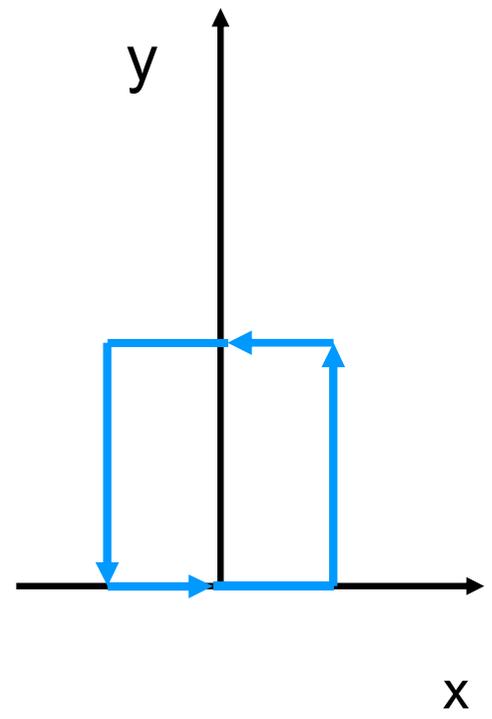
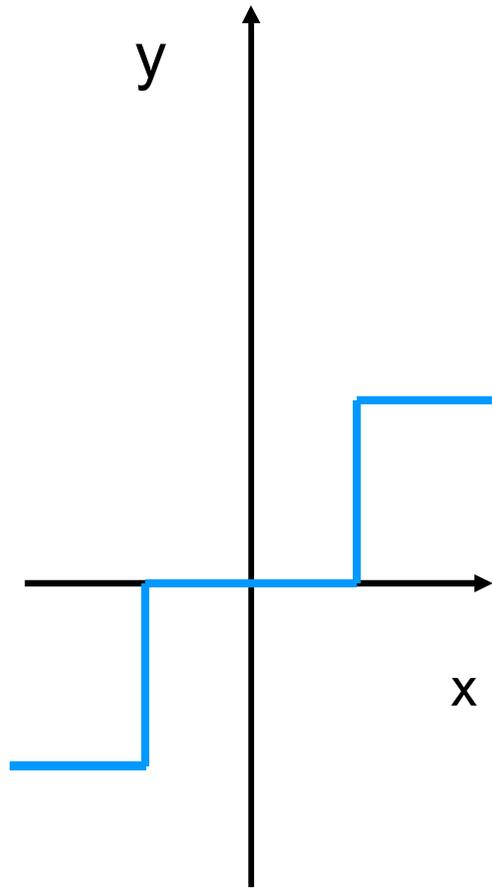
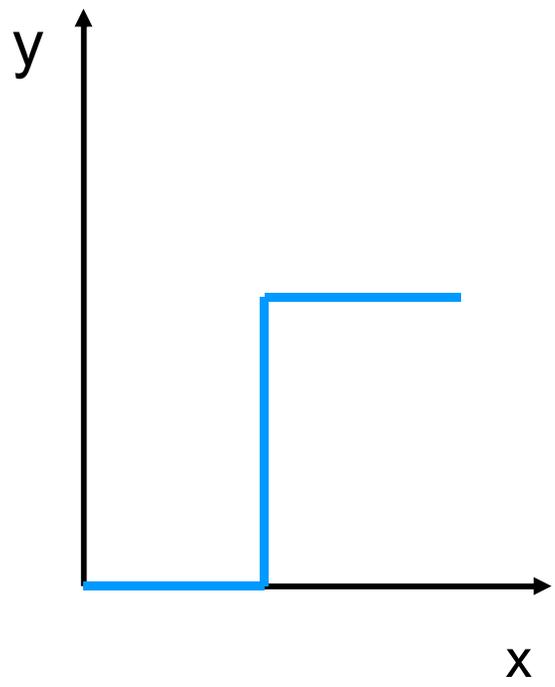


**ЭЛЕМЕНТЫ  
И  
УСТРОЙСТВА  
ДИСКРЕТНОГО  
ДЕЙСТВИЯ**

- Под дискретным элементом автоматики понимают устройство, выходной сигнал которого может принимать несколько строго фиксированных значений при определенном изменении состояния входных сигналов (рис. 1, *a...z*).  
Зависимость выходного сигнала от значения входного у дискретного элемента нелинейная.



- Одни из важных свойств дискретных элементов — свойства направленности, то есть возможность передачи сигналов только от входа к выходу, независимость состояния входов и внутреннего состояния элемента от выходных сигналов и разделительность входов и выходов, заключающиеся в том, что наличие сигнала на любом из входов (выходов) не вызывает изменения или появления сигнала на других входах (выходах).

- **Классификация.**
- Дискретные элементы по своим свойствам разделяются
- на контактные и бесконтактные, двухпозиционные и многопозиционные, логические
  - и элементы памяти,
  - активные и пассивные.

- Контактные элементы характеризуются тем, что их выходной сигнал образуется за счет замыкания механических контактов (электромеханические устройства).

- **Бесконтактные элементы формируют выходной сигнал за счет изменения параметров самого элемента, то есть сопротивления, емкости, внутреннего состояния и т. д. (транзисторные, полупроводниковые и интегральные логические устройства автоматики).**

- Двухпозиционные элементы имеют лишь два внутренних устойчивых состояния: одно соответствует отсутствию сигнала на выходе и обозначается через нуль, а второе — наличие строго фиксированного сигнала на выходе и обозначается через единицу. К их числу относятся реле, диоды, транзисторы и т. д., а их статическая характеристика приведена на рисунке 1, б.

- Многопозиционные элементы характеризуются наличием более двух устойчивых состояний. Последовательность перехода элемента из одного состояния в другое определяется как свойствами самого элемента, так и последовательностью

# **Электромеханические устройства**

- **Реле – это электрический аппарат, в котором при плавном изменении входной (управляющей) величины и достижению ею определенного значения происходит скачкообразное изменение выходной (управляемой) величины.**

- Классификация реле.
  - По виду физических величин, на которые реагируют реле, их делят на электрические, механические, магнитные, тепловые, оптические, радиоактивные, акустические и химические.
  - Нами будут рассмотрены в основном электрические реле, нашедшие широкое применение в сельскохозяйственной автоматике.
- Классификация электрических реле по принципу действия приведена на рисунке 2.

