термо-э.д.с. Такие датчики носят название термопары, предназначенные для дистанционного контроля температуры в широких пределах (-100 до + 2000 С).Термопара имеет горячий спай и холодные концы. Спаянный конец вносят в контролируемую среду, а на холодных концах появляется термо-э.д.с, значение которой пропорцинально разности температур нагретого спая и холодных концов. Распространение получили термопары: хромель-копель, медь-копель, железо-константан, платино-родий и др.

II.Задание. Рассчитать статические характеристики датчиков температуры, состоящих из двух термопар, для АСУ температурой на уровне Θз=600 ℃(рис.1,а) и из одной термопары для дистанционного измерения температуры в пределах от 0 до 700’ С(рис. 1,б). Определить коэффициенты статической чувствительности датчиков. Сопротивление прибора П (милливольтметра) равно входному сопротивлению АСУ: rн=100 Ом. Длинна соединительных проводов lп=20 м. Входная температура может изменяться в пределах Θв=500÷700 ℃, температура помещения, в котором установлен прибор, Θо=20’ С.

Для регулирования температуры применяется схема датчика, изображенная на рисунке 6,а. При отклонении температуры объекта Θв от заданной Θз на выходе схемы в режиме холостого хода ($r_н = \infty$) появляется напряжение Uo=E1-E2=R(Θв-Θо),где E1иE2- термоэлектродвижущие силы, соответственно пропорциональные температурам Θв и Θо, R-коэффициент статической чувствительности термопар, В/град.

При наличии нагрузки напряжение на выходе схемы

$$U_{ВЫХ} = Ir_H = \frac{U_0}{r_H + r_П} * r_H = \frac{E_1 - E_2}{1 + \frac{r_П}{r_H}},$$

где $r_П$ - сопротивление соединительных проводов. При дистанционных измерениях провода присоединяют к клеммам магнитоэлектрического милливольтметра П (рис.1,б), шкала тарируется а градусах Θв в соответствии со статической характеристикой Uвых=f(Θв).

III. Решение. По максимальной температуре Θвmax=700 ℃ выбираем из справочника (15) наиболее распространенную термопару хромель - копель с диаметром проводов 2мм (сечение q=3,14 мм²). Удельное сопротивление копеля рк=0,504, а хромеля

$$\rho_x = 0{,}61 \frac{Ом * мм^2}{м}.$$

Сопротивление соединительных проводов

$$r_П = \rho_K \frac{L_П}{q} + \rho_X \frac{l_п}{q} = (0{,}504 + 0{,}61)\frac{20}{3{,}14} = 7{,}1 oM$$

Рассчитаем статическую характеристику датчика (рис.1,а) в пределах отклонения $\Delta\Theta_в$=+_100℃.Учитывая, что при Θ_a=600℃ E_2=49мВ(15), по вышеприведенной формуле, находим:

$$\Delta U_{ВЫХ} = \frac{E_1 - 49}{1 + \frac{7{,}1}{100}} = \frac{E_1 - 49}{1{,}07} мВ$$

Для датчика, изображенного на рисунке 6,б, при Θз=Θо=20 С и E_2=1,31 мВ.

$$U_{ВЫХ} = \frac{E_1 - 1{,}31}{1{,}07} мВ$$

Графики отражающие эти зависимости, показаны на рисунке 1, в, а данные, по которым они построены, приведены ниже

$0_В, ^0C$	0	20	100	200	300	400	500	550	600	650	700
$E_1, мВ$	0	1,31	6,95	14,65	22,9	31,48	40,15	44,5	49	53,4	57,7
$\Delta U_{ВЫХ}, мВ$							-8,3	-4,2	0	4,1	8,2
$U_{ВЫХ}, мВ$	-1,22	0	5,27	12,45	20,15	28,1	36,2	40,4	44,5	48,7	52,7

Статический коэффициент чувствительности датчика (рис. 1,а):

$$k = \frac{d(\Delta U_{ВЫХ})}{d0_В} \approx \frac{\Delta U}{\Delta 0_В} = \frac{8{,}2 + 8{,}3}{700 - 500} = 8{,}25 * 10^{-2} мВ / град$$

