

32-18

Г.П. Буйлов, В.Н. Остроумов, М.И. Щагина

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ
УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

Лабораторный практикум

Санкт-Петербург

2007 ГОДА
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР
С-Петербург, ул.Ивана Черных, 4

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов

Г.П. Буйлов, В.Н. Остроумов, М.И. Щагина

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

Лабораторный практикум

Санкт-Петербург
2007

УДК62-52 (076.5)

Пневматические и преобразующие устройства автоматических систем контроля и управления: лабораторный практикум / сост. Г.П. Буйлов, В.Н. Остроумов, М.И. Щагина; ГОУВПО СПб ГТУРП. СПб., 2007. 58с.: ил.22, табл.8.

Лабораторный практикум предназначен для студентов дневного, вечернего и заочного видов обучения следующих специальностей: 080502 «Экономика и управление на предприятии ЦБП», 140104 «Промышленная теплоэнергетика», 150405 «Машины и оборудование лесного комплекса», 240801 «Машины и аппараты химических производств», 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

В практикуме приведены принципиальные схемы и дано описание пневматических устройств и преобразователей для систем автоматического контроля и управления, изложены порядок выполнения работ и содержание отчетов.

В приложениях дан пример использования пневматических средств автоматизации на предприятии ЦБП и представлены другие модификации пневматических устройств и преобразователей.

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой АХТП ГОУВПО СПб ГТУРП Кондрашкова Г.А.

Подготовлен и рекомендован к печати кафедрой автоматизации теплоэнергетических процессов ГОУВПО СПб ГТУРП (протокол № 8 от 2. 04. 07).

Утвержден к изданию методической комиссией факультета АСУТП ГОУВПО СПб ГТУРП (протокол № 8 от 6. 04. 07).

Редактор и корректор М. А. Полторак
Технический редактор Л. Я. Титова

Подп. к печати 07.05.07.	Формат 60x84/16.
Бумага тип № 1. Печать офсетная.	Уч. – изд. л. 3,75. Усл.-печ. л. 3,75.
Тираж 150 экз. Изд. № 68.	Цена «С».
Заказ № 1-550	

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, СПб., 198095, ул. И. Черных, 4.

© ГОУВПО Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2007 г.

1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Функциональные устройства являются устройствами статического преобразования сигналов. Они выполняют следующие операции: алгебраическое суммирование, умножение, возведение в квадрат, деление, извлечение квадратного корня.

Эти блоки применяются для построения регуляторов соотношения, при необходимости введения статических корректирующих импульсов, линеаризации статических характеристик датчиков (например, датчиков расхода). Входной и выходной сигналы функциональных блоков – давление воздуха в диапазоне 20-100 кПа.

Лабораторная работа № 1

«Прибор алгебраического суммирования ПФ1.1»

Цель работы заключается в изучении прибора алгебраического суммирования ПФ1.1 и проверке его основной погрешности.

Описание и конструкция прибора ПФ1.1

Прибор алгебраического суммирования ПФ1.1 входит в систему приборов «СТАРТ» (система автоматических регуляторов и приборов завода «Тизприбор»). Он построен на элементах УСЭППА (унифицированная система элементов промышленной пневмоавтоматики).

Прибор ПФ1.1 предназначен для осуществления алгебраического сложения трех пневматических сигналов, два из которых со знаком «плюс» и один со знаком «минус».

Прибор ПФ1.1 может быть использован для умножения на два одного сигнала и деления на два одного или суммы двух сигналов.

В настоящее время выпускается другая модификация этого прибора ПФ1.1-М1 (см. приложение 1).

Давление воздуха питания $140 \text{ кПа} \pm 14 \text{ кПа}$ ($1,4 \text{ кгс/см}^2 \pm 0,14 \text{ кгс/см}^2$).

Прибор ПФ1.1 широко применяется в целлюлозно-бумажной промышленности для проведения вычислительных операций с сигналами от датчиков в автоматических системах регулирования (АСР). Так, например, в АСР полусуммы температур дефибрера он выполняет функцию

суммирования и деления на 2 двух сигналов, поступающих от датчиков температуры, установленных в различных зонах ванны дефибрера.

В программной АСР температуры в варочном котле периодического действия прибор ПФ1.1 также выполняет функцию суммирования и деления на 2 двух сигналов, поступающих от датчиков температуры, установленных перед и за теплообменником.

Прибор (рис. 1, 2) состоит из элементов аналоговой техники: двух датчиков 1 и 2 типа П-1099, суммирующего элемента – семимембранного элемента сравнения 3 типа П-1110, усилителя мощности 4 типа П-1100 и пневматических сопротивлений – двух постоянных дросселей ПД1 и ПД2 типа П-1017.

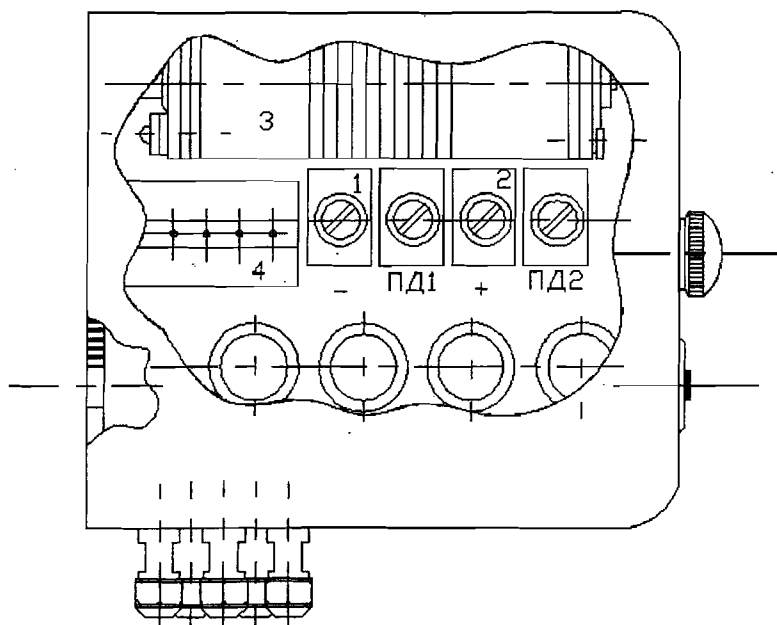


Рис. 1. Общий вид прибора ПФ1.1

Функции алгебраического сложения пневматических сигналов выполняет суммирующий элемент 3, в камеры Д, Г и В которого поступают входные давления P_1, P_2, P_3 , а в камеры Е и Ж – постоянные давления P_{c1} и P_{c2} от датчиков 1 и 2. С помощью датчика 1 можно из суммы подаваемых

давлений вычесть давление 20-100 кПа, а с помощью датчика 2 прибавить такое же давление.

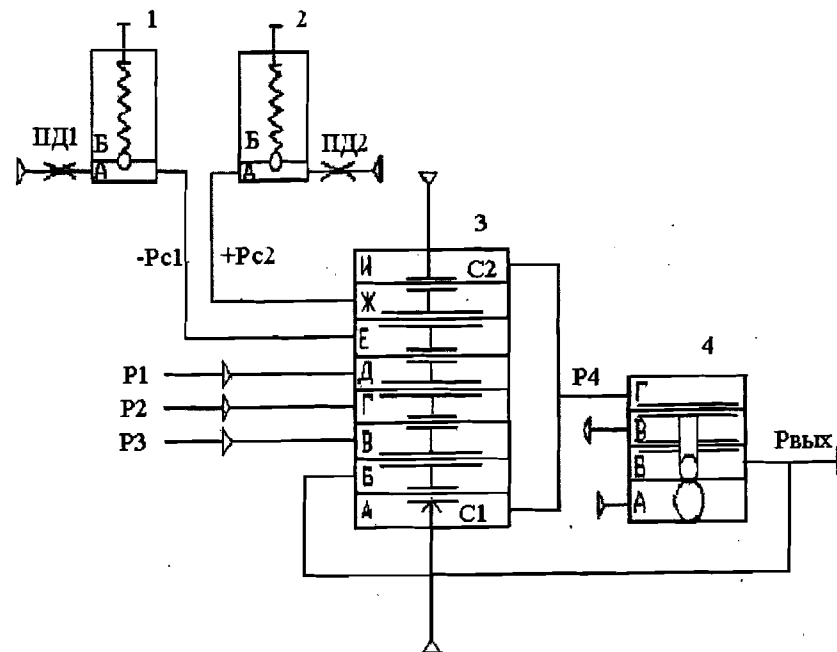


Рис. 2. Принципиальная схема прибора ПФ1.1

Уравнение элемента 3 и всего прибора в равновесном состоянии можно записать так:

$$-P_{c1} + P_1 + P_3 + P_{c2} - P_2 - P_{\text{вых}} = 0$$

или

$$P_{\text{вых}} = P_1 - P_2 + P_3 + P_{c2} - P_{c1}, \quad (1)$$

где P_1, P_2, P_3 - давления переменных, кПа;
 P_{c2}, P_{c1} - давление датчиков смещения, кПа.

Если равновесие на мембранном блоке элемента 3 нарушится вследствие изменения одного из входных сигналов, блок переместится либо в сторону сопла питания C_2 , либо в сторону сопла C_1 , меняя выходное давление элемента P_3 и, следовательно, выходное давление прибора $P_{\text{вых}}$. Так как $P_{\text{вых}}$ поступает также в камеру Б элемента 3, то его изменение будет продолжаться до тех пор, пока не наступит равновесие сил на мембранном блоке. Таким образом, выходное давление прибора непрерывно

восстанавливает равновесие сил, соответствующее уравнению равновесия при изменении входных сигналов.

Если используются не все камеры элемента 3, то нерабочие штуцера закрывают заглушками.

В зависимости от схемы включения прибор ПФ1.1 может осуществить различные алгебраические операции (табл. 1).

Например, если давление $P_{\text{вых}}$ подать не только в камеру Б элемента 3, но и в камеру Г, отключив переменную P_2 , то уравнение 1 при выключенном датчике 2 примет вид:

$$P_{\text{вых}} = P_1 - P_{\text{вых}} + P_3 - P_{c1}$$

или

$$P_{\text{вых}} = \frac{P_1 + P_3 - P_{c1}}{2}, \quad (2)$$

то есть при таком включении прибор ПФ1.1 производит операцию деления суммы на два.

Таблица 1

Перечень математических операций, выполняемых прибором ПФ1.1

Операция	Математическое выражение	Примечание
1	2	3
Алгебраическое сложение	$P_{\text{вых}} = P_1 - P_2 + P_3 + P_{c2} - P_{c1}$	
Тоже	$P_{\text{вых}} = P_1 + P_2 + P_{c2}$	
Тоже	$P_{\text{вых}} = P_1 - P_2 - P_{c1}$	
Деление на 2	$P_{\text{вых}} = \frac{P_1 + P_3 + P_{c2}}{2}$	Выходной сигнал подается в минусовую камеру Г элемента 3
Тоже	$P_{\text{вых}} = \frac{P_1 + P_3 - P_{c1}}{2}$	Тоже
Тоже	$P_{\text{вых}} = \frac{P_1 + P_{c2}}{2}$	Тоже
Тоже	$P_{\text{вых}} = \frac{P_3 + P_{c2}}{2}$	Тоже
Умножение на 2	$P_{\text{вых}} = 2P_1 + P_{c2}$	Входное давление подается в обе плюсовые камеры Д и В элемента 3
Тоже	$P_{\text{вых}} = 2P_3 + P_{c2}$	Тоже
Изменение знака	$P_{\text{вых}} = -P_2 + P_{c2}$	
Тоже	$P_{\text{вых}} = P_3 - P_{c1}$	

Единственным параметром настройки прибора является смещение $P_{c1} - P_{c2}$, настраиваемое с помощью датчиков 1 и 2 так, чтобы избежать нарушения стандартного диапазона давлений на выходе прибора.

Полоса пропускания частот прибора ПФ1.1 находится в диапазоне 0 – 20 рад/с.

Основная относительная приведенная погрешность прибора $\epsilon_{\text{пр}}$ не превышает $\pm 1\%$ от диапазона изменения входного сигнала.

Так как диапазон изменения входного сигнала составляет 80 кПа, то основная абсолютная погрешность Δ не превышает $\pm 0,8$ кПа.

Основную погрешность определяют при следующих условиях: температуре окружающего воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$; относительной влажности воздуха от 30 до 75 %; отклонения давления питания не более $\pm 2\%$ ($3 \text{ кПа} - 0,03 \text{ кгс/см}^3$) от его номинального значения.

Прибор обеспечивает передачу сигналов на расстоянии до 300 м по трассе с внутренним диаметром 6 мм.

Прибор может быть использован в пожаро- и взрывоопасных помещениях.

Прибор может работать при температуре окружающего воздуха от 5 до 50°C и верхнем значении относительной влажности 80% при 35°C и более низких температурах, без конденсации влаги.

Расход воздуха, приведенный к нормальным условиям, в установленном режиме до 4,0 л/мин [1,4].

Описание лабораторной установки для проверки прибора алгебраического суммирования ПФ1.1

Сжатый воздух от компрессора через редуктор давления воздуха РДВ-5 и ручные датчики П23Д.4 поступает на входные штуцера прибора ПФ1.1 (рис. 3). Величины давления воздуха контролируются по техническому манометру МТ со шкалой 0-160 кПа и образцовым манометрам МО со шкалой 0-100 кПа.

1а, 1б – соответственно ручной датчик и образцовый манометр для подвода и контроля давления P_1 в «плюсовую» камеру прибора.

2а, 2б – соответственно редуктор давления воздуха и технический манометр для подвода и контроля давления питания.

3а, 3б – соответственно ручной датчик и образцовый манометр для подвода и контроля давления P_2 в «минусовую» камеру прибора.

4а, 4б – соответственно ручной датчик и образцовый манометр для подвода и контроля давления P_3 в «плюсовую» камеру прибора.

5 – образцовый манометр для контроля давления на выходе прибора.

При лабораторной проверке прибора ПФ1.1 проверяется исправность датчиков 1 и 2 (рис. 1) и основная погрешность прибора.

