

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства»
для студентов направления подготовки
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль)
Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Ставрополь 2026 г.

Содержание

Практическая работа 1. Расчет потенциометрических преобразователей

Практическая работа 2. Расчет индуктивных преобразователей

Практическая работа 3. Расчет пневматических преобразователей

Практическая работа 4. Составление программ для регулирующих и логических контроллеров.

Практическая работа 5. Изучение режимов функционирования универсальных регулирующих, логических контроллеров

Практическая работа 6. Расчет исполнительных механизмов ИУС

Практическая работа 7. Изучение принципа действия, устройства и определение статических и динамических характеристик преобразователей

Практическая работа 8. Изучение работы регуляторов, функциональных блоков, станций управления

Практическая работа 9. Изучение работы программируемых логических контроллеров

ВВЕДЕНИЕ

Качество функционирования систем автоматизации в значительной мере зависит от использованной в ней элементной базы (технических средств автоматизации). По конструктивным и функциональным признакам технические средства автоматизации (ТСА) подразделяют на элементы и устройства. Элементы выполняют одну простейшую операцию с сигналами, а для сложных преобразований сигналов (выполнения математических операций, кодирования, дешифрования, запоминания многоразрядных кодов) служат совокупности, определённым образом соединённых элементов, называемых устройствами или узлами. Совокупность же элементов, устройств (узлов) и объекта для реализации всей поставленной задачи представляет собой систему автоматизации (следающая система, система автоматического контроля, АСУТП и др.).

Практическая работа 1. Расчет потенциометрических преобразователей.

Цель работы: Изучить методику расчета потенциометрических датчиков.

Теоретические сведения

Потенциометрический преобразователь - датчик, входным сигналом которого является перемещение контакта, а выходным - напряжение, которое снимается с этого контакта. Представляет из себя катушку индуктивности (как правило, выполненную в виде неподвижного элемента конструкции), на которую подается питающее напряжение и щетки, с которых и снимается выходной сигнал. Существуют два основных типа потенциометрических преобразователей:

Преобразователи угловых перемещений.

Преобразователи линейных перемещений.

Каркас изготавливается из изоляционного материала (эбонита, текстолита, керамики и т.д.) или из металлов (например, алюминия) для отвода тепла. Обмотка – из изолированной проволоки, имеющей большое удельное электрическое сопротивление и малый температурный коэффициент сопротивления. Обмотку необходимо хорошо укреплять на каркасе, чтобы при движении контакта движка не происходило смещения. Для создания надежного контакта обмотки с контактом движка (подвижным контактом) контактную дорожку тщательно очищают специальными абразивными материалами, химическими или ультразвуковыми способами и т. п. Иногда контактная дорожка полируется и даже гальванически покрывается золотом.

Движок ПД состоит из упругого элемента и контакта. Упругий элемент (пружина) обеспечивает необходимое контактное давление и компенсирует небольшие неровности на поверхности обмотки. Контакт припаивается к пружине мягким или твердым припоем. Рекомендуется выбирать контакт из материала более мягкого, чем обмотка (золото, серебро, сплавы платины и др.). Для большей эксплуатационной надежности иногда используются два токосъемных контакта.

Корпус потенциометра чаще всего имеют форму цилиндра, закрытого одной или двумя крышками, и выполняется из металла или изоляционного материала. В металлических корпусах выполняются потенциометры, предназначенные для эксплуатации при повышенных температурах и в сложных условиях, и⁵ потенциометры, к которым предъявляются высокие требования в

отношении точности. Компромиссным решением является корпус из пластмассы с металлическими крышками.

Ось потенциометра крепится в шариковых подшипниках или подшипниках скольжения, размещенных в крышке или в корпусе потенциометра.

Основные преимущества потенциометрических датчиков:

1. высокая точность и стабильность функции преобразования,
2. малое значение переходного сопротивления,
3. низкий уровень собственных шумов,
4. небольшой коэффициент сопротивления;

Основные недостатки:

1. небольшое значение разделительной способности,
2. ограниченные возможности при использовании переменного тока,
3. наличие скользящего контакта, что приводит к ограниченному количеству рабочих циклов датчика.

Расчет потенциометрических датчиков

Рассмотрим одну из методик расчета двухтактного потенциометрического датчика (ПД) угловых перемещений, выполненного на линейном потенциометре. Основными этапами расчета по этой методике являются:

- 1) Определение основных конструктивных параметров каркаса и обмотки;
- 2) Расчет электрических параметров обмотки;
- 3) Расчет температурного режима датчика.

Основные параметры ПД условно можно разделить на конструктивные и электрические параметры. К конструктивным параметрам относятся:

D_0 - средний расчетный диаметр каркаса;

α_n - угол намотки потенциометра;

h - высота каркаса;

b - ширина или толщина каркаса;

α_m - суммарная технологическая добавка;

l_n - рабочая длина каркаса;

t - шаг намотки;

n - число витков обмотки;

d - диаметр провода обмотки без изоляции;

$d_{из}$ - диаметр провода с изоляцией.

К схемным, или электрическим параметрам относятся:

U - напряжение питания датчика;

R_n - общее сопротивление обмотки потенциометра;

ρ - удельное сопротивление материала провода;

δ_{lmax} - максимальная относительная погрешность нагруженного датчика.

Данные параметры связаны между собой следующими соотношениями:

$$l_n = \frac{\alpha_n \cdot D_0 \cdot \pi}{360^\circ} = nt$$

$$l_n = nt$$

Для инженерных расчетов принято, что шаг намотки

$$t = d_{uz} + (0,012...0,015) \text{ мм}$$

Длина одного витка l_v определяется как

$$l_v = 2(h + e) + \pi d_{uz}$$

Обычно h и e определяют из соотношений

$$h \approx (0,3...0,6) l_n, \quad h \approx 8e$$

С другой стороны, длина витка может быть определена как

$$l_v = \frac{Rn \cdot \pi \cdot d^2}{4\rho}$$

При расчете температурного режима датчика обычно используются методикой, основанной на ориентировочном определении величины перегрева датчика в установившемся режиме.

В основу этого расчета положена следующая приближенная формула.

$$\frac{U^2}{R_n} = mcS_{об} \Theta_y$$

где m - коэффициент, учитывающий теплопроводимость каркаса и изоляции обмотки, равный 0,5-0,7 для пластмассовых, 1,5 для керамических и 2-3 для алюминиевых каркасов;

c - коэффициент теплоотдачи обмотки;

$S_{об}$ - поверхность обмотки, соприкасающаяся со средой;

Θ_y - установившийся перегрев обмотки (превышение температуры датчика над температурой окружающей среды).

Рассмотрим методику расчета на следующем конкретном примере.

Исходные данные:

1. Максимальное значение входной величины $x_{вхmax} = \alpha_{вхmax} = 11^\circ$
2. Коэффициент передачи датчика $K_d = 1В/град$.
3. Порог чувствительности $\Delta\alpha_{min} = 6'$.
4. Максимальная относительная погрешность $\delta_{max} = 1\%$.
5. Диапазон изменения температуры окружающей среды $\Delta t = -50^\circ C \dots + 60^\circ C$
6. Конструкция каркаса (см. рис. 1) и его радиус $R_0 = 30\text{ мм}$.

Рекомендуемая последовательность расчета:

1. Определение общей величины угла намотки катушки потенциометра

$$\alpha_n = 2\alpha_{вхmax} + \alpha_T = 2 \cdot 11 + 3 = 25^\circ$$

где α_T - технологическая добавка к рабочей протяженности каркаса ($\alpha_T = 3 \dots 5^\circ$).

2. Вычисление длины намотки катушки потенциометра

$$l_n = \frac{\alpha_n \cdot D_0 \cdot \pi}{360^\circ} = \frac{25 \cdot 60}{360} = 13\text{ мм}$$

3. Определение числа витков датчика

$$n = \frac{\alpha_n}{\Delta\alpha_{min}} = \frac{25^\circ}{0,1^\circ} = 250\text{ витков}$$

4. Вычисление шага намотки

$$t = \frac{l_n}{n} = \frac{13}{250} = 0,052\text{ мм}$$

5. Определение диаметра провода в изоляции и без нее

$$d_{из} = t - (0,012 \dots 0,015)\text{ мм}, \quad d = t - 0,03\text{ мм}.$$

Стандартный диаметр провода выбирается из таблицы, которая приводится в справочниках.

6. Выбирается высота h , толщина δ и материал каркаса

$$h = (0,3 \dots 0,6) l_n = 8\text{ мм}, \quad \delta = 8\delta$$

($\delta = 1 \text{ мм}$) В качестве материала каркаса для лучшего отвода тепла выбирается алюминий.

7. Определение средней длины l_{cp} одного витка обмотки

$$l_{cp} = 2(h + e) + \pi d_{uz} = 2(1 + 8) + 3,14 \cdot 0,04 = 18,1 \text{ мм}$$

8. Вычисление длины провода обмотки $l_{обм}$

$$l_{обм} = l_{cp} \cdot n = 18,1 \cdot 250 = 4525 \text{ мм}$$

9. Определение минимально допустимого напряжения питания

$$K = \frac{U}{\alpha_n}; \quad U = k \cdot \alpha_n = 1 \cdot 25 = 25 \text{ В}.$$

10. Вычисление допустимой величины тока I_n , протекающего по обмотке датчика

$$I_n = j S_{np} = j \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{25 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,0175 \text{ А} ,$$

где: j – допустимая плотность тока ($j=25 \dots 30 \text{ А/мм}^2$) для ПД с металлическим каркасом; ($j=45 \dots 50 \text{ А/мм}^2$) для ПД с керамическим каркасом и ($j=15 \dots 20 \text{ А/мм}^2$) для ПД с пластмассовым каркасом металлическим каркасом.

S_{np} – площадь поперечного сечения провода обмотки.

11. Определение необходимого сопротивления обмотки ПД,

$$R_n = \frac{U}{I_n} = \frac{25}{17,5 \cdot 10^{-3}} = 1430 \text{ Ом} = 1,43 \text{ КОм}$$

12. Вычисление необходимого удельного сопротивления обмотки

$$\rho = \frac{R_n \cdot S}{l_{cp} \cdot n} = \frac{1430 \cdot 3,14 \cdot 0,032}{418,1 \cdot 250 \cdot 10^{-3}} = 0,225 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

13. Выбор материала провода для обмотки

Близким удельным сопротивлением к полученному обладает константан с $\rho = 0,44 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ (константан обладает малой зависимостью удельного сопротивления от температуры).

14. Определение действительных значения R_n и j

$$R_n = \frac{4 \cdot l_{cp} \cdot h \cdot \rho}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 18,1 \cdot 250 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,03^2} \cdot 0,44 = 2820 \text{ Ом}$$

Проверку на плотность тока производить нет необходимости, так как выбран провод с удельным сопротивлением, превышающим расчетную величину.

15. Вычисление абсолютного значения ΔU

$$\Delta U = \frac{\delta_I \cdot U}{100} = \frac{11}{100} = 0,11 \text{ В}.$$

16. Определение потребного нагрузочного

коэффициента

$$U_{вых.н} = U \frac{r_*}{1 + \alpha (r_* - r^2)}$$

*

для $r_* = 0,5$

$$\alpha = \frac{0,5U - U_{\text{вых.н}}}{0,25 - U_{\text{вых.н}}} = \frac{11 \cdot 10^{-2}}{0,25 \cdot 11} = 4 \cdot 10^{-2}.$$

17. Вычисление минимально допустимой величины сопротивления нагрузки, которое может быть подсоединено к ПД, чтобы $\delta_I = 1 \%$

$$\alpha = \frac{R_n}{R_n},$$

$$R = \frac{R_n}{\alpha} = \frac{2820}{4 \cdot 10^{-2}} = 70500 \text{ Ом} \approx 70 \text{ КОм}$$

$$\alpha = 4 \cdot 10^{-2}$$

18. Определение поверхности обмотки

$$S_{\text{обм}} = 2l(h + e + \pi d_{\text{из}}) = 2 \cdot 13(8 + 1 + 6,28 \cdot 0,04) \approx 234,25 \text{ мм}^2$$

19. Вычисление действительного значения перегрева обмотки

В

установившемся режиме

$$\Theta_{\text{уст}} = \frac{U^2}{R_n \cdot m \cdot c \cdot S_{\text{обм}}} = \frac{25^2}{2840 \cdot 10^{-3} \cdot 2,34 \cdot 2,5} = 38^\circ.$$

Для алюминиевого каркаса $c = 10^{-3} \text{ Вт/град} \cdot \text{см}^2$

Из условия хорошего контакта движка с обмоткой и отсутствия коробления каркаса допускается превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды не более $\Theta_{\text{дон}} = 40 \dots 50^\circ$, где $\Theta_{\text{дон}} = \Theta_{\text{об}} - \Theta_{\text{ср}}$; $\Theta_{\text{ср}}$ температура окружающей среды; $\Theta_{\text{об}}$ температура обмотки.

