

## ЛЕКЦИЯ 6

### Информационные системы роботов

Информационные системы роботов можно разделить по функциональному признаку на две группы: датчики состояния манипулятора и системы очувствления. К первым относятся датчики положения, скорости, крутящего момента. Вторую группу составляют сенсорные устройства. Классификация сенсорных устройств приведена на рис. 6.1.



Рис. 6.1. Классификация сенсорных устройств.

Для позиционных и контурных систем управления роботами используются аналоговые и цифровые датчики обратных связей.

Из аналоговых датчиков углового перемещения чаще всего применяются потенциометры (рис. 6.2.). В них осуществляется преобразование либо углового перемещения, либо линейного перемещения движка 1 в напряжение постоянного тока  $U_B$ , пропорциональное этому перемещению.

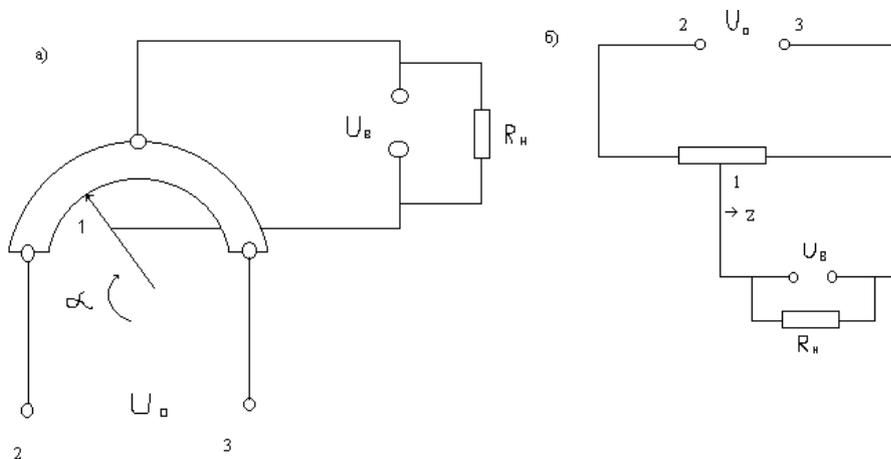


Рис. 6.2. Схемы потенциометрических датчиков: а) угловые, б) линейные.

При этом вход 2-3 потенциометра питается постоянным напряжением  $U_0$ . Из-за сопротивления нагрузки  $R_H$  в выходной цепи пропорциональность  $U_b = k\alpha$  или  $U_b = kz$  несколько нарушается.

Выбором соотношений всех параметров датчика и выходной цепи можно эту погрешность свести к допустимой величине. Металлопленочные и полупроводниковые потенциометры обладают большей точностью и плавностью, чем обычные проволочные.

Кроме потенциометрических датчиков для измерения углов и угловых рассогласований в следящих приводах применяются вращающиеся трансформаторы, резольверы и сельсины. Они являются индикаторными электрическими машинами специального вида. Для измерения линейных перемещений могут применяться индуктосины.

Аналоговым датчиком угловой скорости для обратной связи в приводе служит тахогенератор. По сути дела, это электрический тахометр (измеритель скорости). Он представляет собой электрическую машину, у которой входом является вращающийся вал, а выходом — напряжение и, генерируемое этой машиной. С определенной точностью выходное напряжение пропорционально угловой скорости вала ( $U = k\omega$ ). Существуют тахогенераторы постоянного тока и асинхронные переменного тока. Обычно тахогенератор встраивается в двигатель электропривода как измеритель скорости вращения вала двигателя.

В последнее время в следящих приводах роботов чаще стали применяться цифровые датчики обратной связи - импульсные фотоэлектрические и кодовые. Схемы их первичных элементов показаны соответственно на рис. 2.5, а и б. Поворот диска импульсного датчика с делениями на его периферии фиксируется в виде импульсов фотоэлектрическим элементом, который передает их через счетчик импульсов в систему управления робота. Таким образом, подсчетом числа импульсов измеряются приращения угловых перемещений вала. Числом импульсов в единицу времени может здесь измеряться и угловая скорость вращения. Импульсные датчики имеют различные конструкции и принципы (фотоэлектрические, индуктивные и др.).