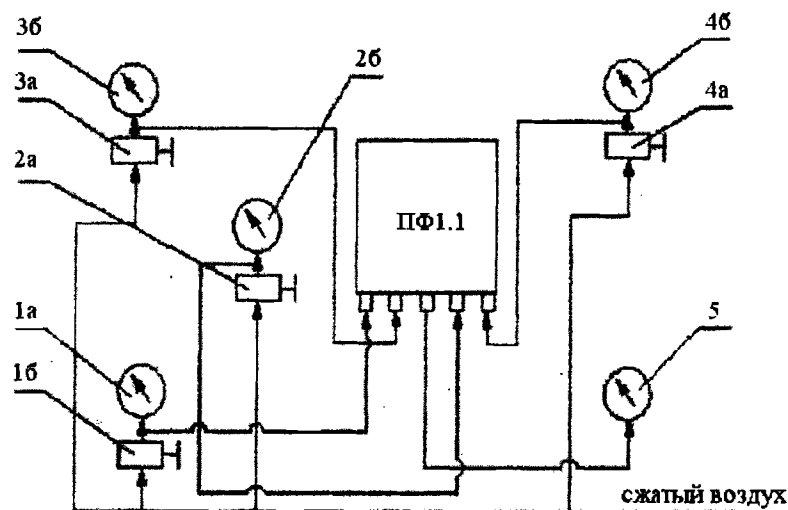


Рис. 3. Схема лабораторной установки для проверки прибора ПФ1.1

Порядок выполнения работы

1. Проверка исправности датчиков 1 и 2

1. Вывернуть до нуля ручные задатчики 1а, 3а, 4а и редуктор 2а.
2. Включить компрессор.
3. С помощью редуктора 2а подать давление питания $P_{пит}$ на прибор, равное 140 кПа. Давление проконтролировать по техническому манометру 2б.
4. Вывернуть полностью винты задатчиков 1, 2.
5. Установить с помощью ручных задатчиков 1а, 3а, 4а по манометрам 1б, 3б, 4б $P_1 = P_2 = P_3 = 20$ кПа. В этом случае $P_{вых} = 20$ кПа, так как $P_{c1} - P_{c2} = 0$.
6. Вворачивая винт задатчика 2, установить по манометру 5 давление на выходе $P_{вых} = 0$.
7. Вворачивая винт задатчика 1, установить по манометру 5 $P_{вых} = 20$ кПа.

Таким образом прибор после всех этих операций устанавливается в начальное нулевое положение, когда все входные давления и давления, получаемые от задатчиков 1, 2, равны 20 кПа.

2. Проверка основной погрешности прибора

Основные абсолютная и относительная приведенные погрешности проверяются при работе прибора на функции алгебраического сложения (формула 1).

1. С помощью ручных задатчиков 1а, 3а, 4а по манометрам 1б, 3б и 4б установить последовательно давления в соответствии с таблицами 2 и 3 и записать по манометру 5 $P_{вых}$.
2. Для каждого пункта таблиц 2 и 3 определить основную абсолютную и относительную приведенную погрешности по нижеприведенным формулам:

$$\Delta = P_{вых} - P_{вых}^* \quad (3)$$

$$\epsilon_{пр} = \frac{\Delta}{80} \cdot 100 \quad (4)$$

3. Вычислить среднеарифметическую основную относительную приведенную погрешность прибора

$$\epsilon_{пр.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_{пр}}{n} \quad (5)$$

где n – число испытаний.

4. Сравнить $\epsilon_{пр.ср}$ с допускаемой относительной приведенной погрешностью, равной $\pm 1,0$ %, и сделать вывод о работоспособности прибора.

Таблица 2
Результаты испытаний и вычислений для функции сложения

№ п/п	P_1 , кПа	P_3 , кПа	$P_{вых}$, кПа	$P_{вых}^*$, кПа	Δ , кПа	$\epsilon_{пр}$, %
1	20	20		40		
2	20	30		50		
3	20	40		60		
4	20	50		70		
5	20	60		80		
6	20	70		90		
7	20	80		100		
Среднее значение						

Таблица 3
 Результаты испытаний и вычислений для функции вычитания

№ п/п	P_1 , кПа	P_2 , кПа	$P_{\text{вых}}$, кПа	$P^*_{\text{вых}}$, кПа	Δ , кПа	$\epsilon_{\text{пр}}$, %
1	2	3	4	5	6	7
1	100	20		80		
2	100	30		70		
3	100	40		60		
4	100	50		50		
5	100	60		40		
6	100	70		30		
7	100	80		20		
					Среднее значение	

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки для проверки прибора алгебраического суммирования ПФ1.1.
2. Перечень приборов и устройств, входящих в лабораторную установку для проверки прибора ПФ1.1 с указанием типа и краткой технической характеристики (шкала, цена деления, класс точности).
3. Формулы для вычисления основной абсолютной и относительной приведенной погрешностей.
4. Результаты испытаний и вычислений согласно таблицам 2 и 3.
5. Анализ результатов проверки прибора ПФ1.1.

Вопросы по лабораторной работе

1. Какие операции может выполнить прибор ПФ1.1?
2. В чем заключается назначение задатчиков 1 и 2?
3. Какой элемент прибора ПФ1.1 выполняет функцию алгебраического сложения?
4. Где может применяться прибор ПФ1.1?

2. РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Регулирующие устройства предназначены для формирования регулирующего воздействия на исполнительный механизм в зависимости от величины сигнала рассогласования и закона регулирования.

Сигнал рассогласования – это разность между заданным и измеренным значениями параметра. Закон регулирования представляет математическую временную зависимость регулирующего воздействия от сигнала рассогласования.

Регулирующие устройства в зависимости от способа работы разделяются на аналоговые, дискретные и позиционные.

Аналоговые регулирующие устройства в зависимости от закона регулирования разделяются на следующие виды: пропорциональный, пропорционально-интегральный, пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный.

Основной особенностью пневматических регулирующих устройств является использование ими в качестве носителя информации и источника энергии сжатого воздуха, давление которого при изменении входных и выходных сигналов устройств пневмоавтоматики меняется в стандартном диапазоне.

**Лабораторная работа № 2
 «Пропорциональный регулирующий блок ПР2.5»**

Цель работы заключается в изучении пропорционального регулирующего блока ПР2.5 и проверке градуировки органа настройки.

Описание и конструкция блока ПР2.5

Регулирующий блок ПР2.5 входит в систему «СТАРТ» и построен на элементах УСЭПА.

По характеру регулирующего воздействия регулятор является пропорциональным с дистанционным заданием, получаемым от ручного задатчика станции управления или от любого другого устройства со стандартным пневматическим сигналом.

Регулятор предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм или какой-либо другой элемент системы регулирования с целью поддержания параметра (уровня, давления и

др.) в пределах, которые могут быть обеспечены при регулировании статических объектов.

В настоящее время выпускается другая модификация этого блока ФР00.98 (см. приложение 2).

Предельные значения рабочего диапазона изменения регулируемой величины и задания соответствуют:

- нижнее – 20 кПа;
- верхнее – 100 кПа.

В качестве выходного сигнала регулятора принимается пневматический сигнал, граничные значения которого соответствуют:

- нижнее – от 0 до 5 кПа;
- верхнее – от 100 кПа до значения давления питания.

Предельные значения рабочего диапазона изменения выходного сигнала и номинального значения выходного сигнала, настраиваемого задатчиком при равенстве регулируемой величины и задания составляют:

- нижнее – 20 кПа;
- верхнее – 100 кПа.

Питание регулятора осуществляется сухим, очищенным от пыли и масла воздухом давлением 140 кПа ± 14 кПа.

Источником энергии для приведения регулятора в действие служит сжатый воздух давлением до стабилизатора от 300 до 600 кПа (от 3 до 6 кгс/см²).

Настроенный на «прямое» регулирование регулирующий блок при отклонении регулируемой переменной от задания пропорционально изменяет выходное давление, причем знак изменения сигнала по переменной и знак выходного сигнала регулирующего блок совпадают. При настройке на «обратное» регулирование выходной сигнал регулирующего блока также пропорционален отклонению переменной от задания, но знак изменения сигнала по переменной противоположен знаку изменения выходного сигнала.

Регулирующий блок применяется в различных автоматических системах регулирования (АСР) в целлюлозно-бумажной промышленности, где не требуется высокой точности регулирования параметров, например, в АСР уровня в буферных емкостях (см. приложение 3).

Регулятор обеспечивает передачу пневматических сигналов на расстояние по трассе до 300 м при внутреннем диаметре трубопровода линии передачи 6 мм.

Регулятор может быть установлен в пожаро- и взрывоопасных помещениях.

Температура окружающего воздуха может быть в пределах от 5 до 50 °С, верхнее значение относительной влажности воздуха 80% при 35 °С и более низких температурах, без конденсации влаги.

Расход воздуха, приведенный к нормальным условиям, в установленном режиме до 2,5 л/мин.

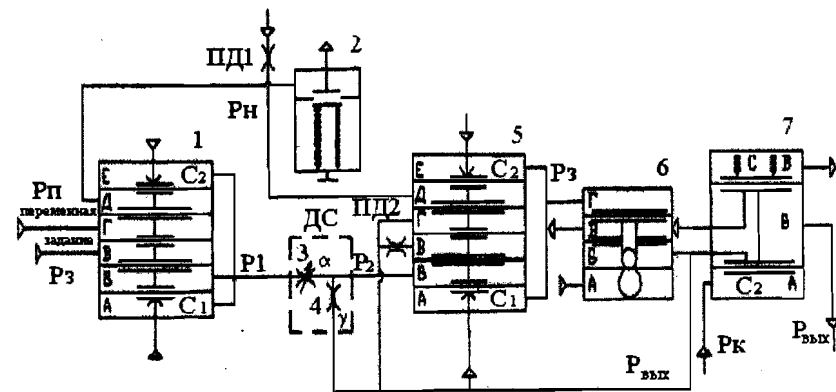


Рис. 4. Принципиальная схема регулирующего блока ПР2.5

Регулирующий блок ПР2.5 (рис. 4, 5) состоит из двух пяти-мембранных элементов сравнения 1 и 5 типа П-1062, усилителя мощности 6 типа П-1100, задатчика 2 типа П-1099, включающего реле 7 типа П-1108 и дроссельного сумматора ДС типа П-1016М, состоящего из переменного 3 и постоянного 4 дросселей. В состав регулирующего блока также входят два постоянных дросселя ПД₁ и ПД₂ и переключатель П, с помощью которого регулируемый блок настраивается на «прямое» или «обратное» регулирование [1, 2, 3].

Действие регулирующего блока основано на принципе силовой компенсации, при котором механические перемещения чувствительных элементов близки к нулю. Вследствие этого регулирующий блок обладает высокой чувствительностью.

Когда регулируемое давление Р_п, поступающее от измерителя переменной, равно давлению задания Р_з, подвижные части элементов регулирующего блока находятся в равновесии и на выходе формируется сигнал Р_{вых}, равный начальному значению Р_п, которое устанавливается с помощью задатчика 2.

При отклонении текущего значения переменной от задания давление Р₁ на выходе элемента сравнения 1 изменяется, так как в соответствии со схемой включения этого элемента

$$P_1 = P_3 - P_n + P_n \quad (6)$$

Сигнал давления P_1 суммируется далее на дроссельном сумматоре ДС с выходным сигналом $P_{\text{вых}}$. Обозначив проводимости дросселей 3 и 4 соответственно через α и γ , давление на выходе сумматора ДС можно записать так:

$$P_2 = \frac{\alpha P_1 + \gamma P_{\text{вых}}}{\alpha + \gamma} \quad (7)$$

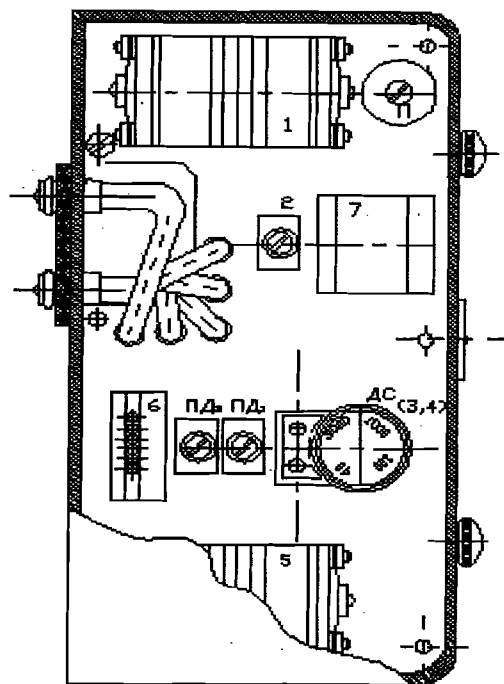


Рис. 5. Общий вид регулирующего блока ПР2.5

В установившемся режиме при неизменяющемся сигнале $P_{\text{вых}}$ усиления, развиваемые в камерах В и Г элемента сравнения 5, взаимно компенсируются, так как в эти камеры подается одно и то же давление $P_{\text{вых}}$. Поэтому равновесие элемента 5 соответствует условию $P_2 = P_n$.

Однако, даже при небольшом изменении давления P_2 , возникающего в результате отклонения P_n от P_3 и соответствующего изменения P_1 ,

произойдет резкое и противоположное по знаку изменение давления P_3 на выходе элемента сравнения 5, обусловленное включением последнего по схеме усилителя с большим коэффициентом усиления.

Через усилитель мощности 6 это изменение давления P_3 передается на выход регулирующего блока и под действием изменения выходного давления P_2 изменяется до тех пор, пока снова не станет равным P_n .

Подставив в выражение (7) вместо $P_2 - P_n$, а вместо P_1 его значение из выражения (6), получим уравнение регулирующего блока в следующем виде:

$$P_{\text{вых}} = K_p(P_n - P_3) + P_n \quad (8)$$

где K_p – коэффициент пропорциональности регулирующего блока, равный отношению проводимостей α/γ .

Настройка предела пропорциональности $\delta = 1/K_p$ производится изменением проводимости дросселя 3 («диапазон дросселирования»), снабженного соответствующей шкалой.

$$K_p = \frac{100}{\text{ДД}} \quad (9)$$

где ДД – диапазон дросселирования в % (5, 40, 100, 250, 1000, 3000).

Диапазон дросселирования или зона регулирования – это интервал изменения величины регулируемого параметра, вызывающий перемещение регулирующего органа из одного крайнего положения в другое.

Зависимость между направлением изменения параметра и направлением изменения давления в выходной линии блока устанавливается путем изменения положения диска переключателя П с надписями «прям» и «обр» относительно риски на плате.

Выключающее реле 7 служит для отключения регулирующего блока (при переходе на ручное управление) путем подачи командного давления P_k , при котором сопло C_2 закрывается (сопло C_1 заглушено), прекращая прохождение сигнала с выхода усилителя мощности 6 на выход регулирующего блока.