Так как при расчете получено, что $\Theta_{\text{уст}} < \Theta_{\text{дон}}$ никаких поправок в расчет вводить не требуется.

Следует иметь в виду, что температура контактирующих поверхностей не должна превышать $120\text{-}150^\circ\text{C}$. Это позволит исключить интенсивное окисление материалов обмотки и движка,

Далее выбирают материал движков потенциометров из условия обеспечения надежного, контакта при небольших контактных давлениях (1 г и менее) и малого износа. При разработке конструкции ПД необходимо ознакомиться с конструкциями известных датчиков, которые можно взять за прототип, изучить их достоинства и недостатки с точки зрения надежности и точности

работы, технологичности и т.д.

Изучив данную тему, студент должен:

- знать отличительные характеристики потенциометрических преобразователей;
- уметь производить расчет потенциометрических преобразователей.

При изучении темы 1 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]
- акцентировать внимание на следующих понятиях: преобразователи угловых перемещений, преобразователи линейных перемещений.

Для самооценки темы 1 ответить на вопросы:

1. Что представляют собой потенциометрические преобразователи;
2. Какое допускается превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды?
3. Из какого материала изготавливается каркас преобразователей?

Практическая работа 2. Расчет индуктивных преобразователей.

Цель работы: Изучить расчет индуктивных преобразователей

Теоретические сведения

Индуктивный датчик (преобразователь) — бесконтактный датчик, предназначенный для контроля положения объектов из металла (к другим материалам не чувствителен).

Индуктивные датчики широко используются для решения задач АСУ ТП. Выполняются с нормально разомкнутым или нормально замкнутым контактом.

Принцип действия основан на изменении параметров магнитного поля, создаваемого катушкой индуктивности внутри датчика.

Принцип действия основан на изменении амплитуды колебаний генератора при внесении в активную зону датчика

металлического, магнитного, ферро-магнитного или аморфного материала определенных размеров. При подаче питания на конечный выключатель в области его чувствительной поверхности образуется изменяющееся магнитное поле, наводящее во внесенном в зону материала вихревые токи, которые приводят к изменению амплитуды колебаний генератора. В результате вырабатывается аналоговый выходной сигнал, величина которого изменяется от расстояния между датчиком и контролируемым предметом. Триггер Шмитта преобразует аналоговый сигнал в логический.

Индуктивные бесконтактные выключатели могут состоять из следующих основных узлов:

1. Генератор создает электромагнитное поле взаимодействия с объектом.
2. Триггер Шмитта обеспечивает гистерезис при переключении.
3. Усилитель увеличивает амплитуду сигнала до необходимого значения.
4. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.
5. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.
6. Корпус обеспечивает монтаж датчика, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется крепежными изделиями.

Активная зона бесконтактного индуктивного выключателя — та область перед его чувствительной поверхностью, где более всего сконцентрировано магнитное поле чувствительного элемента датчика. Диаметр этой поверхности приблизительно равен диаметру датчика.

Номинальное расстояние переключения — теоретическая величина, не учитывающая разброс производственных параметров датчика, изменения температуры и напряжения питания

Рабочий зазор — это любое расстояние, обеспечивающее надежную работу бесконтактного выключателя в допустимых пределах температуры и напряжения.

Поправочный коэффициент дает возможность определить рабочий зазор, который зависит от металла, из которого изготовлен объект воздействия.

Материал	Коэффициент
Сталь 40	1,00
Чугун	0,93...1,05
Нержавеющая сталь	0,60...1,00
Латунь	0,35...0,50
Алюминий	0,30...0,45
Медь	0,25...0,45

Расчет индуктивных датчиков

Рассмотрим пример расчета индуктивно датчика, схема которого приведена.

- 1) Рабочий ход якоря $x_{раб} = \pm 0,1 \text{ мм}$;
- 2) Передаточный коэффициент $K_{\partial} = 0,25 \text{ А/мм}$;
- 3) Сопротивление нагрузки $R_H = 100 \text{ Ом}$;
- 4) Напряжение источника питания $U_0 = 40 \text{ В}$.

Напряжение на вторичной полуобмотке трансформатора питания $U = 20 \text{ В}$

- 5) Частота напряжения питания $f = 500 \text{ Г}$

- 6) Материал сердечника - электротехническая сталь Э41.

Сердечник набран из П - образных пластин с размерами $a = 6 \text{ мм}$ $b = 12 \text{ мм}$, $c = 10 \text{ мм}$ (рис.1, а).

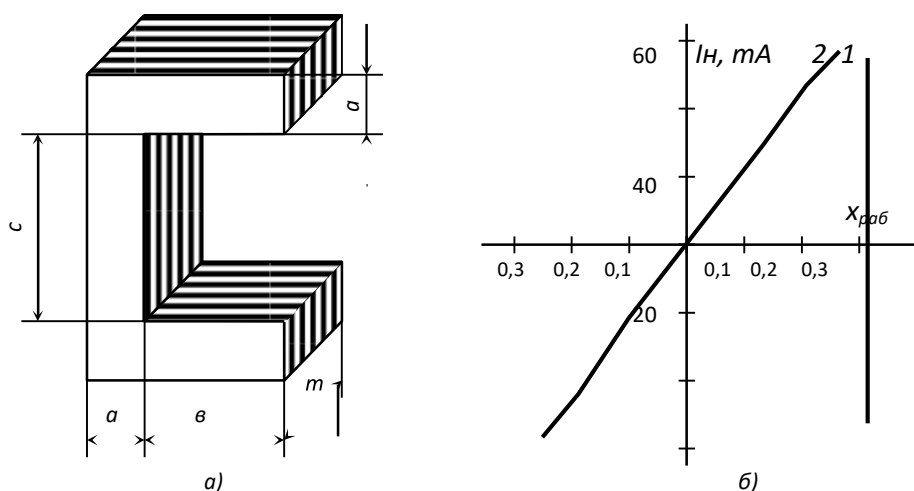


Рис1. Конструкция (а) и статические характеристики (б)

Расчет выполняется в следующей последовательности:

1. Выбираем начальное значение магнитной индукции $B_{m0} = 0,2$ Тл

С целью уменьшения электромеханического усилия, действующего на якорь датчика и вызывающего погрешности в измерении выходной величины, B_{m0} обычно выбирают не более 0,2-0,3 Тл. Однако следует иметь в виду, что габариты датчика будут меньше при большем значении B_{m0} .

2. Определяем число витков обмоток датчика

$$W = \frac{2,25 \cdot B_{m0} \cdot 10^6}{K_\delta} = \frac{2,25 \cdot 0,2 \cdot 10^6}{250} = 1800$$

3. Определяем сечение магнитопровода S_m .

4. Полагая коэффициент заполнения сердечника $K_z = 1,2$, найдем толщину пакета сердечника

$$m = \frac{S_m \cdot K_z}{a} = \frac{25 \cdot 1,2}{6} = 5 \text{ мм}$$

5. Выбираем диаметр и марку обмоточного провода

$$d = 2 \sqrt{\frac{v \cdot c \cdot K_{zo}}{\pi \cdot W}} = 2 \sqrt{\frac{12 \cdot 10 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 1800}} = 0,21 \text{ мм}$$

Коэффициент заполнения окна K_{zo} в зависимости от типа провода и изоляции слоев обмотки принимают в пределах $K_{zo} = 0,4 \dots 0,6$. Следует однако учитывать, что часть окна $Q = v \cdot c$ будет занята каркасом, на который непосредственно наматывается обмотка.

6. Определяем величину активного сопротивления обмотки:

$$R_{обм} = \frac{4 \cdot \rho \cdot l_{cp} \cdot W}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{4 \cdot 0,0175 \cdot 0,041 \cdot 1800}{3,14 \cdot 0,16^2} \approx 650 \text{ м}$$

где: ρ - удельное сопротивление материала провода;

d_0 - диаметр провода без изоляции (берется по сортаменту);

l_{cp} - средняя длина одного витка обмотки (величина может быть принята равной размерам магнитопровода).

По сортаменту проводов выбран провод марки ПЭВ-2 с диаметром $d_1 = 0,2$ мм. Сечение этого провода по меди (без изоляции)

$q=0,02 \text{ мм}^2$, ($d_0 = 0,16 \text{ мм}$). Величина l_{cp} определена

приблизенно из рассмотрения конструкции обмотки и принята равной 41 мм.

7. Выбираем величину начального воздушного зазора

$$\delta_0 = 5 \cdot x_{\text{раб}} = 0,5 \text{ мм}$$

Обычно при выборе величины начального воздушного зазора пользуются следующим соотношением, дающим удовлетворительные результаты на практике:

$$\delta_0 = (4 \dots 6) x_{\text{раб}}$$

где $x_{\text{раб}}$ - рабочий ход якоря, как правило, задается в условиях на расчет датчика или выбирается проектировщиком на основе анализа условий работы датчика.

8. Полагая $I_n = I_1 - I_2$ производим расчет данных для построения статической характеристики по формулам:

$$L_1 = \frac{\mu_0 \cdot W^2 \cdot S_m \cdot K}{2(\delta_0 + x)} = \frac{K}{\delta_0 + x};$$

$$L_2 = \frac{\mu_0 \cdot W^2 \cdot S_m \cdot K}{2(\delta_0 - x)} = \frac{K}{\delta_0 - x}.$$

где $K = 0,2 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \cdot W^2 \cdot S_m$;

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{(R_{\text{обм}} + R_n)^2 + \omega^2 L_1^2}} = \frac{U}{Z_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{(R_{\text{обм}} + R_n)^2 + \omega^2 L_2^2}} = \frac{U}{Z_2}$$

При выборе обмоточного провода обычно предпочтение отдают проводу ПЭВ-2 (медный, изолированный высокопрочной эмалью в два слоя), применяемый при повышенных механических воздействиях на него в процессе намотки. Иногда используется провод ПЭЛШО с эмалевой изоляцией, дополнительно защищенной шелковой обмоткой. Этот провод рассчитан на повышенные механические нагрузки в процессе намотки и при работе, но имеет больший наружный диаметр, чем ПЭВ-2.

Изучив данную тему, студент должен:

- знать отличительные характеристики индуктивных преобразователей;
- уметь производить расчет индуктивных преобразователей.

При изучении темы 2 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]

- акцентировать внимание на следующих понятиях: генератор, триггер Шмитта, усилитель, светодиодный индикатор, компаунд, корпус

Для самооценки темы 2 ответить на вопросы:

1. Из каких узлов состоят индуктивные бесконтактные выключатели?
2. Где располагается активная зона бесконтактного индуктивного выключателя?
3. Что представляет собой рабочий зазор бесконтактного выключателя?

Практическая работа 3. Расчет пневматических преобразователей.

Цель работы: Изучить расчет пневматических датчиков.

Теоретические сведения

Преобразователь типа сопло—заслонка осуществляет преобразование механического перемещения заслонки либо сопла в давление сжатого газа. Этот тип преобразователя, иногда называемый пневматическим реле, используется практически во всех приборах современной пневмоавтоматики.

Преобразователь содержит постоянный дроссель (капилляр или отверстие в тонкой стенке), переменное сопротивление, выполненное в виде сопла с заслонкой, и междроссельную камеру. На вход преобразователя подается давление питания p_0 . Небольшое смещение заслонки относительно сопла (обычно не превышающее нескольких сотых долей миллиметра) влечет за собой изменение давления p_i в междроссельной камере. Зависимость давления в междроссельной камере p_i от перемещения заслонки h в установившемся режиме называют статической характеристикой

преобразователя. Вид этой характеристики определяет качество преобразователя типа сопло-заслонка.

