

Курс: «Элементы пневмоавтоматики»

ЛЕКЦИЯ 3

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПНЕВМОПРИВОДАМИ. АЛГЕБРА
ЛОГИКИ В ПНЕВМОСИСТЕМАХ**

Преподаватель: Шилин Денис Викторович

2018

Содержание лекции 3

3.1. Способы построения пневматических систем управления.....	3
3.1.1. Централизованное управление	5
3.1.2. Децентрализованное управление	5
3.2. Классификация пневмосистем по типу управления	6
3.2.1. Управление по положению исполнительных органов.....	6
3.2.2. Управление по времени.....	8
3.2.3. Управление по давлению	9
3.3. Алгебра логики в пневмосистемах	11
3.3.1. Логические функции.....	11
3.3.2. Основные законы и соотношения алгебры логики	15
3.3.3. Задание функций с помощью таблицы состояний	17
3.3.4. Реализация логических функций.....	18

3.1. Способы построения пневматических систем управления

Система управления пневмоприводом должна обеспечивать переключение пневмораспределителей в соответствии с заданными условиями работы.

Существуют различные методы задания условий работы приводов:

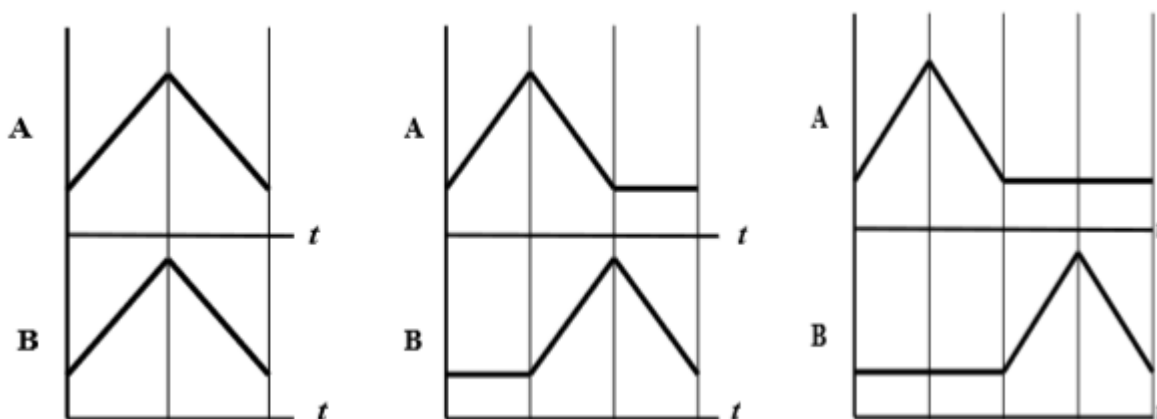
- 1 – с помощью циклограммы,
- 2 – табличным способом,
- 3 – словесным способом,
- 4 – с помощью графов и т.д.

При проектировании машин с жестокими звеньями условия работы обычно задаются в виде циклограмм.

Циклограмма представляет собой графическую зависимость перемещения исполнительных органов от времени.

Рассмотрим пример циклограмм устройства с двумя исполнительными органами (рис. 3.1).

Возможны следующие варианты циклограмм для двух пневмоприводов.



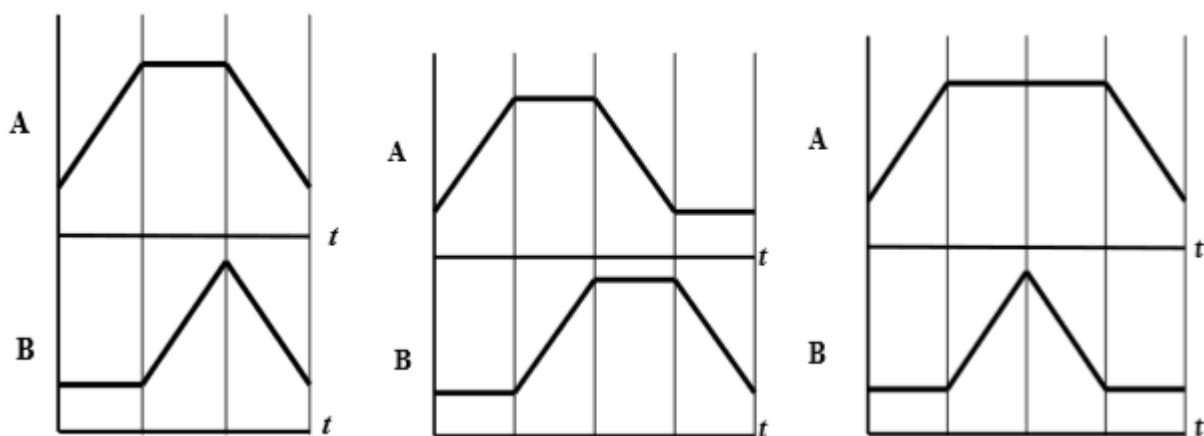


Рис. 3.1. Циклограммы устройств с двумя пневмоприводами

Такие циклограммы имеют многие устройства, например,

- пневматический автомат по утилизации бытового мусора,
- автомат для наклейки этикеток на упаковки,
- пневматический пресс,
- автомат для сварки пленки,
- автомат для изготовления корпусов фотоаппарата и т.д.