Статический коэффициент чувствительности датчика (рис. 1,б): минимальный при Θв=О÷20 ℃

$$k_{\min} = \frac{1,22}{20} = 6,1*10^{-2}\ мВ/град,$$

Максимальный при $\Theta_B = 600 - 700^0 C$

$$k_{MAX} = \frac{8,3}{700-600} = 8,3*10^{-2}\ мВ/град.$$

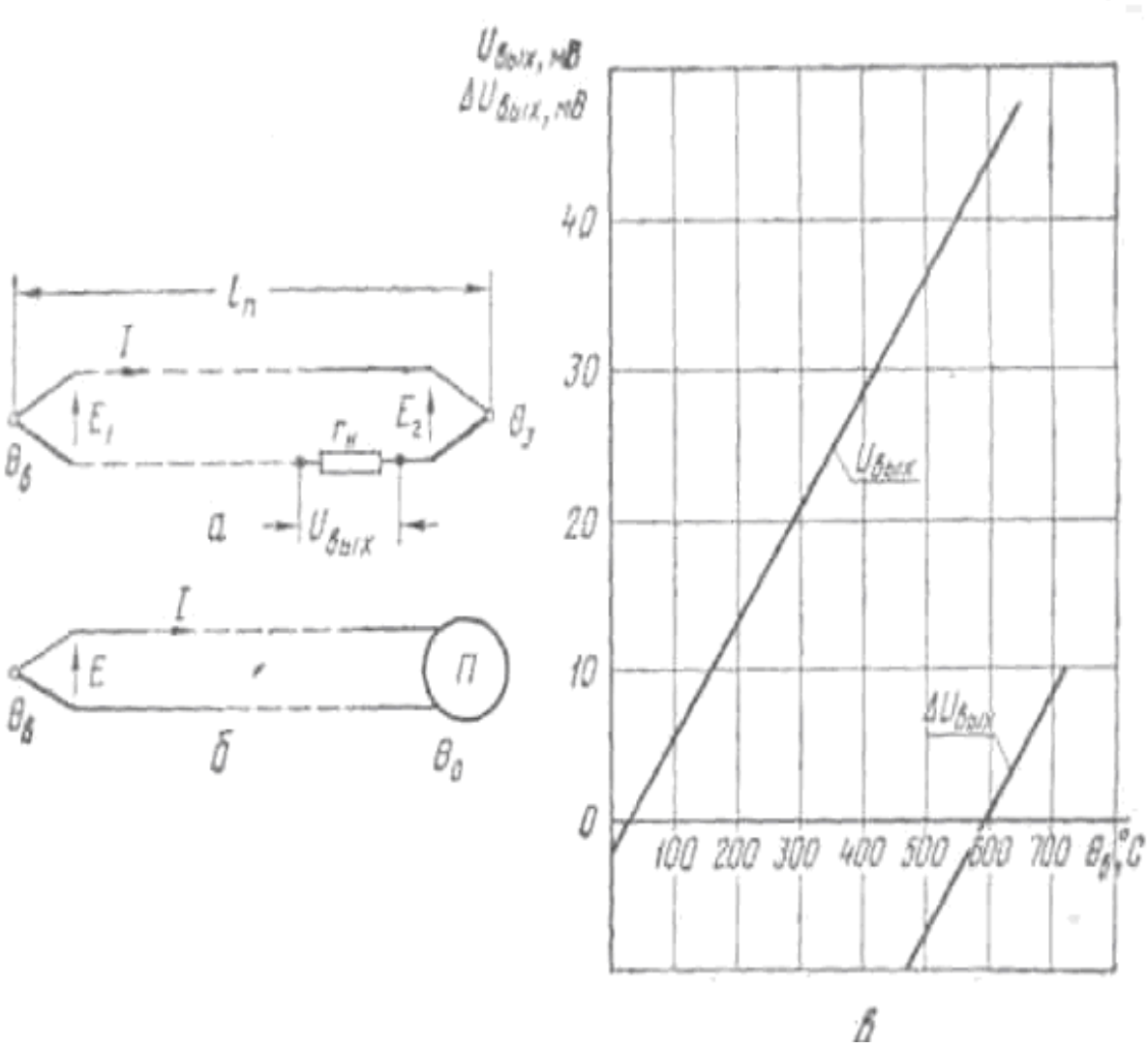

Рис. 1 Термоэлектрический датчик температуры:

а – схема включения термопар для регулирования температуры; б- схема для дистанционного измерения температуры; в- статическая характеристика датчика

Практическое занятие № 2

Построение температурной характеристики, расчет и выбор чувствительности терморезистора. (4 часа)

I. Общие сведения по теме занятия

Терморезисторы это датчики в которых используется зависимость электрического сопротивления преобразователей (металлов и полупроводников) от температуры. Полупроводниковые терморезисторы обладают значительно большей чувствительностью. Серийно выпускаются две группы терморезисторов: с отрицательным и положительным температурным коэффициентом сопротивления. Первые имеют название термисторы, а вторые-позисторы. Термисторы изготавливают из медно-марганцевых или кадмиево-маргенцевых полупроводниковых порошков со специальными примесями, которые придают им свойства с сильной зависимостью сопротивления от температуры.