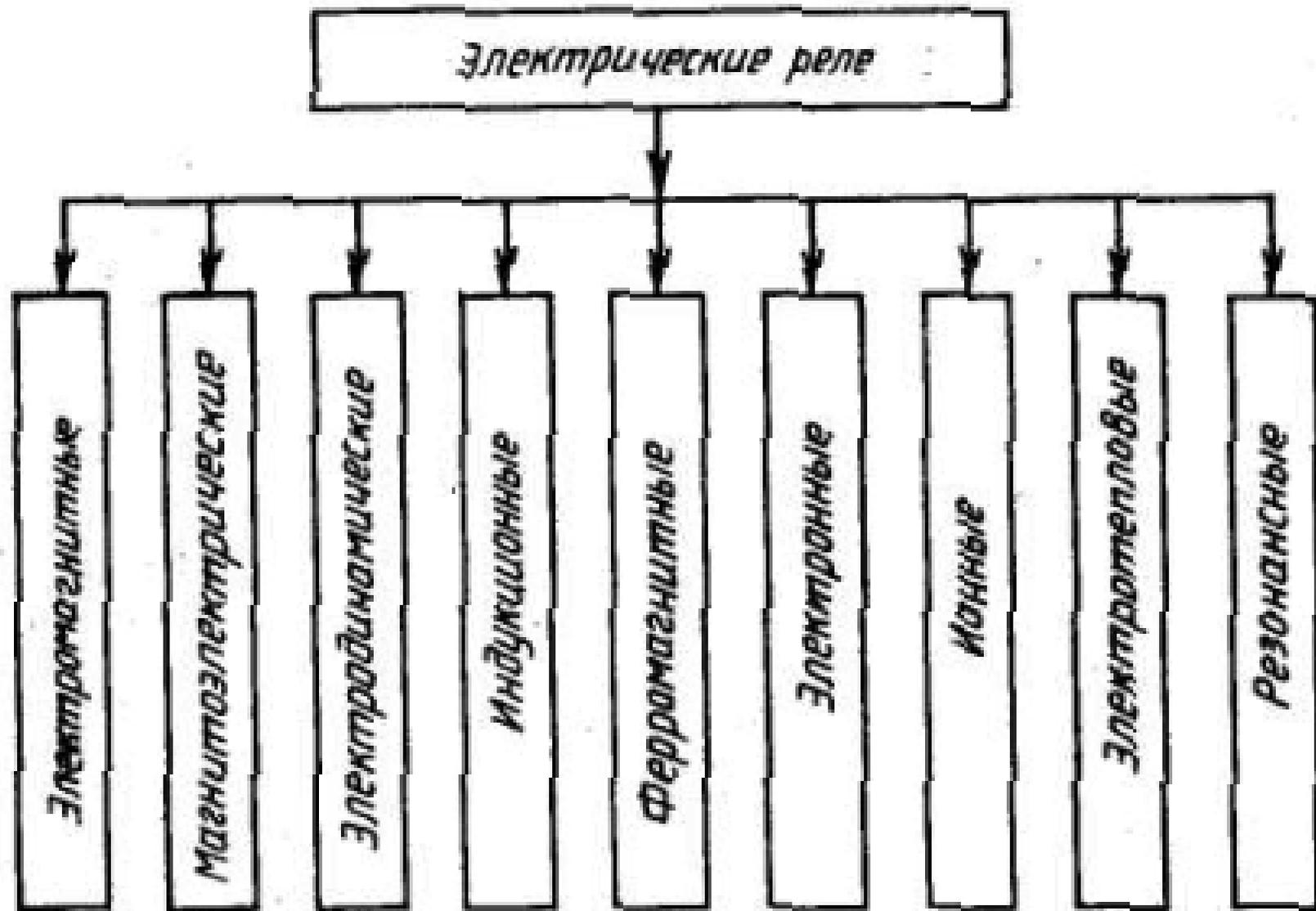


Рис. 4.2. Классификация реле по принципу действия

- Если рассматривать реле в общем виде, то оно содержит первичный преобразователь, на который воздействуют сигналы, подаваемые извне, исполнительный орган, предназначенный для передачи сигналов от реле во внешнюю цепь, замедляющий орган, обеспечивающий замедление действия реле и РО, при помощи которого изменяют параметры срабатывания реле. В различных конструкциях реле эти органы могут быть или явно выражены, или объединены друг с другом.

Таблица

## Электрические реле

Тип реле	Мощность срабатывания $P_{ср}$ , Вт	Предельно допустимая мощность $P_{п}$ , Вт	Коэффициент усиления по мощности, $k_p$	Время срабатывания, $t_{ср}$ , мс
Электромагнитные	$10^{-3} \dots 10^3$	$0,1 \dots 10^4$	$10 \dots 10^5$	$1 \dots 200$
Магнитоэлектрические и электродинамические	$10^{-9} \dots 10^{-4}$	$0,1 \dots 2,0$	$10^4 \dots 10^8$	$10 \dots 500$
Электронные	$10^{-12} \dots 10^{-8}$	$10^{-3} \dots 10^2$	$10^4 \dots 10^8$	$10^{-6} \dots 10^{-5}$
Ионные	$10^{-4} \dots 10^{-3}$	$10^2 \dots 10^3$	$10^6$	$10^{-3} \dots 10^{-2}$

- Электромагнитное реле реагирует на силу тока, проходящего по обмотке, магнитное поле которой вызывает притяжение ферромагнитного якоря или сердечника с контактами.

- Магнитоэлектрическое реле по устройству аналогично магнитоэлектрическому измерительному прибору. Обмотка реле выполнена в форме рамки и помещена в поле постоянного магнита. Рамка, когда по ней проходит ток, поворачивается, преодолевая сопротивление пружины, и управляет электрическими контактами

- Электродинамическое реле по принципу действия подобно магнитоэлектрическому, но в нем магнитное поле создается специальной обмоткой возбуждения, размещенной на магнитопроводе.  
Электродинамическое реле работает как на постоянном, так и на переменном токе. Входом реле могут быть обе обмотки. Обычно эти реле работают на переменном токе, развивая усилие на контактах

- $$F = kI_1 I_2 \cos \varphi, \quad (1)$$

- где  $k$  — коэффициент пропорциональности;  $I_1$  и  $I_2$  — токи в обмотках реле;  $\varphi$  — угол между векторами токов  $I_1$  и  $I_2$ .
- Следовательно, это реле можно использовать как реле сдвига фаз, срабатывающее при определенном угле  $\varphi$ .

- Индукционное реле использует явление взаимодействия переменного магнитного потока, создаваемого обмоткой реле, и тока, который индуктируется в подвижном диске, цилиндре или короткозамкнутой рамке. Индукционные реле работают только на переменном токе. Они имеют одну или две обмотки, в которые подают входные сигналы. Под действием входных сигналов создается усилие вращения, определяемое по формуле (1). Индукционные реле проще, чем электродинамические, и находят широкое применение в устройствах автоматической защиты электроустановок в качестве реле мощности, фазы, тока и частоты.

- Ферромагнитные реле реагируют на изменение магнитных величин (магнитного потока, напряженности магнитного поля) или магнитных характеристик ферромагнитных материалов (магнитной проницаемости, остаточной индукции и т. п.).

- Электронные и ионные реле реагируют непосредственно силу тока или на значение напряжения, под действием которых происходит скачкообразное изменение проводимости электронных, полупроводниковых или ионных приборов.

- Электротепловые реле реагируют на изменение тепловых величин (температуры, теплового потока и т. д.). Принцип их действия основан на использовании изменения свойств Материалов под воздействием температуры: линейного или объемного расширения, перехода веществ из твердого в жидкое или из жидкого в газообразное состояние, изменение плотности или вязкости газов, изменение удельного сопротивления или диэлектрической проницаемости материалов и т. д.

- Резонансные реле используют явление резонанса в электрических колебательных системах и применяются в частотных устройствах защиты и телемеханики.

- Если рассматривать реле в общем виде, то оно содержит первичный преобразователь, на который воздействуют сигналы, подаваемые извне, исполнительный орган, предназначенный для передачи сигналов от реле во внешнюю цепь, замедляющий орган, обеспечивающий замедление действия реле и РО, при помощи которого изменяют параметры срабатывания реле. В различных конструкциях реле эти органы могут быть или явно выражены, или объединены друг с другом.

# Параметры реле.

- Несмотря на различия в принципе действия и конструкции, реле характеризуются рядом общих параметров, важнейшие из которых приведены ниже.
- Срабатывание — минимальное значение входного сигнала, при котором происходит переключение контактов реле. Электрические реле выполняют на токи срабатывания от десятков микроампер (электронные реле) до десятков ампер (электромагнитные реле). Срабатывание характеризует чувствительность реле.