Циклом называется определенная последовательность перемещений рабочих органов, по окончании которых они возвращаются в исходное положение.

Работа машины заключается в последовательном выполнении цикла за циклом.

В машинах с пневматическими приводами время цикла не определено, так как скорости перемещения рабочих органов зависят от ряда условий и могут регулироваться.

Циклы разбиваются на такты.

Тактами называются последовательные комбинации состояний исполнительных устройств, отличающиеся состоянием хотя бы одного из них.

Выполнение одной и той же заданной циклограммы может быть обеспечено разными пневмосхемами, вид которых зависит от способа построения пневмосистемы и типа управления.

По способу построения различают централизованные и децентрализованные системы.

3.1.1. Централизованное управление

В централизованных системах используются командозадающие устройства, которые последовательно в каждом такте выдают сразу группу сигналов на различные устройства, срабатывающие в этом такте.

В качестве командозадающих устройств могут использоваться программируемые контроллеры:

- электронные,
- пневматические (на стандартной аппаратуре: струйные элементы, мембранные, аппаратура высокого давления);
- пневмомеханические (дополнительно в качестве элементов памяти используются шарики, мембраны, фиксаторы и др.),
- механические командоаппараты в виде вала с регулируемыми кулачками или упорами, которые при вращении вала нажимают на соответствующие переключатели и подают сигналы на переключение пневмораспределителей.

3.1.2. Децентрализованное управление

Пневмосистемы с децентрализованным управлением позволяют решать задачи любой сложности. Такие системы представляют систему определенным образом взаимосвязанных между собой двухпозиционных устройств. Такие системы могут быть созданы на основе любых 3, 4 и 5 – линейных двухпозиционных пневмораспределителей.

При построении более сложных пневмосхем применяются специальные пневматические устройства (мембранные и струйные), которые отличаются высоким быстродействием и малыми весогабаритными параметрами.

3.2. Классификация пневмосистем по типу управления

По типу управления пневматические системы с централизованным и децентрализованным управлением подразделяются на три группы:

- 1) с управлением по положению рабочих органов;
- 2) с управлением по времени;
- 3) с управлением по давлению.

3.2.1. Управление по положению исполнительных органов

В системах управления по положению (рис. 3.2 и рис. 3.3) крайние положения рабочих органов контролируются датчиками положения.

Датчики положения подают в систему управления сигналы о положении рабочих органов, на основании которых формируются сигналы управления.

В централизованных системах эти сигналы поступают в командозадающие устройства (командоаппараты шагового типа), которые в ответ выдают очередную группу сигналов для выполнения следующего такта.

В децентрализованных системах сигналы от датчиков положения поступают непосредственно на соответствующие распределители или логические устройства.

На схемах на рис. 3.2 и Рис. 3.3 такими сигналами являются сигналы +А и -А, поступающие на 5-линейный пневмораспределитель с двусторонним управлением (бистабильный пневмораспределитель).

В качестве пневматических датчиков положения в пневматических системах применяются различного типа нормально закрытые или нормально открытые трехлинейные распределители.

В пневматическую систему управления могут входить также и другие пневматические элементы: пневмотумблеры, пневмокнопки для включения системы, логические элементы, устройства для задержки времени и др.