II. Задание. Определить температурную характеристику и чувствительность полупроводникового терморезистора типа КМТ-4 с номинальным сопротивлением 30 кОм, если его сопротивление при 323К составляет 7,5 кОм.

III. Решение. Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры Т выражается уравнением $r_T = r_\infty l^{\frac{B}{T}}$, где r ∞ и В- постоянные коэффициенты . используя эту зависимость, составим два уравнения для известных T_1, T_2, r_{293} и r_{323}:

$$r_{293} = r_\infty l^{\frac{B}{T_{11}}} \quad \text{и} \quad r_{293} = r_\infty l^{\frac{B}{T_{21}}}$$

Определяем значения В из решения этих уравнений:

$$B = \frac{T_1 * T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{r_{293}}{r_{323}} = \frac{293 * 323}{30} \ln \frac{30}{7{,}5} = 4400K.$$

Подставляем значения В в одно из исходных уравнений, найдем, что

$$r_\infty = r_{293} l^{-\frac{B}{293}} = 30e^{-\frac{4400}{293}} = 9{,}2 * 10^{-3} Ом$$

Задаваясь значением Т, вычисляем r_T по приведённой выше формуле строим температурную характеристику КМТ- 4 (рис. 2), которая хорошо совпадает с экспериментальной.

Пользуясь аналитической зависимостью для коэффициента чувствительности терморезистор (Ом/К).

$$k_Д = \frac{dr_T}{dT} = -\frac{B}{T^2} r_T = \frac{4400}{T^2} * 9{,}2 * 10^{-3} l^{\frac{4400}{T}},$$

Строим на том же рисунке график $k_Д = f(T)$.

