

Сенсорика и программируемые контроллеры

Понятия и определения

- **Датчик** — конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь, от которого поступают сигналы измерительной информации (он «даёт» информацию).

- Все измерения начинаются с восприятия измеряемых величин и формирования измерительного сигнала, который далее подвергается необходимым преобразованиям.
- Функцию восприятия входной величины выполняет чувствительный элемент. При этом идентифицируется природа величины и происходит процесс её восприятия.

- Таким образом, под датчиком следует понимать конструктивно обособленную совокупность первичных измерительных преобразователей, воспринимающую одну или несколько входных величин и преобразующую их в измерительные сигналы

- Преобразователь конвертирует один тип энергии в другой, тогда как датчик преобразует любой тип энергии внешнего воздействия в электрический сигнал.

- термин «сенсор» акцентирует внимание на восприятии входной величины, а термин «датчик» — на формировании и выдаче измерительного сигнала.

Характеристики датчиков

- - передаточная функция;
- - максимальный входной сигнал;
- - диапазон измеряемых значений;
- - точность;
- - калибровка;
- - ошибка калибровки;
- - гистерезис;
- - нелинейность;
- - насыщение;
- - воспроизводимость;
- - мертвая зона;
- - разрешающая способность;
- - выходной импеданс;
- - сигнал возбуждения;
- - динамические характеристики;

Передаточная функция

- Передаточная функция устанавливает взаимосвязь между выходным электрическим сигналом датчика S и внешним воздействием s : $S = f(s)$.

Максимальный входной сигнал

- Эта величина показывает максимально возможное значение входного сигнала, которое датчик может преобразовать в электрический сигнал, не выходя за пределы допустимых погрешностей.

Диапазон выходных значений

- Диапазон выходных значений — алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальном и минимальном внешнем воздействии.

Точность

- Под погрешностью измерений, как правило, понимают величину максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков.
- На точность датчиков влияют такие характеристики как: гистерезис, мертвая зона, параметры калибровки, повторяемость датчиков от партии к партии и воспроизводимость погрешностей.

Калибровка

- Если производственные допуски на датчик и допуски на интерфейс (схемы преобразования сигналов) превышают требуемую точность системы, всегда необходимо проводить калибровку.

Ошибка калибровки

- Ошибка калибровки — это погрешность, допущенная производителем при проведении калибровки датчика на заводе.

Гистерезис

- Гистерезис — это разность значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученных при его возрастании и убывании.

Нелинейность

- Под нелинейностью понимается максимальное отклонение L реальной передаточной функции от аппроксимирующей прямой линии.

Насыщение

- Каждый датчик имеет свои пределы рабочих характеристик. Даже если он считается линейным, при определенном уровне внешнего воздействия его выходной сигнал перестанет отвечать приведенной линейной зависимости. В этом случае говорят, что датчик вошел в зону нелинейности или в зону насыщения

Воспроизводимость

- Воспроизводимость - это способность датчика при соблюдении одинаковых условий выдавать идентичные результаты.

Мёртвая зона

- Мертвая зона — это нечувствительность датчика в определенном диапазоне входных сигналов. В пределах этой зоны выходной сигнал остается почти постоянным (часто равным нулю).

Разрешающая способность

- Разрешающая способность характеризует минимальное изменение измеряемой величины, которое может почувствовать датчик.

Выходной импеданс

- Выходной импеданс является характеристикой, указывающей насколько легко датчик согласовывается с электронной схемой.

Сигнал возбуждения

- Сигнал возбуждения — это электрический сигнал, необходимый активному датчику для работы.

Динамические характеристики

- Динамические свойства датчиков зачастую определяют быстродействие всего измерительного устройства.

Физические принципы датчиков

- Датчики являются преобразователями обычно неэлектрических физических величин в электрические сигналы. Перед тем как превратиться в выходной электрический сигнал внешнее воздействие проходит один или более этапов преобразований. Эти этапы включают в себя преобразования одного вида энергии в другой, а последнее превращение всегда заключается в формировании электрического сигнала в требуемом выходном формате.

Электрические заряды, поля и потенциалы

- Существует две разновидности зарядов: положительные и отрицательные. Электрические заряды не могут ни разрушаться, ни создаваться — они могут только перемещаться из одного места в другое.
- В пространстве между зарядами при отсутствии электрического заряда существует электрическое поле. Электрическое поле в каждой точке можно определить по величине силы, действующей на заряд.
- Электрическое поле вокруг заряженного объекта может быть описано не только вектором напряженности E , но и скалярной величиной, называемой электрическим потенциалом V .

Ёмкость

- Устройство из двух пластин, способных сохранять электрический заряд, называется конденсатором. Конденсатор характеризуется величиной заряда q , накопленного на обеих пластинах, и напряжением V — положительной разностью потенциалов между ними.
- Постоянная величина C называется емкостью конденсатора. Величина емкости зависит от формы пластин и их расположения друг относительно друга, а также от свойств среды между ними.
- Конденсатор — это очень полезный электрический элемент, часто используемый в составе различных датчиков, например, для измерения расстояния, площади, объема, давления, силы и т.д.