Кодовый датчик содержит диск, на котором нанесен двоичный код, считываемый фотоэлектрическим устройством. Для компактности конструкции выполняются кодовые датчики, в которых вместо одного большого диска устанавливаются несколько маленьких, соединенных точной механической передачей. Кодовый датчик способен определять не только приращения угловых перемещений, как импульсный, но и положение вала в неподвижном состоянии. Точность датчика зависит от разрядности цифрового двоичного кода. Кодовый датчик значительно дороже импульсного.

Применение цифровых датчиков обратной связи в робототехнических системах, построенных на цифровых принципах управления, весьма целесообразно, так как исключает необходимость применения аналого-цифровых преобразований, которые часто снижают точность и плавность движений манипулятора.

Датчики положения выбирают исходя из заданной погрешности позиционирования и перемещений степеней подвижности.

Передаточное отношение к датчику положения выбирают в такой последовательности:

Находят перемещение по степени подвижности

Выбирают датчик положения;

Определяют перемещения и скорость того звена механизма, с которым предполагается связать датчик;

Вычисляют передаточное отношение к датчику положения.

Значения перемещений степеней подвижности обычно указаны в техническом задании. Линейные перемещения степеней подвижности, исполнительные механизмы которых совершают угловое перемещение, находят по формуле

$$S_i = l_i \varphi_i,$$

где  $l_i$  – расстояние от оси шарнира степени подвижности до схвата, мм;  $\varphi_i$  – максимальный угол перемещения степени подвижности, рад.

Основные типы датчиков и их характеристики приведены в таблице.

Тип датчика	Разрешающая способность, дискрет (импульс/об)	Диапазон перемещения, оборот	Скорость, мин <sup>-1</sup>	Долговечность, ч (цикл)
Потенциометр ППМЛ	10000	20	200	10 <sup>6</sup>
Кодовый:				
АД-15	2 <sup>15</sup>	16	900	10000
ППК-15	2 <sup>15</sup>	16	900	10 <sup>9</sup>
ФЭП-15	2 <sup>15</sup>	16	600	10 <sup>9</sup>
ППК-11	2 <sup>15</sup>	16	900	10 <sup>9</sup>
ФЭП-11	2 <sup>15</sup>	16	600	10 <sup>9</sup>
Импульсный:				
ПИКП2-1Ф	(1000;2500;5000)	Не ограничивается	6000	10000
ПИКП2-2Ф	1000; 2500	То же	10000	10000
BE51M	1000...5400	То же	3000	10000
BE 106	1000; 1024; 1250	То же	3000	10000

Тип датчика выбирают исходя из оценки достижимой погрешности позиционирования, которая определяется по формуле

$$S_i K_{\Delta} / D_n \leq \Delta_i,$$

где  $S_i$  - перемещение степени подвижности;  $D_n$  - число дискрет датчика;  $K_{\Delta} = 1,5...3$  - коэффициент, учитывающий качество измерительных цепей системы управления: большие значения соответствуют аналоговым системам управления;  $\Delta_i$  - погрешность позиционирования робота по  $i$ -й степени подвижности.

Датчики типа потенциометров применяют с аналоговыми системами управления. Для стыковки их с цифровыми системами управления необходимо преобразовывать их сигналы в цифровые с помощью дополнительной установки аналого-цифрового преобразователя. При установке импульсных датчиков, с помощью которых можно получить очень высокую точность позиционирования, необходимо предусмотреть в конструкции конечные выключатели нулевого положения степеней подвижности или платы с энергозащищенной памятью, сохраняющей информацию о положении степени подвижности в момент аварийного отключения питания. Место установки датчика и звено механизма, с которым связывают датчик, выбирают исходя из следующих соображений:

приведенный люфт от двигателя должен быть меньше дискреты датчика;

отсутствие элементов с пониженной жесткостью в кинематической цепи от двигателя к датчику;

возможность удобного доступа к датчику.