- **Отпускание** — максимальное значение входного сигнала, при котором происходит возврат реле в исходное состояние.
- Параметры срабатывания и отпускания реле связаны между собой *коэффициентом возврата*, который равен отношению параметра отпускания к параметру срабатывания. Например, для реле мощности можно записать:
  - $$k = P_{отп} / P_{ср}, \quad (2)$$
  - где  $P_{отп}$  и  $P_{ср}$  — мощности, соответствующие отпусканию и срабатыванию реле.
  - Коэффициент возврата электромагнитных реле находится в пределах 0,4... 0,9, а у электронных реле может достигать 0,98 ...0,99.

- Рабочий параметр — это установившееся значение физической величины в номинальном режиме реле. Отношение рабочего параметра к параметру срабатывания называется *коэффициентом запаса при срабатывании*. Например, для реле мощности

- $$k_{з.ср} = P_p / P_{ср}, \quad (3)$$

- где  $P_p$  — рабочая мощность реле.

- Отношение параметра отпускания к рабочему параметру называется *коэффициентом запаса при отпускании*.

Например, для того же реле

- $k_{з.отп} = P_{отп} / P_r$ , (4)
- Коэффициент запаса при срабатывании всегда больше единицы, а при отпускании — всегда меньше единицы.

- **Время срабатывания и отпускания.** При подаче напряжения на обмотку реле оно срабатывает не мгновенно, а через некоторый промежуток времени  $t_{\text{ср}}$  (рис. 3), называемый *временем срабатывания реле*.

- Отпускание реле после снятия напряжения или снижения его до значения параметра отпускания происходит не сразу, а через промежуток времени  $t_{\text{отп}}$  называемый *временем отпускания реле*. Эти замедления объясняются тем, что вследствие большой индуктивности обмоток реле ток возрастает и спадает не мгновенно, а постепенно. Моменту подачи напряжения соответствует точка 0.

- Время трогания  $t_{\text{тр}}$  — это время, в течение которого подвижные части реле находятся в покое, а ток возрастает до тока  $t_{\text{ср}}$  срабатывания реле. В промежуток времени  $t_{\text{ср}} - t_{\text{тр}}$  подвижные части реле переходят из одного устойчивого положения в другое, то есть реле срабатывает. Затем ток возрастает до номинального значения.

- При снятии напряжения ток реле постепенно уменьшается до значения  $t_{отп}$ , при котором подвижные части реле возвращаются в исходное состояние. Следовательно, отключение реле занимает период  $t_{отп}$ . Время перехода подвижных частей реле из одного состояния в другое очень мало, и им обычно пренебрегают. Основное время занимает процесс нарастания тока до значения срабатывания и его уменьшение после отключения до значения отпускания.

- По времени срабатывания реле подразделяются на  
безынерционные ( $t_{\text{ср}} < 1$  мс),  
быстродействующие ( $t_{\text{ср}} = 1 \dots 50$   
мс), нормальнодействующие  
( $t_{\text{ср}} = 50 \dots 150$  мс),
  - медленнодействующие  
( $t_{\text{ср}} = 150 \dots 1000$  мс) и реле выдержки  
времени  $t_{\text{ср}} > 1$  с).

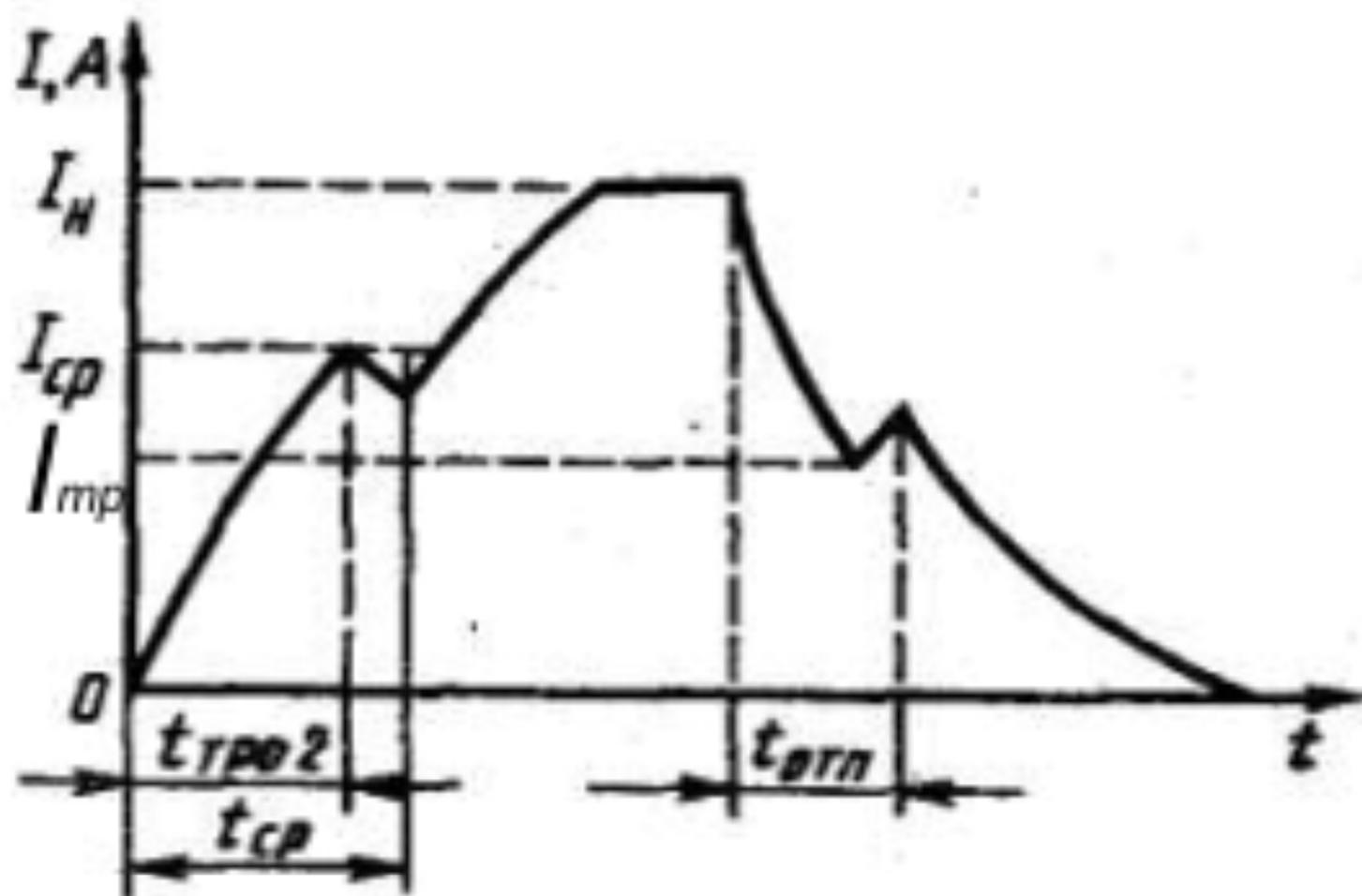


Рис. 4.3. Изменение тока в обмотке реле при срабатывании и отпуске

- **Эксплуатационные параметры контактов реле.**
- Надежность и коммутационная способность реле и переключателей в основном определяется контактами. Контакты принято характеризовать следующими эксплуатационными параметрами: предельными значениями тока, напряжения, мощности и числом включений.

- Предельно допустимый ток  $I_{\text{п}}$  определяется температурой нагрева контактов, при которой они еще не размягчаются и сохраняют необходимые физико-механические свойства.

- **Сопротивление контактов** определяется сопротивлением в местах их соприкосновения, и оно зависит от усилия, с которым контактирующие тела прижаты одно к другому.

- Предельно допустимое напряжение  $U_{II}$  определяется напряжением пробоя изоляции контактов и пробоя промежутка между разомкнутыми контактами.

