

## **3 ТИПЫ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ**

### **3.1 Классификация элементов системы управления.**

В зависимости от функционального назначения элементы систем управления делятся на:

- 1) датчики и контрольно-измерительные устройства;
- 2) усилительно-преобразовательные элементы;
- 3) средства передачи информации;
- 4) исполнительные органы;
- 5) источники питания.

По способу использования энергии различают элементы:

- 1) пассивные, в которых используется энергия входного сигнала (например, редукторы, трансформаторы, рычаги);
- 2) активные, в которых используются внешние источники энергии (например, усилители, генераторы, электродвигатели и т.д.)

По виду используемой энергии активные элементы делятся на электрические, пневматические, гидравлические и смешанные.

Известны и другие признаки, по которым можно осуществлять классификацию, например, конструктивные и технические. Однако они носят второстепенный характер для целей понимания сути процессов управления.

### **3.2 Датчики**

Датчики предназначены для преобразования контролируемой величины в сигнал, удобный для первичной обработки и передачи на расстояния.

Требования, предъявляемые к датчикам:

1. Возмущения, вносимые датчиком в процессы, протекающие в объекте

управления можно отнести к бесконечно малым величинам.

Например, закон Ома. Ток, протекающий в цепи:  $I = E/R$ .

При наличии средств измерения (амперметр), показанных на рисунке

3.1:  $I = \frac{E}{R + R_1}$ . Влиянием прибора можно пренебречь, если его сопротивление

$R_1$  много меньше сопротивления цепи ( $R+R_1$ ), по крайней мере, на порядок.

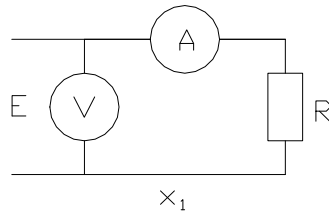


Рисунок 3.1 – Измерительная цепь

2. Инерционность датчика не должна влиять на процесс управления, т.е. инерционность его должна на 1, 2, 3 порядка быть меньше, чем инерционность исполнительного органа системы и объекта управления.

Например, если скорость изменения контролируемой величины  $V$ , а требуемая точность измерения  $\Delta X$ , то постоянная времени средств измерения должна быть  $T \ll \Delta X/V$ . Пусть постоянная времени нагрева печи  $\tau=2$ ч.; максимальная температура нагрева  $\theta=1200^\circ\text{C}$ ; требуемая точность стабилизации температуры  $\delta=20^\circ\text{C}$ . Если предположить апериодический характер процесса нагрева, то максимальная скорость нагрева  $V = 5^\circ\text{C}/\text{мин}$ . Отсюда следует, что постоянная времени измерительного тракта  $T \ll 4$ мин.

3. Точность измерения контролируемой величины должна быть значительно выше (не менее чем на порядок) требуемой точности регулирования выходных параметров объекта управления. Очевидно, что если точность измерения контролируемой величины соизмерима с требуемой точностью регулирования, то систему необходимо рассматривать как релейную. Она может работать только в режиме «Да–Нет». Это специфический класс систем будет рассмотрен ниже.

Коэффициент преобразования датчика, как элемента автоматики, назы-

вается чувствительностью датчиков и представляет собой отношение выходной величины датчика к контролируемой величине.

В зависимости от функционального назначения датчики делятся на датчики давления, температуры, ускорения, скорости, перемещения, положения и т. д.

В зависимости от характера электрической величины, в которую преобразуют контролируемый параметр, датчики делятся на параметрические и генераторные.

К параметрическим относятся датчики, в которых контролируемый параметр преобразуется в какой-либо параметр электрической цепи (пассивный параметр). Пассивный параметр электрической цепи – это сопротивление, которое может быть как активным, так и реактивным. К датчикам такого типа относятся потенциометрические, индуктивные и емкостные датчики. Их типичными представителями выступают контактные и бесконтактные конечные выключатели, датчики температуры, использующие термосопротивления, и др.

В этом случае измерительную цепь можно представить следующим образом (рисунок 3.2):

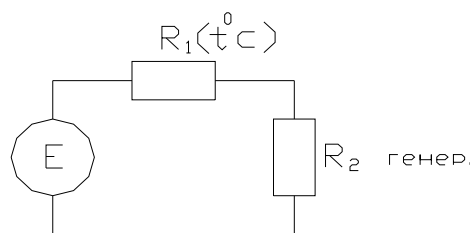


Рисунок 3.2 – Измерительная цепочка с датчиком параметрического типа

Причем  $R_1 = f(t, C)$ , а  $E, R_2 = \text{const}$ .