Дроссель ПД₂, включенный в линию положительной обратной связи, предназначен для торможения автоколебаний, возникающих из-за дополнительной инерционности (дроссельный сумматор – камера Б элемента сравнения 5) и неоднозначности статических характеристик усилителя (элемента сравнения 5) с большим коэффициентом усиления.

Граничная частота для регулирующего блока может быть определена так:

$$\omega_{\text{гр}} = \frac{1,54}{K_p + 1}, \text{ рад/с.} \quad (10)$$

Описание лабораторной установки для проверки регулирующего блока ПР2.5

Порядок выполнения работы

Сжатый воздух от компрессора через соответствующие задатчики давления воздуха П23Д.4 и редуктор давления воздуха РДВ-5 подводится на входные штуцера регулирующего блока ПР2.5 (рис. 6).

Величины давлений воздуха контролируются по техническому манометру МТ со шкалой 0 – 160 кПа и образцовым манометрам МО со шкалой 0 – 100 кПа.

1а, 1б – соответственно регулятор давления воздуха и технический манометр для подвода и контроля давления питания.

2а, 2б – соответственно ручной задатчик и образцовый манометр для подвода и контроля давления $P_{пер}$.

4а, 4б – соответственно ручной задатчик и образцовый манометр для подвода и контроля давления $P_{зад}$.

3 – образцовый манометр для контроля давления $P_{вых}$.

Штуцер к выключающему реле заглушен.

При лабораторной проверке регулирующего блока ПР2.5 проверяется градуировка органа настройки пределов пропорциональности (диапазонов дросселирования).

Регулирующий блок настроен на давление $P_n = 60$ кПа.

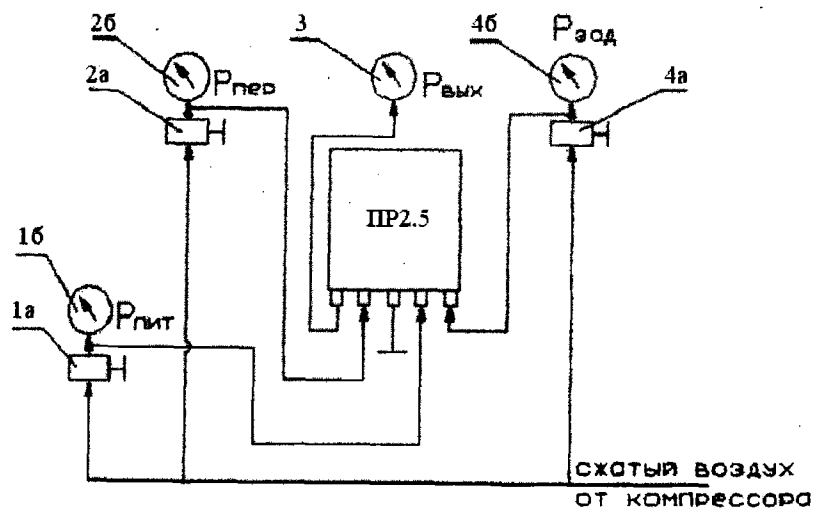


Рис. 6. Схема лабораторной установки для проверки регулирующего блока ПР2.5

Градуировка органа настройки блока проверяется для положения переключателя режимов П в положении «прям» по всем оцифрованным делениям диска настройки для давления $P_z = 60; 80$ кПа.

1. Вывернуть до нуля ручные задатчики 2а и 4а и регулятор 1а.
2. Включить компрессор.
3. С помощью редуктора давления воздуха 1а по манометру 1б установить давление питания $P_{пит}$ на прибор, равное 140 кПа.
4. Поставить переключатель режимов П на регулирующем блоке в положение «прям».
5. Поставить диск настройки пределов пропорциональности (диапазонов дросселирования) в положение 10%.
6. Плавное вращение ручки задатчиков 2а и 4а, установить по манометрам 2б и 4б соответственно давление $P_{пер} = P_{зад} = 60$ кПа.
7. С помощью задатчика 2а установить по манометру 2б соответственно давление $P_{пер} \pm 1$ кПа = 60 ± 1 кПа, то есть $P_{пер} = 59$ кПа и $P_{пер} = 61$ кПа.
8. Зафиксировать в этих случаях давление $P_{зад}$.
9. Аналогичные операции (п.5-7) произвести для положений диска настройки диапазонов дросселирования 40%, 60%, 100%, 200%, 300%.
10. При перестановке диска настройки диапазонов дросселирования давлений $P_{пер}$ и $P_{зад}$ с помощью задатчиков 2а и 4а снимать до нуля.
11. Давление $P_{пер}$ для различных диапазонов дросселирования соответственно изменять так: ДД=40%, ДД=60%; $P_{пер} \pm 5$ кПа = 60 ± 5 кПа, то есть $P_{пер} = 55$ кПа и $P_{пер} = 65$ кПа. ДД=100%; ДД=200%; ДД=300%; $P_{пер} \pm 10$ кПа = 60 ± 10 кПа, то есть $P_{пер} = 50$ кПа и $P_{пер} = 70$ кПа.
12. Повторить все операции (п.6-10) для давления $P_{пер} = P_{зад} = 80$ кПа.
13. Для каждого значения $P_{пер}$ и для каждого положения диска настройки диапазонов дросселирования вычислить фактический диапазон дросселирования $ДД_\phi$ по приведенному выражению:

$$ДД_\phi = \frac{100/P_n - P_z /}{/P_{вых} - P_n /}, \quad (11)$$

где $P_n = 60$ кПа.

14. Вычислить среднее значение $ДД_{ф}$ оцифровки диска настройки

$$ДД_{ф, ср} = \frac{\sum_{i=1}^n ДД_{iф}}{n}, \quad (12)$$

где n – количество опытных данных по определению $ДД_{ф}$.

15. Все результаты испытаний и вычислений записать в таблицу 5.
 16. Сравнить полученные значения $ДД$ с допускаемыми интервалами изменения (табл. 4) и сделать вывод о годности регулирующего блока для эксплуатации.

Таблица 4

Допускаемые интервалы изменения $ДД$

Оцифровка диска настройки $ДД, \%$	10	40	60	100	200	300
Допускаемые интервалы изменения $ДД, \%$	5+15	30+50	45+75	82+118	182+218	282+318

Таблица 5

Результаты испытаний и вычислений

$P_{пер},$ кПа	$P_{зад},$ кПа	$/P_{пер}-P_{зад}/,$ кПа	$P_{вых},$ кПа	$/P_{вых}-P_{н}/,$ кПа	$ДД_{ф},$ %
-------------------	-------------------	-----------------------------	-------------------	---------------------------	----------------

I серия опытов: $P_n=P_3=60$ кПа,
 $ДД=10, 40, 60, 100, 200, 300\%$.

II серия опытов: $P_n=P_3=80$ кПа,
 $ДД=10, 40, 60, 200, 300\%$.

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки для проверки регулирующего блока ПР2.5.
2. Перечень приборов и устройств, входящих в лабораторную установку для проверки регулирующего блока ПР2.5 с указанием типа, и краткой технической характеристики (шкала, цена деления, класс точности).
3. Формула для определения диапазона дросселирования.
4. Результаты испытаний и вычислений согласно таблице 5 и методике выполнения работы для всех оцифрованных значений диска настройки диапазонов дросселирования.
5. Анализ результатов проверки регулирующего блока ПР2.5.

Вопросы по лабораторной работе

1. Как математически выражается зависимость между выходным давлением и разностью между переменным давлением и заданием?
2. Что такое диапазон дросселирования?
3. Какая математическая зависимость между коэффициентом пропорциональности (коэффициентом усиления) и диапазоном дросселирования?
4. Как меняется работа регулирующего блока при изменении положения переключателя режимов П?
5. В чем заключается назначение отключающего реле?
6. Где и для каких целей применяется регулирующий блок ПР2.5?
7. Что такое закон регулирования?

3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

3.1. Преобразователи рода сигналов

Лабораторная работа № 3

«Пневмоэлектрический ППЭ-2 и электропневматический ЭПП-63 преобразователи»

Цель работы заключается в изучении преобразователей – пневмоэлектрического ППЭ-2 и электропневматического ЭПП-63 и проверке их основной погрешности [1].

Введение

ГОСТом установлены следующие сигналы дистанционных передач: пневматические – давление $0,019613 \div 0,98066$ МПа (20 – 100 кПа); электрические – постоянный ток $0 \div 5$; $-5 \div 0 \div +5$; $0 \div 20$; $-20 \div 0 \div +20$ мА; $4 - 20$ мА; электрические – напряжение переменного тока $0 \div 10$; $-10 \div 0 \div +10$; $0 \div 100$; $-100 \div 0 \div +100$ мВ; $0 \div 1$; $-1 \div 0 \div +1$; $0 \div 10$; $-10 \div 0 \div +10$ В; частотные электрические непрерывные и электрические кодированные.

При использовании комбинированных дистанционных систем, в которых получение, передача и прием информации осуществляется устройствами, имеющими различные виды сигналов и энергии питания, применяются смешанные преобразователи, например, аналоговые электропневматические и пневмоэлектрические. Эти преобразователи позволяют перейти от одного стандартного сигнала к другому, то есть связать между собой стандартные ветви Государственной системы приборов (ГСП).

Принцип действия и конструкция преобразователя ППЭ-2

Преобразователь пневмоэлектрический аналоговый ППЭ-2 предназначен для пропорционального преобразования унифицированного пневматического сигнала 20 – 100 кПа в унифицированный электрический сигнал 0 – 5,0 – 20 или 4 – 20 мА постоянного тока. Предел допускаемой основной погрешности $\pm 1\%$ ($\pm 0,5\%$) от диапазона выходного сигнала.

Питание преобразователя – напряжение переменного тока $220 \div 230$ В, частота 50 Гц.

Сопротивление нагрузки, включая сопротивление линии связи, для преобразователей с верхним пределом значения выходного сигнала 20 мА не более 1 кОм, для преобразователей с верхним предельным значением выходного сигнала 5 мА не более 2,5 кОм.

Конструктивно преобразователь состоит из упругого чувствительного элемента давления (трубчатая манометрическая пружина), магнитомодуляционного преобразователя и платы усилителя.

Потребляемая мощность не более 6 ВА.

В зависимости от исполнения преобразователь может работать при температуре окружающего воздуха от -10°C до 55°C и влажности воздуха до 98%.

Преобразователь может быть применен для преобразования пневматического сигнала от датчика или регулирующего блока в унифицированный электрический сигнал постоянного тока, вводимый в программно-технический комплекс (ПТК), электрический регулирующей блок или электрический показывающий и регистрирующий прибор [2,3].

Принцип действия и конструкция преобразователя ЭПП-63

Преобразователь электропневматический ЭПП-63 служит для преобразования электрического сигнала постоянного тока в пневматический. В целлюлозно-бумажной промышленности он применяется в автоматических системах регулирования для согласования электрических регулирующих блоков с пневматическими исполнительными механизмами. Он может также работать в комплекте с любым пневматическим датчиком или вторичным прибором, имеющим стандартный пневматический выходной сигнал в диапазоне 20-100 кПа.

Входной сигнал – электрический унифицированный токовый в диапазоне $0 \div 5$ мА, выходной – давление сжатого воздуха в диапазоне 20-100 кПа.

Основная относительная приведенная погрешность преобразователя также не превышает $\pm 1\%$ от диапазона выходного сигнала.

Действие прибора ЭПП-63 основано на преобразовании величины постоянного тока в пропорциональный току момент силы посредством магнитоэлектрического механизма и рычажной системы и измерении на рычажной системе (при помощи сильфона отрицательной обратной связи, работающего от пневматического усилителя с открытым соплом) алгебраической суммы трех моментов сил:

1. Момент, пропорционального току.
2. Суммарного, практически постоянного, момента усилий упругих элементов (главным образом, установочных пружин).

3. Практически линейно связанного с током, момента реакции струи воздуха, выходящего из сопла.

Преобразователь (рис. 7) состоит из двух блоков: электро-механического преобразователя (совокупность магнитоэлектрического механизма и рычажной системы) и пневматического усилителя. Первый блок служит для линейного преобразования постоянного тока в момент силы, а второй – для усиления мощности и давления сжатого воздуха.

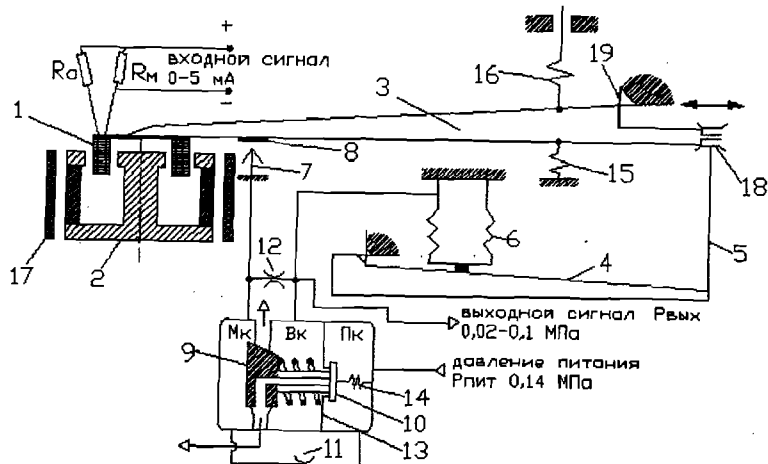


Рис. 7. Принципиальная схема электропневматического преобразователя ЭПП-63

Связывающими звеньями блоков являются переменный дроссель «сопло-заслонка», задающий определенное давление на входе в зависимости от положения (перемещения) рычажной системы, и сильфон отрицательной обратной связи, компенсирующий (уравновешивающий) усилия, приложенные к рычажной системе, препятствуя ее перемещению.

Прибор ЭПП-63 работает по принципу компенсации сил при практически постоянном усилии упругих элементов, возможном лишь при весьма малых перемещениях рычажной системы.

При установившемся режиме усилие втягивания катушки (1), укрепленной на основном рычаге (3), создаваемое постоянным током определенной величины, в зазор постоянного магнита (2), уравнивается определенной реакцией сильфона обратной связи (6).

При увеличении тока увеличивается усилие втягивания катушки, нарушается равновесие рычажной системы и рычаги, соединенные гибкой тягой (5), поворачиваются вокруг шарниров, уменьшая при этом зазор между соплом (7) и укрепленной на основном рычаге заслонкой (8). В результате увеличивается сопротивление «сопло – заслонка». Далее повышается давление в междроссельной камере Мк и нарушается равновесие

дифференциальной мембраны 9. Шток, жестко связанный с мембраной, увеличивает степень открытия клапана 10, что приводит к большему расходу воздуха через него и повышению давления в камере выхода Вк и в сильфоне обратной связи.