- Предельно допустимая мощность  $P_{II}$  представляет собой мощность электрической цепи, которую контакты могут разорвать без образования на них устойчивой электрической дуги.

# Электромагнитные реле.

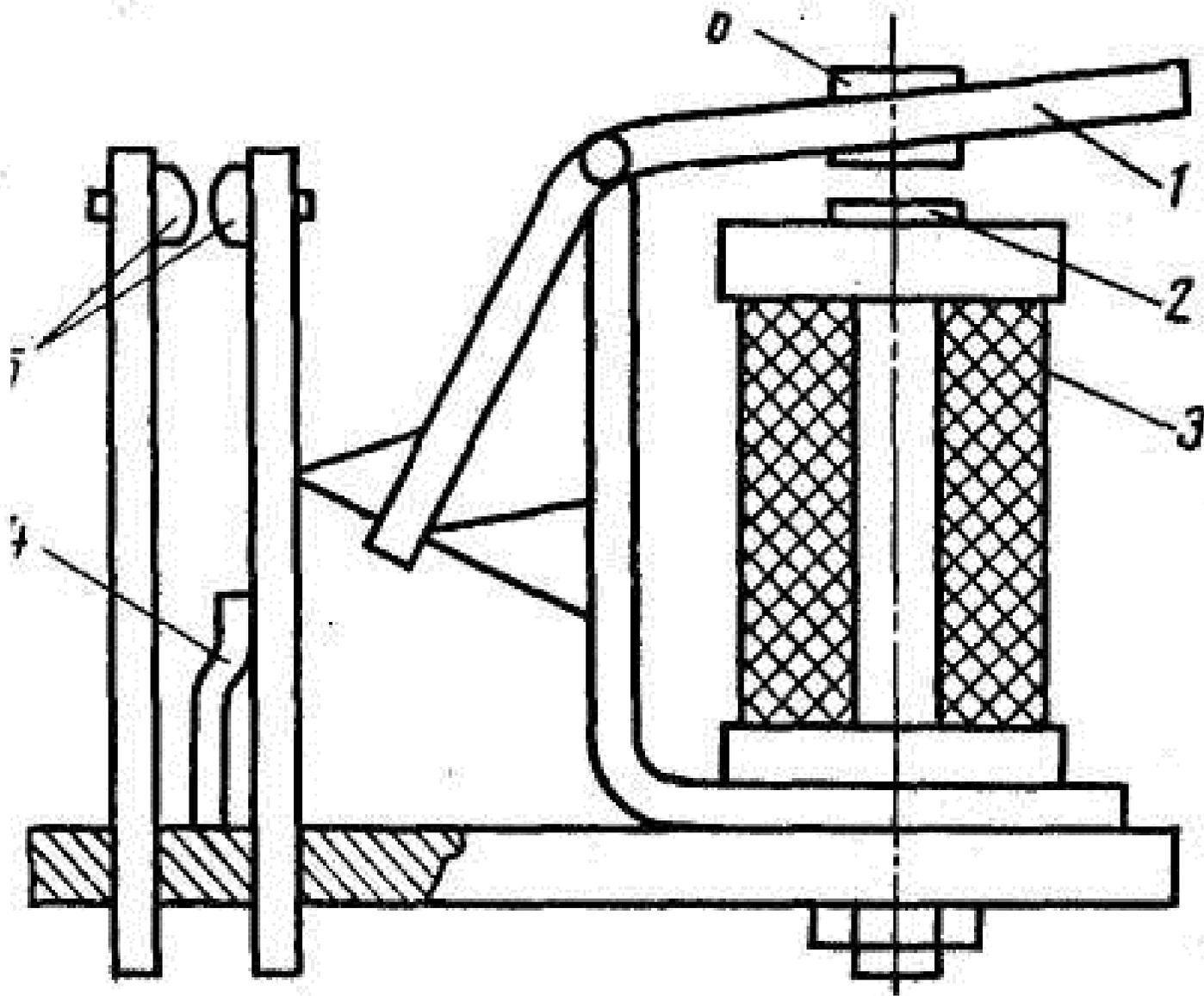


Рис. 4.4. Электромагнитное реле

- Схема простейшего электромагнитного реле показана на рис. 4. Подвижный якорь 1 притягивается к неподвижному сердечнику 2 электромагнита, по обмотке 3 которого протекает ток. Перемещение якоря 1 приводит к замыканию контактов 5. При отсутствии тока якорь 1 и контакты 5 возвращаются в исходное положение усилием противодействующей пружины 4. Чтобы под влиянием остаточного магнитного потока якорь 1 не оставался притянутым к сердечнику, на нем укреплен небольшой штифт 6 высотой 0,1...0,2 мм (штифт отлипания). Якорь 1 и сердечник реле изготовлены из магнитомягкого материала, а штифт 6 — из немагнитного материала (латунь или медь).

- По роду тока в обмотке различают электромагнитные реле постоянного и переменного тока промышленной и высокой частоты. В свою очередь, реле постоянного тока делятся на нейтральные и поляризованные. Нейтральное реле не различает полярности сигнала и одинаково реагирует на постоянный ток обоих направлений, протекающий по его обмотке.

- У поляризованных реле в зависимости от полярности сигнала изменяется направление действующего на якорь усилия и при срабатывании замыкаются только те контакты, которые соответствуют полярности данного сигнала.

- По назначению реле подразделяют на основные, реагирующие на изменение основных электрических величин, и вспомогательные.

- Правильная и надежная работа электромагнитных реле во МНОГОМ ЗАВИСИТ ОТ надлежащего согласования их ТЯГОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ характеристик.

- *Тяговой характеристикой* называют зависимость электромагнитного усилия от воздушного зазора  $\delta$  между якорем и сердечником электромагнита реле. Тяговое усилие  $F_{\text{э}}$  пропорционально квадрату ампер-витков реле или квадрату магнитного потока  $\Phi$  и обратно пропорционально квадрату воздушного зазора  $\delta$ :

$$F_{\text{э}} = k_1 \frac{(IW)^2}{\delta^2} = k_2 \hat{O}^2$$

- где  $k_1$  и  $k_2$  — коэффициенты пропорциональности;  $W$  — число витков катушки реле.

- Зависимость усилия противодействующей пружины от перемещения якоря в реле называют *механической* (противодействующей характеристикой).
- Для того чтобы реле сработало, тяговая характеристика должна лежать выше механической, а чтобы реле отпустило — ниже ее.