В датчиках генераторного типа контролируемый параметр преобразуется в ЭДС электрической цепи. Измерительная цепь имеет следующий вид (рисунок 3.3):

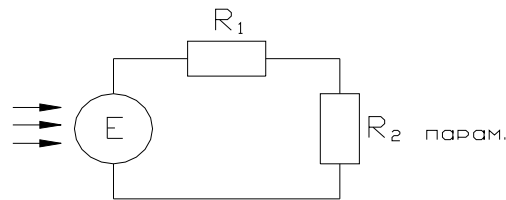


Рисунок 3.3 – Измерительная цепочка с датчиком генераторного типа

В этом случае  $E = f(t, C), R, R_1 = const$ .

Для получения достоверной информации о процессах, протекающих в объектах управления, выходная цепь датчика должна быть согласована с последующими элементами, участвующими в обработке сигнала. В качестве первичных преобразователей информации датчиков используются усилители. Они имеют определенное входное сопротивление  $R_{вх}$ , канал передачи информации с датчика также обладает сопротивлением  $R_{пр}$ . Цепь измерения с датчиком генераторного типа, имеющего внутренне сопротивление  $R_{внутр}$ , представлена на рисунке 3.4.

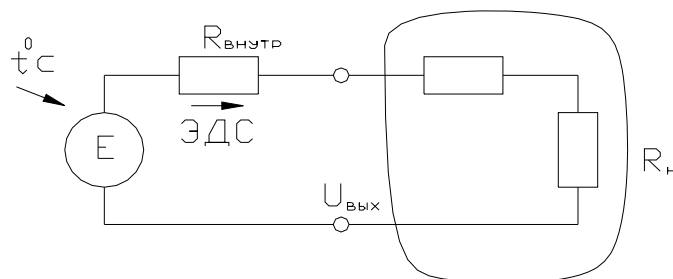


Рисунок 3.4 – Цепь измерительная с датчиком генераторного типа и устройством преобразования

Чувствительность датчика:  $N = \frac{E}{t^0 C}$ ;

$$U_{вых} = E \frac{R_{вх}}{R_{вх} + R_{пр} + R_{внутр}}. \quad (3.1)$$

Если  $R_{вх} \rightarrow 0$ , то чувствительность измерительной цепи уменьшается.

Очевидно необходимо стремиться к выполнению следующего условия:

$$R_{вх} \rightarrow \infty; R_{пр} \rightarrow 0; R_{внутр} \rightarrow 0. \quad (3.2)$$

В большинстве случаев для повышения точности измерения и достоверности информации объекты управления стараются разместить как можно ближе к датчику и использовать усилители, имеющие высокоомный вход.

В зависимости от характера представления выходной величины датчики делятся на релейные и аналоговые. К аналоговым относятся датчики, использующие термосопротивления и термопары, фотосопротивления, потенциометры, пьезо- и фотоэлементы. К релейным относятся датчики, в которых параметр электрической цепи изменяется скачкообразно (т. е. 1 или 0). Примером является электроконтактный датчик температуры (рисунок 3.5), в качестве чувствительного элемента в нем используется биметаллическая пластина. Биметалл – это две пластины, соединенные вместе, и изготовленные из металлов, имеющих разный коэффициент линейного расширения.

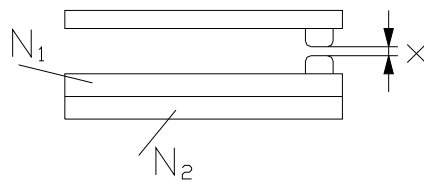


Рисунок 3.5 – Термодатчик релейного типа

В этом датчике коэффициент температурного расширения металла  $N_1$  меньше, чем у металла  $N_2$ . Температура срабатывания такого датчика определяется расстоянием между пластинами  $X$ .

Для измерения перемещений широкое применение нашли: фотоимпульсные и индуктивные датчики кругового и линейного типа. В фотоимпульсных датчиках, как правило генерируется два вида информационных сигналов: основной и смещенный (рисунок 3.6).