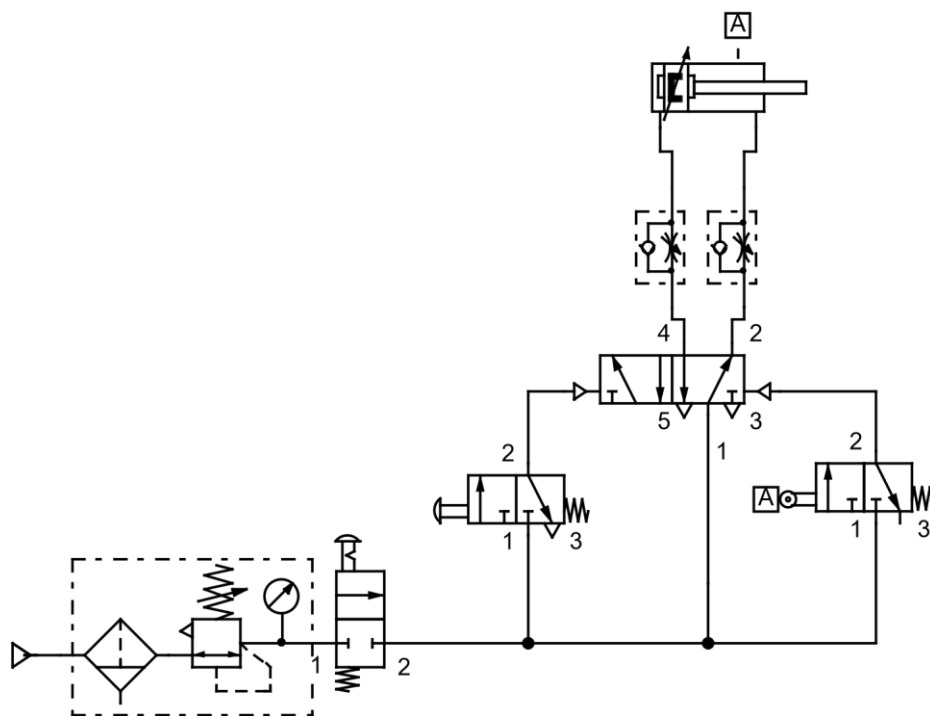


Рис. 3.2. Схема управления по положению штока в конце хода

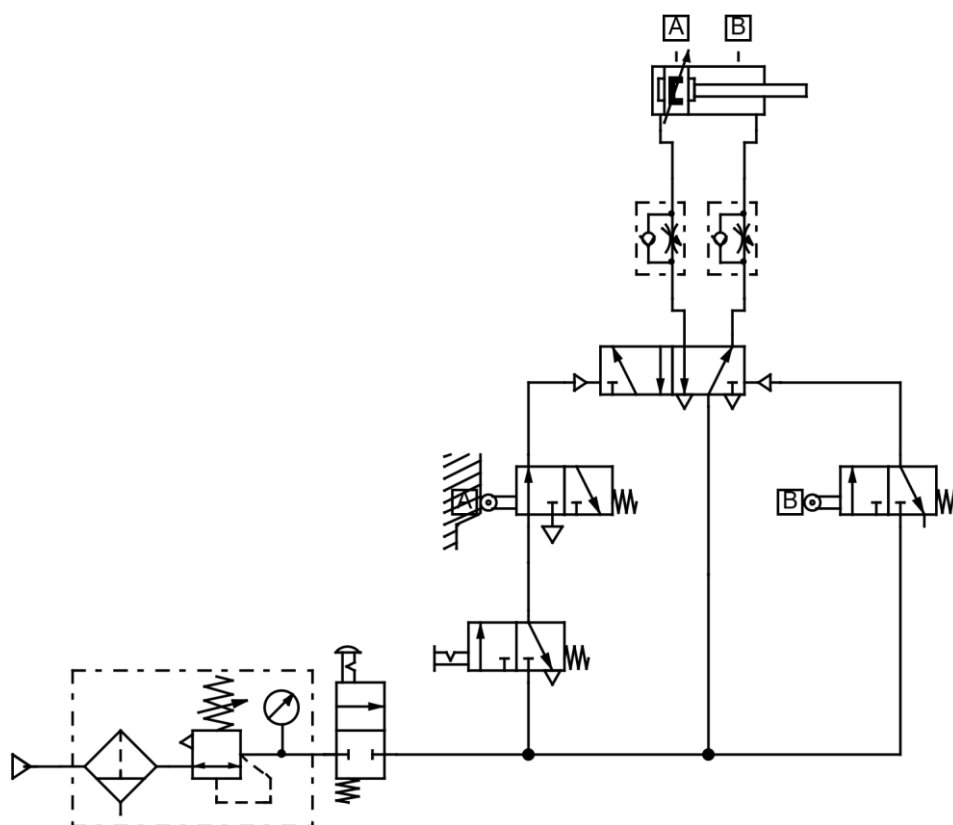


Рис. 3.3. Схема управления по положению штока в начале и в конце хода

3.2.2. Управление по времени

В ряде случаев на исполнительных органах машин нет возможности установить датчики положения, контролирующие выполнение операции. В таких случаях используют системы *управления по времени*.

При централизованном управлении командозадающее устройство в подобных системах представляет собой сдвигающий регистр, в котором сдвиги проходят с частотой тактовых импульсов.

Если используется механический командоаппарат, то в таких системах вал вращается с постоянной скоростью, а моменты времени, в которые поступают сигналы управления, определяется профилями кулачков или же величиной угла расположения на валу упоров. Циклы будут повторяться до тех пор, пока не будет выключен двигатель вращения вала командоаппарата.

Преимущество способа управления по времени заключается в его простоте (нет лишних трубопроводов от конечников или проводки от электрических датчиков).

Недостатком является жесткая последовательность команд не зависимо от того, выполнены ли действия предыдущего такта или нет. Отсутствие контроля за выполнением предыдущих тактов может привести к нарушению работы машины. В этом случае требуется заведомо завышать продолжительность некоторых тактов, чтобы наверняка гарантировать срабатывание исполнительных устройств, что приводит к снижению быстродействия машины.