Вследствие этого увеличивается усилие, приложенное сильфоном к малому рычагу (4) и направленное против движения рычажной системы, вызванное усилением тока в катушке.

Равновесие рычажной системы восстановится при вполне определенном отношении между выходным давлением и входным током при новом соотношении давлений в выходной и междроссельной камерах.

Это соответствует новым значениям перепадов давлений на постоянных дросселях (11) и (12), питающих междроссельную камеру, а следовательно и новым значениям расхода воздуха через каждый дроссель.

В результате каждому значению выходного давления соответствуют определенные значения положения заслонки (8), мембраны и клапана.

При уменьшении тока рычаги под действием нескомпенсированного усилия сильфона поворачиваются в противоположном направлении, увеличивая зазор между соплом и заслонкой и уменьшая давление в междроссельной камере.

Мембрана прогибается внутрь междроссельной камеры, клапан под действием сжатого воздуха в камере питания ПК (а также пружины 14) закрывается, и воздух из камеры выхода через канал в штоке и внутреннюю полость мембраны начинает сбрасываться в атмосферу. Сброс прекращается с восстановлением равновесия на рычажной системе при новом, меньшем выходном давлении.

В приборе применена система термокомпенсации, состоящая из медного шунта $R_{ш}$ сопротивлением 5170 Ом и дополнительного манганинового сопротивления $R_{д} = 960$ Ом [1].

В настоящее время выпускаются пневмоэлектрические и электропневматические преобразователи других модификаций (см. Приложение 4).

Описание лабораторной установки для проверки преобразователей ПЭ-2 и ЭПП-63

Сжатый воздух от компрессора через соответствующие редуктор давления воздуха РДВ-5 и датчик давления воздуха П23Д4 подводится к преобразователям (рис. 8).

К преобразователю ПЭ-2 подводится переменное напряжение питания 220В.

Величины давлений воздуха на входе и выходе преобразователей контролируются по техническому манометру МТ со шкалой 0-0,16 МПа (0-160 кПа) и образцовым манометрам МО со шкалой 0-0,1 МПа (0-100 кПа).

1а, 1б – соответственно редуктор давления воздуха и технический манометр для подвода и контроля давления питания $P_{пит}$.

2, 4 – образцовые манометры соответственно для контроля входного давления преобразователя ППЭ-2 $P_{вх}$ и выходного давления преобразователя ЭПП-63 $P_{вых}$.

3 – микроамперметр М266М с шунтом для контроля выходного сигнала преобразователя ППЭ-2.

5 – ручной задатчик для подвода давления $P_{вх}$ на преобразователь ППЭ-2.

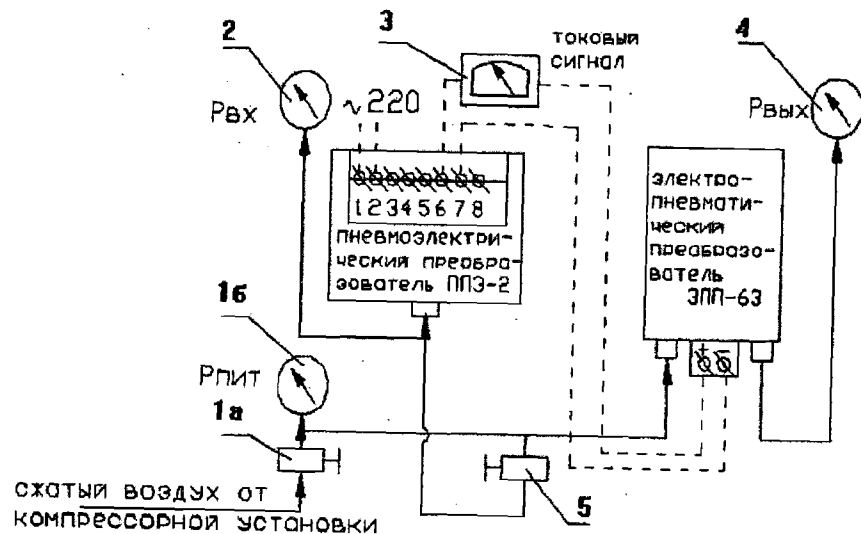


Рис. 8. Схема лабораторной установки для проверки преобразователей

Порядок выполнения работы

1. Вывернуть до нуля редуктор давления воздуха 1а и ручной задатчик 5.
2. Включить компрессор и подать напряжение питания на преобразователь ППЭ-2.
3. С помощью редуктора давления воздуха 1а по манометру 1б установить давление питания $P_{пит}$, равное 0,14 МПа (140 кПа).

4. Плавно вращая ручку задатчика 5, установить поочередно по манометру 2 давление $P_{вх}$ в соответствии с таблицей 6 и соответственно зафиксировать для каждого значения $P_{вх}$ значение тока I по микроманометру с шунтом 3 и значение давления $P_{вых}$ по манометру 4.

5. Для каждого значения $P_{вх}$ вычислить абсолютные погрешности.

$$\Delta I = I - I_{теор}, \quad (13)$$

$$\Delta P_{вых} = P_{вых} - P_{вых.теор}. \quad (14)$$

6. Для каждого значения давления $P_{вх}$ вычислить относительные приведенные погрешности

$$\varepsilon_{1пр} = \frac{\Delta I}{5.0} \cdot 100, \quad (15)$$

$$\varepsilon_{2пр} = \frac{\Delta P_{вых}}{100} \cdot 100. \quad (16)$$

7. Вычислить среднеарифметические значения относительных приведенных погрешностей для преобразователей ППЭ-2 и ЭПП-63

$$\varepsilon_{1пр}^* = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i1пр}}{n}, \quad (17)$$

$$\varepsilon_{2пр}^* = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i2пр}}{n}, \quad (18)$$

где n – число испытаний.

8. Все результаты испытаний и вычислений записать в таблицу 6.
9. Построить графические зависимости $I = f(P_{вх})$; $I_{теор} = f(P_{вх})$; $P_{вых} = f(P_{вх})$; $P_{вых.теор} = f(P_{вх})$.
10. Сравнить полученные значения $\varepsilon_{1пр}^*$ и $\varepsilon_{2пр}^*$ с допускаемыми и сделать вывод о работоспособности и годности для эксплуатации преобразователей.

Таблица 6

Результаты испытаний и вычислений

№ п/п	$P_{вх}$, кПа	I , мА	$P_{вых}$, кПа	$I_{теор}$, мА	$P_{вых.теор}$, кПа	ΔI , мА	$\Delta P_{вых}$, кПа	$\varepsilon_{1пр}$, %	$\varepsilon_{2пр}$, %
1	20			0,000	20				
2	30			0,625	30				
3	40			1,250	40				
4	50			1,875	50				
5	60			2,500	60				

Окончание табл. 6

№ п/п	$P_{вх}$, кПа	I , мА	$P_{вых}$, кПа	$I_{теор}$, мА	$P_{вых.теор}$, кПа	ΔI , мА	$\Delta P_{вых}$, кПа	$\varepsilon_{1пр}$, %	$\varepsilon_{2пр}$, %
6	70			3,125	70				
7	80			3,750	80				
8	90			4,375	90				
9	100			5,000	100				

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки для проверки пневмоэлектрического и электропневматического преобразователей.
2. Перечень приборов и устройств, входящих в лабораторную установку с указанием типа и краткой технической характеристики (шкала, цена деления, класс точности).
3. Формулы для определения погрешностей преобразователей.
4. Таблица 6 с результатами испытаний и вычислений.
5. Графические зависимости согласно пункту 9 выполнения работы в координатах ($I, P_{вх}$), ($P_{вых}, P_{вх}$).
6. Анализ результатов проверки преобразователей.

Вопросы по лабораторной работе

1. Из каких основных узлов состоит пневмоэлектрический преобразователь ППЭ-2?
2. В чем заключается принцип действия электропневматического преобразователя ЭПП-63?
3. Из каких основных узлов состоит преобразователь ЭПП-63?
4. Какое назначение имеет система термокомпенсации в преобразователе ЭПП-63?
5. В чем заключаются принципы действия современных пневмоэлектрического ПЭ-1П и электропневматических (ЭП-0000, АСТРА-ЭП) преобразователей?

3.2. Нормирующие преобразователи

Лабораторная работа № 4

«Нормирующий преобразователь ПТ-ТС-68»

Цель работы заключается в изучении и исследовании нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68 и проверке его основной погрешности.

Введение

Нормирующие преобразователи предназначены для преобразования выходных сигналов датчиков температуры – термопреобразователя сопротивления и термоэлектрического преобразователя в унифицированные электрические сигналы постоянного тока 0-5 мА и 4-20 мА.

Такое преобразование сигналов необходимо, так как в большинстве случаев программно-технические комплексы (ПТК) требуют однотипного входного сигнала независимо от типа датчика.

Нормирование сигнала во многих случаях целесообразно и тогда, когда локальная автоматика используется как дублирующая резервная система для ПТК. В этих случаях комплект датчик и автоматический компенсационный прибор может быть заменен комплектом датчик, преобразователь и прямодействующий вторичный прибор. Прямодействующий вторичный прибор – миллиамперметр обычно используют для контроля нескольких измеряемых величин.

Преимущества нормирования сигналов особенно проявляется при дистанционных передачах, так как при передаче сигнала постоянного тока упрощается задача фильтрации помех, а также при многократном использовании сигнала одного датчика [6].

Принцип действия и конструкция преобразователя ПТ-ТС-68

Основу работы преобразователя ПТ-ТС-68 составляет усилитель переменного тока с несущей частотой, охваченный глубокой отрицательной обратной связью (рис. 9).

Разбаланс моста через модулятор М поступает на электронный усилитель ЭУ. На выходе усилителя имеется демодулятор ДМ,

осуществляющий обратное преобразование усиленного переменного тока в постоянный.

Выходное напряжение U_2 или его часть $U_1 = \beta \cdot U_2$ используется для получения отрицательной обратной связи, частично компенсирующей входной сигнал, причем, β – коэффициент усиления обратной связи.

На вход электронного усилителя поступает разность напряжения ΔU равная $U_x - U_1$, которая усиливается до U_2 .

Ток в цепи нагрузочного сопротивления R_n пропорционален выходному напряжению, то есть $I_2 = U_2 \cdot c$ (c – коэффициент пропорциональности).

Нормирующие преобразователи в основном различаются типами модуляторов, демодуляторов и их выполнением [6].

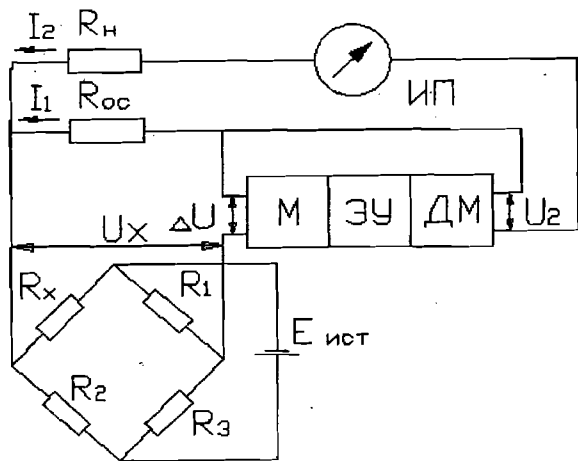


Рис. 9. Структурная схема нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68: U_x – разбаланс измерительной мостовой схемы; М – модулятор; ЭУ – электронный усилитель; ДМ – демодулятор; ИП – измерительный прибор; R_{oc} – сопротивление обратной связи; R_n – сопротивление нагрузки; $E_{ист}$ – ЭДС источника питания измерительной мостовой схемы; R_x – термосопротивление; R_1, R_2, R_3 – сопротивления мостовой схемы

Мостовая схема служит для питания термосопротивления и получения выходного сигнала в виде напряжения (разбаланса мостовой схемы) U_x [6].

Бесшкальный мостовой преобразователь ПТ-ТС-68 предназначен для преобразования изменения термосопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока 0 – 5 мА.

Предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,5\%$.

Питание – 200В, 50 Гц.

Сопротивление линии связи не более 5 Ом, сопротивление нагрузки – 2500 Ом.

Потребляемая мощность – 9 ВА.

Преобразователь ПТ-ТС-68 подключается к термопреобразователю сопротивления ТСМ, градуировки Гр. 23, диапазона измерения 0- 150 °С.

В настоящее время для нормирования сигналов с термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей температуры выпускаются измерительные преобразователи ИП (см. Приложение 5).

Описание лабораторной установки для проверки нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68

На рис. 10 представлена упрощенная блок-схема установки, а на рис. 11 представлена блочно-коммутационная схема установки.

Термопреобразователь сопротивления ТСМ гр. 23, 0-150 °С на входе преобразователя ПТ-ТС-68 (2) имитируем с помощью магазина сопротивления МС типа МСР-60М (1), выходной сигнал преобразователя контролируем по цифровому миллиамперметру МА типа Ф214-1/9 (3).