При проектировании преобразователей стремятся сместить рабочий участок характеристики в зону больших открытий сопла и максимально увеличить его крутизну. В этом смысле характеристика является предпочтительней характеристики.

Способы расчета статических характеристик преобразователя. При работе преобразователя возможны четыре различных сочетания режимов истечения сжатого газа через постоянный и переменный дроссели:

- 1) докритическое истечение через постоянный и переменный дроссели (в дальнейшем обозначено д—д);
- 2) надкритическое истечение через постоянный и докритическое через переменный дроссели (н—д);
- 3) докритическое истечение через постоянный и надкритическое через переменный дроссели (д-н);
- 4) надкритическое истечение через постоянный и переменный дроссели (н-н).

Расчет статических характеристик преобразователя.

Уравнение статической характеристики преобразователя для указанных режимов истечения основывается на условиях равенства массовых расходов через постоянный и переменный дроссели для соответствующих режимов истечения, определенных по приближенным формулам для адиабатического процесса. Процесс перехода от области перед дросселем к области за дросселем принят изотермическим, т.е. $T_0 = T_1 = T_2$. Указанные предположения хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями. Тогда для сочетания режимов истечения д—д.

$$h = \frac{\mu_1 d_1^2}{4\mu_2 d_2} \frac{(p_0 - p_1)p_1}{(p_1 - p_2)p_2}$$

где d_1, d_2 - диаметры, μ_1, μ_2 - коэффициенты расхода постоянного и переменного дросселей.

Для других сочетаний режимов истечения:

Для н-д

$$h = \frac{\mu_1 d_1^2}{8\mu_2 d_2} \frac{p_0}{(p_1 - p_2)p_2}$$

Для д-н

$$h = \frac{\mu d^2}{2\mu_2 d_2} \frac{p_1 - p_0}{p_1}$$

Для Н-Н₂

$$h = \frac{\mu d^2}{4\mu_2 d_2} \frac{p_1 - p_0}{p_1}$$

Расчет гидродинамической силы для устройства сопло-заслонка.

По первому методу расчета:

$$F_{гд} = K_{гд} F_{гс}$$

где $K_{гд}$ – коэффициент, учитывающий действительное распределение давления на поверхности заслонки. Зависит от формы и размеров заслонки, числа Рейнольдса, критериев, характеризующих неустановившееся движение жидкости;

$F_{гс}$ – гидростатическая сила

Гидродинамическая сила, действующая на заслонку:

$$F_{гд} = A_c (p_1 - p_{сл}) + m_1 V_1 - l_c \frac{dm_1}{dt}$$

Где l_c – длина сопла, m_1 – массовый расход жидкости, V_1 – скорость жидкости, p_1 , $p_{сл}$ давления жидкости на входе и выходе, A_c – площадь проходного сечения сопла.

При установившемся движении:

$$F_{гд} = A_c (p_1 - p_{сл}) + m_1 V_1$$

Изучив данную тему, студент должен:

-знать отличительные характеристики пневматических преобразователей;

- уметь производить расчет пневматических преобразователей.

При изучении темы 3 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]

- акцентировать внимание на следующих понятиях: междроссельная камера, статическая характеристика преобразователя, докритическое истечение газа, надкритическое истечение газа.

Для самооценки темы 3 ответить на вопросы:

1. Что представляет преобразователь типа сопло—заслонка?
2. Что характеризует число Рейнольдса?
3. Каким принят процесс перехода от области перед дросселем к области за дросселем по тепловому эффекту?

Практическая работа 4. Составление программ для регулирующих и логических контролеров.

Цель работы: Научиться составлять программы для регулирующих и логических контролеров.

Теоретические сведения

Программируемые контроллеры предназначены для циклового программного управления станками и различным технологическим оборудованием, оснащенным датчиками и исполнительными устройствами, которые работают по двухпозиционному принципу: "включен-выключен". Рассмотрен контроллер модели МКП-1.

В зависимости от исполнения этот контроллер позволяет управлять 16, 32 или 48 устройствами. Количество входных цепей для подключения датчиков соответствует числу выходов. Каждый вход и выход имеет свой адрес. Контроллер обеспечивает управление исполнительными устройствами, прием информации от датчиков состояния оборудования, формирование выдержек времени, организацию условных и безусловных переходов по программе управления, а также реализует другие функции.

Проектирование управляющего устройства сводится к двум этапам: 1 – составление схемы подключения датчиков и исполнительных устройств к контроллеру, 2 – составление управляющей программы по схеме алгоритма.

Система счисления контроллера

Контроллер оперирует с цифрами, выраженными в шестнадцатеричной системе счисления. Основанием системы является десятичное число 16, алфавит состоит из десяти цифр (0...9) и шести латинских букв (A, B, C, D, E, F). Буквы соответствуют десятичным числам 10, 11, 12, 13, 14, 15. При

программировании все числовые величины задаются шестнадцатеричными значениями.

Система команд контроллера

Программируемый контроллер оснащен системой команд, предназначенной для решения задач программного управления. Команда состоит из двух частей: кода выполняемой операции (КОП) и операнда, в котором указывается адрес объекта, над которым производится операция. При этом в качестве такого объекта выступают как датчики и исполнительные устройства, так и команды самой программы. При задании временных интервалов операндом является длительность этих интервалов. В таблице 1 приведены небольшая часть команд контроллера.

Система команд контроллера

Таблица 1.

Команда		Выполняемые действия
Код операции (КОП)	Операнд	
02	Адрес входа (номер датчика)	Ожидание появления сигнала датчика. Выполнение следующей команды происходит только после появления этого сигнала.
04	Адрес входа (номер датчика)	Проверка входа на наличие сигнала датчика. Если сигнал есть, то в ОЗУ контроллера формируется битусловия $БУ = 1$. Если сигнала нет, то устанавливается $БУ = 0$.
05	Адрес выхода (номер исполнительного ус-ва)	Включение исполнительного устройства под заданным номером.
06	Адрес выхода (номер исполнительного ус-ва)	Выключение исполнительного устройства под заданным номером.
07	Временной интервал Т	Задание выдержки времени Δt . Длительность временного интервала кратно 0,1 сек, минимально возможному для задания отрезку

		времени ($\Delta t = T.01$).
09	Адрес команды	Безусловный переход к выполнению указанной команды.
0A	Адрес команды	Выполнение заданной команды, если бит условия БУ=1. Если БУ=0, то выполняется следующая, записанная в программе 0A команда.

Составление управляющей программы

Каждая команда в программе записывается под своим порядковым номером, который является ее адресом. Составление программы выполняется по схеме алгоритма и должна содержать набор команд, реализующих все операции, указанные в схеме.

Перед разработкой программы необходимо составить схему подключения датчиков и исполнительных устройств. В зависимости от места подключения этих устройств они получают свой номер, который в программе является их адресом.

Составление программы следует начинать с вершины схемы "Начало" и далее последовательно программировать операции вплоть до вершины "Конец".

Если выполнение какой-либо операции производится после срабатывания кнопки, путевого выключателя или другого датчика, то задается команда 02, а в качестве операнда записывается номер данного датчика. При этом контроллер будет выполнять команду включения или выключения исполнительных аппаратов только после получения сигнала о срабатывании этого датчика. Включение или выключение аппаратов выполняется командами соответственно 05 или 06. В операнде записывается номер коммутируемого аппарата. Задание временных интервалов осуществляется командой 07. В операнде записывается коэффициент, который при умножении на 0,1 сек. дает требуемое время задержки.

Для реализации в программе условных переходов (в схеме алгоритма условная вершина с операциями как по «1», так и по «0») следует сначала задать команду проверки этой вершины 04.

Если датчик, соответствующий этой вершине, находится в состоянии «1», то сформируется бит условия БУ = 1. Если датчик в состоянии «0», то сформируется БУ = 0.

Следующей задается команда ОА, которая, если в предыдущей команде установлен БУ = 1, переведет контроллер на выполнение команды, указанной в операнде этой команды.

При БУ = 0 контроллер будет выполнять команду, идущую следом за командой ОА.

При составлении программы рекомендуется сначала записать последовательность команд, которую будет выполнять контроллер при БУ = 0, не указывая операнда в команде ОА. После записи всех команд, выполняемых контроллером по условию «0», в программу заносится команда, выполняемая по условию «1». Адрес этой команды указывается в операнде команды ОА.

Программирование контроллеров в программе CoDeSys.

CoDeSys - это современный инструмент для программирования контроллеров (CoDeSys образуется от слов Controllers Development System). CoDeSys предоставляет программисту удобную среду для программирования контроллеров на языках стандарта МЭК 61131-3. Используемые редакторы и отладочные средства базируются на широко известных и хорошо себя зарекомендовавших принципах, знакомых по другим популярным средам профессионального программирования (такие, как Visual C++).

Компоненты проекта. Проект включает следующие объекты: ROU, типы данных, визуализации, ресурсы, библиотеки. Каждый проект сохраняется в отдельном файле. ROU (Program Organization Unit). К программным компонентам (ROU) относятся функциональные блоки, функции и программы. Отдельные ROU могут включать действия (подпрограммы). Каждый программный компонент состоит из раздела объявлений и кода. Для написания всего кода ROU используется только один из МЭК языков программирования (IL, ST, FBD, SFC, LD или CFC). CoDeSys поддерживает все описанные стандартом МЭК компоненты. Для их использования достаточно включить в свой проект библиотеку standard.lib.

Шаги программирования в CoDeSys:

1. Для создания нового проекта необходимо в среде CoDeSys вызвать команду меню File | New или воспользоваться одноименной кнопкой на панели инструментов.

2. После создания проекта нужно выбрать Target-файл, соответствующий названию контроллера.

3. Затем откроется окно настроек Target-файлов. Как правило, настройки установлены производителем и не требуют изменения.

4. После задания настроек Target-файла необходимо создать основной POU (главную программу проекта). Главная программа всегда должна иметь тип Program и имя PLC_PRG. Поэтому в данном диалоге разрешается менять только язык программирования (Language of the POU).

5. В зависимости от выбранного языка программирования откроется окно, в котором необходимо создать программу, исполняемую на контроллере. Примеры программ на языках FBD, LD и ST приведены на рисунке

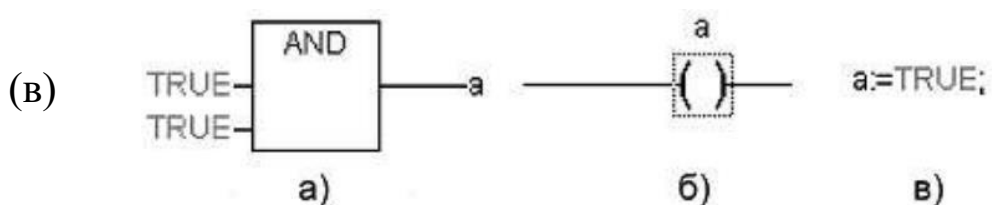


Рисунок 6 - Примеры программ на языках FBD (а), LD (б) и ST

6. Для загрузки программы в контроллер установите связь с контроллером, вызвав команду меню Online | Login. Запустите выполнение загруженной программы, вызвав команду меню Online | Run или нажатием кнопки на передней панели контроллера.

Изучив данную тему, студент должен:

- знать отличительные характеристики контроллеров;
- уметь составлять программы для регулирующих и логических контроллеров.

При изучении темы 4 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]
- акцентировать внимание на следующих понятиях: программы для регулирующих и логических контроллеров, шаги программирования в CoDeSys, проектирование управляющего устройства.

Для самооценки темы 4 ответить на вопросы:

1. По каким этапам протекает проектирование управляющего устройства контроллера?
2. Какой системой команд оснащен программируемый контроллер?
3. Как программируют контроллеры в программе CoDeSys?

Практическая работа 5. Изучение режимов функционирования универсальных регулирующих, логических и др. контроллеров

Цель работы: Изучить режимы функционирования универсальных регулирующих, логических и др. контроллеров

Теоретические сведения

Назначение. Логический контроллер предназначен для оптимизации технологических процессов. Современные логические контроллеры действуют в режиме реального времени и являются свободно программируемыми. Программируемый логический контроллер (ПЛК) в составе станции управления обеспечивает управление работой оборудования по специально заданной программе. ПЛК позволяет реализовать сложные алгоритмы управления, при необходимости программа легко может быть изменена.

