**Задание 1**

Выбрать по справочной литературе необходимые приборы для реализации информационной цепи (датчик – преобразователь – контрольно-измерительный прибор) и управляющей цепи (регулятор – преобразователь, если необходим, – исполнительный механизм – регулирующий орган).

Дать краткое описание приборов и их параметров.

Приборы в цепи должны иметь согласованные параметры входные – и выходные сигналы, соответствовать уровню технологического параметра (информационная цепь) и мощности, требуемой для перемещения регулирующего органа в цепи управления.

Если мощность выходного сигнала датчика или его преобразователя позволяет, то этот сигнал можно одновременно подать на вход контрольно-измерительного прибора (КИП) и регулятора. В обратном случае для подачи на вход регулятора информации о текущей величине регулируемого параметра необходимо установить отдельный датчик (например, двойную термопару). Обратить внимание на класс точности используемых в информационной цепи приборов и диапазон шкалы контрольно-измерительного прибора. Номинальная величина технологического параметра должна находиться в последней трети диапазона шкалы контрольно-измерительного прибора.

Составить:

1. Структурную схему автоматизации.
2. Функциональную схему автоматизации.
3. Спецификацию оборудования.

Исходные данные:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант – последняя цифра шифра | Технологический параметр и условие | Величина параметра | Регулирующий орган | Техническая характеристика рег. органа | Дополнительные требования к цепи приборов |
| 10 | Температура  Среда щелочная | 300 0С | Поворотная заслонка | Момент равен 80 Нм | Приборы пневматические |

**Датчик – преобразователь температуры.**

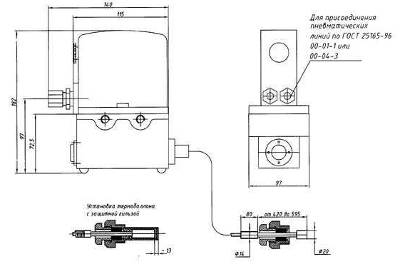
## Преобразователи температуры с пневматическим выходным сигналом 13ТД73

**1. Назначение**

Предназначен для преобразования в унифицированный пневматический сигнал температуры жидких и газообразных агрессивных сред, в т.ч. в условиях АЭС.

**2. Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Верхние пределы измерения: | +100…+400; |
| 2. Длина соединительного капилляра, м | 4 |
| 3. Длина погружения термобаллона, мм | 200 |
| 4. Классы точности | 0,6 |
| 5. Давление питания, кгс/см 2 | 1,4±0,14 |
| 6. Рабочий диапазон выходных  пневматических сигналов, кгс/см 2 | 0,2…1 |
| 7. Температура окружающей среды, °С | –50…+80 |
| 8. Относительная влажность, %, не более | 95 |
| 9. Давление измеряемой среды,  кгс/см 2, до | 64 без защитной гильзы  250 с защитной гильзой |
| 10. Изготавливаются по | ТУ 25–7310.032–86 |
| 11. Габаритные размеры, мм | 182х140х97 |



**Регулятор.**

## Приборы контроля пневматические с электрическим приводом диаграммы ПВ10.1

**1. Назначение**

Приборы контроля работают совместно с пневматическими датчиками и другими устройствами, выдающими унифицированные аналоговые сигналы в пределах 20…100 кПа. ПВ10.1Э – прибор для непрерывной записи и показания величины регулируемого параметра, указания положения контрольной точки и величины давления на исполнительном механизме.

**2. Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Значение |
| Диапазон аналоговых давлений, подаваемых на вход. | 20…100 кПа |
| Питание прибора осуществляется осушенным и очищенным от пыли и масла воздухом давлением. | 40 кПа ± 14 кПа |
| Класс загрязненности сжатого воздуха питания. | 0 и 1 |
| Предел допускаемой основной погрешности по всем шкалам и диаграмме. | не превышает ± 1,0% от номинального диапазона входного сигнала |
| Нижний предел измерения приборов с расходной шкалой. | 30% верхнего предела измерения |
| Изменение показаний прибора, вызываемое отклонением давления питания в пределах. | ± 14 кПа от номинального, не превышает 0,5 абсолютного значения предела допускаемой основной погрешности. |
| Погрешность хода диаграммы. | не превышает ± 5 мин. за 24 часа |
| Длина шкал приборов и ширина поля записи диаграммы. | 100 мм |
| Шкалы приборов. | 0–100 линейные |
| Скорость движения диаграммы. | 20 мм/ч |
| Температура окружающей среды. | +5…+50 °С |
| Относительная влажность воздуха при 35 °С и более низких температурах, без конденсации влаги. | 80% |
| Синхронный двигатель привода диаграммы питается от сети переменного тока напряжением. | 220 В |
| Расход воздуха: | 6,5 л/мин |
| Масса прибора: | 8,0 кг |

**Исполнительный механизм.**

## Механизм исполнительный пневматический МИП-П

**1. Назначение**

Предназначены для перемещения регулирующих и запорно-регулирующих органов в системах автоматического и дистанционного управления.