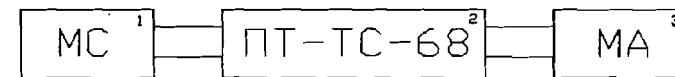


Рис. 10. Упрощенная блок-схема лабораторной установки для проверки нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68

Порядок выполнения работы

1. Установить задатчики сопротивления всех разрядов магазина сопротивления (1) на «0».
2. Подключить электрическое напряжение 220В на лабораторную установку.
3. Поочередно согласно таблице 7 устанавливать активное сопротивление $R_{вх}$ на входе преобразователя с помощью магазина сопротивлений и фиксировать значение постоянного тока $I_{вых}$ на его выходе с помощью миллиамперметра.
4. Для каждого значения $R_{вх}$ вычислить абсолютную погрешность по току

$$\Delta I = I_{вых} - I_{вых, теор} / \quad (19)$$

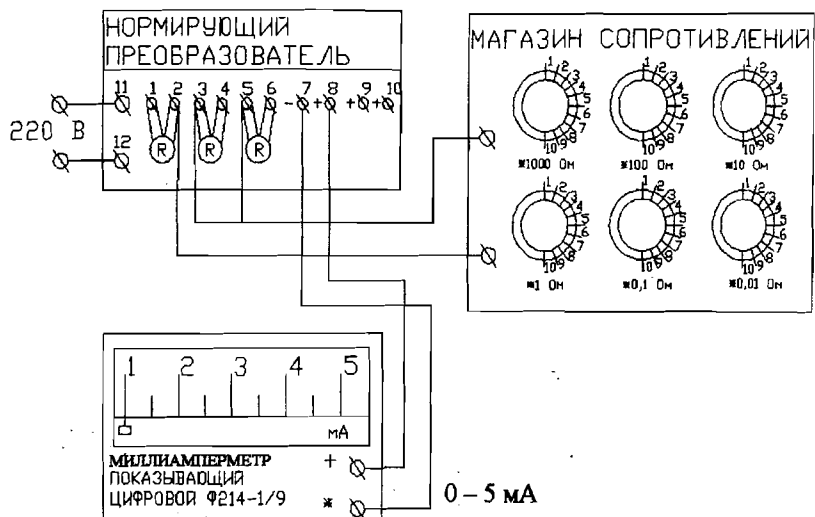


Рис. 11. Блочная-коммутационная схема лабораторной установки для проверки нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68

5. Для каждого значения $R_{\text{вх}}$ вычислить относительную и приведенную погрешности по току

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta I}{I_{\text{вых.теор}}} \cdot 100, \quad (20)$$

$$\varepsilon_{i\text{пр}} = \frac{\Delta I}{5,0} \cdot 100. \quad (21)$$

6. Вычислить среднеарифметические значения абсолютной, относительной и относительной приведенной погрешностей

$$\Delta I_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta I_i}{n}, \quad (22)$$

$$\varepsilon_{i\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n}, \quad (23)$$

$$\varepsilon_{i\text{пр.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i\text{пр}}}{n}, \quad (24)$$

где n — число испытаний.

7. Все результаты испытаний и вычислений записать в таблицу 7.
 8. Построить графические зависимости $I_{\text{вых}} = f(R_{\text{вх}})$ и $I_{\text{вых.теор}} = f(R_{\text{вх}})$.
 9. Сравнить полученное значение $\varepsilon_{i\text{пр.ср}}$ с допусаемым и сделать вывод о работоспособности и годности для эксплуатации нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68.

Таблица 7

Результаты испытаний и вычислений

$R_{\text{вх}}$, Ом	$I_{\text{вых}}$, мА	$I_{\text{вых.теор}}$, мА	ΔI , мА	ε_i , %	$\varepsilon_{i\text{пр}}$, %
100		0			
107,3		0,33			
114,8		0,66			
121,7		0,96			
128,5		1,26			
135,1		1,55			
142,9		1,89			
149,3		2,17			
156,4		2,48			
163,2		2,78			
170,8		3,12			
177,4		3,41			
184,2		3,70			
191,8		4,04			
198,3		4,32			
204,2		4,58			
211,8		4,91			
213,78		5,0			

Содержание отчета

- Схемы лабораторной установки для проверки нормирующего преобразователя.
- Перечень приборов и устройств, входящих в лабораторную установку с указанием типа и краткой технической характеристики (шкала, цена деления, класс точности).
- Формулы для вычисления погрешностей преобразователя.

4. Таблица 7 с результатом испытаний и вычислений.
5. Графические зависимости согласно пункту 8 выполнения работы.
6. Анализ результатов проверки нормирующего преобразователя.

Вопросы по лабораторной работе

1. Из каких основных узлов состоит нормирующий преобразователь ПТ-ТС-68?
2. Почему необходимо нормировать сигнал выхода термопреобразователя сопротивления?
3. В чем заключается принцип действия новейших измерительных преобразователей ИП?

4. ПРИВОДЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Лабораторная работа № 5 «Мембранный пневматический привод МПП-16»

Цель работы заключается в изучении и проверке мембранного пневматического привода типа МПП-16.

Введение

Пневматические исполнительные механизмы предназначены для преобразования входного сигнала давления, поступающего от регулирующего или командного прибора, в перемещение регулирующего органа, который изменяет приток или сток вещества энергии в объект управления.

Пневматический исполнительный механизм состоит из привода, воспринимающего командный сигнал давления, и регулирующего органа. По типу привода пневматические исполнительные механизмы делятся на мембранные и поршневые.

В исполнительных механизмах с мембранным приводом (МИМ) (рис. 12) перемещение регулирующего органа вызывается прогибом эластичной мембраны с жестким центром, на которую воздействует входное давление. Пропорциональность между входным давлением $P_{вх}$ и ходом X штока 3 достигается за счет сил деформации возвратной пружины 4. Статические

характеристики большинства МИМов близки к линейным, однако почти всегда наблюдается гистерезис (2 – 15% от максимального значения $P_{вх}$). Величина гистерезиса зависит от площади мембраны, перепада давления на регулирующем органе 7 и от усилий возникающих в сочленениях [1, 3].

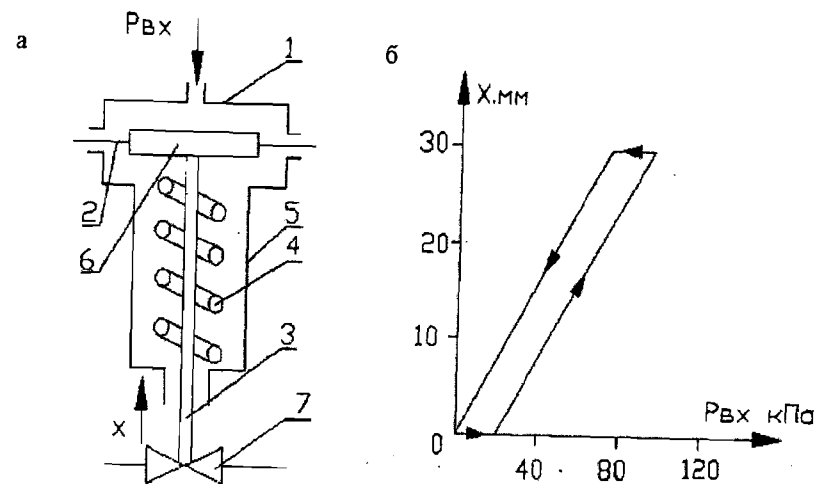


Рис. 12. Пневматический мембранный исполнительный механизм (МИМ) с регулирующим органом: а – схема МИМа; б – статическая характеристика (прямой и обратный ход)

Для уменьшения зоны гистерезиса и улучшения динамических свойств на МИМы устанавливаю дополнительные усилители мощности и давления, называемые позиционерами. Позиционеры целесообразно применять при значительном удалении МИМа от пневматического регулятора. Схема позиционера, работающего по схеме компенсации перемещения показана на рис. 13.

Позиционер представляет собой усилитель, охваченный обратной связью по положению исполнительного механизма (привода регулирующего органа), у которого входной величиной является давление выхода регулятора, а выходной – давление в мембранной полости исполнительного механизма. Жесткая обратная связь по положению штока исполнительного механизма обеспечивает линейность между входным давлением на позиционер и перемещением штока.

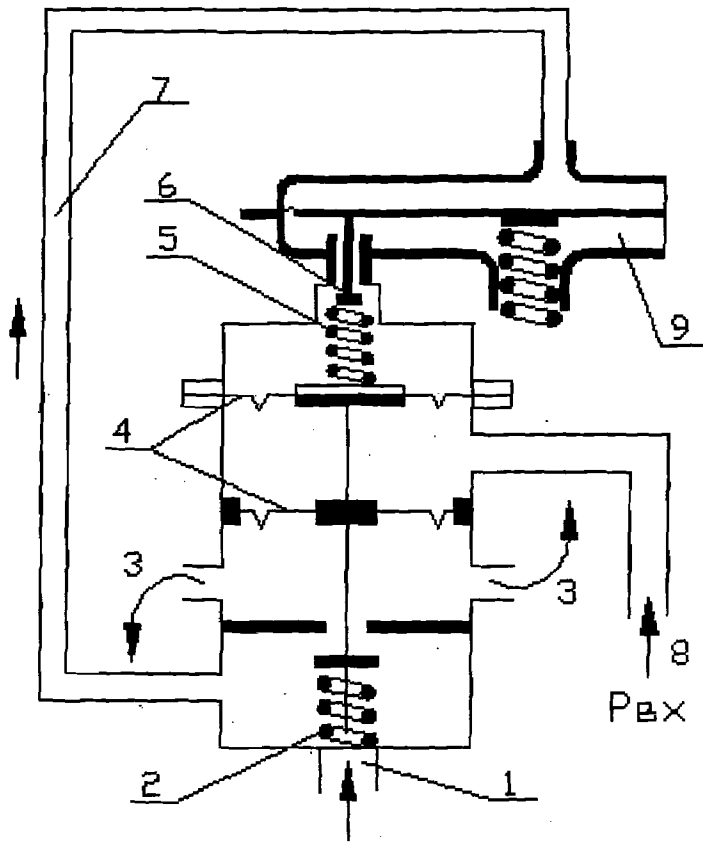


Рис. 13. Пневматический позиционер

При подаче пневматического командного импульса по линии (8) (рис. 13) в полость между мембранами (4) позиционера подвижная система движется вверх за счет того, что верхняя мембрана имеет большую эффективную площадь, чем нижняя. При этом управляющий клапан (2) позиционера открывает доступ воздуха из линии питания 150-200 кПа (1) по линии (7) в рабочую полость мембранного привода (9).

Под действием сжатого воздуха подвижная система клапана перемещается вниз, и пружина мембранного привода сжимается. При перемещении подвижных частей клапана вниз включается обратная связь,

которая через рычаг 6 и пружину 5 воздействует на управляющий клапан позиционера, перемещая его в нижнее положение.

Перемещение подвижной системы клапана продолжается до тех пор, пока давление командного воздуха в полости между мембранами позиционера не уравнивается силой сжатия пружины.

При повышении командного давления подвижные части клапана перемещаются вниз до момента создания на пружине позиционера соответствующей уравновешивающей силы.

При понижении командного давления управляющий клапан позиционера под действием пружины перекрывает проход в корпусе, часть сжатого воздуха из рабочей полости мембранного привода через трубку и отверстие (3) в корпусе позиционера стравливается в атмосферу.

Подвижные части клапана под действием пружины привода перемещаются вверх до тех пор, пока сила сжатия пружины позиционера не будет соответствовать командному давлению [13].

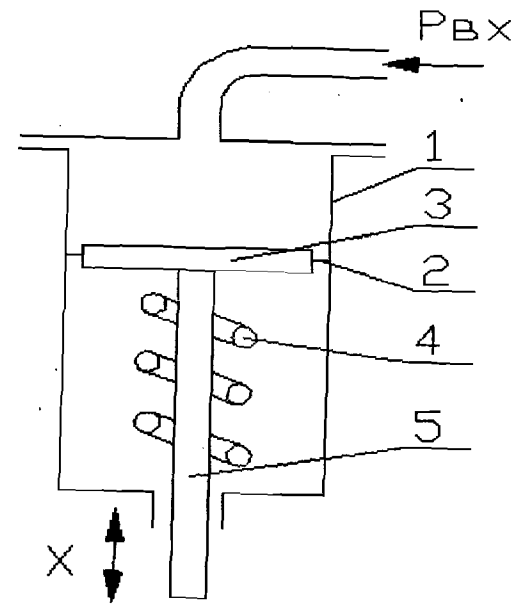


Рис. 14. Пневматический поршневой привод исполнительного механизма

Выпускаются также и электропневматические позиционеры, в которых командный электрический сигнал в диапазоне 4-20 мА или 0-5 мА с программно-технического комплекса (ПТК) или локального регулятора преобразуется в давление воздуха 20-100 кПа и другие диапазоны.

Величина гистерезиса для МИМов с позиционерами уменьшается до 1-1,5%.

При работе без позиционера движение штока регулирующего органа должно начинаться при давлении сжатого воздуха 20 кПа, а при работе с позиционером давление в мембранной камере исполнительного механизма в начале хода не должно превышать 10 кПа.

Поршневой привод (рис. 14) в отличие от мембранного позволяет получить большее перемещение штока, что в некоторых случаях определяет целесообразность его применения. Основные элементы поршневого привода приведены на рис. 14. Это цилиндр 1, манжета 2, поршень 3, пружина 4, подвижный шток 5. Для увеличения точности и уменьшения инерционности поршневые исполнительные механизмы также снабжены позиционерами.

В целлюлозно-бумажной промышленности согласно задачам автоматизации наибольшее применение получили мембранные пневматические приводы. Простейшими типами являются приводы МПП-16, МПП-20 и МПП-25, отличающиеся друг от друга габаритными размерами и конструкцией выходного звена (толкающий и рычажный варианты).

Устройство и принцип действия мембранного пневмопривода МПП-16

Конструкция мембранного пневмопривода МПП-16 представлена на рис. 12. Входной сигнал давления воздуха (20-100 кПа) воспринимается резиновой мембраной 2, защемленной между корпусом 5 и крышкой 1. Деформируясь, мембрана 2 через жесткий центр 6 перемещает шток 3, который своим нижним концом сообщает движение регулирующему органу 7. Одновременно возвратная пружина 4, сжимаясь, накапливает энергию для обратного перемещения регулирующего органа при уменьшении входного сигнала. Ход штока во всех типах МПП составляет 30 мм.

Описание схемы лабораторной установки

Сжатый воздух от компрессора через ручной задатчик типа ПЗД.4(1) поступает в мембранную полость (3) пневматического привода МПП-16 (рис. 15). Давление воздуха поступающего на пневмопривод, измеряется образцовым манометром типа МО (2).

В работе исследуется рычажный вариант пневмопривода и угол положения рычага фиксируется с помощью шкалы (4) в угловых величинах (градусах).

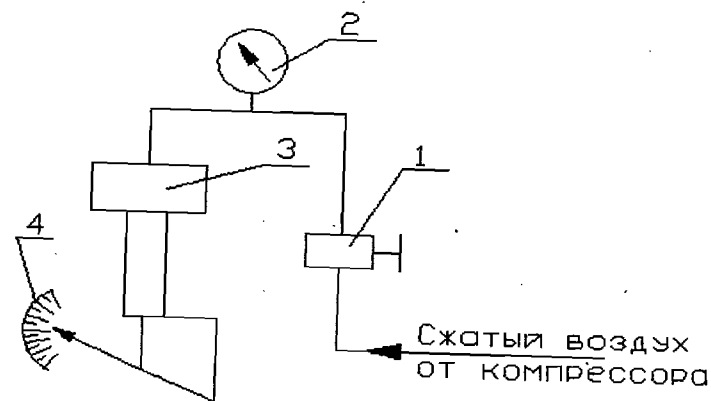


Рис. 15. Схема лабораторной установки для проверки мембранного пневмопривода МПП-16

Порядок выполнения работы

1. Включить компрессор.
2. С помощью ручного задатчика (1) установить давление $P_{вх}=20$ кПа.
3. Для каждого значения $P_{вх}$, начиная от 20 кПа до 100 кПа через интервал, равный 5 кПа, фиксировать угол поворота рычага по угловой шкале (4).
4. Плавно снижая давление воздуха задатчиком (1), фиксировать для тех же значений давления $P_{вх}$ углы поворота рычага при обратном ходе.