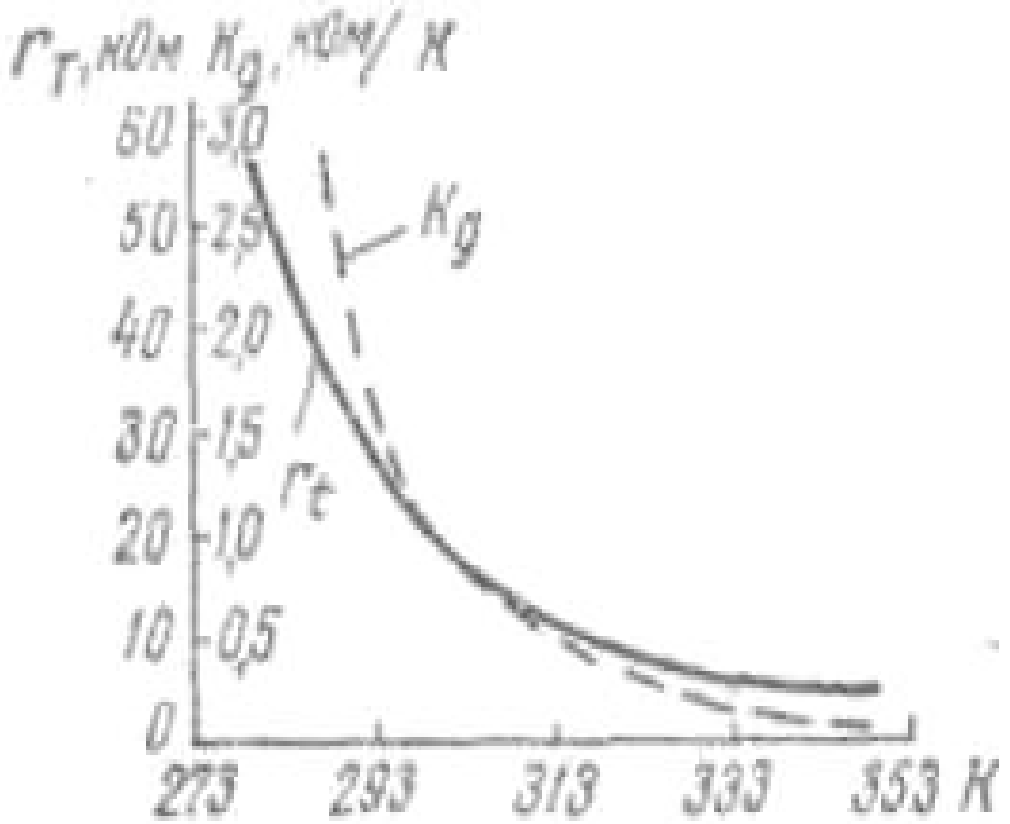

Рис.2. Зависимость сопротивления $r_т$ и коэффициента чувствительности $k_Д$ терморезистора КМТ-4 от температуры Т

Практическое занятие № 3

Расчет и выбор мостовой измерительной схемы. (4 часа)

I. Общие сведения по теме занятия

Практически все электрические датчики не являются носителями информации, а только преобразователями неэлектрического параметра в электрический сигнал. Но этот сигнал необходимо измерить. Для этого в автоматике используют мостовые измерительные схемы неравновесные и равновесные. При измерении довольно часто используются неравновесные мосты. Основная идея построения неравновесных мостовых цепей состоит в исходной компенсации начального значения выходного сигнала преобразователя (датчика), что бы при входном параметре равном нулю, выходной сигнал моста был равен нулю.

II. Задание.

Рассчитать мостовую схему воспринимающего органа температурную зависимость напряжения и тока в нагрузке (рис 3,а) при напряжении питания моста U=12 В и отклонении температуры от 20 ^{0}C для двух случаев: 1) датчиком является медный термометр сопротивления; 2) датчиком служит полупроводниковый терморезистор КМТ-4.

Зависимость сопротивления меди от температуры в пределах $\Theta = 0 \div 100$ ^{0}C

Выражается уравнением

$$r_0 = r_{0_0}[1 + \alpha(0 - 0_0)],$$

Где $\alpha = 42{,}8 * 10^{-4} 1/C$ - температурный коэффициент сопротивления меди; r_{0_0} - сопротивление датчика при Θ_0.

III. Решение. Принимаем соотношение сопротивление плеч моста из условия получения наибольшей мощности на его выходе:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_0 = r_{H.}$$

Силу тока через датчик выбираем в пределах I=10÷15 мА .
Следовательно, r_0 при равновесии моста и Θ=20 ^{0}C

$$r_0 = \frac{U}{2I} = \frac{12}{2 * 12 * 10^{-3}} = 500 Ом.$$

Определяем зависимость напряжения нагрузки моста с медным термометром сопротивления при отклонении температуры от начальной $\Delta\Theta = \Theta - \Theta_0 = \pm 10$ ^{0}C:

$$U_H = \frac{U}{r_1 + r_2} r_1 - \frac{U}{r_3 + r_0} r_3 = 12[\frac{500}{500 + 500} - \frac{500}{500 + 500(1 + 4{,}28 * 10^{-4} \Delta 0}] = 6(1 - \frac{1}{1 + 0{,}00214 \Delta 0}) B$$

и зависимость тока в нагрузке:

$$I_H = \frac{U_H}{r_H + \frac{r_1 * r_2}{r_1 + r_2} + \frac{r_3 * r_0}{r_3 + r_0}} = \frac{U_H}{500 + 250 + \frac{500(1 + 4{,}28 * 10^{-4} \Delta 0)}{2 + 4{,}28 * 10^{-4} \Delta 0}} = \frac{U_H (2 + 4{,}28 * 10^{-4} * \Delta 0)}{200 + 5{,}35 * \Delta 0} A.$$

Определяем эти же зависимости при замене термометра сопротивления полупроводниковым терморезистором того же номинального сопротивления. Устранение температурной зависимости терморезистора установлено в предыдущем примере, а коэффициент

$$r_\infty = 9{,}2 * 10^{-3} \frac{500}{30000} = 1{,}53 * 10^{-4} Ом.$$

$$U_H = 12(\frac{1}{2} - \frac{500}{500 + 1{,}53 * 10^{-4} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}}) = 6 - \frac{12}{1 + 0{,}3 * 10^{-6} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}} B.$$

$$I_H = \frac{U}{750 + \frac{500 * 1{,}53 * 10^{-4} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}}{500 + 1{,}53 * 10^{-4} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}}} = \frac{(1 + 0{,}3 * 10^{-6} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}) U_H}{750 + 3{,}83 * 10^{-4} l \frac{4400}{293 + \Delta 0}} A$$

Рассчитанные по этим формулам температурные зависимости, которые графически показаны на рисунке 3,б, позволяют сделать вывод о том, что воспринимающий орган с полупроводниковым термодатчиком по напряжению и току имеет чувствительность в $10 \div 12$ раз большую, чем воспринимающий орган с медным термометром сопротивления.