**2. Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочая среда | Сжатый воздух |
| Ход поршня (*мм*) | 200 |
| Давление питания (*МПа*) | 0,4.. 1,0 |
| Входной сигнал (*МПа*) | 0,02.. 0,15 |
| Величина расхода воздуха при неподвижном штоке | 1,2 м3/ч |
| Скорость перемещения штока при отсутствии  нагрузки (при давлении питания 0,6 *МПа*) (*м / с*) | 0,08 |
| Максимальные усилия, развиваемые при  давлении питания 0,6 *МПа* (*кН*)  толкающее:  тянущее: | 4,1  3,1 |
| Рабочая температура окружающего воздуха (*°С*) | -30..+50 |
| Относительная влажность (%) | 95 |
| Габаритные размеры (*мм*) | 175×190×560 |
| Масса (*кг*) | 20 |

**Регулирующий орган.**

## Заслонка поворотная. Nemen серия 5000

**1. Назначение**

Заслонки поворотные используются в качестве запорно-регулирующей трубопроводной арматуры.

**2. Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр | 125 мм. |
| Температура | -100 – +6000С |
| Давление | 2,0 МПа |
| Среда | агрессивные среды, щёлочи |
| Исполнение | В-сквозные отверстия Т – резьбовые отверстия |
| Возможности управления | -ручной рычаг (ручка) – гребенка на площадке заслонки обеспечивает ступенчатую регулировку через каждые 15 градусов поворота ручки – ручная червячная передача (редуктор) – плавная регулировка – электропривод – пневмопривод |
| Крутящий момент для управления заслонкой | 80 Нм |

**Аппаратура воздухоподготовки.**

# Редуктор давления РДФ-3–1

**1. Назначение**

РДФ-3–1 – редукторы давления с фильтром, предназначены для регулирования и автоматического поддерживания давления воздуха, необходимого для индивидуального питания пневматических приборов и средств автоматизации, а также очистки его от пыли, масла и влаги. Применяются в машиностроении, нефтяной, сахарной, химической промышленности и других отраслях.

ТУ 25.02.1898–75.

**2. Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальный расход воздуха. | 1,6 м³/ч |
| Допускаемое давление питания. | 0,25…0,8 МПа (кгс/см²) |
| Пределы регулирования давления на выходе. | 0,02…0,2 МПа (кгс/см²) |
| Допускаемое отклонение выходного давления при температуре окружающего воздуха (20±5) °С:   * при изменении входного давления воздуха 0,25…0,8 МПа (кгс/см²); * при изменении расхода воздуха 0,15…1,6 м³/ч. | 0,008 МПа;  0,01 МПа. |
| Отклонение выходного давления при изменении температуры окружающей среды на каждые 10 °С. | 0,002 МПа (кгс/см²) |
| Размер твёрдых частиц на выходе | не более 10 мкм |
| Масса | не более 0,71 кг |
| Загрязненность воздуха после редуктора, не ниже класса | 3 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поз.  обозначение | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
| 1 | TE | Преобразователи температуры с пневматическим выходным сигналом 13ТД73 | 1 |  |
| 2 | TRC | Приборы контроля пневматические с электрическим приводом диаграммы ПВ10.1 | 1 |  |
| 3 |  | Механизм исполнительный пневматический МИП-П | 1 |  |
|  |  |  |  |  |
| 4 |  | Заслонка поворотная. Nemen серия 5000 | 1 |  |

Дано:

***ωнм*** = 0,37 (*с-1*) – Наибольшая скорость вращения исполнительного вала;

***εнм*** = 1,48 (*с-2*) – Амплитуда ускорения исполнительного вала;

***Mн***с = 61 (*Н⋅м*) – Статистический момент на исполнительном валу;

***Jн***= 36,2 (*кг⋅м2*) – Момент инерции нагрузки;

***η*** = 0,97 – КПД одной ступени редуктора;

***α*** = 4 – Допустимый коэффициент перегрузки ДПТ.

Требуемая мощность на валу:

***Ртреб*** = (2⋅***Jн*** ⋅ ***εнм*** + ***Мнс***) ⋅ ***ωнм*** = (2 ⋅ 36,2 ⋅ 1,48 + 61) ⋅ 0,37 = 62.2162 (*Вт*).

Типоразмер ДПТ с номинальной мощностью:

***Рном*** ≥ ***Ртреб*** = 175 (*Вт*) – двигатель типа **СЛ – 521**.

Технические данные двигателя постоянного тока серии СЛ типа 569

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип** | ***Рн*ом,** *Вт* | ***Uня*,** *В* | **ω*ня*,** *с-1* | ***Iня*,** *А* | ***rя*,** *Ом* | ***Jя* ⋅ 10–6,** *кг⋅м2* | ***d*,** *м* |
| **СЛ – 569** | 77 | 110 | 314 | 1,1 | 8,5 | 127 | 10-2 |

***Рном***= 77 (*Вт*) – номинальная мощность двигателя;

***Uня*** = 110 (*В*) – номинальное напряжение якоря;

***Iня*** = 1,1 (*А*) – номинальный ток якоря;

ωня = 314 (c-1) – номинальная скорость якоря;

***Jя***= 127⋅10-6 (*кг⋅м2*) – момент инерции якоря;

***rя*** = 8,5 (*Ом*) – сопротивление якоря;

***d*** = 10-2 (*м*) – диаметр вала двигателя.

Номинальный полезный момент двигателя:



Коэффициент противоЭДС обмотки якоря:



Момент потерь на валу двигателя:



Момент с учетом потерь:

***МΣ***= ***С*** ⋅ ***Iня*** = 320 ⋅ 10-3 ⋅ 1,1 = 352,55 ⋅ 10-3 (*Н ⋅ м*).

Предварительная оценка передаточного числа редуктора ***ip***:

***ip1 ≤ ip ≤ ip2***

***ip1*** и ***ip2*** находятся из уравнения:



1,7 **·** 10-3 **·** ***ip2*** – 1,9 **· *ip*** + 118,1 = 0.

***ip1*** ≈ 58;

***ip2*** ≈ 1058.

Диапазон передаточного числа редуктора:

58**≤ *ip* ≤** 1058

Проверка рассчитанного передаточного числа редуктора по ***ipmax*** = 1058.

А) Выполнение условия по скорости:

***ip · ωнм*** ≤ (1,1.. 1,2) · **ω*ня***;

***ip · ωнм*** = 1058 · 1,4 = 386,4 (*с-1*);

1,1 · **ω*ня*** = 1,1 · 377 = 414,7 (*с-1*).

386,4 (*с-1*) ≤ 414,7 (*с-1*) – условие выполняется.

В) Выполнение условия по моменту:

***MНОМ*** ≤ (3..4) · ***Mn***;

***MНОМ*** = 0,29 + 0,13 + 0,08 = 0,5 (*Н·м*);

3 · ***Mn*** = 3 · 464,2 · 10-3 = 1,4 (*Н·м*).

0,5 (*Н·м*) ≤ 1,4 (*Н·м*) – условие выполняется.

С) Выполнение условия по перегреву:

***Mt*** ≤ ***Mn***;



***Mn*** = 464,2 · 10-3 (*Н·м*).

248,8 (*Н·м*) ≤ 464,2 (*Н·м*) – условие выполняется.

|  |
| --- |
| Выбранный двигатель удовлетворяет всем условиям. |

Расчёт редуктора с цилиндрическими колёсами для ***ip*** = 200:

***ip*** = ***i1*** · ***i2*** ·…· ***in*** = 200;



где:

***Zn*** – число зубьев ***n***-ой шестерни.

Соотношение передаточных чисел ступеней редуктора:



Из расчёта, что:

***in*** = 11,2;



ИТОГ – 4 ступени.