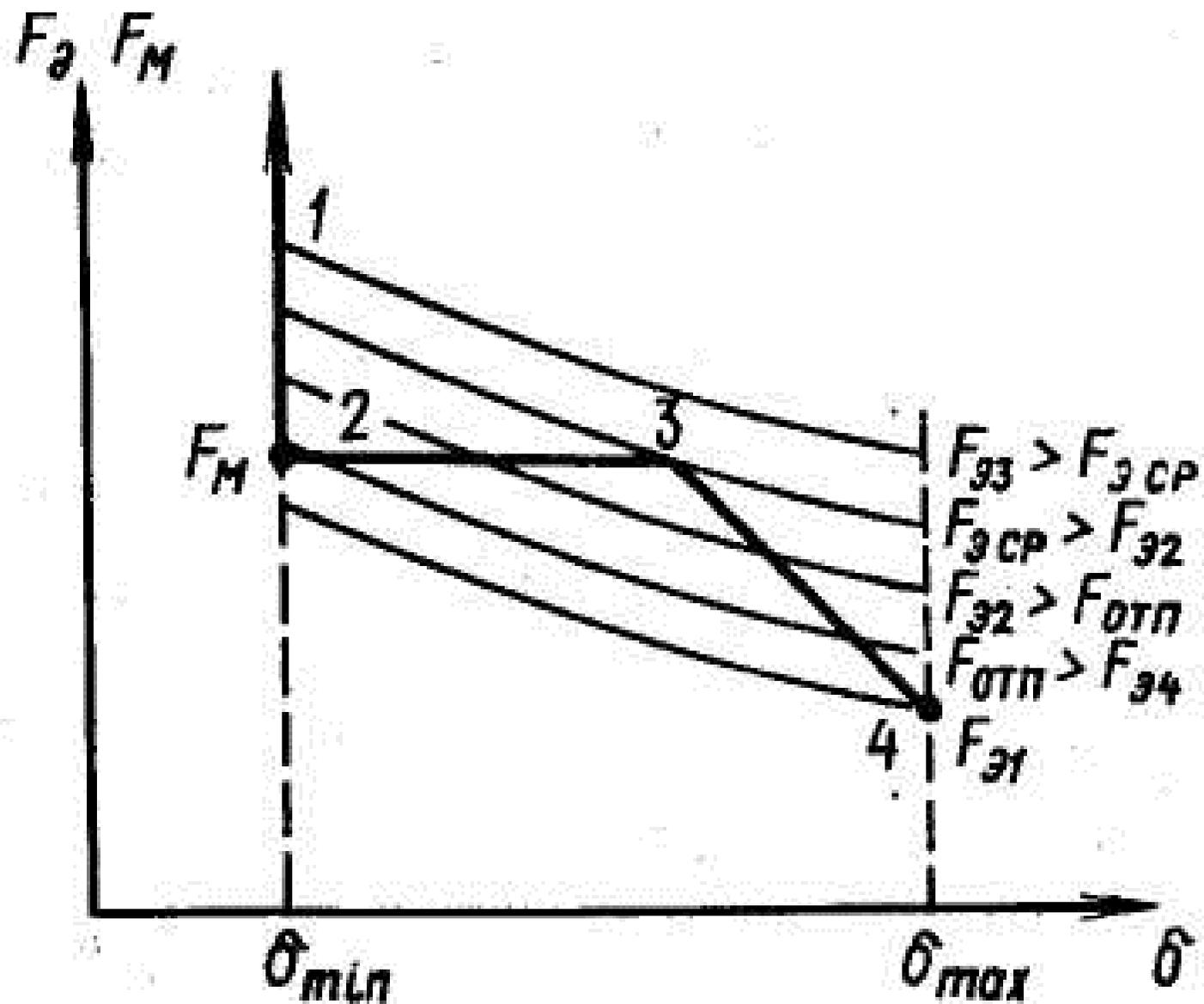


Рис. 4.5. Тяговые  $F_z$  и механические  $F_M$  характеристики электромагнитного реле

- Тяговые характеристики  $F_{\varepsilon}=f(\delta)$  представляют собой семейство гипербол для различного числа ампер-витков в пределах изменения зазора от  $\delta_{\min}$  до  $\delta_{\max}$  (рис. 5), механическая  $F_M=f(\delta)$  — ломаную линию.

- Если якорь притянут ( $\delta_{\min}$ ), то очевидно, что увеличение электромагнитного усилия не вызовет дополнительного его перемещения (отрезок 1—2). Отпускание реле происходит при  $F_M = F_{\text{э.отп}}$  в точке 2, после чего с ростом  $\delta$  противодействующая сила пружины реле постепенно уменьшается (отрезок 2—3), а затем резко падает до конечного значения (отрезок 3—4). При увеличении тока в обмотке якорь реле трогается в точке 4, но притягивается к сердечнику только в точке 3 или  $F_{\text{э.сп}}$ .

- В реле переменного тока применяют специальные меры для устранения вибрации контактов, а сердечник электромагнита набирают из листовой трансформаторной стали с целью уменьшения потерь на вихревые ТОКИ.

- При синусоидальном токе тяговое усилие реле меняется с двойной частотой от нуля до максимума в течение каждого полупериода. Следовательно, и якорь реле будет отходить и притягиваться также с двойной частотой, что ухудшает работу контактов и вызывает специфическое гудение реле. Для устранения вибраций на часть полюса электромагнита насаживают медный короткозамкнутый виток, называемый экраном

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

МЕХАНИЗМЫ

АВТОМАТИКИ

Исполнительным механизмом в автоматике называют устройство, воздействующее при помощи регулирующего органа на объект управления путем изменения потока энергии или потока материала, поступающих на объект.

ИМ должен обладать  
достаточным  
быстродействием и  
точностью, с тем, чтобы  
осуществлять перемещение  
РО с возможно меньшим  
искажением закона  
регулирования.

У ряда исполнительных механизмов регулирующие органы являются неотъемлемой их частью и рассматриваются как единое с ними устройство. В других случаях регулирующий орган установлен на объекте управления и является его составной частью.

Наиболее характерна  
классификация ИМ по виду  
потребляемой энергии на:  
гидравлические,  
пневматические,  
электродвигательные и  
электромагнитные.

ИМ преобразуют электрическую энергию и энергию давления жидкости или сжатого воздуха в механическое перемещение регулирующих органов. Часто их называют сервоприводами.

**В системах автоматического управления их характеризуют следующими основными параметрами:**

**- номинальными и максимальными значениями мощности или производительности, вращающего момента на выходном валу или усилия на выходном штоке;**

— зоной нечувствительности, в пределах которой изменение управляющего сигнала не вызывает срабатывания исполнительного механизма;

— постоянной времени, характеризующей инерционное запаздывание начала работы исполнительного механизма после подачи на его вход управляющего сигнала;

- временем и углом поворота  
ВЫХОДНОГО вала ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО  
МЕХАНИЗМА или хода его штока;
- значением инерционного выбега  
ВЫХОДНОГО вала ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО  
МЕХАНИЗМА.

Исполнительные механизмы сравнивают между собой по этим параметрам, а также по диапазону регулирования скорости, по коэффициенту усиления и максимальной частоте

**Гидравлические ИМ.** Они состоят из двух элементов: управляющего и исполнительного. Обычный вариант первого элемента — золотник, второго — гидроцилиндр. Последний, в свою очередь, реализует поступательное или вращательное движение выходного вала. В гидравлических ИМ входная величина — перемещение управляющего устройства или давление жидкости на поршень  $p$ , а выходная — перемещение (поворот) выходного вала  $S$ .

Гидравлические ИМ обладают  
очень большим быстродействием  
и выходной мощностью, потому  
их применяют в системах  
автоматизации мобильных  
сельскохозяйственных машин и  
агрегатов.

**Пневматические ИМ. По устройству аналогичны гидравлическим. Они получили распространение благодаря высокой надежности, простоте конструкции и возможности получения достаточно больших усилий.**

**Электродвигательные ИМ.** В них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

РЕГУЛИРУЮЩИЕ

ОРГАНЫ

Устройство, позволяющее изменять направление или расход потока вещества или энергии в соответствии с требованиями ТП, называется *регулирующим органом*.

Эффективность РО определяется его аналитическими характеристиками: диапазоном регулирования и рабочей расходной характеристикой.