При децентрализованном управлении время отдельных периодов (тактов) может быть задано с помощью реле времени, включенных в схему последовательно (рис. 3.4).

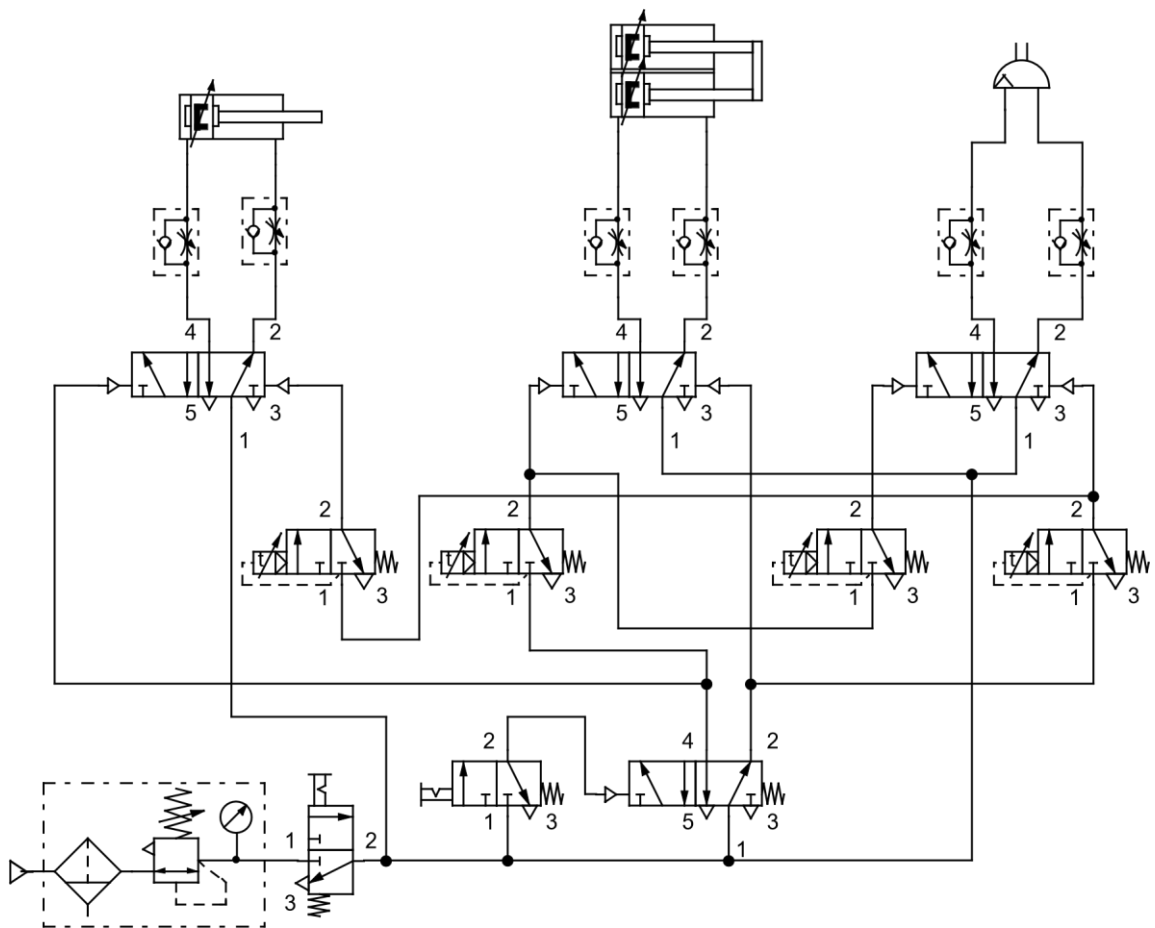


Рис. 3.4. Пневмосхема управления по времени

3.2.3. Управление по давлению

Системы управления по давлению применяются в случаях, когда шток в соответствии с технологическим процессом выдвигается на разную величину или же когда невозможно установить датчик в выдвинутом положении штока. В этих случаях сигнал на выполнение следующего такта может формироваться специальными устройствами (клапанами последовательности).

На рис. 3.5 изображена схема управления по давлению. Работа пневмосхемы начинается по сигналу пневмокнопки 1. В результате распределитель 2 переключается, и начинается выдвигание штока пневмоцилиндра 3. Как только в конце хода давление в полости нагнетания достигнет заданной величины (определяется настройкой клапана 4), достаточной для выполнения технологической операции (клейка,

прессование и т.п.), клапан 4 срабатывает и подает сигнал на переключение распределителя 2. В результате шток пневмоцилиндра 3 втягивается.

Недостаток систем управления по времени и по давлению заключается в том, что движение привода может начаться до окончания заданного движения при случайном возрастании нагрузки или изменении параметров воздуха.