***i1*** = 1,88;

***i2*** = 2,39;

***i3*** = 3,98;

***i4*** = 11,2.

***ip*** = 1,88 · 2,39 · 3,98 · 11,2 = 200,29 ≈ 200;

Расчёт числа зубьев:

Число зубьев ведущих шестерен:

***Z1*** = ***Z3*** = ***Z5*** = ***Z7*** ≤ 15 = 15.

Число зубьев ведомых шестерен:

***Z2*** = ***Z1*** · ***i1*** = 15 · 1,88 = 28;

***Z4*** = ***Z3*** · ***i2*** = 15 · 2,39 = 36;

***Z6*** = ***Z5*** · ***i3*** = 15 · 3,98 = 60;

***Z8*** = ***Z7*** · ***i4*** = 15 · 11,2 = 168.

Расчёт диаметра колёс:

Модуль зуба выбирается из стандартного ряда при условии обеспечения прочности зуба по удельному давлению на зуб:



Для стальных цилиндрических прямозубых колёс с эвольвентным профилем:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***σн*** | Удельное давление на зуб | ≤ 1,372·108 |
| ***kД*** | Динамический коэффициент | 1,7 |
| ***Мнс*** | Статистический момент на исполнительном валу | 35,4 (*Н⋅ м*) |
| ***kε*** | Коэффициент перекрытия | 1,25 |
| ***ψ*** | Коэффициент смещения (5..10) | 5 |
| ***kф*** | Коэффициент формы | 0,12 |
| ***π*** |  | 3,14 |
| ***R*** | Радиус последней шестерни редуктора | (***Z8*** · ***m***) / 2 |
| ***Z8*** | Количество зубьев последней шестерни редуктора | 168 |



***m*** ≥ 1,3 = 2,0.

Диаметр ведущих шестерен:

***D1*** = ***D3*** = ***D5*** = ***D7*** = ***m*** · ***Z1*** = 2,0 · 15 = 30 (*мм*).

Диаметр ведомых шестерен:

***D2*** = ***m*** · ***Z2*** = 2 · 28 = 56 (*мм*);

***D4*** = ***m*** · ***Z4*** = 2 · 36 = 72 (*мм*);

***D6*** = ***m*** · ***Z6*** = 2 · 60 = 120 (*мм*);

***D8*** = ***m*** · ***Z8*** = 2 · 168 = 336 (*мм*).

Проверка:

A) Меньшего диаметра из колёс, относительно диаметра вала:

***D1*** ≥ 2***d***.

30 (*мм*) ≥ 20 (*мм*) – условие выполняется.

B) Передаточного числа пар и всего редуктора:



***ip*** = 1,86 · 2,4 · 4,0 · 11,2 = 199,99 ≈ 200;

Передаточное число соответствует заданному.

Расчёт приведённого к валу двигателя момента инерции редуктора:

Расчёт момента инерции для шестерен по формуле для сплошного цилиндрического колеса:



***J1*** = ***J3*** = ***J5*** = ***J7*** = ***KJ*** · ***D14*** = 7,752 · (3 · 10-2)4 = 6,279 · 10-6 (*кг·м2*);

***J2*** = ***KJ*** · ***D24*** = 7,752 · (5,6 · 10-2)4 = 76,237 · 10-6 (*кг·м2*);

***J4*** = ***KJ*** · ***D44*** = 7,752 · (7,2 · 10-2)4 = 208,326 · 10-6 (*кг·м2*);

***J6*** = ***KJ*** · ***D64*** = 7,752 · (1,2 · 10-1)4 = 1,6 · 10-3 (*кг·м2*);

***J8*** = ***KJ*** · ***D84*** = 7,752 · (3,36 · 10-1)4 = 98,8 · 10-3 (*кг·м2*);

Расчёт полного момента инерции:



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***π*** |  | 3,14 |
| ***ρ*** | Плотность стали (*кг/м3*) | 7,9 · 103 |
| ***b*** = ***m*** · ***ψ*** | Ширина шестерни (*м*) | 10-2 |
| ***Di*** | Диаметр шестерни | 30..336 |



= 6,279 · 10-6 + 23,851 · 10-6 + 10,769 · 10-6 + 3,495 · 10-6 + 2,47 · 10-6 =

= 46,864 · 10-6 (*кг·м2*).

|  |
| --- |
| ***Jред*** = 46,864 · 10-6 *кг·м2*. |

Проверка пригодности двигателя с рассчитанным редуктором.

А) Выполнение условия по скорости:

***ip · ωнм*** ≤ (1,1.. 1,2) · **ω*ня***;

***ip · ωнм*** = 200 · 1,4 = 280 (*с-1*);

1,1 · **ω*ня*** = 1,1 · 377 = 414,7 (*с-1*).