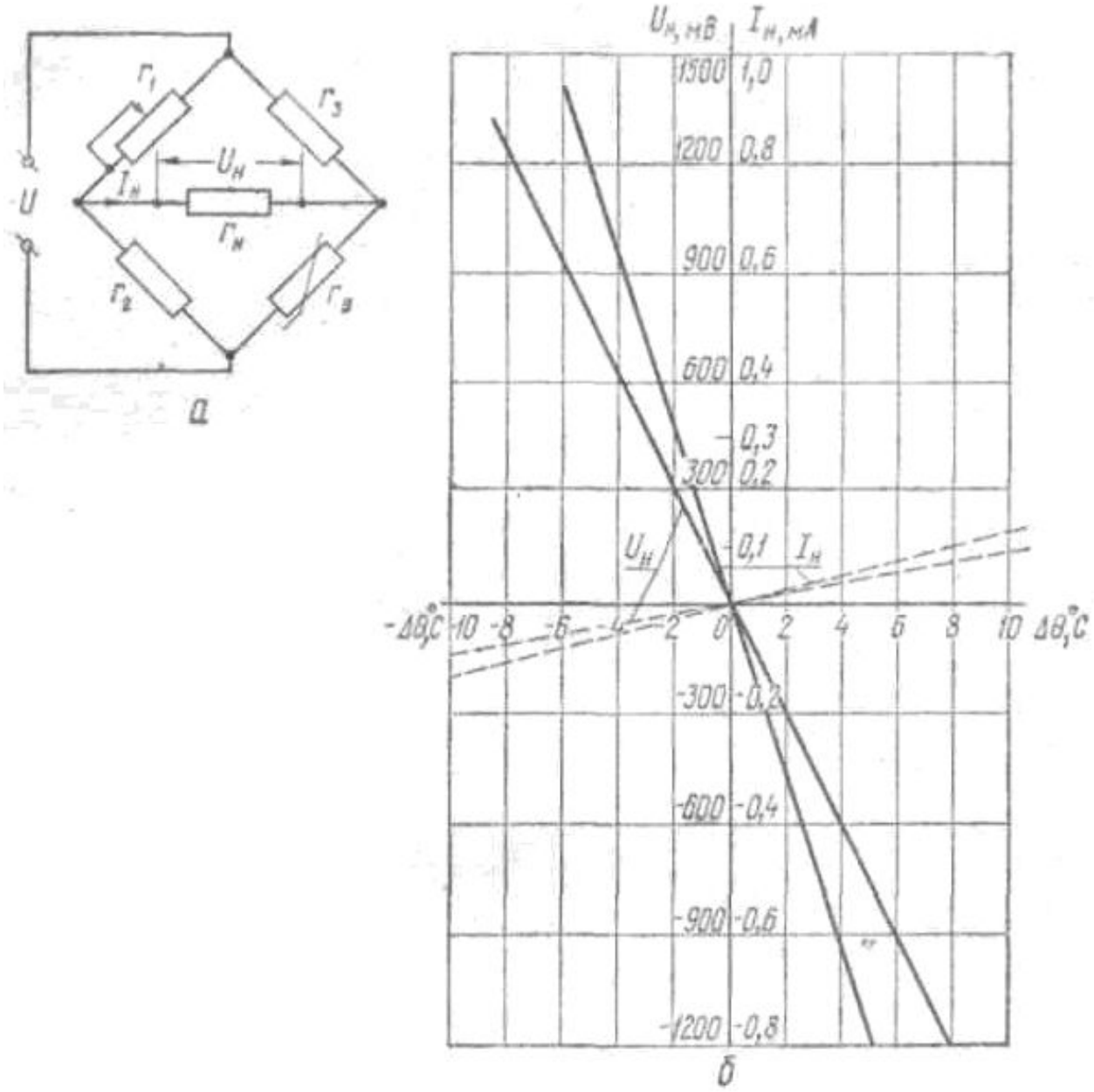

Рис 3. Мостовая схема воспринимающего органа температуры (а) и зависимость напряжения $U_н$ и тока $I_н$ нагрузки (б)

Сплошные линии для полупроводникового термодатчика, пунктирами-для медного термометра сопротивления.