Технические характеристики.

Таблица 1.

Наименование параметра		Значение
Сетевое питание	Напряжение, В	Трехфазное 220, 380 660 $\pm$ 10%
	Частота, Гц	50 $\pm$ 5%
Выходное напряжение		Максимальное напряжение равно напряжению сети.
Диапазон выходных частот, Гц		от 0 до частоты, позволяемой электродвигателем
Частота коммутации, кГц		0.5-16
Функции защиты и безопасности преобразователя		Защита от короткого замыкания: 1. между выходными фазами. 2. между выходными фазами и землей. 3. на выходе внутренних

	источников питания. Тепловая защита от перегрева и тока перегрузки. Безопасность при перенапряжении и недонапряжении в сети. Обрыв фазы.
Защита двигателя	Встроенная тепловая защита с непрерывным расчетом I^2t с учетом скорости. Запоминание t двигателя после отключения.

Работа программируемого логического контроллера

Логический контроллер (ПЛК) дешевле микропроцессорного блока управления, при этом способен осуществить все необходимые для станции управления функции с высоким быстродействием и надежностью. Наличие датчиков обратной связи на исполнительном механизме, например, тахогенератора, сигнал с которого поступает на аналоговые входы ПЛК, позволяет корректировать работу электропривода в требуемом режиме. Логический контроллер (ПЛК) обрабатывает поступающие сигналы и формирует управляющее воздействие для корректировки установленного режима.

Таким образом, логический контроллер (ПЛК) обеспечивает полностью автоматический режим не только в рамках заданной программы, но и при изменении условий работы механизма ПЛК реагирует на появившиеся изменения, поддерживая параметры работы оборудования в заданных пределах. ПЛК способен принимать управляющие сигналы с пульта диспетчера и корректировать работу станции управления в соответствии с полученным указанием оператора установки, т. е. осуществлять дистанционное управление технологическим агрегатом.

Конструктивно станция управления представляет собой металлический шкаф для настенного или напольного монтажа. Лицевая сторона шкафа представляет собой дверцу с замком, на которой расположены органы управления и индикации. Конструкция станции управления обеспечивает лёгкий доступ к узлам в процессе монтажа и наладки.

Подключение кабелей ввода и вывода силовых напряжений может быть предусмотрено как снизу, так и сверху шкафа.

Аналогично и для кабелей ввода сигналов от датчиков и другой информации.

Отличительными особенностями конструкции являются:

применение качественных электротехнических шкафов из стали с покраской гарантирующей долговечность. Могут быть использованы шкафы из нержавеющей стали;

применение современной аппаратуры, выполненной в соответствии с международными стандартами и директивами.

Основные функции. СУО реализует следующие основные функции:

Плавный пуск, остановка и регулирование частоты вращения электродвигателя через ручной задатчик скорости вращения;

При наличии датчика поддержание технологических параметров и режимов;

Ручное переключение электродвигателя на работу от сети при аварии ПЧ/УПП;

Пуск/Стоп электродвигателя с поста местного управления;

Пуск/Стоп электродвигателя системой автоматизированного управления;

Отключение питания СУО системой автоматизированного управления (аварийное);

Аварийная остановка электродвигателя с поста местного управления;

Аварийная остановка электродвигателя системой автоматизированного управления;

Обобщенная сигнализация о работе и неисправности с передачей внешним потребителям;

Дистанционное управление/контроль насосного агрегата через интерфейс RS-485 по одному из стандартных протоколов обмена данными.

Режимы работы

1. Включение любого электродвигателя с плавным разгоном. Поддержание заданной частоты вращения/момента нагрузки электродвигателя.

2. Контролируемая плавная остановка любого из электродвигателей.

3. Управление исполнительными механизмами технологического оборудования дискретным или аналоговым заданием.

4. Аварийная остановка электродвигателей с последовательным отключением каждого в режиме динамического торможения.

5. Аварийная остановка электродвигателей в режиме свободного выбега.

6. Дистанционное обесточивание всех аппаратов станции управления.

Примечание. Уровень сигналов на всех каналах управления $\sim 220\text{В}$ или $\sim 24\text{В}$ (формулируется при заказе).

Изучив данную тему, студент должен:

- знать отличительные характеристики контроллеров;
- уметь производить расчет преобразователей.

При изучении темы 5 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]
- акцентировать внимание на следующих понятиях: программы для регулирующих и логических контроллеров, шаги программирования в CoDeSys, проектирование управляющего устройства.

Для самооценки темы 5 ответить на вопросы:

1. Способен ли логический контроллер осуществить необходимые для станции управления функции с высокой надежностью?
2. Способен ли логический контроллер осуществить дистанционное управление технологическим агрегатом?
3. Для каких целей предназначен логический контроллер?

Практическая работа 6. Расчет исполнительных механизмов

Цель работы: Уметь проводить расчет исполнительных механизмов

Теоретические сведения

Исполнительное устройство предназначено для реализации сигнала управления, вырабатываемого регулируемым устройством автоматического регулятора. Состоит из двух функциональных блоков: собственно исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и регулирующего органа, например регулирующего клапана, и может оснащаться дополнительными блоками. Устройства такого типа включают: электрические двигатели, электрические, пневматические или гидравлические приводы, релейные устройства, электростатические двигатели, хватяющие механизмы роботов, приводы их движущихся частей, включая соленоидные приводы и приводы типа «звуковая катушка». Исполнительные механизмы предназначены для управления регулирующими органами в соответствии с выходным сигналом регулирующего органа.

Для объективной оценки параметров и характеристик исполнительных механизмов необходимо определить основные требования, предъявляемые к ним со стороны регулирующего органа и системы регулирования в целом.

Необходимым условием качественной работы системы автоматического регулирования является правильный расчет и выбор исполнительного устройства.

Расчет реле.

Выдержка времени реле POB должна обеспечивать надежное включение регулятора тока. Эта выдержка:

$$t = t_{\epsilon, \epsilon} + \Delta t$$

где $t_{\epsilon, \epsilon}$ - полное время включения регулятора с учетом привода;

Δt = - запас надежности по времени.

Выдержка времени реле времени KT :

$$t^{KT} = t_{з, пр} + \Delta t$$

где $t_{з, пр}$ - наибольшая выдержка времени защиты присоединений, отходящих от шин п/ст. B ;

Δt - ступень избирательности.

Напряжение срабатывания реле $KVЗ$ выбирают, исходя из следующих условий:

$$U^{KVЗ} \leq \frac{k_{в\phi\phi}}{k_n k_{m.n.}} U_{\min}$$

где $k_{\text{воз}}$ – коэффициент возврата;
 $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности;
 $k_{\text{т,н}}$ – коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

Расчет МЭО.

Для управления регулирующим органом применяются электрические исполнительные механизмы однооборотные. Это исполнительные механизмы с постоянной скоростью, у которых выходное устройство осуществляет вращательное движение в пределах 0,25 или 0,63 оборота.

К основным элементам МЭО относятся: электродвигатель, редуктор, понижающий число оборотов, выходное устройство для соединения с регулирующим органом, ручной привод, электромагнитный тормоз, устройство обратной связи, дистанционный указатель положения и сигнализации.

Выбор исполнительного механизма осуществляется по перестановочному усилию, необходимому для перемещения затвора регулирующего органа:

$$N_n = n (N_c + N_g + N_{\text{ш}} + N_{\text{тр}})$$

где N_n – перестановочное усилие, которое должен развивать исполнительный механизм, Н;

n – коэффициент запаса, $1,2 \div 1,3$;

N_c – усилие статической неуравновешенности, Н;

N_g – усилие динамической неуравновешенности, Н;

$N_{\text{ш}}$ – давление среды на шток, Н;

$N_{\text{тр}}$ – сила трения, шток – направляющая втулка.

Усилие N_c для односедельного регулирующего органа

$$N_c = \Delta P_{\text{max}} \cdot \Delta F_3 \cdot 10^6$$

где ΔP_{max} – максимальный перепад давления на РО, МПа;

ΔF_3 – неуравновешенная площадь затвора, м²

Неуравновешенная площадь затвора определяется по формуле:

$$\Delta F_3 = 0,785 \cdot \left(\frac{D_3^2}{3} - d_{\text{ш}}^2 \right)$$

где D_3 – наружный диаметр затвора односедельного клапана, $0,012 \div 0,015$ м; $d_{\text{ш}}$ – диаметр штока, $0,01$ м.

Определяется усилие динамической неуравновешенности:

$$N_g = F F_c^2 \frac{w_{cp}^2}{2g} \cdot p \cdot \left(2,5 + 19 \cdot \frac{b-0,1d}{d} + \left(\frac{d}{2,45 \cdot S} \right)^2 \right) \cdot 9,8$$

где N_g – условие динамической неуравновешенности, Н;

F_c – площадь прохода седла, м^2 ;

ω_c – средняя скорость среды, м/с ;

ρ – плотность среды, т/м^3 ;

g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$;

d – диаметр поршня, м ;

b – ширина опорной поверхности, м ;

S – перемещение затвора, м .

Определяется давление среды на шток по формуле:

$$N_{\text{ш}} = 0,785 \cdot d_{\text{ш}}^2 \cdot P_{\text{и}} \cdot 10^6,$$

где $P_{\text{и}}$ – избыточное давление регулируемой среды, МПа ;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр штока, м .

Избыточное давление измеряемой среды определяется по формуле:

$$P_{\text{и}} = P_o - 0,1$$

где P_o – давление до регулируемого органа, МПа .

Определяется сила трения между штоком и направляющей втулкой:

$$N_{\text{тр}} = \mu_{\text{т}} \cdot \frac{a_1}{l_1} \cdot N_{\text{ш}},$$

где $\mu_{\text{т}}$ – коэффициент трения ($\mu_{\text{т}} = 0,07 \div 0,15$)

a_1 – зазор между втулкой и штоком, м ;

l – длина втулки, м ;

$N_{\text{ш}}$ – нагрузка на шток, Н .

Определяется крутящий момент на валу исполнительного механизма:

$$M = N_{\text{н}} \cdot l,$$

где M – крутящий момент на валу исполнительного механизма, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$N_{\text{н}}$ – перестановочное усилие, необходимое для перемещения регулирующего органа, Н ; l – длина выходного рычага, $0,23 \text{ м}$.

Изучив данную тему, студент должен:

-знать отличительные характеристики исполнительных механизмов;

- уметь проводить расчет исполнительных механизмов.

При изучении темы 6 необходимо:

- читать учебные пособия [1-6]

- акцентировать внимание на следующих понятиях: собственно исполнительное устройство (исполнительный механизм), регулирующего органа, регулирующего клапана,
Для самооценки темы 6 ответить на вопросы:

1. Для чего предназначены исполнительные механизмы?
2. Какие механизмы применяются для управления регулирующим органом?
3. Что является необходимым условием качественной работы системы автоматического регулирования?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства»
для студентов направления подготовки
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль)
Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Ставрополь 2026 г.

ПЕРЕЧЕНЬ И ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа 1. Изучение и исследование характеристик элементной базы ТСА

Лабораторная работа 2. Изучение принципа действия, устройства и определение статических и динамических характеристик преобразователей

Лабораторная работа 3. Изучение работы регуляторов, функциональных блоков, станций управления

Лабораторная работа 4. Изучение работы программируемых логических контроллеров

Лабораторная работа 5. Изучение конструкции и определение характеристик исполнительных механизмов систем управления

Лабораторная работа 1. Изучение и исследование характеристик элементной базы ТСА

Цель работы: Изучить характеристики элементной базы ТСА

Теоретические сведения

Качество функционирования систем автоматизации в значительной мере зависит от использованной в ней элементной базы (технических средств автоматизации). По конструктивным и функциональным признакам технические средства автоматизации (ТСА) подразделяют на элементы и устройства. Элементы

выполняют одну простейшую операцию с сигналами, а для сложных преобразований сигналов (выполнения математических операций, кодирования, дешифрования, запоминания многоразрядных кодов) служат совокупности, определенным образом соединенных элементов, называемых устройствами или узлами. Совокупность же элементов, устройств (узлов) и объекта для реализации всей поставленной задачи представляет собой систему автоматизации (следящая система, система автоматического контроля, АСУТП и др.).