280 (*с-1*) ≤ 414,7 (*с-1*) – условие выполняется.

В) Выполнение условия по моменту:

***MНОМ.ред*** ≤ (3..4) · ***Mn***;



= 288,387 · 10-3 + 182,474 · 10-3 + 81,167 · 10-3 = 0,552 (*Н·м*);

3 · ***Mn*** = 3 · 464,2 · 10-3 = 1,393 (*Н·м*).

0,552 (*Н·м*) ≤ 1,393 (*Н·м*) – условие выполняется.

С) Выполнение условия по перегреву:

***Mt.ред*** ≤ ***Mn***;



***Mn*** = 464,2 · 10-3 (*Н·м*).



276,3 (*Н·м*) ≤ 464,2 (*Н·м*) – условие выполняется.

|  |
| --- |
| Двигатель с редуктором подходят для использования. |

Построение семейств механических и регулировочных характеристик двигателя.

Механическая характеристика строится по уравнению механической характеристики ДПТ с независимым возбуждением:



1 точка – скорость холостого хода, при ***M*** = 0:



2 точка – рабочая точка, при ***М*** = ***Mn*** = 464,2 · 10-3 (*Н·м*),

и **ω** = **ω*ня*** = 377 (*с-1*).

3 точка – пуск двигателя, при **ω** = 0:



Регулировочная характеристика строится также, по уравнению механической характеристики ДПТ с независимым возбуждением:



1 точка – рабочая точка, при ***U*** = ***Uня*** = 110 (*В*),

и **ω** = **ω*ня*** = 377 (*с-1*).

2 точка – трогание двигателя, при ***U*** = ***UТр***, и **ω** = 0;



Расчёт усилителя мощности.

Максимальное напряжение усилителя мощности ***Umax.ум*** и добавочный резистор ***Rдоб***, ограничивающий ток якоря при пуске:

***Umax.ум*** = ***α*** ⋅ ***Iня*** ⋅ (***Rдоб*** + ***rя***); – (уравнение якорной цепи для пускового режима).

***Umax.ум*** = = ***Iня*** ⋅ ***Rдоб*** + ***Uня***. – (уравнение якорной цепи для номинального режима).

***α*** ⋅ ***Iня*** ⋅ (***Rдоб*** + ***rя***) == ***Iня*** ⋅ ***Rдоб*** + ***Uня***;



***Umax.ум*** = = ***Iня*** ⋅ ***Rдоб*** + ***Uня***.



***Umax.ум*** = = 2 ⋅ ***Rдоб*** + 110.

***Rдоб*** = 13,5 (*Ом*) – добавочный резистор;

***Umax.ум*** = = 137,1 (*В*) – максимальное напряжение усилителя мощности.

Как следует из уравнения механической характеристики, скорость двигателя, а, следовательно, и его мощность (***P*** = ***M*** · ***ω***), при постоянном моменте нагрузки, можно регулировать изменением напряжения на якоре двигателя. Напряжение на якоре изменяется либо с помощью реостата, либо с помощью усилительно – преобразовательного устройства, при этом поток возбуждения остаётся постоянным.

Из уравнений для ДПТ и воспользовавшись графиками характеристик можно рассчитать напряжение на выходе усилительно – преобразовательного устройства в зависимости от требуемой мощности; и мощность в зависимости от напряжения.



***ω2*** = (***U2*** – ***UТр***) · ***tgφ***;



В итоге:



Используя паспортные данные, получается расчёт усилителя для данного двигателя:

***U2*** = ***P2*** · 0,6 + 6,13;

***P2*** = ***U2*** · 1,68 – 10,33.

Пример:***P2*** = 200 *Вт*;

***U2*** = 200 · 0,6 + 6,13 = 126 *В*;

***ω2*** = ***P2*** / ***Мn*** = 200 / 0,4642 = 431 *с-1*.

***U3*** = 60 *В*;

***P3*** = 60 · 1,68 – 10,33 = 90 *Вт*;

***ω2*** = ***P2*** / ***Мn*** = 90 / 0,4642 = 195 *с-1*.

Параметры нагрузки для AD

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **N** | ***ωнм*,** *с-1* | ***εнм*,** *с-2* | ***Мнс*,** *Н·м* | ***Jн,*** *кг⋅м2* |
| 4 | 2,2 | 45 | 0,32 | 2,17·10-3 |