Практическое занятие № 4

Расчет и выбор напряжения срабатывания фотореле (4 часа)

I. Общие сведения по теме занятия

Фоторезисторы это полупроводниковый преобразователь с внутренним фотоэффектом. У фоторезистора под воздействием света увеличивается количество свободных электронов, а следовательно и электропроводность. То есть с увеличением света попадающего на светочувствительный слой фоторезистора, его сопротивление уменьшается.

Фоторезисторы отличает высокая светочувствительность, простая конструкция, небольшие габариты, долговечность. Они широко применяются в автоматике. К недостаткам фоторезисторов следует отнести нелинейность выходной характеристики, относительно высокую инерционность.

II. Задание. Выбрать значение напряжения U_C постоянного тока на фотореле, чтобы оно срабатывало при освещенности E=200 лк. Фотореле объединяет фоторезистор ФС-К1 и реле типа РПН (рис 4). Из паспортных данных известно: сопротивление обмотки РПН r_P=4 кОм; ток срабатывания I_{CP}=3мА; чувствительность фоторезистора $k_0 = 6 мА/лм * В$; площадь окна S=28,8 мм^2; максимальная мощность рассеяния P_{max}=0,2 Вт.

III. Решение. Напряжение на реле РПН при его срабатывании

$$U_P = I_{cp} r_P = 3 * 4 = 12 В$$

Определяем напряжение на фоторезисторе из уравнения

$$I = k_0 U_Ф S E^{\alpha}$$

При α=0,81:

$$U_Ф = \frac{3}{6 * 28{,}8 * 10^{-6} * 200^{0{,}81}} = 24 В$$

Искомое значение постоянного напряжения

$$U_C = 24 + 12 = 36 В$$

Расчетная мощность рассеяния

$$P_{расч} = UI_{cp} = 24 * 0{,}003 = 0{,}072 Вт .$$

Следовательно, условие $P_{расч} < P_{max}$ выполнено.

Различные значения освещенности срабатывания фотореле устанавливают при помощи переменного сопротивления, включенного последовательно с фоторезистором, или изменяя напряжение питания.

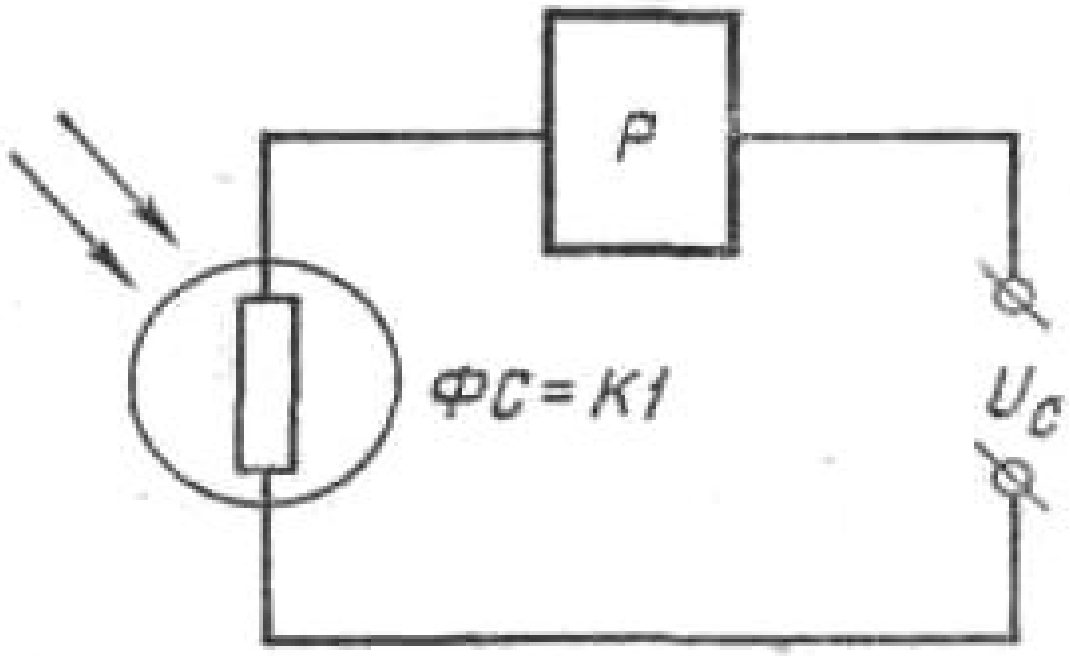

Рис. 4 .Электрическая схема фотореле.