Исходя из этих условий, предпочтительно осуществлять связь вала датчика с валом приводного двигателя непосредственно или через специальный редуктор.

Передаточное отношение

$$I_{дп} = \varphi_m / \varphi_d; \quad \varphi_d \geq \varphi_{дп} S_i K_{\Delta} / (D_{дп} \Delta_i),$$

где  $\varphi_m$  – диапазон перемещения звена, с которого передается движение на датчик;

$\varphi_d$  - диапазон перемещения датчика;  $\varphi_{дп}$  - диапазон перемещения датчика по паспорту (см. табл.).

Проверку осуществляют по допустимой частоте вращения датчика:

$$n_{дат} = n_{дв} / (i_{дп} i_m) \leq n_{п},$$

где  $n_{дат}$  – частота вращения датчика,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n_{дв}$  - максимальная частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $i_m$  - передаточное отношение от двигателя до звена механизма, с которого передается вращение на датчик;  $n_{п}$  - паспортная допустимая частота вращения датчика,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $i_{дп}$  - передаточное отношение датчика.

*Локационными системами* очувствления называются сенсорные устройства, позволяющие роботу, используя принципы пассивной или активной локации, обнаруживать подвижные и неподвижные объекты, координаты которых известны с большой погрешностью, определять их местонахождение, а также осуществлять наведение и захват этих объектов.

Синусоидальные колебания, формируемые специальным генератором, модулируются прямоугольными импульсами таким образом, что излучатель передает в окружающую среду пачки ультразвуковых колебаний (похожие на прерывистый зуммер телефона), частота которых соответствует рабочей частоте генератора колебаний и в большинстве случаев находится в диапазоне 40-100 кГц. Одновременно с помощью генератора импульсов в момент времени, соответствующий переднему фронту излученного в пространство сигнала, запускаются своеобразные часы локационной системы, в качестве которых выступает счетчик импульсов.

Зондирующий ультразвуковой сигнал, отразившись от препятствия, попадает в приемник излучения, где преобразуется из акустической в электрическую форму, усиливается и отфильтровывается от помех. Одновременно из него выделяется модулирующая составляющая, которая с помощью порогового устройства представляется в виде прямоугольных импульсов, следующих на счетчик и останавливающих процесс счета. Так как принятые сигналы запаздывают по отношению к зондирующим на время их прохождения до препятствия и обратно, то число импульсов, накопленное в счетчике за этот период, будет пропорционально удвоенному расстоянию до объекта при условии, что излучатель ультразвука и приемник находятся в непосредственной близости друг от друга.

*Тактильными* называют такие системы очувствления, которые позволяют роботу зарегистрировать факт касания с объектом, определить положение точек касания и измерить контактные силы в каждом из них. Технические аналоги осязательных сенсоров – тактильные системы очувствления могут быть построены с использованием различных физических эффектов: пьезоэлектрического, электромагнитного, магнитоэлектрического и др. Чаще всего тактильными датчиками покрывают внутренние и внешние поверхности губок захватного устройства.

Устройство пропорциональной тактильной матрицы показано на рис. 6.3.

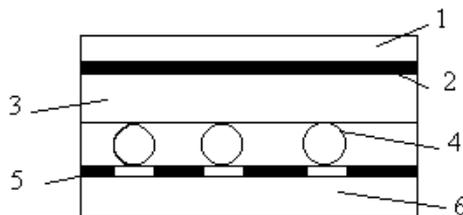


Рис.6.3. Схема пропорциональной тактильной матрицы.

В основу ее работы положен эффект изменения под нагрузкой электрического сопротивления какого-либо эластичного материала, в качестве которого может быть использован, например, каучук, по всей массе которого в процессе изготовления распределены микрочастицы вещества, проводящего электрический ток. Под действием внешней силы каучук прогибается, замыкая электрический контакт с электродами поперечных рядов, а затем деформируется, в результате чего проводящие ток частицы сближаются и начинают контактировать друг с другом, увеличивая количество возможных путей для протекания электрического тока, подводимого с помощью металлических электродов.