Отношение максимального расхода среды  $G_{\max}$  к минимальному  $G_{\min}$ , соответствующему перемещению РО из одного крайнего положения  $h_{\min}$  в другое  $h_{\max}$  для РО дроссельного или объемного типа или изменению частоты вращения от минимума до максимума для РО скоростного типа, называется *диапазоном регулирования*

$$R = G_{max} / G_{min}$$

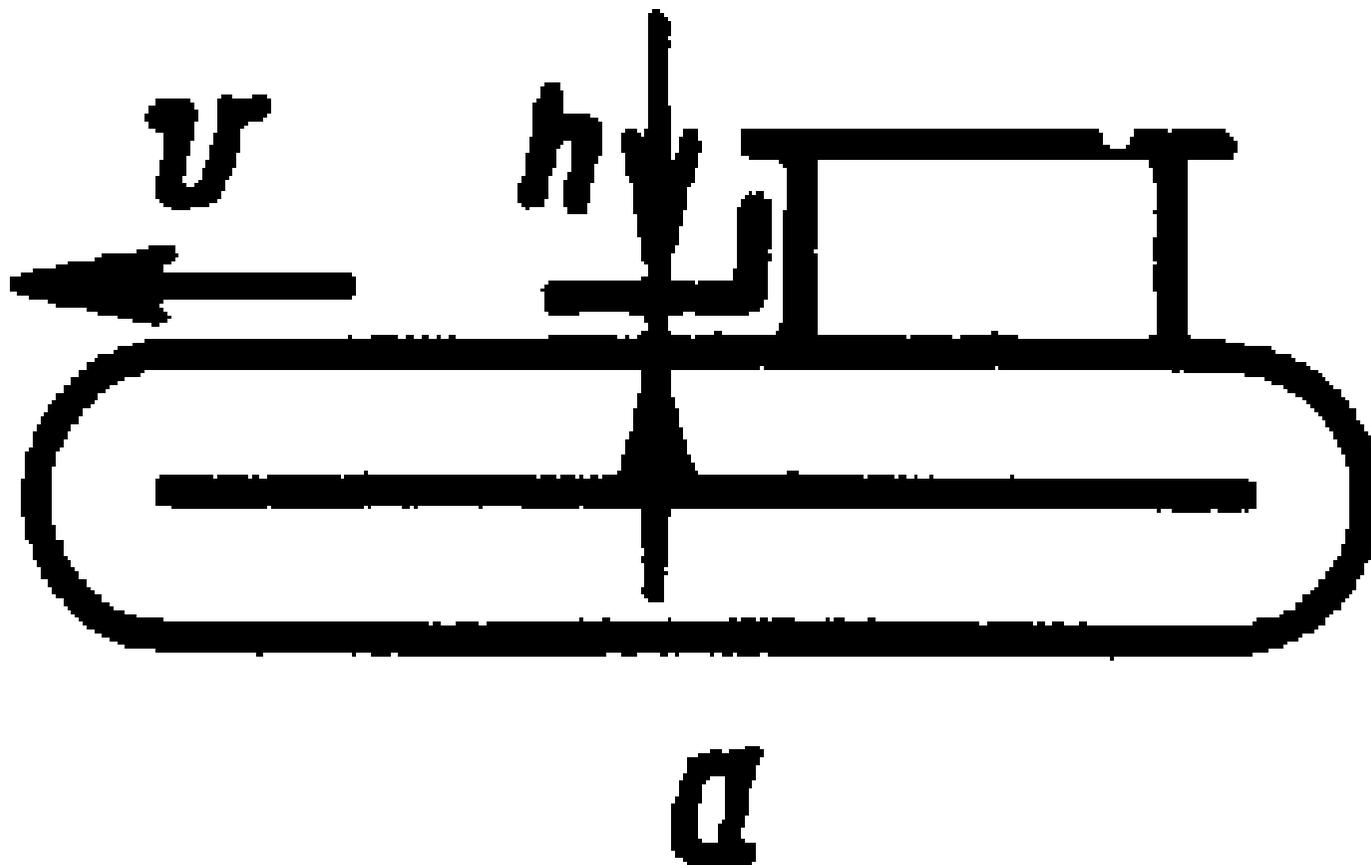
Зависимость расхода среды от положения регулирующего органа  $h_{po}$  называется *рабочей расходной характеристикой*

$$G = f(h_{po})$$

Используемые в  
сельскохозяйственном  
производстве РО можно  
разделить на три группы.

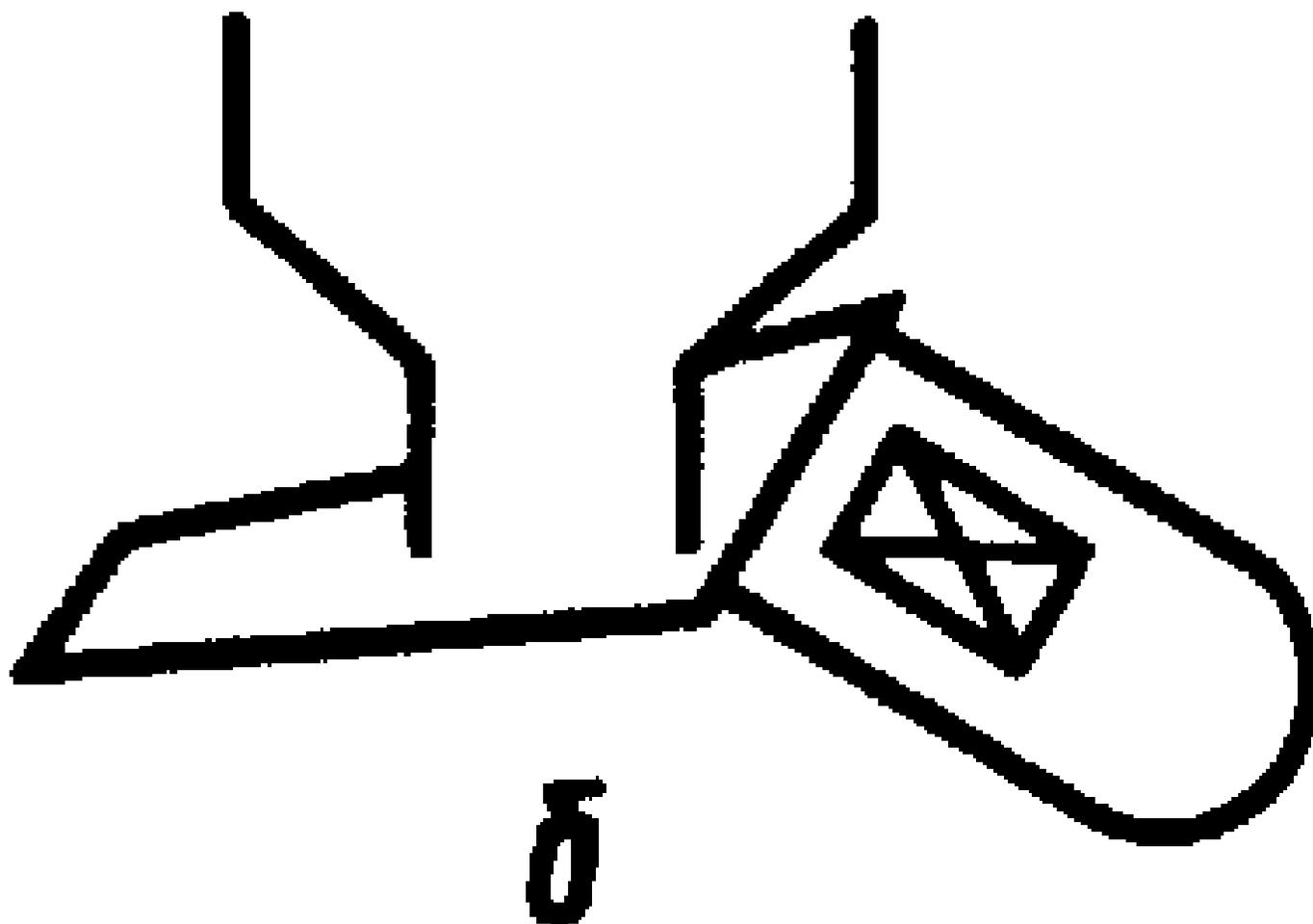
# **Регулирующие органы объемного типа**