Практическое занятие № 5

Расчет и выбор чувствительности измерительного преобразователя. (4 часа)

I. Общие сведения по теме занятия

Чувствительность датчиков, как элементов автоматики, характеризуется его передаточным коэффициентом. То есть отношением выходного сигнала ко входному. Чувствительность может иметь статистический характер и динамический (относительный наклон выходной характеристики)

Чувствительность датчика – это, как правило именованная величина с разнообразными единицами зависящими от природы входной и выходной величин. Для реостатного (потенциометрического) датчика единица чувствительности –Ом/мм, для термопары – мВ/К, для фоторезистора – мкА/лм, для терморезистора – кОм/К

II. Задание. Определить зависимость напряжения на выходе измерительного органа относительной влажности воздуха от изменения влажности в пределах $\Delta\varphi = \pm 20\,\%$, или мост уравновешен при влажности воздуха $\varphi = 40\,\%$ и температуре $\Theta_{окр}$=20 ^{0}C (рис.5).

Мост измерительного органа содержит термокомпенсационный резистор R_K и резистор датчика $R_Д$ типа КМТ-4 с номинальным сопротивлением 30кОм. Сопротивление резистора r = 3,3 кОм.

III. Решение. Определяем величину сопротивления регулировочного резистора R_P из условия равновесия моста

$$R_P = \frac{R * R_Д}{R_K}$$

Уравнение температурной характеристики терморезисторов типа КМТ -4 сопротивлением 30кОм определено в занятии № 7. Используя уравнение, связывающее температуру разогрева Θ_P хлористо- литеевого датчика с относительной влажностью φ и температуры окружающей среды Θ[3]: Θ_P=23,3 ln 5 φ+1,35Θ_0 ^{0}C, найдем при $\Theta_{окр} = 20$ ^{0}C, что

$$R_P = 3{,}3\frac{9{,}2*10^{-6}\dfrac{4400}{273+23{,}3\ln 5*0{,}4+1{,}35*20}}{9{,}2*10^{-6}\,l^{\frac{4400}{273+20}}} = 1{,}1кОм.$$

Определяем зависимость выходного напряжения моста от его параметров при холостом ходе ($r_П = \infty$) управлению:

$$U_{ВЫХ} = U\left(\frac{R_K}{R + R_K} + \frac{R_Д}{R_Д + R_Р}\right) = 6 * \left(0{,}9 - \frac{9{,}2 * 10^{-6} l^{\frac{4400}{300 + 23{,}3 \ln 5\varphi}}}{1{,}1 + 9{,}2 * 10^{-6} l^{\frac{4400}{300 + 23{,}3 \ln 5\varphi}}}\right) B,$$

Где U = 6В- напряжение питания моста.

Задаваясь значениями φ=0,2;0,25… 0,55 и 0,6 и подставляя их в последнее выражение, найдем соответствующие значения выходного напряжения

$U_{ВЫХ}$,	φ,%	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		-280	-220	-140	-60	0	58	114	180	250

Средняя чувствительность измерительного органа относительной влажности

$$k_Д = \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta\varphi} = \frac{530}{40} = 13{,}3 мВ/\%,$$

то есть достаточно высока.