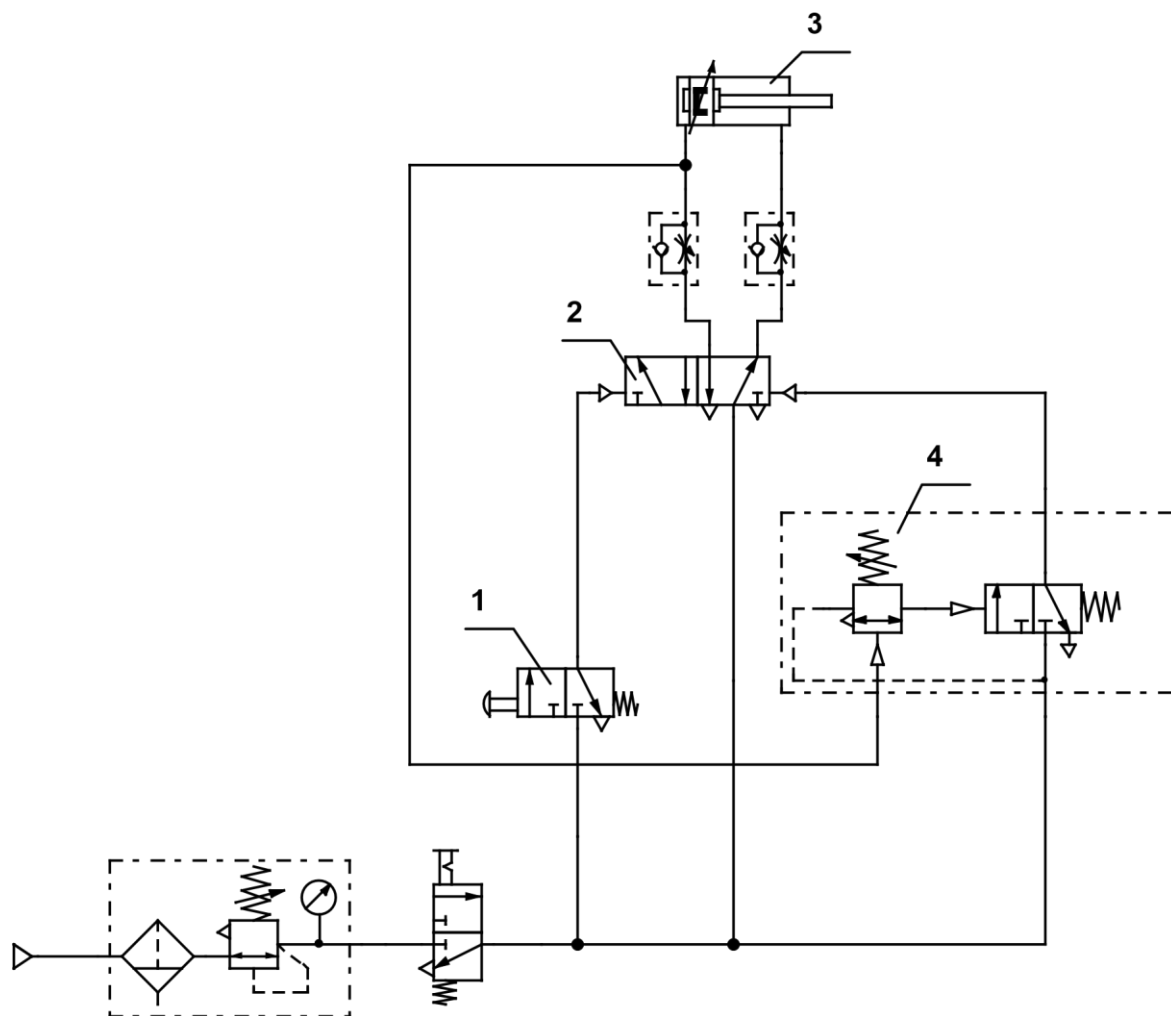


Рис. 3.5. Пневмосхема управления по давлению

Поэтому предпочтение всегда отдается пневматическим приводам с управлением по положению, в которых движение рабочего органа всегда начинается только при отработке предыдущих команд. При необходимости используют комбинированное управление.

3.3. Алгебра логики в пневмосистемах

Для построения пневмосхем используют логические методы, законы и соотношения алгебры логики (булевой алгебры).

Логические операции определяют связи, существующие между сложными и простыми высказываниями.

Под высказыванием понимают предложение, о котором можно судить, является ли оно ложным или истинным. Например, «Шток выдвинут».

Значение истинности высказывания равно единице, если оно истинно, и равно нулю, если оно ложно.

В различные периоды времени и в различных условиях одно и то же высказывание может быть истинным или ложным, т.е. принимать значение 1 или 0.

Различают простые и сложные высказывания.