5. Все результаты испытаний как для прямого, так и для обратного хода занести в таблицу 8.

6. Рассчитать вариацию для каждого значения давления $P_{вх}$

$$\Delta\varphi = \varphi_{п.х.} - \varphi_{о.х.}, \quad (25)$$

где $\varphi_{п.х.}$ – угол поворота прямого хода,
 $\varphi_{о.х.}$ – угол поворота обратного хода.

Определить среднюю величину вариации:

$$\Delta\varphi_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i}{n}, \quad (26)$$

где n – число испытаний.

7. Определить коэффициент передачи пневмопривода

$$K = \frac{\varphi_{max}}{P_{вх.max} - P_{вх.min}}, \frac{град}{кПа}, \quad (27)$$

где φ_{max} – максимальный угол поворота при $P_{вх.max} = 100$ кПа,
 $P_{вх.min} = 20$ кПа (прямой ход).

8. Построить в прямоугольных координатах зависимости $\varphi = f(P_{вх})$ для прямого и обратного хода.

9. Рассчитать относительную вариацию β и относительную приведенную вариацию $\beta_{пр}$ ко всему диапазону угла поворота рычага и их средние значения:

$$\beta = \frac{\Delta\varphi}{\varphi_{п.х.}} 100, \quad (28)$$

$$\beta_{пр} = \frac{\Delta\varphi}{\varphi_{пх.max} - \varphi_{пх.min}} 100, \quad (29)$$

$$\beta_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}, \quad (30)$$

$$\beta_{пр.ср.} (гистерезис) = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_{пр.i}}{n}. \quad (31)$$

10. Все результаты расчета по п. 9 также занести в таблицу 8.

11. Построить графические зависимости $\varphi = f(P_{вх})$ для прямого и обратного хода.

Таблица 8

Результаты испытаний и вычислений

№ п/п	$P_{вх},$ кПа	$\varphi_{п.х.},$ град	$\varphi_{о.х.},$ град	$\Delta\varphi,$ град	$\beta,$ %	$\beta_{пр},$ %
1	20					
2	25					
3	30					
4	35					
5	40					
6	45					
7	50					
8	55					
9	60					
10	65					
11	70					
12	75					
13	80					
14	85					
15	90					
16	95					
17	100					

Содержание отчета

1. Схемы МИМа, позиционера и лабораторной установки для проверки МПП-16.
2. Формулы для вычисления рассчитываемых параметров (вариация и коэффициент усиления).
3. Перечень приборов, входящих в лабораторную установку, с указанием типа и технических данных (шкала, цена деления, класс точности).
4. Результаты испытаний и вычислений согласно таблице 8.
5. Графические зависимости $\varphi = f(P_{вх})$ для прямого и обратного хода в одних координатах.

Вопросы по лабораторной работе

1. Назначение, виды и краткие технические характеристики пневматических приводов исполнительных механизмов (мембранного и поршневого).
2. Конструкция и принцип действия МПП-16.
3. Вид статической характеристики, вариация и гистерезис.
4. Назначение и принцип действия позиционеров.
5. Область применения мембранного пневмопривода.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Прибор алгебраического суммирования пневматический ПФ1.1.-М1

Прибор алгебраического суммирования ПФ1.1-М1 состоит из элементов аналоговой техники: двух задатчиков, элемента суммирующего, усилителя мощности и двух нерегулируемых пневмосопротивлений [2, 3]. От прибора ПФ1.1 он отличается расположением плюсовых и минусовой камер суммирующего элемента и подключением элементов к штуцерам внешних пневмолиний.

При описании работы прибора приняты следующие обозначения: римские цифры – порядковые номера элементов; арабские цифры – номера сопел; прописные буквы – камеры элементов. Например C_2 III – сопло 2 элемента III; B_{II} – камера В элемента II (рис. П1).

Действие прибора основано на принципе силовой компенсации. Входные пневматические сигналы, подлежащие алгебраическому суммированию, в виде давления сжатого воздуха поступают в камеры суммирующего элемента III. Суммарное усилие, развиваемое этими давлениями в мембранном узле элемента III, уравновешивается усилием давления от источника питания, поступающего через усилитель в камеру отрицательной обратной связи. Это давление является выходным.

Выходное давление может быть изменено на постоянную величину с помощью устройство смещения, включающего два задатчика I и II с сопротивлениями ПД1 и ПД2.

Все элементы прибора монтируются на плате с помощью винтов. Связь между элементами осуществляется через каналы в них и в плате [4].

Функции алгебраического сложения пневматических сигналов выполняет элемент III, в камеру В, Е, Ж которого поступают входные давления P_1, P_2, P_3 от измерительных приборов.

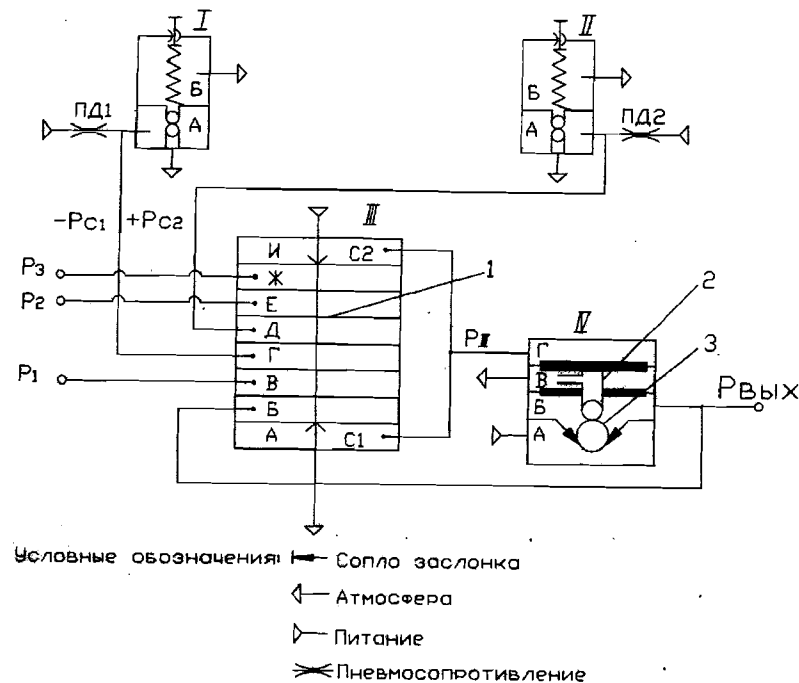


Рис. П1. Принципиальная схема прибора ПФ1.1.-М1

Усилия, развиваемые от действия давлений, перемещают мембранный узел элемента III в сторону либо сопла питания, либо сопла, сообщающегося с атмосферой, в зависимости от направления результирующего усилия. В результате этого выходное давление элемента III будет меняться.

Учитывая, что все большие мембраны и все малые мембраны суммирующего элемента имеют одинаковые эффективные площади, выходное давление элемента III – P_{III} является алгебраической суммой всех давлений, поступающих в элемент III. На выходе прибора формируется давление, равное давлению P_{III} , поступающему в камеру Γ_{IV} , но усиленное по мощности.

Давление в камере Γ_{IV} действует на мембранный узел 2, который, прогибаясь, открывает шариковый клапан 3, сообщая выходную камеру B_{IV} с

источником питания. Ввиду равенства площадей мембран, в камере Б_{IV} обрабатывается давление, равное давлению, в камере Г_{IV} [4, 5].

Предел допускаемой основной относительной приведенной погрешности – взятая в процентах от диапазона измерения входных сигналов (от 80 кПа) наибольшая разность между действительным и расчетным значениями выходного сигнала – составляет ±1,5%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Устройство регулирующее пневматическое пропорциональное ФР0098

Устройство регулирующее пневматическое пропорциональное ФР0098 (регулятор) входит также в систему СТАРТ [5, 7].

Предельное значение диапазона настройки зоны пропорциональности δ соответствуют:

нижнее – 2%; верхнее – 3000 %.

Предел допускаемой основной погрешности регулятора ± 0,5%.

Основную погрешность определяют при следующих условиях: температуре окружающего воздуха (20±2) °С; относительной влажности воздуха от 30 до 75%; отклонении давления питания не более ±2% (3 кПа – 0,03 кгс/см²) от его номинального значения.

Действие регулятора основано на принципе компенсации сил, при котором механические перемещения чувствительных элементов близки к нулю. Вследствие этого регулятор обладает высокой чувствительностью.

Сигналы, поступающие от задатчика W и от измерительного прибора-датчика X, действуют на мембраны элемента сравнения, выходное давление которого меняется при рассогласовании давлений задания и регулируемой величины (рис. П2). Силы, развиваемые действием разности давлений (X – W) на мембраны элемента сравнения, уравниваются силами, развиваемыми действием давлений в линии отрицательной обратной связи и опорного сигнала У_о.

Степень воздействия отрицательной обратной связи определяется настройкой регулируемых сопротивлений зоны пропорциональности.

Линейность статических характеристик достигается за счет введения двух сумматоров в прямой канал и в линию обратной связи элемента сравнения.

Регулятор состоит в основном из элементов аналоговой техники: пятимембранного элемента сравнения, повторителя-усилителя мощности, задатчика, задатчика расхода, регулируемых и нерегулируемых

сопротивлений. Кроме того, в регулятор входит дискретный элемент – клапан.

Элементы монтируются на плате из органического стекла с помощью винтов. Связь между элементами осуществляется через каналы в них и в плате.

Нерегулируемое сопротивление 14 встроено в повторитель – усилитель мощности, а сопротивление 13 вставлено во входной канал этого же элемента, сопротивление 15 – в задатчик расхода 12.

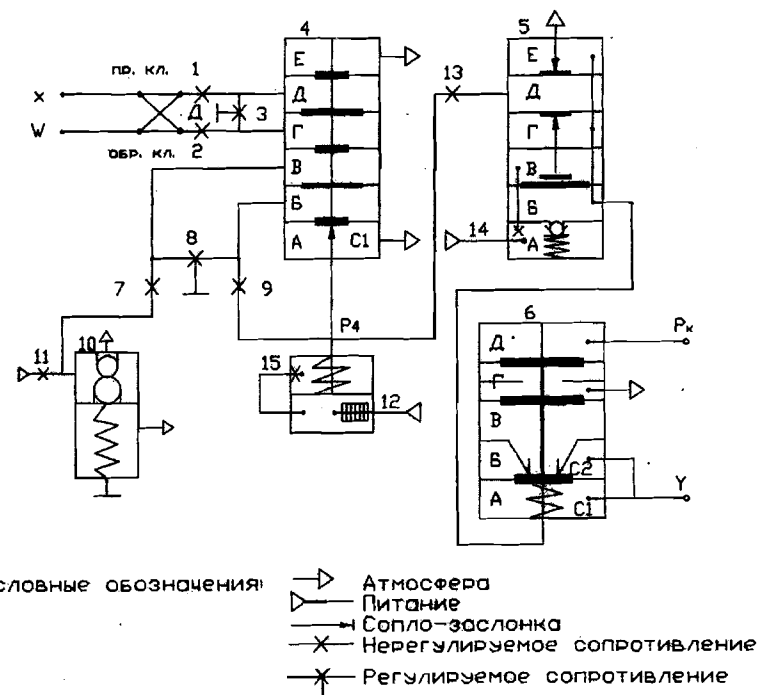


Рис. П2. Принципиальная схема регулятора ФР0098

При описании работы регулятора в принципиальной схеме приняты следующие обозначения: арабские цифры – номера элементов и сопел, прописные буквы – камеры элементов. Например: – сопло С_{1,4} – сопло С₁ элемента 4.

Давление, пропорциональное регулируемой величине X , через сопротивление 1 подводится к камере D , а давление задания W от задатчика станции управления через сопротивление 2 к камере Γ элемента сравнения 4. Камера обратной связи B соединена с выходом элемента, а в камеру B_4 подается давление U_0 от задатчика X , выполняющего функции элемента настройки уровня регулирования.

Отличительной конструктивной особенностью регулятора является наличие двух органов настройки зоны пропорциональности в диапазоне от 2 до 3000 %, что значительно повышает плавность настройки. Для настройки зоны пропорциональности от 100 до 3000% сопротивление 8 ставят на отметку 100%, что соответствует его закрытию, а сопротивление 3 – на требуемую отметку. При настройке зоны пропорциональности от 2 до 100% необходимо закрыть сопротивление 3 (поставить на отметку 100%), а сопротивление 7 в этом случае является рабочим.

Задатчик расхода 12 обеспечивает постоянство расхода питания через сопло $C_{1.4}$.

Выходное давление элемента 4 поступает на вход повторителя-усилителя мощности 5 в камеру D_5 , а затем через сопло C_1 клапана 6 служит для отключения регулятора (при переходе на ручное управление) путем подачи давления питания P_k в камеру D_6 . При этом закрывается сопло $C_{1.6}$ и открывается сопло $C_{2.6}$, которое нормально закрыто.

Для гашения автоколебаний, возникающих при работе регулятора в камере D_5 , служит сопротивление 13. Сопротивления 7,9,11 – нерегулируемые.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Применение средств пневмоавтоматики системы СТАРТ ОАО «Тизприбор» в целлюлозно-бумажном производстве

Управление уровнем эмульсии в баке-сборнике в производстве диазобумаги на ОАО «Фирма Бумага» (г. Санкт-Петербург).

Схема автоматического управления уровнем эмульсии в баке – сборнике для одного слоя представлена на рис. ПЗ.

Процесс производства светочувствительной бумаги (диазобумаги) предусматривает нанесение на поверхность бумаги – основы одного светочувствительного слоя или трех слоев: адсорбирующего, противоскручивающего и светочувствительного.

Растворы эмульсий для каждого слоя подаются из эмульсионного отделения производства диазобумаги насосами в баки – сборники и далее также насосами подаются в ванны наносящих устройств. Рулоны бумаги-основы со склада подаются в цех, распаковываются и устанавливаются на раскат машины.