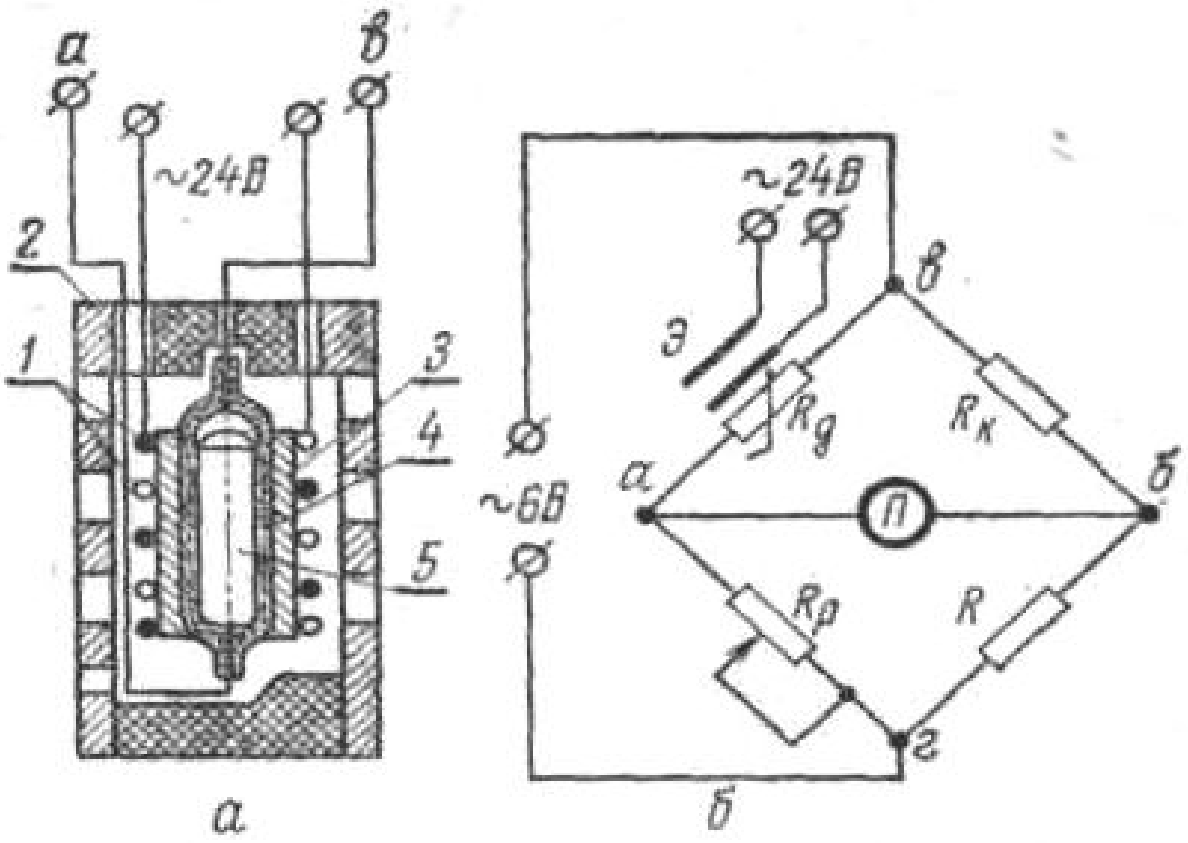

Рис 5. Температурно-равновесный полупроводниковый датчик влажности воздуха:

а - конструкция датчика: 1- подогревные электроды; 2- каркас; 3- стеклочулок, пропитанный хлорным натрием ; 4- фторопленка; 5- полупроводниковый терморезистор; 6- электрическая схема измерительного органа относительной влажности воздуха; R – резистор постоянного сопротивления; Rр- регулировочный резистор; Rк- термокомпенсационный резистор; Rд- терморезистор датчика влажности; Э- водогрейные электроды

Контрольные вопросы

1.По какой формуле рассчитывается статический коэффициент датчика температуры?
2.Чем отличаются термисторы от пазисторов?
3.По какой формуле находится номинальный ток полупроводникового терморезистора?
4. Что такое фоторезисторы?
5.Что такое чувствительность датчика?

Литература

1 Мартыненко И.И. Проектирование систем автоматики. Агропромиздат, М, 1990.

2.Бородин И.Ф., Кирилин Н.И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. М., Колос, 2006.

3.Бородин И.Ф., Кирилин Н.И. Практикум по основам автоматики и автоматизации производственных процессов. Колос, М. 1974.

4. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М.Агропромиздат, 1988.

Оглавление

Усманов Азиз Магдалиевич
Азизова Нигора Шавкатовна

Методические указания

для проведения практических занятий по дисциплине
«Проектирование систем автоматики»

Редактор М. Нуртаева

Пописано в печать _____
Формат бумаги 60х84 1/16
Объём _____
Тираж -10 экз
Заказ №_____
Отпечатано в типографии ТИИМ
Ташкент 100000, ул. Кари-Ниязова,39