Элементы автоматики классифицируют по разным признакам. По назначению различают **чувствительные (измерительные), промежуточные и исполнительные элементы**. Промежуточные элементы служат для преобразования значения или физической природы сигнала, поступающего от чувствительного элемента, в сигнал, обеспечивающий работу исполнительного элемента, который осуществляет управляющее воздействие непосредственно на объект автоматизации.

По наличию вспомогательного источника энергии элементы делят на активные, в которых входная величина только управляет, как, например, в усилителях, поступлением энергии вспомогательного источника на выход элемента, и пассивные, в которых энергия выходного сигнала является частью энергии входного сигнала, как, например, у регуляторов прямого действия.

По виду энергии вспомогательного источника элементы разделяют на **электрические, механические, пневматические, гидравлические и комбинированные**. По виду статистической характеристики «вход – выход» элементы делят на непрерывные, у которых плавному изменению входной величины соответствует плавное изменение выходной, и дискретные, когда при плавном изменении входной величины, выходная претерпевает скачкообразные изменения (двухпозиционное реле). По виду уравнений статики и динамики различают линейные и нелинейные элементы. По принципу действия элементы подразделяют на электрические, пневматические, гидравлические, механические. По реакции на изменение знака или фазы входного сигнала элементы относят к реверсивным, если при этом изменяется полярность или фаза выходного сигнала, и нереверсивным, в противном случае.

Каждому значению входного сигнала элемента соответствует определенное значение сигнала на его выходе. Зависимость «вход -

выход» в установившемся режиме определяет статистическую характеристику элемента. Так как возмущающие и управляющие воздействия на систему изменяются во времени, то входные и выходные сигналы ее элементов также непостоянны, то есть значительную часть времени система и ее элементы работают в переходном режиме.

Так как реальным элементам присуща инерционность, то при временном изменении входного сигнала, соответствующий каждому его значению выход, по статической характеристике устанавливается не сразу, а спустя некоторое время, определяемое динамическими свойствами элемента. Динамические свойства элементов, то есть изменение их свойств во времени в переходном режиме, определяются с помощью дифференциальных уравнений, представляющих собой математическое описание динамических процессов, протекающих при функционировании элементов и, называемых уравнениями динамики. Составляются уравнения динамики на основе глубокого анализа физических явлений при функционировании элементов, а решение их позволяет оценить динамические свойства элементов.

Для обеспечения техническими средствами систем контроля, управления и регулирования технологическими процессами различные отрасли народного хозяйства, создана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП).

В основу создания и совершенствования ГСП положены следующие системотехнические принципы:

- типизация и минимизация;
- многообразие функций автоматического контроля;
- многообразие функций управления и регулирования;
- минимизация номенклатуры технических средств;
- блочно - модульное построение систем управления на базе унифицированных приборов и устройств;
- совместимость приборов и устройств.

Минимизация номенклатуры средств контроля и управления реализуется на основе двух идей:

- унификация устройств одного функционального назначения;
- агрегатирование комплекса технических средств для решения крупных функциональных задач.

Процесс минимизации начинается с отбора некоторых основных параметров приборов и устройств, выделения из их числа главного параметра и установления минимально необходимого числа устройств для перекрытия всего диапазона изменения главного параметра.

Агрегатные комплексы (АК) представляют собой совокупность технических средств, охватывающих требуемые диапазоны измерения в различных условиях эксплуатации и, обеспечивающих выполнение всех функций в пределах заданного класса задач.

При проектировании изделий ГСП, исключая уровень чувствительных элементов (датчиков), в качестве конструктивной основы используют унифицированные типовые (модульные) конструкции (УТК). Все детали и узлы комплекса разделены на четыре категории изделий таким образом, что элементы изделий низшего порядка предназначены для преобразования в элементы изделий высшего порядка.

Заложенные в ГСП общие для всех изделий понятия совместимости можно сформулировать следующим образом:

информационная совместимость – это совокупность стандартизированных характеристик, обеспечивающих согласованность сигналов связи по виду и номенклатуре, их информативным параметрам, уровням, пространственно – временным соотношениям, логическим соотношениям, типу логики.

конструктивная совместимость – это совокупность свойств, обеспечивающих способность конструктивных параметров и механическое сопряжение технических средств, а также выполнение эргономических норм и эстетических требований при совместном использовании;

эксплуатационная совместимость – совокупность свойств, обеспечивающих работоспособность и надежность функционирования технических средств при совместном использовании в производственных условиях, а также удобство обслуживания, настройки и ремонта.

метрологическая совместимость – совокупность выбранных метрологических характеристик и свойств средств измерений, обеспечивающих сопоставимость результатов измерений и

возможность расчета погрешности результатов измерений, при работе технических средств в составе системы.

По роду используемой энергии носителя информационных сигналов устройства ГСП делятся на:

электрические;

пневматические;

гидравлические;

устройства, работающие без использования вспомогательной энергии – приборы и регуляторы прямого действия.

Достоинствами электрических приборов являются, в первую очередь, высокая чувствительность, точность, быстроедействие, удобство передачи, хранения и обработки информации. Пневматические приборы обеспечивают повышенную безопасность при применении в легко воспламеняемых и взрывоопасных средах, в агрессивной атмосфере и в помещениях с повышенной влажностью воздуха. Гидравлические приборы позволяют получать точные перемещения исполнительных механизмов.

Более крупная классификационная группировка, чем тип, это комплекс. В ГСП различают два типа комплексов: - унифицированные; - агрегатные.

Отличительной особенностью унифицированного комплекса является то, что любые сочетания технических средств комплекса между собой не приводят к реализации этими средствами новых функций. В агрегатных комплексах сочетанием технических средств можно реализовать новые функции.

ГСП представляет собой большой, сложный и непрерывно развивающийся комплекс приборов и устройств, серийно выпускаемых промышленностью и, предназначенных для автоматизации контроля, регулирования и управления различными технологическими процессами и оборудованием.

По функциональному признаку все изделия ГСП разделены на следующие группы устройств:

получения информации о состоянии процесса или объекта: датчики, нормирующие преобразователи, формирующие унифицированный сигнал связи.;

приема, преобразования и передачи информации: коммутаторы измерительных цепей, преобразователи сигналов и кодов, шифраторы и дешифраторы, согласующие устройства, средства телесигнализации, телеизмерения и телеуправления;

формирования команд управления: анализаторы сигналов, функциональные и операционные преобразователи, логические устройства и устройства памяти, задатчики, регуляторы, управляющие вычислительные устройства и комплексы;

использования командной информации: исполнительные устройства – электрические, пневматические, гидравлические или комбинированные исполнительные механизмы, усилители мощности вспомогательные устройства к ним, а также устройства представления информации.

Обмен информацией между техническими средствами ГСП реализуется при помощи сигналов связи и интерфейсов. Информационные сигналы могут быть представлены в естественном или унифицированном виде. Естественным сигналом называется сигнал чувствительного элемента (датчика), вид и диапазон изменения которого определяется физическими свойствами элемента. У унифицированного сигнала вид носителя информации и диапазон его изменения не зависит от измеряемой величины и метода измерения.

При создании сложных систем, особенно на базе микропроцессорных устройств и вычислительных средств, обмен информацией между техническими средствами верхнего уровня осуществляется с помощью интерфейсов.

По определению интерфейс состоит из программной и аппаратной частей. Программная (информационная) часть определяет порядок обмена сигналами и информацией (алгоритмы, временные диаграммы и т.д.). Аппаратная часть (интерфейсные карты, платы) позволяют осуществлять информационный обмен управляющими, адресными и другими сигналами между функциональными модулями.

Интерфейсы определяют скорость сбора информации, загрузки памяти ЭВМ или контроллера, стоимость аппаратуры, поэтому в настоящее время ведутся интенсивные работы по созданию рациональных интерфейсов.

Форма защиты работы

1. Написать отчет по проделанной работе. В отчете представить результат выполненных заданий.

2. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой элементы и устройства.?
2. По каким признакам классифицируют элементы автоматики?
3. С какой целью создана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) и что она представляет?
4. Какие сигналы являются естественными, а какие унифицированными?

Лабораторная работа 2. Изучение принципа действия, устройства и определение статических и динамических характеристик преобразователей

Цель работы: Научиться определять статические и динамические характеристики преобразователей

Теоретические сведения

Определение статических характеристик.

Статической характеристикой измерительного устройства называют функциональную зависимость выходного Y сигнала от входного X в статическом режиме работы указанного устройства. Статическая характеристика описывается в общем случае некоторым нелинейным уравнением (уравнением преобразования): $Y = f(X)$.

Для измерительных преобразователей и измерительных приборов с неименованной шкалой или со шкалой, отградуированной в единицах, отличных от единиц измеряемой величины, статическую характеристику принято называть *функцией преобразования*. Для измерительных приборов иногда статическую характеристику называют *характеристикой шкалы*.

Определение статической характеристики связано с выполнением градуировки, поэтому для всех средств измерений используют понятие *градуировочной*

характеристики, под которым понимают зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений, составленную в виде таблицы, графика или формулы.

Основное требование, предъявляемое к статической характеристики измерительных устройств – получение линейной зависимости между выходной и входной величинами. Кроме статической характеристики для определения метрологических свойств измерительных устройств используется ряд параметров: *начальное и конечное значения шкалы, диапазон показаний и измерений, верхний и нижний пределы измерений*.

Диапазон измерений часто называют *рабочим диапазоном преобразований* – разность значений верхнего и нижнего пределов измерений по входной и выходной величинам ($X_v - X_n, Y_v - Y_n$).

Статической характеристики служит предел отношения приращения ΔY выходного сигнала к приращению ΔX входного сигнала, когда последнее стремится к нулю, т.е. производная в выбранной точке:

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} (\Delta Y / \Delta X) = dY/dX, \text{ при}$$

Применительно к измерительным приборам этот параметр называют *чувствительностью* и определяют как отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Если статическая характеристика измерительного прибора нелинейна, то его чувствительность будет различной в разных точках характеристики, а шкала прибора - неравномерной.

Коэффициент преобразования - отношение приращения ΔY сигнала на выходе преобразователя к вызвавшему его приращению ΔX входного сигнала:

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_v - Y_n}{X_v - X_n} .$$

Для измерительных приборов важным параметром является *цена деления*, определяемая как разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Физически цена деления определяется количеством единиц

входной величины, содержащихся в одном делении шкалы измерительного прибора:

$$\frac{K_{ЗШ} - H_{ЗШ}}{n}$$

где n -

число делений шкалы.

Порог чувствительности (реагирования) – наименьшее изменение входного сигнала, которое вызывает изменение выходного сигнала. Различают номинальную функцию преобразования и реальную функцию преобразования.

Размахом (непостоянством) R выходного сигнала измерительного преобразователя (показаний измерительного прибора) называют разность между наибольшим и наименьшим значениями выходного сигнала, соответствующими одному и тому же значению измеряемой величины и полученными при многократном и одностороннем подходе к этому значению, т.е. при постепенном увеличении или уменьшении измеряемой величины.

Вариацией W выходного сигнала измерительного преобразователя (показаний измерительного прибора) называют среднюю разность между значениями выходного сигнала, соответствующими одному и тому же значению измеряемой величины, полученными при многократном подходе к этому значению: $W = Y_{пр} - Y_{обр}$.

Определение динамических характеристик.

Режим работы измерительного устройства, при котором значения выходного и входного сигналов изменяются во времени, называют динамическим (нестационарным или неравновесным).

Многие измерительные устройства имеют в своем составе инерционные элементы: подвижные механические узлы, электрические и пневматические емкости, индуктивности, элементы, обладающие тепловой инерцией и т.п. Наличие инерционных элементов определяет инерционность всего измерительного устройства, т.е. приводит к тому, что в динамическом режиме мгновенное значение выходного сигнала измерительного устройства зависит не только от мгновенного значения входного сигнала, но и от любых изменений этого сигнала, т.е. от его первой, второй производных и производных

более высокого порядка. Указанные инерционные свойства измерительных устройств определяют динамической характеристикой.

Динамическая характеристика измерительного устройства - это зависимость выходного сигнала от входного в динамическом режиме работы.

Динамическую характеристику измерительного устройства принято описывать дифференциальным уравнением, передаточной или комплексной частотной функциями.