Таким образом, тактильные элементы, чувствительные к прикосновению и давлению со стороны постороннего предмета, локализируются в области пересечения продольных и поперечных электродов, а их общее количество равно произведению числа столбцов на число строк тактильной матрицы. В результате формируется тактильный образ, являющийся как бы слепком данной детали, преобразованным в форму электрических сигналов и записанным в память микроЭВМ робота.

Анализируя полученный тактильный образ, можно оценить, совпадает ли он с одним из эталонов, занесенных в память ЭВМ в процессе обучения робота распознаванию деталей, и, если совпадает, определить положение его характерных точек и ориентацию, например, осей инерции по отношению к осям матрицы.

Тактильные системы очувствления пока не получили широкого распространения в робототехнике. Это связано со спецификой их применения, заключающейся в необходимости непосредственного контакта с деталями, имеющими заусенцы, которые могут быть также нагреты до высокой температуры.

*Силомоментные системы* очувствления – это сенсорные устройства, обеспечивающие изменение компонент вектора силы и вектора момента сил, развиваемых роботом в процессе взаимодействия с изделием в проекции на некоторую систему координат.

Система силомоментного очувствления состоит из механической части, представляющей собой совокупность упругих элементов с размещенными на них тензопреобразователями, формирующими электрический сигнал, пропорциональный деформации упругого элемента, усилительных и коммутирующих устройств и устройства для вычисления величин проекции вектора силы и вектора момента силы (рис.6.4.). В качестве вычислительного устройства используется либо специальный микропроцессор, встроенный в силомоментную систему, либо микроЭВМ управляющего устройства робота.

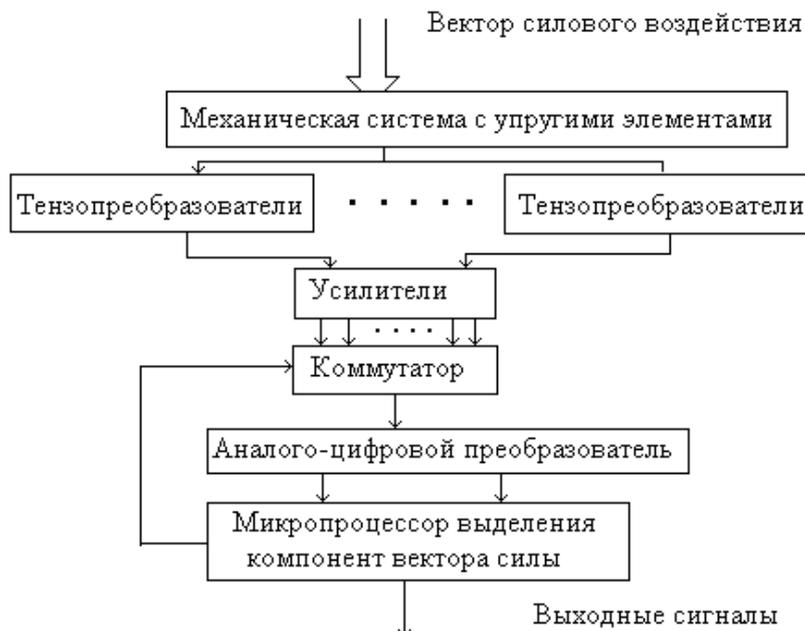


Рис. 6.4. Схема силомоментного датчика.

Аналоговая часть силомоментной системы, формирующая совокупность электрических сигналов, величина которых пропорциональна деформациям конструкции, возникающей вследствие сложного силового нагружения, сопрягается с цифровым вычислительным устройством с помощью аналого-цифрового преобразователя. Наиболее часто датчики силомоментного очувствления устанавливаются между последним звеном робота и его захватным

устройством. В этом случае компоненты силового вектора измеряются в проекции на связанную с захватом систему координат.