С раската бумажное полотно поступает на наносящее устройство для нанесения соответствующего слоя. Циркуляция и перемешивание эмульсионного раствора (суспензии) осуществляется непрерывно при постоянном уровне в ванне. Излишек суспензии подается самотеком в исходный бак-сборник эмульсии.

Толщина наносимого слоя устанавливается зазором между наносящим и дозирующим валами устройства. Толщина слоя также зависит от скорости вращения наносящего вала.

С помощью воздушного шабера удаляется избыток наносимого раствора и обеспечивается равномерность нанесения слоя по ширине бумажного полотна.

Далее полотно бумаги с нанесенным слоем направляется в сушильную камеру, состоящую из паровых калориферов.

Воздух, подаваемый вентилятором, проходя через паровые калориферы, нагревается и затем высушивает бумажное полотно с нанесенным слоем эмульсионного раствора.

После сушильной камеры бумажное полотно охлаждается на холодильном цилиндре и, если необходимо, поступает на следующее наносящее устройство для нанесения другого слоя эмульсионного раствора.

Для нанесения покрытия на обе стороны бумажного полотна после каждого наносящего устройства установлены поворотные станции, обеспечивающие разворот бумажного полотна на 180° с помощью системы реверсивных валов.

После последней сушильной камеры в случае нанесения нескольких слоев бумага охлаждается на двух холодильных цилиндрах и поступает на поворотный двойной накат [8].

Для получения диазобумаги с характеристиками, соответствующими стандарту, необходимо обеспечить нормальное функционирование наносящих устройств. Особое значение здесь имеет уровень эмульсионной суспензии в ванне, зависящий от уровня в баке-сборнике.

В баке-сборнике установлена пневмометрическая трубка с дистанционным преобразователем КС-11 (1-1, 1-2). На шите установлен вторичный прибор со станцией управления и дистанционным задатчиком ПВ10.1Э (1-3) и регулирующий блок с ПИ-алгоритмом управления ПР3.31М1 (1-4). Пневмосигнал с выхода регулирующего блока одновременно поступает на регулирующий клапан с мембранным пневмоприводом (1-7) и на сигнализатор мембранный (1-5).

Электрический сигнал управляет работой магнитного пускателя МКУ48 (1-6) и далее включением и выключением электропривода насоса при понижении или повышении уровня в баке-сборнике относительно допускаемых предельных значений.

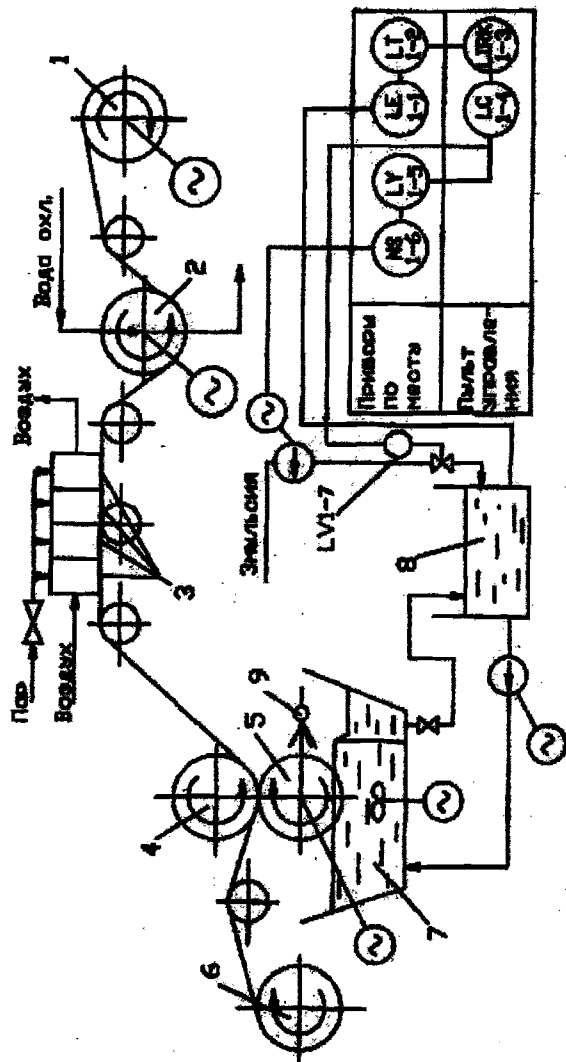


Рис. ПЗ. Схема автоматического управления уровнем эмульсии в баке-сборнике в производстве диазобумаги на ОАО «Фирма Бумага»:
 1 - накат; 2 - холодильный цилиндр; 3 - паровые calorиферы; 4 - дозирующий вал;
 5 - наносящий вал; 6 - раскат; 7 - ванна наносящего устройства; 8 - бак сборник эмульсии;
 9 - воздушный шабер

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Преобразователи аналоговых сигналов

Преобразователь пневмоэлектрический ПЭ-1П

Преобразователь предназначен для преобразования унифицированного пневматического сигнала в диапазоне 20 – 100 кПа в аналоговый сигнал постоянного тока 0 – 5 и 4 – 20 мА.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха $+5 \div +50$ °С, относительная влажность окружающего воздуха до 80%, атмосферное давление 84 – 106,7 кПа.

Статическая характеристика – линейная.

Предел допускаемой основной погрешности, выраженной в процентах от максимального значения диапазона изменения выходного сигнала не более $\pm 1\%$ (т.е. класс точности 1,0).

Вариация выходного сигнала не более 0,5%.

Сопротивление нагрузки 0 – 2,0 кОм (0 – 5 мА), 0 – 0,5 кОм (4 – 20 мА).

Напряжение питания переменного тока 220В (+10/-15)% частотой (50 \pm 1)Гц.

Потребляемая мощность – не более 5 ВА.

Преобразователь основан на преобразовании давления тензорезистивным датчиком в напряжение постоянного тока, которое усиливается дифференциальным усилителем и затем преобразуется в выходной аналоговый сигнал постоянного тока.

Напряжение с тензорезистивного датчика поступает на первый каскад дифференциального усилителя, выполненного на микросхеме.

Для обеспечения температурной стабильности выходного напряжения применен сдвоенный операционный усилитель (ОУ). Усиление всего канала регулируется резистором.

На первом канале ОУ выполнен второй каскад дифференциального усилителя.

Его усиление определяется тремя резисторами. На втором ОУ выполнен преобразователь напряжения в ток.

Источник питания состоит из трансформатора, выпрямительных мостов, трех конденсаторов сглаживающего фильтра и двух блокировочных конденсаторов.

Питающее напряжение после преобразования ± 12 В.

Источник питания тензорезистивного датчика выполнен на управляемом стабилизаторе, двух резисторах и операционном усилителе [9].

Преобразователи электропневматические типа ЭП-0000

Преобразователи электропневматические типа ЭП-0000 (в дальнейшем изложении преобразователи) предназначены для преобразования унифицированного непрерывного сигнала постоянного тока в унифицированный пропорциональный пневматический непрерывный сигнал.

По защищенности от воздействия окружающей среды и области применения преобразователи подразделяются на следующие исполнения:

ЭП-0010 – обыкновенное. Применяются для щитовых систем автоматического управления;

ЭП-0020 – защищенное от попадания внутрь пыли и воды (пылеводозащищенные). Применяются для связи электрических средств управления с пневматическими исполнительными механизмами в электропневматических системах автоматического управления технологическими процессами и дизелями буровых устройств;

ЭП-0030 – защищенные от агрессивной среды (коррозионностойкие). Применяются для связи электрических средств управления с пневматическими исполнительными механизмами в электропневматических системах автоматического управления технологическими процессами на объектах переработки природных газов, где в окружающей среде имеется сероводород до 10 мг/м^3 и (или) сернистый ангидрид и в аварийных ситуациях (в течении 3-4 часов) – до 100 мг/м^3 сероводорода и (или) сернистого ангидрида до 200 мг/м^3 . Допускается содержание сероводорода в воздухе питания до 10 мг/м^3 и (или) сернистого ангидрида до 10 мг/м^3 ;

ЭП – 0040 – модуль преобразователя обыкновенного исполнения, применяется для установки внутри электронных устройств в системах автоматического управления. Преобразователи ЭП-0020 и ЭП-0030 со степенью защиты оболочки IP54 ГОСТ 14254-80 предназначены для применения во взрывоопасных зонах, где при нормальных условиях (при отсутствии аварий и неисправностей) не образуются взрывоопасные смеси газов и паров в условиях макроклиматических районов с умеренно-холодным и тропическим климатом. Преобразователи ЭП-0010, ЭП-0040 предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 60 °С и относительной влажности до 80% (для тропического исполнения относительная влажность до 98% при температуре 35°С).

Преобразователи ЭП-0020, ЭП-0030 предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С и относительной влажности до 95% (для тропического исполнения до 100% при 35 °С).

Преобразователи ЭП-0020, ЭП-0030 устойчивы к воздействию вибрации частотой до 35 Гц и амплитудой смещения 0,35 мм. ЭП-0010, ЭП-0040 устойчивы к воздействию вибрации частотой до 25 Гц и амплитудой смещения 0,1 мм.

Диапазон изменения входных электрических токовых сигналов 0-5, 0-20, 4-20 мА.

Входные сопротивления преобразователей при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, не более: 610 Ω для входного сигнала 0-5 мА; 130 Ω для входных сигналов 0-20, 4-20 мА.

Выходной сигнал – пневматический аналоговый 20-100 кПа.

Номинальное давление воздуха питания 140 кПа.

Допускаемое отклонение давления воздуха питания не более $\pm 10\%$ от номинального значения. Классы загрязненности воздуха питания должны быть 0; 1 или 3 по ГОСТ 17433-80.

Предел допускаемой основной погрешности, выраженный в процентах от номинального диапазона изменения выходного 80 кПа не должен превышать: $\pm 0,25$ для преобразователей класса точности 0,25; (ЭП-0010; ЭП-0040); $\pm 0,5$ для преобразователей класса точности 0,5; (ЭП-0010; ЭП-0040); $\pm 1,0$ для преобразователей класса точности 1,0 (ЭП-0010; ЭП-0020; ЭП-0030; ЭП-0040).

Вариация выходного сигнала не должна превышать абсолютной величины предела допускаемой основной погрешности для преобразователей классов точности 0,25; 0,5 и 0,5 абсолютной величины предела допускаемой основной погрешности для преобразователей класса точности 1,0.

Расход воздуха питания преобразователей в установившемся режиме не более 2 л/мин.

Расход воздуха на выходе преобразователя, характеризующий мощность его выходного сигнала, не менее 30 л/мин.

Масса преобразователей от 0,4 до 1,2 кг.

Габариты модуля преобразователя ЭПП-0040 130x48x36 мм.

Преобразователи состоят из следующих основных узлов:

1. Блока преобразования I/P.
2. Основания.
3. Крышки.

Принцип действия преобразователя основан на методе силовой компенсации, при котором момент, развиваемый катушкой, расположенной в поле постоянного магнита, пропорциональный входному сигналу, компенсируется моментом силы, развиваемым сильфоном обратной связи.

Элементом, устанавливающим равновесие моментов, является пневматическая система «сопло-заслонка». Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. П4.1. Магнитное поле, возникающее при прохождении тока через катушку 1, взаимодействуя с полем постоянного магнита, развивает усилие прямо пропорциональное величине входного тока. Под действием этого усилия рычаг 3, поворачиваясь вокруг упругой опоры, изменяет зазор между соплом 5 и заслонкой 4, что приводит к изменению давления воздуха в управляющей камере усилителя 8 до тех пор, пока его выходное давление через сильфон обратной связи 7 не восстановит равновесия на рычаге. Таким образом, реализуется прямо пропорциональная зависимость между входным токовым сигналом I и выходным давлением P преобразователя.

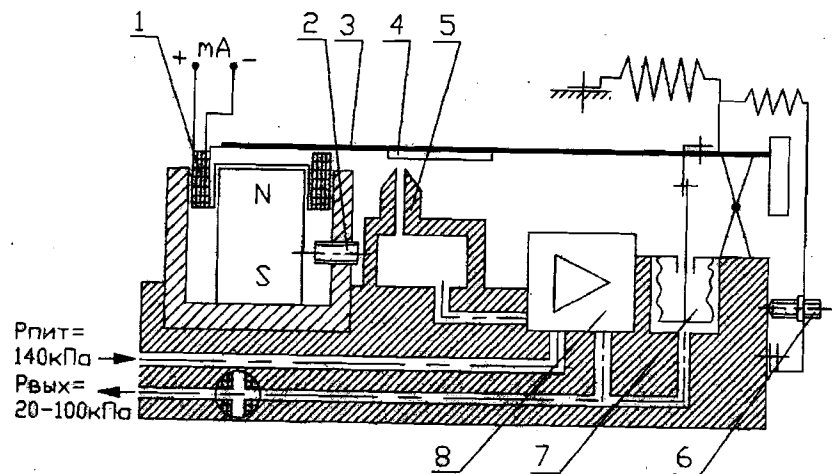


Рис. П4.1. Принципиальная схема преобразователя ЭП-0000

Настройка нуля осуществляется вращением винта 6. Шунт 2 служит для точной настройки диапазона.

Принципиальная схема реле усилительного приведена на рис. П4.2.

Перекрывание сопла преобразователя приводит к повышению давления воздуха в камере Б. При этом сопло 2 перекрывается, а клапан набора выходного давления 5 перемещается вниз, что приводит к увеличению выходного давления.

При восстановлении равновесия на рычаге сопло открывается. При открытом сопле давление в камере Б уменьшается, клапан набора выходного

давления 5 перекрывается, давление с выхода через дроссель 3 сбрасывается в атмосферу [11].