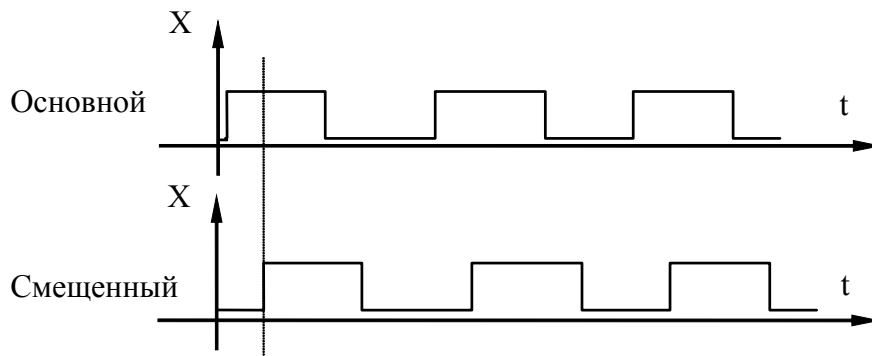


Рисунок 3.6 – Форма сигналов, генерируемых фотоимпульсным датчиком

Смещенная последовательность импульсов сдвинута по фазе относительно основной на 90 градусов. Кроме этого в этих датчиках, как правило, генерируется сигнал нуль-метка. В датчиках кругового типа этот сигнал определяет полный оборот датчика в линейных датчиках, он задает границы перемещений. Для повышения надежности и создание возможности проверки работоспособности датчиков к трем основным сигналам, перечисленным выше, добавляется три инверсных им сигнала. Датчики отличаются друг от друга чувствительностью. Например, датчики типа ВЕ-178 выпускаются с чувствительностью 1000, 2500, 5000 и 10000 импульсов основной и смещенный последовательностей на оборот датчика.

Для повышения разрешающей способности датчиков при преобразовании их сигналов используется принцип умножения. Он позволяет увеличить разрешающую способность в 2-4 раза за счет подсчета не только передних фронтов, какой-либо одной последовательности импульсов, но и соответственно двух последовательностей и передних задних их фронтов. Для определения направления перемещения контролируется фронт какой последовательности основной или смещенной приходит на устройство преобразования первым.

В индуктивных датчиках, как правило, для измерения перемещения используется сдвиг фаз между основной опорной частотой и частотой выходного сигнала.

Разрешающая способность такого датчика зависит от частоты питающего напряжения ( $\omega$ ), от точности работы схемы выделения фазы и от частоты импульсов, заполняющих фазу.

### 3.3 Средства передачи информации в системах управления

Средство передачи информации – это средство, обеспечивающее передачу информации непосредственно от датчика или предварительного усилителя на требуемое расстояние к средствам преобразования этой информации в управляющее воздействие.

К средствам передачи информации относятся каналы и линии, связывающие средство контроля с системой управления и элементы, задающие необходимый режим работы каналов передачи информации.

Различают следующие линии связи:

1. Телеграфный канал (двухпроводная линия).
2. Коаксиальный кабель.
3. Витая пара.
4. Оптоволоконная техника.

Требования к средствам передачи информации:

1. Линия связи должна обеспечить минимально возможное ослабление выходного сигнала датчика.
2. Передаваемый на расстояние сигнал не должен претерпевать изменений, приводящих к потере информации.
3. Линия связи должна исключать попадание различного рода помех электромагнитного характера или сетевого в информационный сигнал, т. е. должна обладать высокой помехозащищенностью.

К средствам повышения помехозащищенности линии передач относятся использование оптоэлектрических элементов, позволяющих гальванически развязать цепи датчика, линии связи, цепи системы управления (рисунок 3.7). В каналах (линиях) на основе телеграфного канала или с коаксиальным кабелем используются оптотранзисторные пары, образующие таковую петлю.