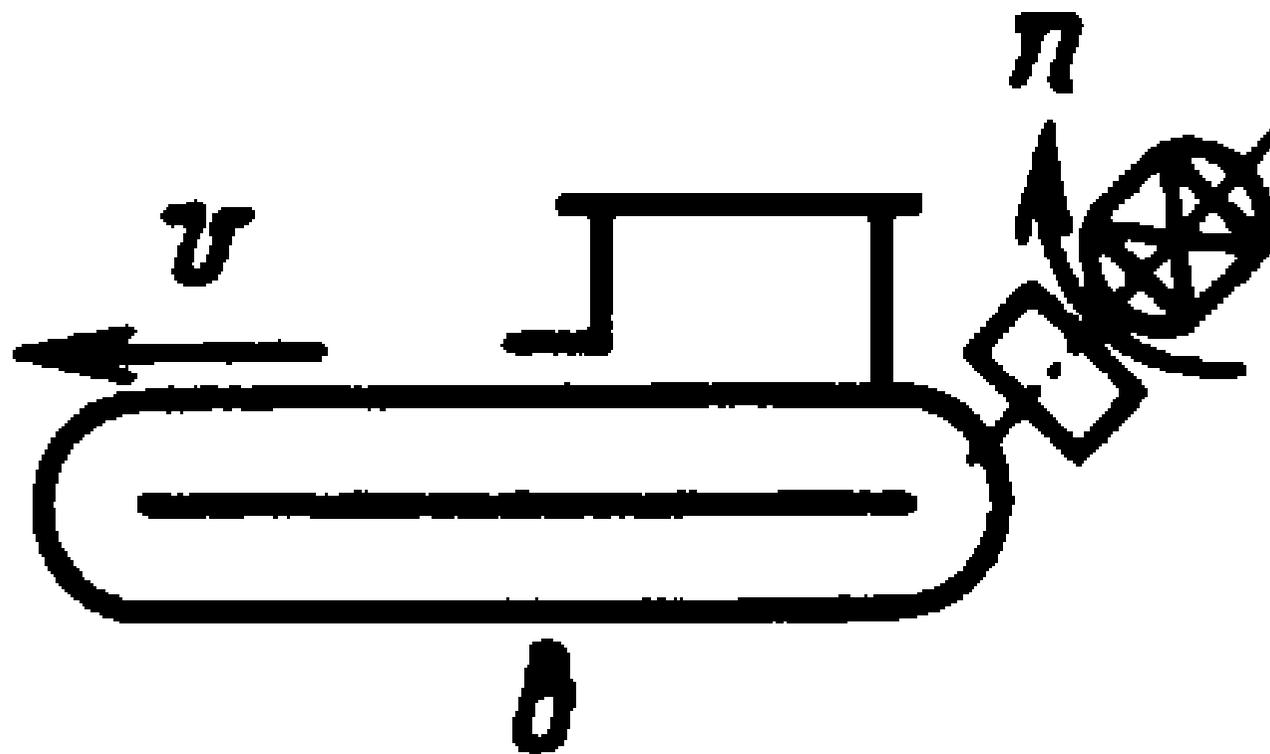
**Они изменяют расход среды за  
счет изменения ее объема  
(например, ленточные питатели-  
дозаторы компонентов кормовых  
смесей).**



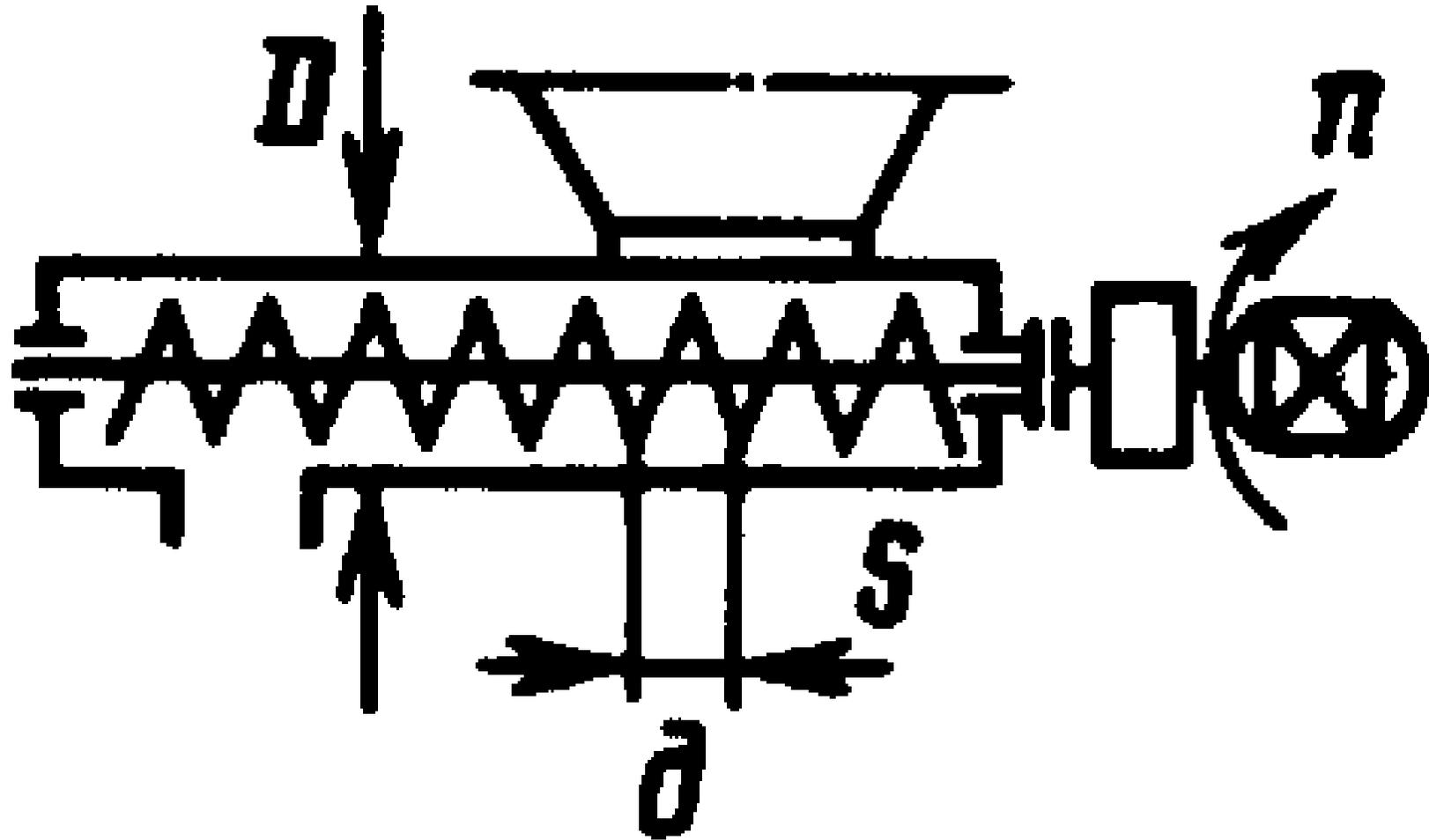
## **Регулирующие органы скоростного типа.**

Они изменяют производительность РО за счет изменения его частоты вращения. К РО этого типа относят устройства для регулирования частоты вращения вытяжных вентиляторов систем вентиляции животноводческих помещений, шнековых питателей-дозаторов и т. д.