В большинстве случаев динамическая характеристика измерительных устройств в линейной части статической характеристики (для измерительных устройств с линейной статической характеристикой во всем диапазоне преобразований) может быть описана дифференциальным уравнением вида:

$$a_n \frac{d^n Y(\tau)}{d\tau^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} Y(\tau)}{d\tau^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dY(\tau)}{d\tau} + Y(t) = KX(t),$$

или соответствующей передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{K}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + 1},$$

либо

$$Y(p) = W(p) \times X(p),$$

где $Y(t)$ и $X(t)$ - выходной и входной сигналы измерительного устройства как функции времени;

n - число, определяющее порядок производной;

$Y(p)$ и $X(p)$ - изображения выходной и входной величин, получаемые с помощью преобразований Лапласа.

Передаточную функцию $W(p)$ можно рассматривать как коэффициент преобразования измерительного устройства в динамическом режиме. Передаточная функция является исчерпывающей характеристикой инерционных свойств измерительного устройства. Она позволяет определять реакцию измерительного устройства на входные сигналы, изменяющиеся во времени по любому закону. Передаточную функцию измерительных устройств удобно использовать при анализе работы

в автоматических системах регулирования. Ее определяют обычно через переходную или временную характеристику, которая определяется как изменение во времени выходного сигнала $Y(t)$ измерительного устройства при подаче на его вход скачкообразного сигнала, равного по значению единице входной величины. Если высота скачкообразного входного сигнала не равна единице, а имеет некоторое значение X_A , то по переходной характеристике можно определить выходной сигнал, используя выражение:

$$Y(t) = h(t) \times X_A.$$

устройств по переходным характеристикам обычно используют заимствованное из теории автоматического регулирования понятие динамического звена. Переходные характеристики и передаточные функции типовых динамических звеньев известны, что позволяет по форме переходной характеристики измерительного устройства отождествить его с каким-либо типовым динамическим звеном, а следовательно, определить форму передаточной функции испытываемого измерительного устройства.

Колебательное динамическое звено и измерительное устройство, в котором имеет место переходный процесс, можно рассматривать как соединение двух инерционных звеньев с постоянными времени T_1 и T_2 . При этом в зависимости от соотношения T_1 и T_2 переходный процесс будет различен.

Переходные процессы, описывающие динамику измерительного устройства, имеет порядок более, чем второй. В этих случаях принято рассматривать измерительные устройства как совокупность нескольких соединенных последовательно типовых динамических звеньев. Для всех измерительных устройств важным является время установления выходного сигнала T_p , которое также называют временем реакции. Оно представляет собой отрезок времени, необходимый для завершения переходного процесса при скачкообразном изменении входного сигнала.

Так как в основном все переходные процессы заканчиваются при бесконечном значении времени, то за время реакции T_p обычно принимают время, за которое выходной сигнал измерительного устройства, приближаясь к новому установившемуся значению, входит в некоторую зону, отличающуюся от этого значения на $\pm$

5% от изменения выходного сигнала, соответствующего данному скачкообразному входному сигналу.

Значение времени реакции может быть приближенно определено через постоянную времени измерительного устройства из соотношения:

$$T_p = (3 - 5) \times T.$$

Дифференциальные уравнения и передаточные функции наиболее типичных по инерционным свойствам измерительных устройств приведены в таблице:

Рисунок	Дифференциальное уравнение	Передаточная функция
а	$Y(t) = KX(t)$	K
б	$T \frac{dd(t)}{dt} + Y(t) = KX(t)$	$\frac{K}{Tp + 1}$
в	$T_2^2 \frac{d^2dd(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dd(t)}{dt} + Y(t) = KX(t)$	$\frac{K}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
г	$T \frac{dd(t)}{dt} + Y(t) = KX(t - t_3)$	$\frac{K}{e^{-mzp} Tp + 1}$
д	$T_2^2 \frac{d^2dd(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dd(t)}{dt} + Y(t) = KX(t - t_3)$	$\frac{K}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} e^{-mzp}$

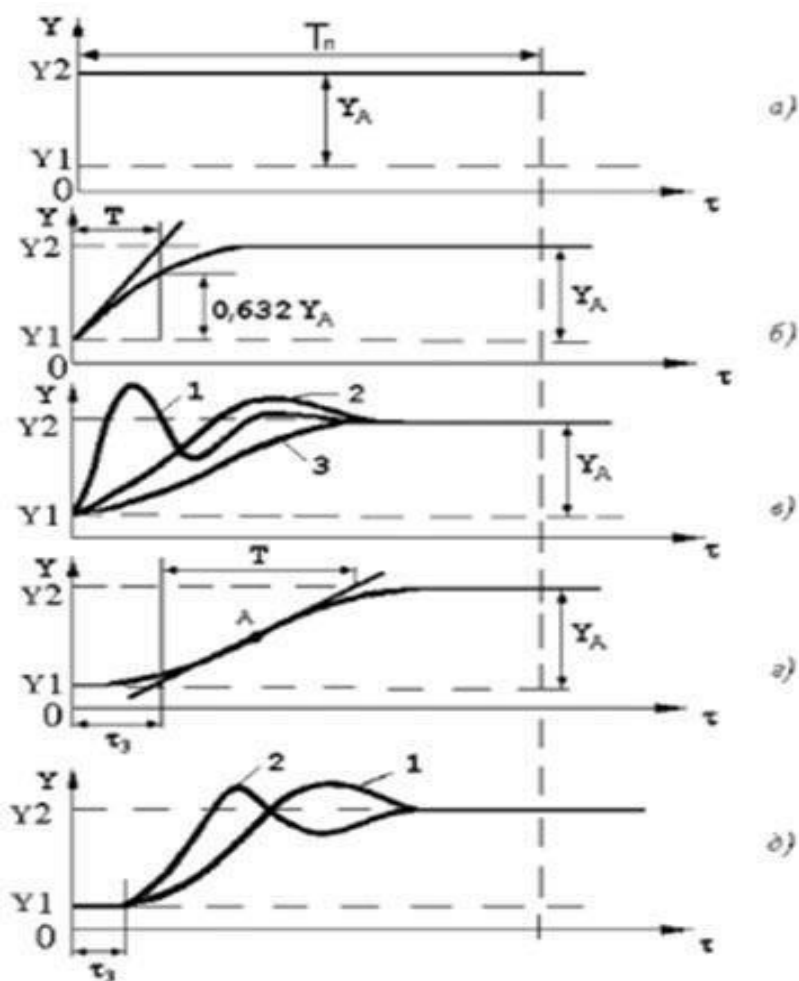


Рисунок 1. Переходные процессы.

Форма защиты работы

1. Написать отчет по проделанной работе. В отчете представить результат выполненных заданий.
2. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что называется *функцией преобразования*. измерительных приборов?
2. Что называют *рабочим диапазоном преобразований*?
3. Что называют *коэффициентом преобразования*?
4. Что характеризует *динамическая характеристика*?

5. Что характеризует *статическая характеристика*?

Лабораторная работа 3. Изучение работы регуляторов, функциональных блоков, станций управления

Цель работы: Изучить работу регуляторов.

Теоретические сведения

Регулятор — устройство, которое следит за состоянием объекта управления как системы и вырабатывает для неё управляющие сигналы. Регуляторы следят за изменением некоторых параметров объекта управления (непосредственно, либо с помощью наблюдателей) и реагируют на их изменение с помощью некоторых алгоритмов управления в соответствии с заданным качеством управления.

Регуляторы в подавляющем большинстве работают по принципу отрицательной обратной связи с целью компенсировать внешние возмущения, действующие на объект управления и отработать заданный извне или заложенный в системе закон управления (программу). Примером может служить регулятор скорости двигателя.

Критерии оценки качества регулирования: скорость регулирования, точность, как установившаяся ошибка и как величина перерегулирования; запас устойчивости и отсутствие колебаний, в том числе затухающих.

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор — устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интеграл сигнала рассогласования, третье — производная сигнала рассогласования.

Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины

от заданного значения, наблюдаемому в данный момент времени. Он тем больше, чем больше это отклонение. Если входной сигнал равен заданному значению, то выходной равен нулю.

При использовании только пропорционального регулятора значение регулируемой величины никогда не стабилизируется на заданном значении. Существует статическая ошибка, которая равна такому отклонению регулируемой величины, которое обеспечивает выходной сигнал, стабилизирующий выходную величину именно на этом значении. Чем больше коэффициент пропорциональности между входным и выходным сигналом (коэффициент усиления), тем меньше статическая ошибка, однако при слишком большом коэффициенте усиления при наличии задержек (запаздывания) в системе могут начаться автоколебания, а при дальнейшем увеличении коэффициента система может потерять устойчивость.

Интегрирующая составляющая пропорциональна интегралу по времени от отклонения регулируемой величины. Её используют для устранения статической ошибки. Она позволяет регулятору со временем учесть статическую ошибку.

Если система не испытывает внешних возмущений, то через некоторое время регулируемая величина стабилизируется на заданном значении, сигнал пропорциональной составляющей будет равен нулю, а выходной сигнал будет полностью обеспечиваться интегрирующей составляющей. Тем не менее, интегрирующая составляющая также может приводить к автоколебаниям при неправильном выборе её коэффициента.

Дифференцирующая составляющая пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем. Отклонения могут быть вызваны внешними возмущениями или запаздыванием воздействия регулятора на систему.

Функциональные блоки.

Для обеспечения совместимости и взаимозаменяемости между собой всех устройств, входящих в систему и выпускаемых разными производителями был разработан **международный стандарт МЭК 61499 "Функциональные блоки для промышленных систем управления"**. Он используют три уровня иерархии моделей при разработке распределенных систем: модель системы, модель физических устройств и модель функциональных блоков. Модели

всех уровней в соответствии со стандартом представляются в виде функциональных блоков, которые описывают процесс передачи и обработки информации в системе.

Особенностью функциональных блоков стандарта МЭК 61499 является то, что они учитывают не только традиционное инициирование выполнения алгоритма с помощью тактирования или временного расписания, но и по признаку наступления некоторых событий (событийное управление). Событийное управление является более общим, а тактирование можно рассматривать как его частный случай, заключающийся в периодическом появлении одного и того же события (сигнала тактирования).

Функциональные блоки (ФБ) могут быть использованы также для поддержания всего жизненного цикла системы, включая проектирование, изготовление, функционирование, валидацию и обслуживание.

Программное приложение состоит из сети функциональных блоков ветви которой переносят данные и события. Поток событий определяет выполнение алгоритмов, содержащихся в функциональных блоках. В состав функциональных блоков могут входить и другие программные приложения (суб-приложения).

Программные приложения могут быть распределены между несколькими ресурсами в одном или в нескольких устройствах (ПЛК). Ресурс реагирует на события, поступающие из интерфейсов, следующими способами:

- планированием и исполнением алгоритма;
- модифицированием переменных;
- генерацией ответных событий;
- взаимодействием с интерфейсами.

Станции Управления (СУ) предназначены для управления, защиты и контроля параметров. В СУ реализованы решения, конструкции и компоненты, которые обеспечивают оптимальное соответствие эксплуатационным условиям.

Станции Управления с прямым и плавным пуском

Имеют большой набор функций управления и защиты и удобную компоновку. Станции управления с прямым и плавным пуском оборудованы устройством памяти, которое позволяет записать в реальном времени информацию о работе погружной установки, а так же зафиксировать все изменения установок с

указанием даты и времени изменения. Эту информацию можно скачать через COM-PORT в портативный компьютер, записать в систему телемеханики по интерфейсу, скачать в переносной блок считывания и ввода параметров или записать на устройство флэш-накопитель через USB интерфейс. За счет стандартной механической и электрической блокировки, а также предохранительных устройств, включая отдельные высоковольтные и низковольтные отсеки, достигается высокий уровень безопасности оператора. Для защиты оборудования во всех диапазонах напряжения используются вакуумные контакторы и трансформаторы напряжения с плавкими предохранителями, на случай аварии имеется быстродействующий разъединитель.

Оснащены контроллером, имеющим 4 степени защиты от несанкционированного доступа к изменению уставок, встроенным жидкокристаллическим дисплеем и энергонезависимой памятью. Шкафы рассчитаны на эксплуатацию на открытом воздухе со степенью защиты IP43. Диапазон рабочих температур составляет от -60 °С до +50 °С.