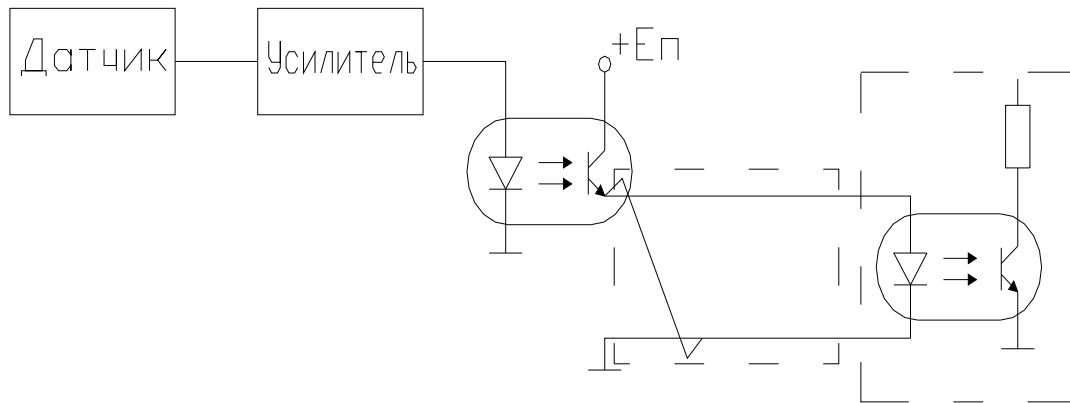


Рисунок 3.7 – Канал передачи информации от датчика к системе управления

При использовании оптоволоконной техники в отличие от первых трех случаев сигнал, подаваемый по каналу связи представляет собой пучок света, передаваемый по стеклянному волокну.

К средствам обеспечения передачи информации относятся различные виды электронных коммутаторов и усилители.

Коммутаторы обеспечивают увеличение числа информационных каналов без увеличения числа линий связи. Однако наличие коммутаторов накладывает ограничения на быстродействие контролируемых процессов, т.е. период изменения какого-либо параметра контролируемого процесса должен быть, по крайней мере, на порядок больше периода коммутации. Современная оптоволоконная техника позволяет при наличии одного канала связи передавать информацию о 256 и более контролируемых параметрах с частотой среза десятки – сотни Гц.

### 3.4 Усилители

Используются для усиления входного сигнала по мощности или по амплитуде до величин, достаточных для дальнейшего преобразования в соответствии с законом управления или до величин, достаточных для воздействия на исполнительные органы объекта управления.

В зависимости от типа источника энергии, используемого в усилителе,



последние делятся на электрические, пневматические, гидравлические, механические и смешанные.

В зависимости от элементной базы, используемой в электрическом усилителе, они делятся на тиристорные и транзисторные.

Тиристорные используются в приводах различного назначения, в регуляторах мощности сетей переменного тока. К их недостаткам следует отнести малую глубину регулирования и относительно не высокое быстродействие.

Полупроводниковые – транзисторные, усилители особенно в интегральном исполнении позволяют получить коэффициенты усиления от 10 до  $10^6$ - $10^8$ .

В зависимости от типа усиливаемого сигнала усилители делятся на усилители постоянного и переменного тока, усилители тока, напряжения и мощности.

В системах управления более широкое применение нашли усилители постоянного тока. К их недостаткам следует отнести дрейф нуля, обусловленный температурной нестабильностью и влиянием напряжения питания.

Усилители в интегральном исполнении – операционные, благодаря изменению внешней обратной связи, позволяют регулировать коэффициент усиления в широких пределах. Практически все операционные усилители имеют прямой и инверсный вход (рисунок 3.8). Коэффициент усиления этой схемы определяется соотношением внешних сопротивлений.

$$k_y = \frac{R_3}{R_1}; \quad (3.3)$$

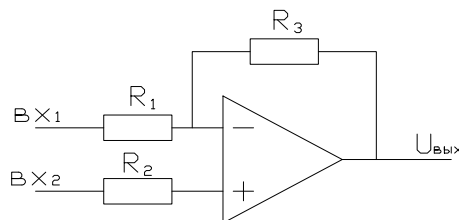


Рисунок 3.8 – Дифференциальный операционный усилитель

Как правило, у этих усилителей самого операционного усилителя  $k_{cc} \geq 10^6$ . Входное сопротивление этих усилителей достаточно большое и мо-

жет изменяться с помощью сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ .

Оптронная развязка кроме функций гальванической развязки выходной и входной цепи выполняет задачи усиления полезного сигнала.

$$R_{вх} = (E_{вх} - U_{нр.он}) / I_{вх.он}$$

$$U_{нр.он} = 2 \dots 2,5B; \quad I_{вх.он} \geq 5mA.$$

$$R_{вых} = (E_{пит} - U_{кнр.он}) / I_{вых.он}$$

$$I_{вых.он} = 2 \div 5 \dots 200mA$$

### 3.5 Исполнительные устройства в системах управления

Исполнительные устройства предназначены для воздействия на какой-либо параметр объекта управления с целью обеспечения заданного процесса регулирования. В зависимости от характеристик энергоносителя, используемого в исполнительных органах их делят на электрические, пневматические, гидравлические и смешанного типа.