*Системами технического зрения* называют такие сенсорные устройства, которые обеспечивают получение изображения рабочей сцены, его преобразование, анализ, обработку с помощью микроЭВМ или микропроцессора и передачу результатов измерения управляющему устройству робота или ЭВМ вышестоящего уровня управления (рис.6.5.). Необходимость работы в реальном масштабе времени, т.е. обрабатывать и анализировать получаемые изображения быстро, не вызывая задержки в действиях робота или другого технологического оборудования, - важное требование, налагающее известные ограничения на выбор технических решений при создании систем технического зрения.



Рис. 6.5. Схема системы технического зрения.

Оптическое изображение объекта, сфокусированное на фоточувствительной поверхности оптоэлектронного преобразователя, трансформируется в электрический сигнал, который в большинстве случаев представляется в форме стандартного телевизионного видеосигнала. В качестве оптоэлектронных преобразователей с СТЗ чаще всего применяют полупроводниковые матрицы приборов с зарядовой связью. Такие матрицы представляют собой кремниевую пластинку (8x8 мм), светочувствительную поверхность которой образует сетка выращенных методами интегральной технологии сложных микроэлектронных компонент, способных воспринимать проецируемое на них изображение.

Видеосигнал преобразуется в цифровую форму в устройстве сопряжения датчика изображения с микроЭВМ следующим образом. Поле зрения оптоэлектронного преобразователя разбивается на отдельные элементы, которые образуют сетку, состоящую, например, из 256x256 точек. Кроме того, в системах технического зрения, различающих несколько уровней яркости, квантованию, т.е. преобразованию в цифровую форму, может подвергаться и амплитуда видеосигнала в каждой точке изображения. В устройстве сопряжения осуществляется также фильтрация видеосигнала, представленного в цифровой форме, в результате которой снижается количество помех на изображении.

Последующие этапы преобразования и анализа изображения осуществляются микроЭВМ, входящей в состав СТЗ. Опираясь с массивом нулей и единиц, описывающих распределение яркости светового потока по полю зрения видеодатчика, микроЭВМ последовательно выделяет точки изображения, в которых происходит резкое изменение яркости. Как правило, эти точки принадлежат контуру той или иной детали, находящейся на сцене, или являются точками,

подчеркивающими различные особенности одной детали, например отверстия, ребра и т.п. В дальнейшем выполняется анализ связности, т.е. определяется принадлежность каждой точки тому или другому контуру, являющемуся замкнутой кривой, и осуществляется сегментация изображения, представляющая собой процедуру выделения на изображении отдельных не связанных и не соприкасающихся объектов.

После выполнения этих предварительных преобразований можно подсчитать количество отдельных деталей, находящихся в поле зрения, и приступить к завершающей фазе анализа изображения, в ходе которой вычисляются характерные признаки каждого из выделенных в процессе сегментации объектов. В качестве таких признаков используются различные параметры изображения объекта, не изменяющиеся при его смещении или повороте, например площадь, длина периметра, максимальный и минимальный моменты инерции, количество углов, радиусы вписанной и описанной окружностей и др. Одновременно могут быть измерены координаты центров тяжести и ориентация каждого из объектов на изображении по отношению к системе координат оптоэлектронного преобразователя, знание которых необходимо, например, для захвата интересующей детали роботом и установки ее в заданное положение с требуемой ориентацией при сборке изделий.

Распознавание или выбор желаемой детали на сцене выполняется путем сравнения вычисленного для каждой детали списка признаков с аналогичными списками, полученными в процессе обучения системы технического зрения и хранящимися в запоминающем устройстве микроЭВМ.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. На какие группы подразделяются информационные системы роботов?
2. Что представляют собой датчики обратной связи?
3. В чем сущность силомоментного очувствления роботов?
4. Для чего применяют локационные датчики?
5. Каковы недостатки аналоговых датчиков обратной связи?
6. Что такое тактильное очувствление?
7. Какова область применения СТЗ в промышленных роботах?