Станции Управления с частотным регулированием

Станции Управления с частотным преобразователем отличается гибкостью настроек. Программно-аппаратное обеспечение, ориентированное на конкретное применение, обеспечивает управление с возможностью регулирования настроек, включая частоту, темп разгона и торможения, автоматический перезапуск, периодичность повторных операций и задержек и методы останова.

Станции Управления с частотным регулированием выпускаются с современным синусным фильтром гармонических колебаний для обеспечения кривой выходного сигнала наиболее близкой к синусоидальной с минимальным количеством гармоник, что позволяет сократить до минимума вредное электростатическое напряжение, воздействующее на двигатель, силовой кабель и другие электрические элементы.

Преимущества Станций управления с частотным регулированием следующие:

- возможность настройки параметров ЭЦН в соответствии с изменением скважинных условий для оптимизации работы установки и достижения максимального дебита;

- бесперебойная работа погружной установки при кратковременных - до 2-х сек. отключениях силового питания (для УЭЦН с обратным клапаном);
- автоматическое удаление газовых пробок с помощью автоматического изменения частоты при возникновении недогрузки;
- расширенные возможности дистанционного мониторинга, связи и управления с использованием погружных датчиков;
- регулировка скорости по мере износа оборудования для сохранения уровня дебита и продления срока службы во избежание простоя из-за замены установки;
- получение максимальных пусковых моментов в режиме ограничения уровня пускового тока;
- частотный останов турбинного вращения с возможностью установки частоты перехвата турбинного вращения;
- ускоренный слив жидкости из НКТ (для УЭЦН без обратного клапана) после аварийной остановки насоса.

Форма защиты работы

1. Написать отчет по проделанной работе. В отчете представить результат выполненных заданий.
2. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой *регулятор*?
2. Что представляет собой *Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор*?
3. Охарактеризуйте *пропорциональную* и *интегрирующую* составляющие регулятора.
4. Назначение *Станции Управления (СУ)*

Лабораторная работа 4. Изучение работы программируемых логических контроллеров.

Цель работы: Изучить работу программируемых логических контроллеров.

Теоретические сведения.

Программируемый контроллер — электронная составляющая промышленного контроллера, компьютеризированного устройства, используемого для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.

ПЛК — программируемый логический контроллер, представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени.

ПЛК имеют ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в промышленности:

- в отличие от микроконтроллера, предназначенного для управления электронными устройствами — областью применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства в контексте производственного предприятия;
- в отличие от компьютеров, ориентированных на принятие решений и управление оператором, ПЛК ориентированы на работу с машинами через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы;
- в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливаются как самостоятельные изделия, отдельные от управляемого при его помощи оборудования.

Принцип работы ПЛК отличается от микропроцессорных устройств. Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть это системное программное обеспечение — управляет работой узлов контроллера, взаимосвязи составляющих частей, внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. По включению

питания, ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд.

ПЛК работают циклически по методу периодического опроса входных данных. Время цикла может быть от единиц миллисекунд до единиц секунд, в зависимости от задач, которые на этот ПЛК возложены. Большинство ПЛК позволяют задавать время цикла разработчику программы, однако в некоторых моделях такой возможности нет. Многие ПЛК позволяют в одной программе создать более одной циклически выполняемой задачи, и задать приоритет для этих задач.

Рабочий цикл включает четыре фазы:

1. Опрос входов
2. Выполнение пользовательской программы
3. Установку значений выходов
4. Некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и т. д.).

Выполнение первой фазы обеспечивается системным программным обеспечением. После, управление передается прикладной программе, той программе, которая записана в память; по ее завершению управление опять передается системному уровню. Необходимо знать с какого входа приходит сигнал и как на него реагировать на выходах. Время реакции на событие зависит от времени выполнения одного цикла прикладной программы.

Обладая памятью, ПЛК в зависимости от предыстории событий, способен реагировать по-разному на текущие события. Возможности перепрограммирования, управления по времени, развитые вычислительные способности, включая цифровую обработку сигналов, поднимают ПЛК на более высокий уровень в отличие от простых комбинационных автоматов.

Существует три вида входов: дискретные, аналоговые и специальные.

Один дискретный вход ПЛК способен принимать один бинарный электрический сигнал, описываемый двумя состояниями – включен или выключен. Все дискретные входы контроллеров обычно рассчитаны на прием стандартных сигналов с уровнем 24 В постоянного тока.

Аналоговый электрический сигнал отражает уровень напряжения или тока, соответствующий некоторой физической

величине, в каждый момент времени. Это может быть температура, давление, вес, положение, скорость, частота и т. д.

Поскольку ПЛК является цифровой вычислительной машиной, аналоговые входные сигналы обязательно подвергаются аналого-цифровому преобразованию (АЦП). В результате, образуется дискретная переменная определенной разрядности. Как правило, в ПЛК применяются 8 - 12 разрядные преобразователи, что в большинстве случаев, исходя из современных требований по точности управления технологическими процессами, является достаточным. Кроме этого АЦП более высокой разрядности не оправдывают себя, в первую очередь из-за высокого уровня промышленных помех, характерных для условий работы контроллеров.

Необходимость применения специализированных входов возникает в случаях, когда непосредственная обработка некоторого сигнала программно затруднена. Наиболее часто ПЛК оснащаются специализированными счетными входами для измерения длительности, фиксации фронтов и подсчета импульсов. Вторым распространенным типом специализированных входов являются входы способные очень быстро запускать заданные пользовательские задачи с прерыванием выполнения основной программы – входы прерываний.

Интерфейсы ПЛК: RS-232, RS-485, ProfiBus, DeviceNet, ControlNet, CAN, Промышленный Ethernet.

Для программирования ПЛК используются стандартизированные языки МЭК (IEC) стандарта IEC61131-3. Этот стандарт требует от различных изготовителей ПЛК предлагать команды, являющиеся одинаковыми и по внешнему виду, и по действию.

Стандарт специфицирует 5 языков программирования:

Sequential Function Chart (SFC) – язык последовательных функциональных блоков – используется для программирования автоматов;

Function Block Diagram (FBD) – язык функциональных блоковых диаграмм;

Ladder Diagrams (LAD) – язык релейных диаграмм;

Statement List (STL) – язык структурированного текста, язык высокого уровня. Напоминает собой Паскаль

Instruction List (IL) – язык инструкций, это типичный ассемблер с аккумулятором и переходам по метке.

Язык LAD похож на электрические схемы релейной логики. Поэтому инженерам не знающим мудреных языков программирования, не составит труда написать программу. Язык FBD напоминает создание схем на логических элементах. При выборе специалисты основываются в основном на личном опыте.

Наибольшее распространение в настоящее время получили языки LAD, STL и FBD. Большинство фирм изготовители ПЛК традиционно имеют собственные фирменные наработки в области инструментального программного обеспечения. Например такие как «Concept» и «Siemens».

Форма защиты работы

1. Написать отчет по проделанной работе. В отчете представить результат выполненных заданий.
2. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что представляет программируемый контроллер и его назначение.
2. Назовите особенности ПЛК, отличающие его от прочих электронных приборов, применяемых в промышленности?
3. Какие языки используются для программирования ПЛК?

Лабораторная работа 5. Изучение конструкции и определение характеристик исполнительных механизмов.

Цель работы: Изучить конструкции исполнительных механизмов

Теоретические сведения

Исполнительное устройство — устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: собственно исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и

регулирующего органа, например регулирующего клапана, и может оснащаться дополнительными блоками.

Под исполнительным устройством (также называют актуатор) в теории автоматического управления понимают устройство, передающее воздействие с управляющего устройства на объект управления. Иногда рассматривается как составная часть объекта управления. Управляющим устройством может быть любая динамическая система.

Исполнительные механизмы иногда называют сервомеханизмами, сервоприводами и даже сервомоторами. Предназначены для силового воздействия на конечное звено автоматических систем - регулирующие органы (РО).

Классификация исполнительных механизмов.

По назначению:

- двухпозиционные (выполняют операцию типа «открыто - закрыто»);
- многопозиционные (выполняют ступенчатое или плавное (аналоговое) регулирование).

По принципу действия:

- электрические (электромагнитные, электродвигатели);
- пневматические (мембранные, поршневые);
- гидравлические.

По конструктивному признаку:

- поршневые (с поступательным и вращающим приводами);
- электромагнитные;
- мембранные;
- электромоторные;
- комбинированные.

По принципу воздействия на регулирующий орган:

- силовые (воздействие осуществляется с применением определенного усилия);
- параметрические (воздействие связано с изменением какого-либо параметра или состояния вещества).

Основными показателями исполнительных механизмов характеризующих их регулируемую способность является коэффициент усиления, а также скорость на выходе исполнительного механизма. По скорости на выходе, исполнительные механизмы делятся:

- сервомоторы с постоянной скоростью:

-сервомоторы с пропорциональной скоростью (синхронный двигатель).

Электрические серводвигатели (электродвигатели). Чаще всего представляют собой трех фазный асинхронный двигатель с рабочим напряжением 220 или 380 В и частотой вращения до 1400 об/мин. Обычно сочленяются с редукторами. На выходном валу крепится рычаг для соединения с регулирующим органом. Полный ход сервопривода такого рода соответствует повороту выходного вала на 90^0 . Время полного хода выходного вала называется временем привода. Электрический сервопривод выпускают нескольких модификаций с двигателями разной мощности. Сервоприводами малой мощности типа РМ и РМБ. У них мощность на выходном валу - от 0.15 до 0.25 кВт Вращающий момент выходного вала до 25 кг м. Сервоприводы большой мощности (РБ) могут создать на выходном валу до 100-400 кг м.

Однооборотные ИМ. Состоят из электродвигателя и силового редуктора: чаще всего в их состав входят концевые переключатели, датчик положения (индуктивный и потенциометрические преобразователи). Концевые выключатели - это контактные устройства, которые должны срабатывать при крайнем положении выходного вала. Датчиком положения называется преобразователь, по изменению параметров которого можно определить угол поворота выходного вала ИМ.

По построению схемы управления, бывают:

- механизмы с контактным управлением (реле, контакторы, магнитные пускатели).
- механизмы с бесконтактным управлением (магнитные усилители, тиристорные пусковые устройства).

Наиболее широко распространенными электрическим механизмом поворотного действия является МЭО (механизм электрический однооборотный).

Пусковые устройства. Являются исполнительными устройствами, предназначенными для пуска, остановок и реверса устройств типа МЭО. Встречаются схемы на тиристорах и симисторах. Так как тиристор не позволяет управлять переменным током, управление осуществляется диодной ячейкой (она представляет собой по двуполупериодный выпрямительный мост, в диагональ которого вместо сопротивления нагрузки включается

тиристор). Задача ячейки обеспечить подачу питания на электродвигатель.

Пускатель бесконтактный реверсивный (ПБР). Предназначен для управления однофазными РД (МЭО). Коммутация цепей - с помощью симисторов (коммутируют переменный ток). Управление осуществляется замыканием переключателей: либо М (прямое включение), либо Б (реверс). Б и М - «больше нормы» и «меньше нормы» соответственно.

Электромагнитные муфты. Муфты предназначены для соединения ведущего и ведомого валов, а электромагнитные являются сцепными муфтами, которые управляют электрическим сигналом.

Фрикционная муфта с сухим трением состоит из ведущего фланца, закрепленного на двигателе ведомого фланца, на котором закреплен специальный фрикционный материал (для повышения коэффициента трения). С ведомым фланцем жестко связан сердечник, расположенный в соленоиде и связанный с нагрузкой. Сердечник с помощью шлицевого соединения может перемещаться вдоль оси вала. При подаче $U_{ВХ}$ на катушку сердечник будет перемещаться под действием электромагнитных сил в направлении ведущего фланца. При этом происходит передача вращающего момента на нагрузку.

Исполнительные механизмы оказывают силовое воздействие на регулирующие органы. В свою очередь, регулирующие органы оказывают непосредственное воздействие на объект регулирования, то есть это элемент системы, который непосредственно изменяют параметры воздействия путем изменения количества вещества, энергии или состояния, подаваемых на вход регулирующего органа в зависимости от значений регулируемого параметра. Входной величиной регулируемого объекта может быть силовое воздействие (сила, давление), электрические величины (ток, напряжение), изменение состояния вещества.