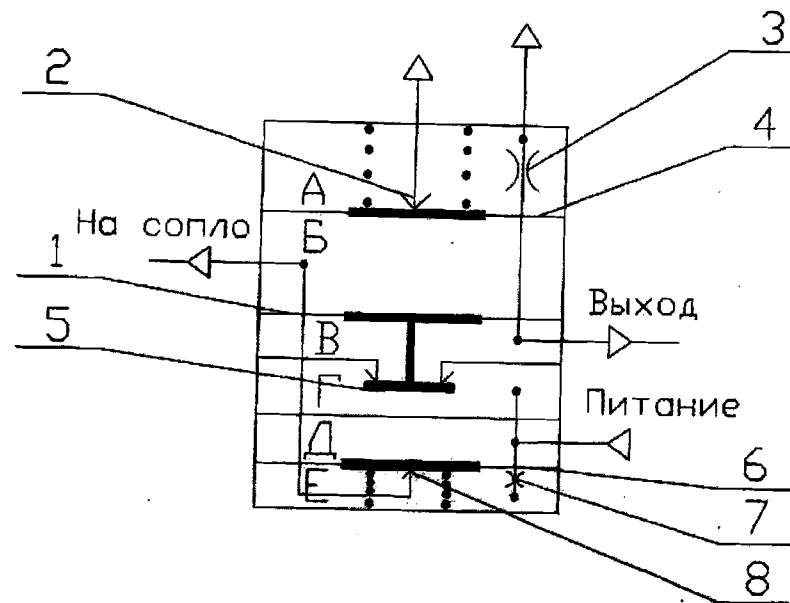


Рис. П4.2. Принципиальная схема реле усилительного:

- A+E – глухие и проточные камеры;
- 1, 4, 6 – мембраны;
- 2, 8 – сопла;
- 5 – клапан набора выходного давления;
- 3, 7 – нерегулируемые сопротивления (дроссели)

Преобразователь электррпневматический аналоговый АСТРА-ЭП

Этот преобразователь является наиболее перспективным и отвечает всем требованиям современной технологии автоматизации.

Область применения: системы автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в химической, нефтехимической, газовой и других отраслях промышленности.

Условия эксплуатации:

температура окружающего воздуха от минус 40 до плюс 50 °С;

верхний предел относительной влажности 95% при 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги;

атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;

Диапазон изменения входного сигнала – от 4 до 20 мА.

Преобразователь выдерживает перегрузку по входному сигналу до 100 мА.

Входной токовый сигнал, необходимый для работы преобразователя, не менее – 3,8 мА.

Входное напряжение на преобразователь при токе 20 мА – не более 9 В.

Диапазон изменения выходного пневматического сигнала – от 20 до 100 кПа.

Расход воздуха питания преобразователя, приведенный к условиям 20 °С и давлению 100 кПа – в установившемся режиме – не более 1,6 л/мин.

Давление воздуха питания – (140±14) кПа.

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности - ±0,5% от диапазона измерения выходного сигнала.

Пределы допускаемой приведенной дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной (20±5) °С до любой температуры в пределах рабочих температур на каждые 10 °С изменения температуры ±0,45%.

Преобразователь нормально функционирует при воздействии внешнего магнитного поля напряженностью до 400 Ам.

На рис. П4.3 приведена функциональная схема преобразователя.

Электрическое питание схемы осуществляется с помощью преобразователя 1 напряжением 3 В.

Микроконтроллер 3 выполняет функцию цифрового регулятора, задающим воздействием у которого является сигнал U_w , поступающий на него с выхода аналого-цифрового преобразователя 2. Сигнал регулируемой величины U_x также поступает на микроконтроллер с выхода тензорезистивного датчика давления 5. Управляющее воздействие из цифровой формы преобразуется в напряжение преобразователем 4, а затем – в давление преобразователем типа «сопло-заслонка» 6. Питание воздухом преобразователя 6 осуществляется через постоянный дроссель 7. Выходное давление воздуха усиливается по мощности усилителем 8.

Для получения перемещения заслонки сопла от воздействия входного напряжения в преобразователе 6 используется пьезокерамический актюатор [10].

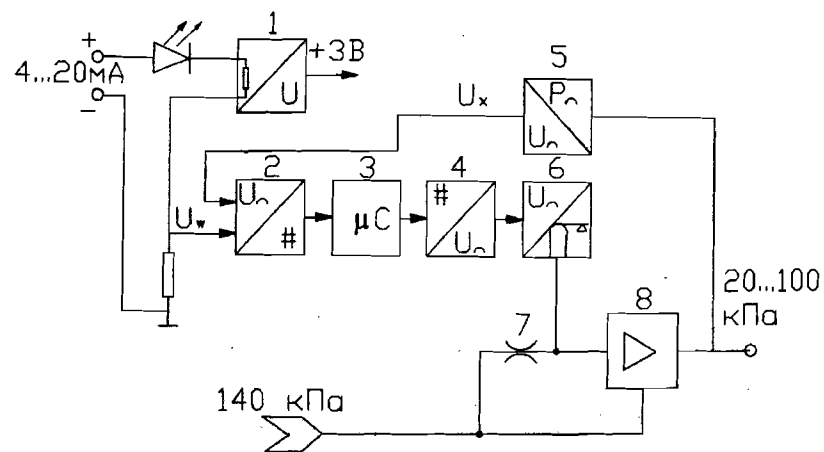


Рис. П4.3. Функциональная схема электропневматического преобразователя АСТРА-ЭП:

- 1-преобразователь ток-напряжение,
- 2-аналого-цифровой преобразователь (АЦП),
- 3-микроконтроллер,
- 4-управляемый преобразователь напряжения,
- 5-датчик давления,
- 6-преобразователь напряжение-давление,
- 7-постоянный дроссель,
- 8-усилитель пневматический

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Измерительные преобразователи ИП

ИП предназначены для преобразования сигналов от термоэлектрических преобразователей (ТП) типа ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТВР (А-1, А-2, А-3), ТПР (В) (ИП-Т10, ИП-Т10И) и термопреобразователей сопротивления (ТС) типа ТСП, ТСМ (ИП-С10, ИП-С10И) в унифицированный аналоговый сигнал силы или напряжения постоянного тока.

ИП могут быть использованы в системах регулирования технологическими процессами в энергетике, металлургии, химической, стекольной и других отраслях промышленности.

Соединение ТП типов ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТВР (А-1, А-2, А-3) с ИП осуществляется термоэлектродными проводами (типа ТПП, ТППЭ) сечением от 0,5 до 2,5 мм². Общее сопротивление линии связи ИП с ТП, включая сопротивление самого ТП, не более 250 Ω, индуктивность – не более 1 мН, емкость – не более 0,25 μF.

Соединение ТС с ИП осуществляется техпроводной линией связи. Сопротивление каждого провода линии связи должно быть не более 10 Ω, индуктивность – не более 1 мН, емкость – не более 0,25 μF.

В соответствии с ГОСТ 13384-93 ИП являются:

- по числу преобразуемых входных сигналов – одноканальными;
- по связи между входными и выходными цепями – без гальванической связи;
- по зависимости выходного сигнала от входного – с нелинейной зависимостью, но с линейной зависимостью выходного сигнала от преобразуемой температуры;
- по степени защищенности от электрических помех – повышенной защищенности.

ИП имеют устройство «подавления нуля».

Преобразователи ИП—Т10, ИП-Т10И, предназначены для работы с ТП типов ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТВР (А-1, А-2, А-3), имеют устройство автоматической компенсации термо-э.д.с. свободных концов ТП.

ИП предназначены для эксплуатации в следующих рабочих условиях:

- температура окружающего воздуха от 0 до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 80%;
- внешние магнитные поля напряженностью до 400 А/м;
- вибрация частотой до 55 Гц с амплитудой до 0,15 мм;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа.

Диапазон изменения выходного сигнала: (0-5) мА, (0-20) мА или (4-20) мА постоянного тока, или (0-10) В напряжения постоянного тока. Информацию несет среднее значение сигнала.

Сопротивление нагрузки (сопротивление приборов и линии связи):

- от 0 до 2,5 кΩ для выходного сигнала (0-5) мА;
- от 0 до 1 кΩ для выходных сигналов (0-20) мА, (4-20) мА;
- более 2 кΩ для выходного сигнала (0-10) В.

К ИП-С10 и ИП-С10И могут подключаться, в частности, термопреобразователи сопротивления медные ТСМ модификации 50 М и 100 М с различными диапазонами измерения от – 50 до + 180 °С.

Класс точности измерительных преобразователей 0,5 и 1,0.

Для питания измерительных преобразователей используются блоки питания БП-24 и БП-24И.

Мощность, потребляемая ИП от источника постоянного тока, не более 3,5 ВА. Максимально потребляемый от источника питания ток не более 0,13 А.

Блок-схема преобразователей ИП-С10, ИП-С10И приведена на рис. П5. ИП состоит из следующих функциональных узлов: измерительного моста ИМ, источника прецизионного тока ИПТ, усилителя входного У1, устройства гальванического разделения УГР, фильтра Ф, модуля функционального МФ, усилителя выходного У2, источника стабилизированного питания ИСП, блока искрозащиты БИ (только для ИП-С10И).

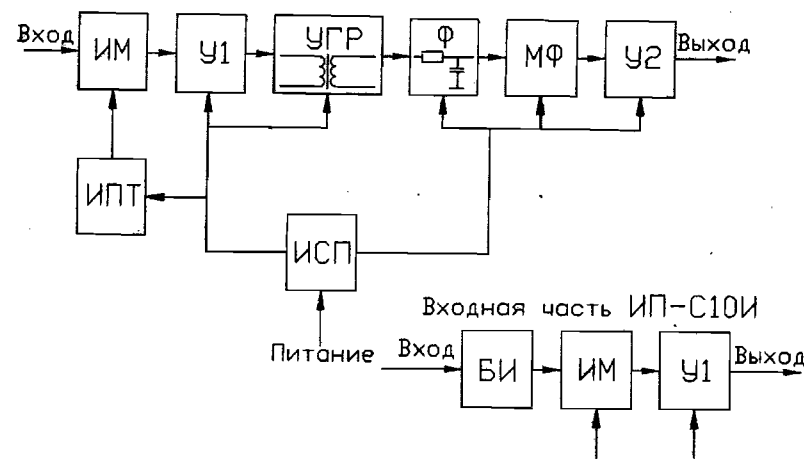


Рис. П5. Блок-схема измерительных преобразователей ИП-С10 (ИП-С10И)

Измерительный мост служит для преобразования сопротивления ТС, включенного в одно из плеч моста, в электрический сигнал напряжения постоянного тока.

Также ИМ осуществляет компенсацию начального сопротивления ТС. Питание ИМ осуществляется от источника прецизионного тока ИПТ.

Трансформаторное устройство гальванической развязки УГР, выполненное с применением широтно-импульсной модуляции,

осуществляет гальваническое разделение входных цепей от выходных. На выходе УТР включен фильтр Ф, обеспечивающий необходимое подавление несущей УТР и сигнала помехи.

В функциональном модуле МФ производится линеаризация выходного сигнала методом кусочно-линейной аппроксимации.

Выходной усилитель У2 обеспечивает на выходе унифицированный выходной сигнал.

Питание узлов ИП осуществляется от источника стабилизированного питания ИСП, состоящего из интегрального стабилизатора, магнитно-транзисторного преобразователя и выпрямителей. Трансформатор магнитно-транзисторного преобразователя обеспечивает гальваническую развязку цепей входа и выхода ИП по питанию.

Блок искрозащиты БИ служит для ограничения тока и напряжения в искробезопасных цепях при аварийных режимах работы ИП [12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматика и автоматизация производственных процессов, ч.1. Пневматические элементы автоматических систем регулирования: методические указания к лабораторным работам /сост. Г.П. Буйлов, В.В. Пожитков; ЛТИ ЦБП. Л., 1980.-58 с.
2. Баранов В.Я., Безновская Т.Х. и др. Промышленные приборы и средства автоматизации: справочник /под общ. ред. В.В. Черенкова. – Л.: Машиностроение, 1987.– 847 с.
3. Цешковский Э.В., Пиргач Н.С., Ерашкин Г.Д. и др. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий /под ред. Э.В. Цешковского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1989.-368 с.
4. Прибор алгебраического суммирования пневматический ПФ1.1-М1: Техническое описание и инструкция по эксплуатации /Россия: Москва, АОЗТ «Тизприбор», 1991.
5. Каталог продукции 2004г. АОЗТ «Тизприбор» /Россия: Москва, 2004.
6. Лабораторный практикум по теплотехническим измерениям и приборам /под ред. С.Ф. Чистякова – М.: Высшая школа, 1970.-271с.
7. Устройство регулирующее пневматическое пропорциональное ФР0098: Техническое описание и инструкция по эксплуатации/ Россия: Москва, АОЗТ «Тизприбор», 1991.
8. Технологический регламент производства светочувствительной бумаги (диазобумаги) ОАО «Фирма Бумага»/ Россия: Санкт-Петербург, ОАО «Фирма Бумага», 1998.
9. Преобразователь пневмоэлектрический аналоговый ПЭ-1: Руководство по эксплуатации/ Россия: Владимир, НПП «Автоматика», 2001.
10. Преобразователь электропневматический аналоговый АСТРА-ЭП: Руководство по эксплуатации/ Россия: Воронеж, ООО ИФ «МИАС», 2005.
11. Преобразователи электропневматические типа ЭП-0000: Руководство по эксплуатации/ Россия: Саранск, ОАО «Саранский приборостроительный завод», 2005.
12. Измерительные преобразователи ИП: Руководство по эксплуатации/ Россия: Чебоксары, ОАО «ЗЭИМ», 2006.
13. Нестеренко А.Д., Дубровский В.А., Забокрицкий Е.И., Трегуб В.Г., Холодовский Б.А. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. – Киев: Наукова Думка, 1976.-840 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Функциональные устройства.....	3
Лабораторная работа № 1 «Прибор алгебраического суммирования ПФ1.1».....	-
2. Регулирующие устройства.....	11
Лабораторная работа № 2 «Пропорциональный регулирующий блок ПР 2.5».....	-
3. Преобразователи.....	20
3.1. Преобразователи рода сигналов.....	-
Лабораторная работа № 3 № «Пневмоэлектрический ППЭ-2 и электропневматический ЭПП-63 преобразователи».....	-
3.2. Нормирующие преобразователи.....	27
Лабораторная работа № 4 «Нормирующий преобразователь ПТ-ТС-68».....	-
4. Приводы исполнительных механизмов	32
Лабораторная работа № 5 «Мембранный пневматический привод МПП-16».....	-
Приложение 1.....	40
Прибор алгебраического суммирования пневматический ПФ1.1-М1.....	-
Приложение 2.....	42
Устройство регулирующее пневматическое пропорциональное ФР0098.....	-
Приложение 3.....	44
Применение средств пневмоавтоматики системы СТАРТ ОАО «Тизприбор» в целлюлозно-бумажном производстве.....	-
Приложение 4.....	47
Преобразователи аналоговых сигналов.....	-
Приложение 5.....	53
Измерительные преобразователи ИП.....	-
Библиографический список.....	57