ПРИМЕР простого высказывания: «Деталь находится в заданной позиции».

Сложные высказывания получаются при объединении простых высказываний с помощью логических связей: И, ИЛИ, НЕ, ЕСЛИ..., ТО и др.

Сложные высказывания называют логическими или булевыми функциями, а простые высказывания - переменными.

В алгебре логики переменная, так же как и логическая функция, может принимать одно из двух значений (нуль или единицу).

3.3.1. Логические функции

Рассмотрим некоторые логические функции. Сложные высказывания обозначим буквой f , а простые - x , y , z и т. д.

1. Операция повторения:

$$f = x.$$

Например, сигнал x подается на распределитель, который формирует команду f на выдвигание штока.

2. Операция отрицания:

$$f = \bar{x}.$$

Операцию отрицания называют также инверсированием или операцией НЕ.

Например, при отсутствии сигнала управления x шток должен выдвигаться, поэтому нужен инверсный сигнал \bar{x} .

3. Операция логического умножения:

$$f = x y = (x \wedge y).$$

Эту операцию называют также операцией конъюнкции или операцией И.

Например, шток должен выдвигаться (f), если поступит управляющий сигнал x на распределитель и при этом будет опущено ограждение (сигнал y).

Число простых высказываний может быть и больше двух:

$$f = x_1 x_2 x_3 \dots x_n.$$

4. Операция логического сложения:

$$f = x + y = x \vee y.$$

Ее называют также операцией дизъюнкции либо просто операцией ИЛИ.

Например, шток может выдвигаться (f) как по сигналу x , так и по сигналу y .

Число простых высказываний при сложении может быть и больше двух:

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n.$$

5. Операция импликации:

$$f = \bar{x} + y.$$

Например, шток должен выдвигаться (f), если отсутствует аварийный сигнал x или же есть сигнал y , например, от ручного управления.

6. Операция «Стрелка Пирса»:

$$f = \bar{x} \bar{y} = \overline{x + y} = x \downarrow y$$

Шток должен выдвигаться (f), когда нет ни сигнала x , ни сигнала y : $f = \bar{x} \bar{y}$.

Это же высказывание может звучать так: «Шток не должен выдвигаться (f), если есть хотя бы один сигнал x или y ». Тогда можно записать, т.е. $\bar{f} = x + y$, отсюда получим: $f = \overline{x + y}$.

Таким образом, операция может быть выражена через операции отрицания переменных \bar{x} и \bar{y} и их умножения $f = \bar{x}\bar{y}$ или путем операции их логического сложения и последующего отрицания $f = \overline{x + y}$.

Функция $f = \overline{x + y}$ может быть реализована меньшим числом пневмоэлементов: элементом ИЛИ (логическое сложение) и НЕ (логическое отрицание), т.е. двумя элементами вместо трех, которые необходимы для реализации функции $f = \bar{x}\bar{y}$ (два элемента НЕ и элемент логического умножения).

7. Операция «Штрих Шеффера»:

$$f = \bar{x} + \bar{y} = \overline{xy}$$

Шток должен выдвигаться (f), когда нет запрета от одного из двух операторов x или y , т.е.:

$$f = \bar{x} + \bar{y}$$

Это же условие можно выразить по-другому: шток не должен выдвигаться (f), если есть запрет от обоих операторов:

$$\bar{f} = xy.$$

Отсюда получим: $f = \overline{xy}$.

Последнее выражение может быть реализовано с меньшим числом элементов (2 вместо 3).

8. Операция «Запрет по y »:

$$f = x\bar{y}.$$

Шток должен выдвигаться (f), когда нажата кнопка x и при этом нет запрета от оператора y .

Это же условие можно высказать иначе: шток не должен выдвигаться, если не нажата кнопка x или есть запрет от оператора y , т.е.:

$\bar{f} = \bar{x} + y$. А это есть операция импликации. Отсюда найдем инверсное значение: $f = \overline{\bar{x} + y}$.

Поэтому эта операция называется также операцией отрицания импликации, т.е. $f = \overline{\bar{x} + y}$.

Докажем равенство $f = x\bar{y} = \overline{\bar{x} + y}$, выполнив ряд преобразований:

$$f = x\bar{y} = \overline{\overline{x\bar{y}}} = \overline{\bar{x} + \bar{\bar{y}}} = \overline{\bar{x} + y}.$$

В большинстве случаев условия работы систем управления приводами могут быть описаны логическими функциями.

Так как все логические функции можно выразить посредством операций ДА, НЕ, И, ИЛИ, то систему управления можно построить с помощью однотипных устройств, выполняющих эти операции.

Такие устройства называются операторами.

Функции операторов могут выполнять устройства

- 1) высокого,
- 2) среднего,
- 3) низкого давлений.