Силовые характеристики регулирующих органов:

-диапазон регулирования - это изменение расхода вещества при перемещении РО из одного крайнего положение в другое.

Силовые характеристики регулирующих органов:

-диапазон регулирования - это изменение расхода вещества при перемещении РО из одного крайнего положение в другое.

- перемещающее усилие - это усилие, которое необходимо приложить к РО для его перемещения.

- расходная характеристика - это зависимость между изменением положения РО и расходом подаваемого в объект вещества (обычно в %). Следует учитывать, что расход подаваемого вещества зависит не только от свойств РО, но и от свойств подаваемого вещества: плотности, вязкости, текучести, условий работы РО (напора и тд).

Регулирующие клапаны. Под клапаном понимают регулирующий орган с поступательным перемещением затвора. По роду действия клапаны подразделяют:

прямого действия – запорное воздействие осуществляется вниз;

обратного действия – запорное воздействие осуществляется вверх.

Корпус клапанов чаще - чугунный. На повышенное давление - стальной. Конструкция большинства клапанов универсальна(можно собрать прямого и обратного действия). По форме корпуса клапаны могут быть прямыми (вход и выход в параллельных плоскостях); угловыми (вход и выход под прямым углом); 3-х ходовыми (вход и два выхода). Следует отметить, что двухседельные клапаны применяются в случаях повышения давления рабочей среды. В них давление подается между запорными устройствами, при этом выталкивающая сила будет перераспределена: половина действует вверх, половина - вниз. При этом выталкивающая сила существенно уменьшается.

Шиберы. Это регулирующие органы, у которых затвор перемещается прямолинейно в плоскости перпендикулярной движущемуся потоку. Часто называют задвижками. Бывают запорными (для отключения участков трубы); регулирующими (для регулирования площади проходного сечения, обычно регулируются потоки газа малых давлений (до 10 кН/м²)).

Заслонки. Поворотные заслонки служат для регулирования потока газа или пара в трубопроводах большого сечения. Обычно используется при избыточном давлении - до 98 кН/м². Иногда применяют при регулировании малых разрежений. В зависимости от сечения трубопровода, формы заслонок бывают: круглыми и прямоугольными, при чем прямоугольные могут быть однолопастными и многолопастными.

Регулирующие краны. Применяются для регулирования потоков вязких и агрессивных жидкостей. Применяются в трубопроводах малого диаметра. Состоят из двух основных деталей: корпуса и подвижной цилиндрической, а чаще конической, притертой к седлу, трубки. В трубке имеется сквозное отверстие, через которое проходит поток жидкости в открытом состоянии. При повороте одной пластины относительно другой и совмещения отверстий (частичном или полном) осуществляется регулирование расхода.

Недостатки: значительные усилия при повороте пробки; угол поворота пробки, необходимый для полного открытия или закрытия крана, достаточно мал поэтому быстрое открытие при высоких давлениях может привести к гидравлическому удару, поэтому краны в качестве РО применяются достаточно редко и при относительно низких давлениях

Форма защиты работы

1. Написать отчет по проделанной работе. В отчете представить результат выполненных заданий.
2. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что понимают под *исполнительным устройством*?
2. Как классифицируются исполнительные устройства?
3. Охарактеризуйте электромагнитные муфты, регулирующие клапаны, шиберы, заслонки, регулирующие краны.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине
«Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства»
для студентов направления подготовки
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль):
Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Ставрополь
2026

Содержание

Введение

Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Цели и основные задачи СРС

Виды самостоятельной работы

Организация СРС

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника.

Задачами дисциплины «Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства» являются:

- формирование у студентов представлений о возможностях использования интеллектуальных датчиков и интеллектуальных исполнительных устройств (ИИУС) для анализа и синтеза информационно-управляющих систем (ИУС);
- ознакомление студентов с современными методами получения и преобразования измерительной информации, с основами построения микропроцессорных и микроконтроллерных ИИУС;
- обучение студентов принципам анализа и синтеза ИИУС, построенных на различных принципах;
- приобретение студентами практических навыков и опыта разработки программных и аппаратных средств сопряжения ИИУС с объектами управления.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен проводить исследование, расчет и проектирование устройств, приборов и систем электронной техники в соответствии с техническим заданием	ИД-1ПК-1: Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в области электроники и нанoeлектроники.	Выполняет расчет схем и устройств различного функционального назначения на интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств
	ИД-3ПК-1: Разрабатывает конструкцию отдельных модулей, электронных приборов и устройств различного функционального назначения	Разрабатывает конструкцию устройств аналоговой и цифровой электроники бытового и промышленного назначения на интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств, а также программирует основные алгоритмы цифровой обработки одномерных и двумерных сигналов
ПК-2. Способен разрабатывать специализированное программное обеспечение интеллектуальных программируемых систем и устройств	ИД-1ПК-2 Интересуется современными тенденциями развития программных средств и языков программирования	Способен к самостоятельному поиску и анализу информации по тенденциям развития программных средств и языков программирования, используемых для разработки интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств
	ИД-2ПК-2 Использует теоретические знания и практические навыки, позволяющие строить алгоритмы, анализировать их	Способен применять теоретические знания и практические навыки для разработки алгоритмов цифровой обработки сигналов

	работу при разных входных данных и реализовать их при помощи современных языков программирования	и их реализации для интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств.
	ИД-Зпк-2 Использует языки программирования высокого уровня и профессиональные системы программирования, инструментальные средства при решении профессионально-прикладных задач в профессиональной сфере	Анализирует техническую документацию и выбирает языки программирования и архитектуру микропроцессорной системы для разработки интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА КАК ВАЖНЕЙШАЯ ФОРМА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования - "подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности".

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лабораторных занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. По данной дисциплине «Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства» предусмотрены следующие:

Использование материала учебно-методического комплекса дисциплины

На первом этапе необходимо ознакомиться с обязательным минимумом содержания основной образовательной программы по изучаемой дисциплине. Далее необходимо изучить рабочую программу дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с лабораторных занятий, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности, представленные в учебной программе по дисциплине «Основы нейронных сетей».

Работа с литературой

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, которые представлены в учебной программе.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

ЦЕЛИ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СРС

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателя по данной дисциплине являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к лабораторным работам, их оформление.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р).

ОРГАНИЗАЦИЯ СРС

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей дисциплины «Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства», объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с образовательными стандартами высшего образования;

– планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем;

– самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя;

– выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого программой по данной дисциплине:

– самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;

– предлагать темы и вопросы для самостоятельной проработки;

– в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;

– предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;

– использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;

– использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего бакалавра, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на лабораторных занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение — это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;

- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменной дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов)*, причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них — это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Самостоятельные занятия требуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА - НЕОБХОДИМОЕ ЗВЕНО СТАНОВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение

научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что она является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этого пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний, предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т. е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебы с будущей профессиональной деятельности

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ФОРМАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности.

Работа с литературой

При работе с литературой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой — это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. *Первичное* - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача *вторичного* чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель — извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
1. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

2. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

3. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи, с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет

всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.
2. Выделите главное, составьте план.
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Лабораторные занятия

Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью выполнения заданий лабораторной работы, поставленных задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном выполнении заданий нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что выполнение каждого учебного задания должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Выполнение заданий данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Самопроверка

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих заданий на лабораторных занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных материалов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при выполнении заданий у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзамену по дисциплине «Основы нейронных сетей».

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания.

Экзамен - форма промежуточной аттестации студентов по результатам освоения теоретических знаний, приобретения практических навыков и компетенций, целью которой является контроль результатов освоения студентами учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), их прочности, развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач. Экзамен может быть проведен в устной форме, в устно-письменной форме, в форме письменной работы или тестирования.

Число вопросов, включаемых в экзаменационный билет, должно быть не менее двух и не более пяти, при этом вопросы могут носить как теоретический, так и прикладной характер. На экзамен могут выноситься типовые задачи, проработанные в течение семестра на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы. Содержание вопросов и задач, включаемых в экзаменационный билет, должно соответствовать учебной программе дисциплины и фондам оценочных средств. Перечень примерных вопросов, заданий и критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций доводятся до сведения обучающихся в начале семестра изучения дисциплины.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные занятия по дисциплине в следующих формах: собеседование при защите лабораторной работы с предоставлением письменного отчета. Допуск к лабораторным

работам происходит при наличии у студентов печатного варианта отчета. Защита отчета проходит в форме собеседования. Максимальное количество баллов студент получает, если оформление отчета соответствует установленным требованиям, а отчет полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- не качественно выполненная работа на персональном компьютере,
- письменный отчет выполнен в небрежной форме и с ошибками,
- студент не дает исчерпывающий ответ на вопрос преподавателя,
- путается или затрудняется в демонстрации работы на компьютере.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- небрежное выполнение и с ошибками,
- сокращенное содержание отчета.

Критерии оценивания собеседования приведены в Фонде оценочных средств по дисциплине Основы нейронных сетей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Войтович И.Д. Интеллектуальные сенсоры / Войтович И.Д., Корсунский В.М.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 1164 с. [Электрон-ный ресурс]
2. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой и др. ; под ред. В. Шарапов, Е. Полищук. - М. : РИЦ "Техносфера", 2012. - 624 с. - ISBN 978-5-94836-316-5; [Электронный ресурс].

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

- 1 Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой и др. ; под ред. В. Шарапов, Е. Полищук. - М. : РИЦ "Техносфера", 2012. - 624 с. - ISBN 978-5-94836-316-5; [Электронный ресурс].
- 2 Яценков, В. С. Микроконтроллеры MicroCHIP : практ. руководство / В. С. Яценков. - 2-е изд. - М. : Горячая линия-Телеком, 2008. - 280 с. : ил. - ISBN 5-93517-203-8
- 3 Датчики температуры : Курс лекций / Е. С. Рембеза, Б. М. Синельников, С. И. Рембеза, Н. И. Каргин. - Ставрополь : СевКавГТУ, 2004. - 156 с. - Библиогр.: с.156-157 [Электронный ресурс].
- 4 Рембеза, Е. С. Химические сенсоры [Текст] : Курс лекций / Е. С. Рембеза, Б. М. Синельников. - Ставрополь : СевКавГТУ, 2002. - 73 с. - Библиогр.: с.73 [Электронный ресурс].
- 5 Гуров, В.В. Архитектура микропроцессоров : учебное пособие / В.В. Гуров. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2010. - 272 с. : табл., схем. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-9963-0267-3; [Электронный ресурс].
- 6 Торгонский, Л.А. Проектирование центральных и периферийных устройств ЭВС : учебное пособие / Л.А. Торгонский, П.Н. Коваленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2012. - Ч. II. Микропроцессорные ЭВС. - 176 с. - ISBN 978-5-4332- 0059-3 [Электронный ресурс].

8.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

8.2.1. Дюдюн Д.Е. Датчики и устройства сопряжения информационно-управляющих систем: Курс лекций. По направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Промышленная электроника»: – Электронный вариант.

8.2.2. Дюдюн Д.Е. Датчики и устройства сопряжения информационно-управляющих систем: Методические указания к практическим работам. По направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Промышленная электроника»– Электронный вариант

8.2.3. Дюдюн Д.Е. Датчики и устройства сопряжения информационно-управляющих систем: методические указания для студентов по организации самостоятельной работы. По направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Промышленная электроника»: – Электронный вариант.

8.2.4. Дюдюн Д.Е. Датчики и устройства сопряжения информационно-управляющих систем: Методические указания к курсовому проекту. По направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Промышленная электроника»– Электронный вариант

8.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://edu-online.su> – единый образовательный портал.
2. <http://www.intuit.ru> – Интернет-Университет Информационных Технологий.
3. www.eLibrary.ru Научная электронная библиотека
4. <http://www.rsl.ru> Российская государственная библиотека
5. <http://www.gpntb.ru> Государственная публичная научно-техническая библиотека
6. RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources> Библиотечная сеть учреждений науки и образования
7. <http://www.lib.ru.ru> Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ)
8. <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/> Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ)
9. <http://catalog.ncfu.ru/catalog/ncfu> Электронный каталог библиотеки СКФУ
10. <http://biblioclub.ru> ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»
11. <http://www.iprbookshop.ru> ЭБС «IPRbooks»