В технологических процессах в качестве исполнительного органа нашли применение двигатели постоянного тока, асинхронные двигатели, электромагниты, гидроцилиндры, пневмоцилиндры и др.

Двигатели постоянного тока используются для управления положением или скоростью перемещения рабочих органов технологического оборудования: суппортов и шпинделей станков, элементов руки промышленных роботов, конвейеров, заслонок в различных регуляторах расхода или давления воздуха, газа и т. д.

Асинхронные двигатели – в механизмах, обеспечивающих вспомогательное движение (загрузка-выгрузка, открывание - закрывание дверей, заслонок, повороты магазинов и автооператоров).

Электромагниты – в муфтах переключения кинематических связей, кранах, заслонках, работающих в режимах “открой-закрой”.

Гидравлические и пневматические цилиндры поворотного или иного ти-

па используются коробках скоростей станков для переключения кинематических связей, в автооператорах, роботах, в регуляторах расхода и давления и т. д. Гидравлические исполнительные органы отличает высокое значение мощности приведённой к единице объема.

Типовая схема регулятора расхода с электродвигателем постоянного тока в качестве исполнительного органа показана на рисунке 3.9.

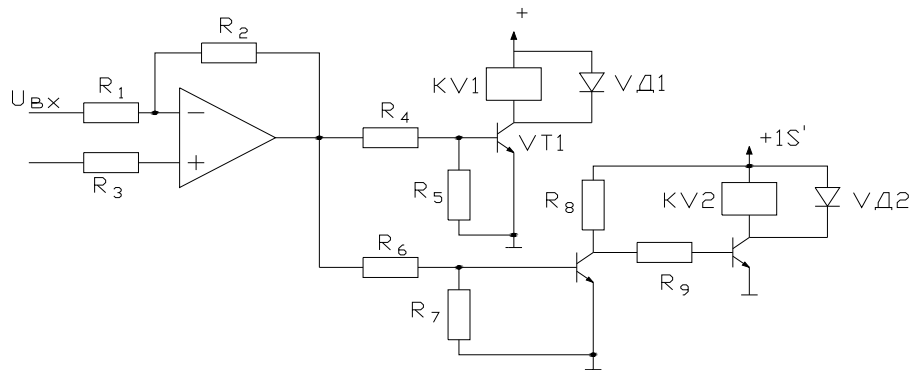


Рисунок 3.9. Типовая схема релейного регулятора расхода с электродвигателем постоянного тока

1. В качестве датчика обратной связи будем использовать потенциометр, сопротивление которого изменяется в зависимости от положения заслонки.

2. Регулятор работает в следящем режиме, для чего необходимо обеспечить реверсивный режим работы привода заслонки.

Устройство реверсирования может быть выполнено на транзисторах, реле и тиристорах (рисунок 3.10).

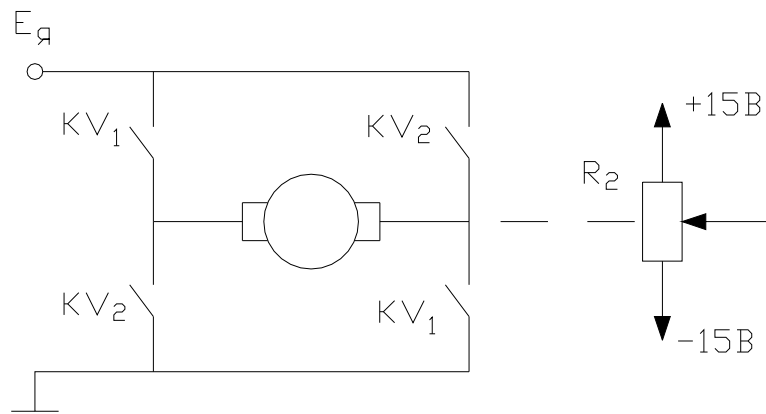


Рис. 4.14. Устройство реверсирования двигателя исполнительного механизма

### 3.6 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды элементов системы управления в зависимости от функционального назначения.
2. Для чего предназначены датчики?
3. Какие требования предъявляются к датчикам?
4. Для чего используются средства передачи информации?
5. Какие бывают виды линии связи?
6. Для чего используются усилители?
7. Какие бывают исполнительные устройства?