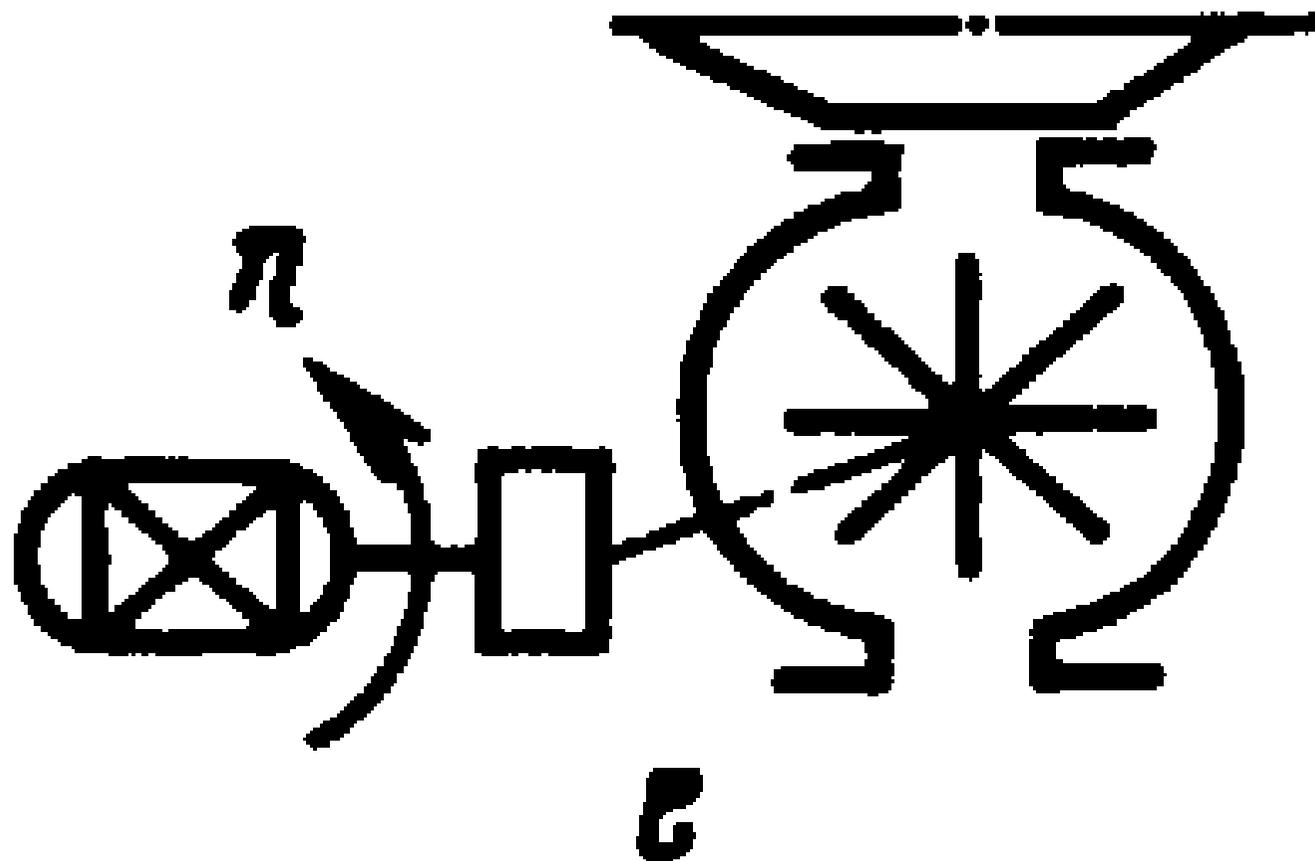




Ленточный питатель



Шнековые питатели

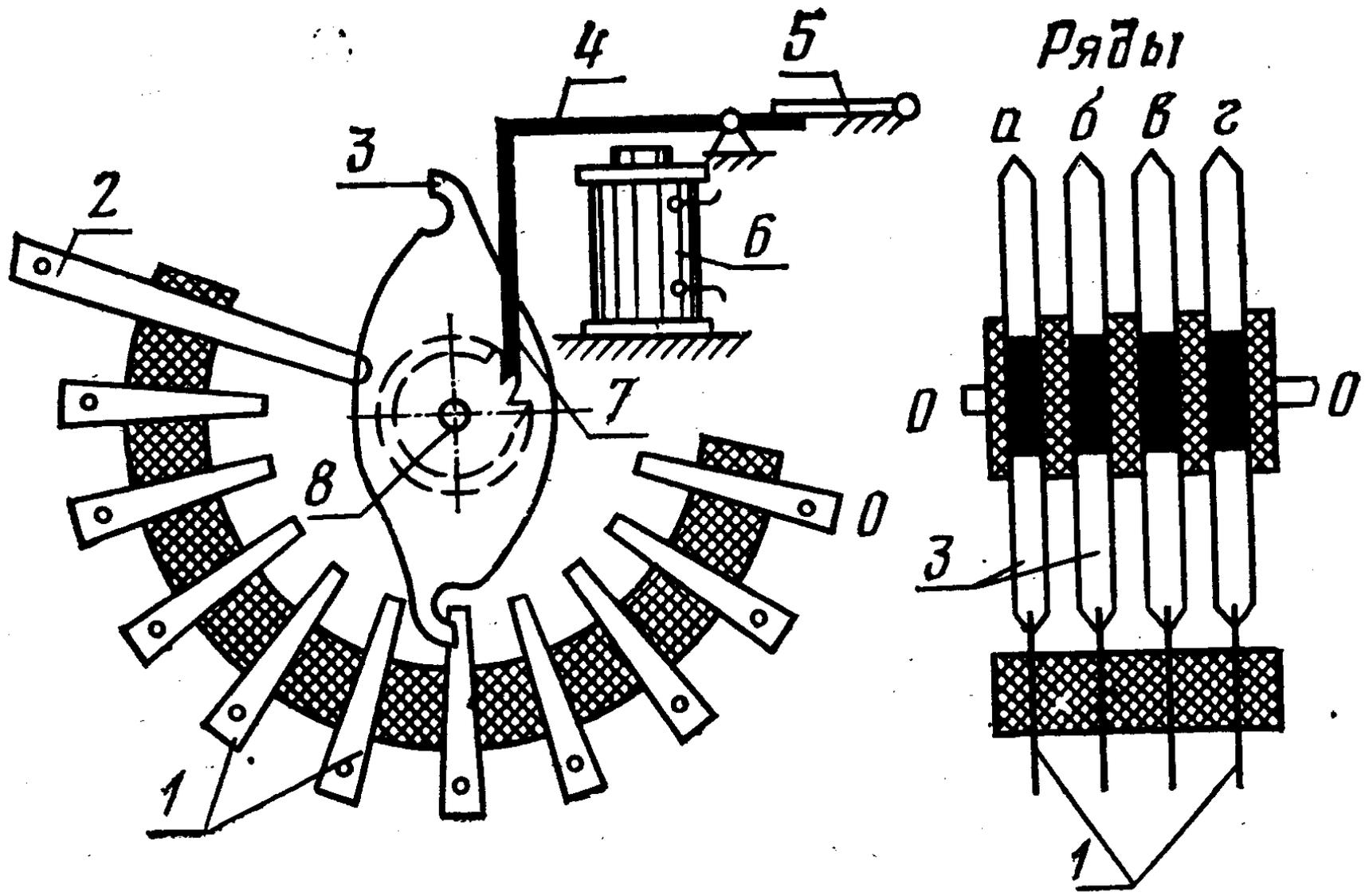


Секторный питатель

Электромагнитные

шаговые искатели

Шаговой искатель, называемый  
также шаговым распределителем,  
представляет собой  
электромагнитный  
многопозиционный и  
многорядный переключатель



THE END