- 1) Среди устройств высокого давления в качестве операторов могут выступать:

- 3-х, 4-х и 5 – линейные пневмораспределители одностороннего (моностабильные) и двустороннего (бистабильные) действия,

- редуccionные пневмоклапаны,

- клапаны последовательности,

- специальные устройства, предназначенные для использования в логических операциях (разделительный клапан для реализации операций ИЛИ, клапан И).

- 2) При использовании устройств среднего давления широко применяются устройства мембранной техники «УСЭППА».

- 3) При построении более сложных систем управления используются устройства струйной техники.

Рассмотрим пример применения логических функций. Руководство предприятия выдвинуло требования, которым должен удовлетворять пневмопривод открытия ворот. Каждый из руководителей подразделений высказывал свои требования, которые должны быть учтены при разработке пневмосхемы. В результате получилось следующее формальное противоречивое задание разработчику:

«Разработать пневмопривод открытия ворот, который должен срабатывать при наличии сразу трех сигналов x , y и z . Привод должен также срабатывать при поступлении сигнала x или y , но при отсутствии сигнала z . Привод может срабатывать при сочетании двух любых сигналов. И, наконец, привод должен срабатывать при одновременном поступлении сигналов x и y , но при отсутствии сигнала z ».

Такое условие можем записать в виде следующей зависимости:

$$f = xyz + xy\bar{z} + x\bar{y}z + x\bar{y}\bar{z} + xy + xz + yz \quad (3.1)$$

Формальное построение пневмосхемы потребует большого количества пневмоаппаратуры (в данном случае потребуется 18 операторов), что снижает быстродействие схемы, увеличивает габариты, вес, расход воздуха, снижает надежность. Однако здравый смысл подсказывает, что в записанном условии много ненужных условий. И конечно, это выражение можно значительно упростить.

Для упрощения синтеза пневмосхем используют законы и соотношения алгебры логики. В дальнейшем мы убедимся, что выражение (5.1) может быть значительно упрощено.

3.3.2. Основные законы и соотношения алгебры логики

Для упрощения пневматической схемы, т.е. для сокращения числа операторов (пневмоэлементов), необходимых для ее реализации, используют следующие законы и соотношения алгебры логики.

1. Закон перестановки:

$$xy = yx;$$

$$x + y = y + x.$$

2. Сочетательный закон:

$$(xy)z = x(yz);$$

$$(x + y) + z = x + (y + z).$$

3. Распределительный закон:

$$а) xy + xz = x(y + z).$$

Для реализации левой части равенства требуются три оператора, правой части - 2;

$$б) (x + y) (x + z) = x + xz + yx + yz.$$

Выполним преобразования. Имея ввиду, что $xx = x$, получим

$$(x + y) (x + z) = xx + xz + yx + yz = x + xz + yx + yz.$$

Используя распределительный закон, выразим сумму трех слагаемых следующим образом:

$$x + xz + yx = x(1 + y + z).$$

Выражение $(1 + y + z) = 1$ (см. ниже «Основные соотношения»).

Окончательно получим

$$(x + y) (x + z) = x + yz.$$

Это уравнение не действует в обычной алгебре. Правая часть равенства реализуется меньшим числом элементов.

4. Закон повторения:

$$xx\dots = x; x + x + \dots + x = x.$$

5. Закон инвертирования:

$$\overline{x + y} = \bar{x}\bar{y}, \overline{xy} = \bar{x} + \bar{y}.$$

Основные соотношения:

Между переменными x и постоянными величинами «0» и «1»:

$$x + 1 = 1;$$

$$x \cdot 1 = x;$$

$$x + \bar{x} = 1;$$

$$x \cdot 0 = 0;$$

$$x\bar{x} = 0.$$

Вернемся к выражению (3.1). Используя описанные выше законы и соотношения, упростим его:

$$\begin{aligned} f &= xyz + xy\bar{z} + x\bar{z} + y\bar{z} + xy + xz + yz = xy(\bar{z} + z) + x(\bar{z} + z) + \\ &+ y(\bar{z} + z) + xy = xy + x + y + xy = xy + x + y = x(y + 1) + y = \\ &= x + y \end{aligned}$$

3.3.3. Задание функций с помощью таблицы состояний

Функции алгебры логики могут быть заданы с помощью таблицы состояний (таблицы истинности). Таблица состоит из столбцов со значениями переменных и один (последний) столбец описывает значения самой функции для каждого сочетания переменных.

Если таблица содержит n переменных, то число строк в таблице будет 2^n .

Рассмотрим функцию из трех переменных ($2^3=8$) и запишем в каждую строку возможные комбинации значений переменных и значение функции (произвольно).

ПРИМЕР таблицы для трех переменных.

Таблица 3.1 Пример таблицы для трех переменных

x	y	z	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

1. Если в таблице истинности число строк с единичным и нулевым значениями функции одинаково, то безразлично, какие функции описывать – нулевые или единичные.

2. Если в столбце функции f количество единиц больше количества нулей, то целесообразно составлять формулу по нулевым строкам (будет проще пневмосхема).

3. Если меньше – то надо составлять формулу по единичным строкам.

Переход от табличного задания функции к алгебраическому выполняется следующим образом:

1. Выделим строки с одинаковыми значениями функций. В данном примере – с единичными значениями функций, т.к. их меньше.

2. Для каждой выделенной строки с единичным значением функции выпишем элементарные конъюнкции переменных (И).

3. Объединим их знаками дизъюнкции (ИЛИ).

ПРИМЕР. Запишем по таблице 3.1 функцию алгебры логики в алгебраической форме.

Так как минимальное количество строк имеют функции с единичным значением, то в таблице выделяем строки с единичным значением функции: 011, 110, 111.

Тогда алгебраическое выражение функции будет иметь вид:

$$f = \bar{x}yz + xy\bar{z} + xyz.$$

3.3.4. Реализация логических функций

Элементарные функции алгебры логики реализуются на элементах пневмоавтоматики, исходя из особенностей последних (в зависимости от используемого давления: элементы высокого давления, элементы среднего давления – мембранная техника и элементы низкого давления – струйная техника).

1) Функция И может быть реализована на трехлинейном пневмораспределителе, для чего на его вход питания подается одна из логических переменных, а на вход управления – вторая. Можно использовать также специальный клапан И.

2) Операцию отрицания называют также инвертированием или операцией НЕ. В качестве переменной x можно использовать механический, пневматический и электрический сигналы.

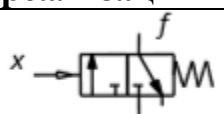
3) Операцию логического умножения можно реализовать посредством последовательного соединения двух нормально закрытых трехходовых клапанов или одного клапана, на вход которого вместо постоянного давления питания подается переменный сигнал y . В этом случае только при подаче управляющего сигнала x и подаче давления на вход клапана выход клапана будет соединен с магистралью ($f=1$).

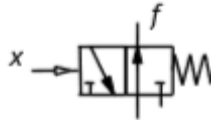
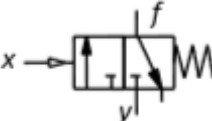
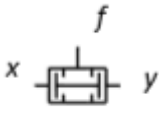
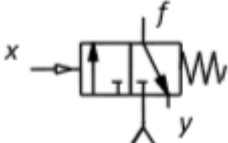
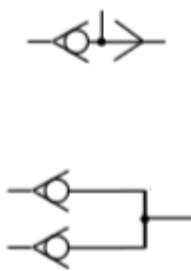
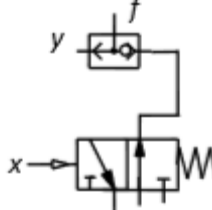
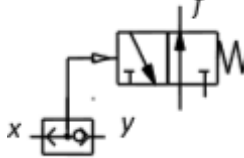
4) Для реализации дизъюнкции сигнал второй переменной следует подать на атмосферный вход пневмораспределителя, если позволяет конструкция пневмораспределителя. Для реализации функции используется также специальный элемент ИЛИ на два входа. Дизъюнкцию можно реализовать также и на обратных клапанах.

5) Операция импликация может быть выражена через операции НЕ (\bar{x}) и ИЛИ ($\bar{x} + y$) и образована последовательным соединением элементов, реализующих эти операции.

Реализовать логические функции можно на 4-х и 5-линейных распределителях. В этом случае на одном элементе удастся реализовать и саму функцию, и ее отрицание.

Таблица 3.2 Логические функции и их реализация

№ п/п	Наименование операции	Таблица состояния		Схема реализации 1	Схема реализации 2
1	$f = x$ Повторение	x	f		
		0	0		

№ п/п	Наименование операции	Таблица состояния			Схема реализации 1	Схема реализации 2
		1	1			
2	$f = \bar{x}$ Отрицание, инверсия x , операция НЕ	x	f			
3	$f = xy$ ($x \wedge y$), Конъюнкция, логическое умножение, операция И	x	y	f		
4	$f = x + y$ ($x \vee y$), Дизъюнкция, логическое сложение, операция ИЛИ	x	y	f		
5	$f = \bar{x} + y$, Импликация	x	y	f		
6	$f = \bar{x}\bar{y} = \overline{x + y} =$ $= x \downarrow y$, Стрелка Пирса	x	y	f		

№ п/п	Наименование операции	Таблица состояния			Схема реализации 1	Схема реализации 2
7	$f = \bar{x} + \bar{y} = \overline{xy}$, Штрих Шеффера	x	y	f		
		0	0	1		
		0	1	1		
		1	0	1		
		1	1	0		
8	$f = x\bar{y}$, Запрет по y , отрицание импликации ($\overline{\bar{x} + y}$)	x	y	f		
		0	0	0		
		0	1	0		
		1	0	1		
		1	1	0		