Магнетизм

- У электричества и магнетизма есть много общих черт. Возникновение магнитного поля вокруг движущихся электрических зарядов (проводника с электрическим током) является основным свойством магнетизма.
- На основе постоянных магнитов часто строятся магнитные датчики для определения движения, перемещения, положения и т.д.

Индукция

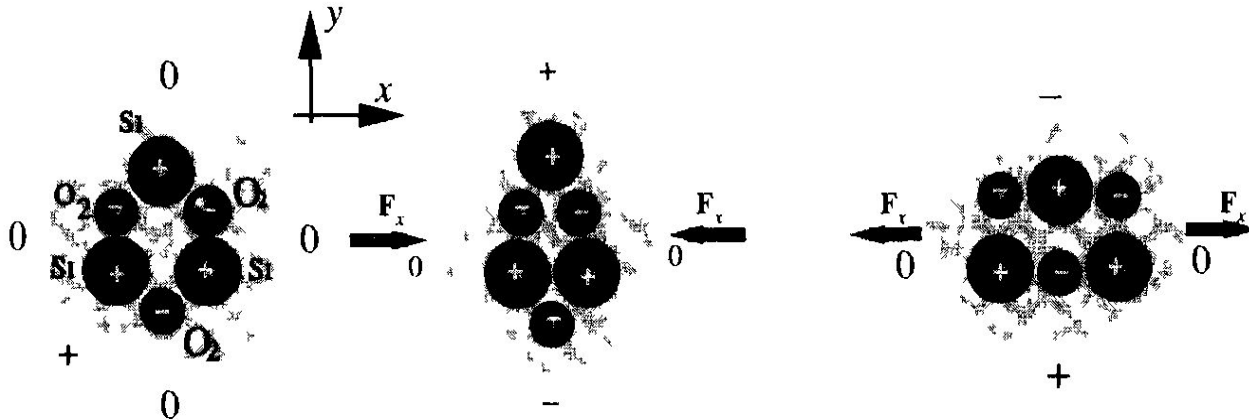
- Закон Фарадея о магнитной индукции гласит, что индуцированное напряжение или электродвижущая сила (э.д.с.) в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока Φ , сквозь поверхность ограниченную этим контуром.
- Это выражение имеет большее практическое применение при разработке датчиков. Оно означает, что навести напряжение в контуре можно, изменяя либо магнитную индукцию (B), либо площадь контура (A).

Сопротивление

- Для каждого материала есть удельное сопротивление - характеристика, описывающая его способность пропускать электрический ток. При этом говорят, что материал обладает электрическим сопротивлением, которое можно определить по закону Ома.
- Для чисто резистивных элементов (не обладающих ни емкостью, ни индуктивностью) напряжение и ток совпадают по фазе. Любые материалы, имеют удельное сопротивление, и поэтому называются резисторами. Сопротивление является характеристикой любого устройства. Его величина определяется как самим материалом, так и геометрией резистора.

Пьезоэлектрический эффект

- Пьезоэлектрический эффект заключается в образовании в кристаллическом материале электрических зарядов при приложении к нему механических напряжений.



Пироэлектрический эффект

- Пироэлектрики — это материалы с кристаллической структурой, в которых при воздействии на них тепловым потоком появляются электрические заряды.
- Пироэлектрический детектор можно представить в виде конденсатора, электрически заряжающегося от потока тепла. Такой датчик не нуждается ни в каких внешних сигналах возбуждения, ему только требуется соответствующая интерфейсная электронная схема для измерения заряда.

Эффект Холла

- В настоящее время датчики Холла используются для обнаружения магнитных полей и определения положения и перемещения объектов. Эффект Холла основан на взаимодействии между движущимися носителями электрического заряда и внешним магнитным полем.

Эффекты Зеебека и Пельтье

- Эффект Зеебека заключается в поглощении или высвобождении тепла линейно пропорционально току, проходящего через однородный проводник, имеющий градиент температуры вдоль его длины.
- Эффект Пельтье — это выделение или поглощение тепла при прохождении электрического тока через соединение двух различных металлов.

Звуковые волны

- Звуковыми волнами называются периодические сжатия и расширения среды (твердых тел, жидкостей и газов), происходящие с определенной частотой.

Температурные и тепловые свойства материалов

- Можно считать, что температура является мерой кинетической энергии колеблющихся частиц. Чем быстрее движение, тем выше температура частицы. Средняя кинетическая энергия большого количества двигающихся частиц определяет макроскопическую температуру объекта.

Теплопередача

- Тепловая энергия может быть передана от объекта к объекту тремя способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Световое излучение

- Световое излучение — очень эффективная форма энергии, по изменению которой можно судить о многих внешних воздействиях: расстоянии, движении, температуры, химическом составе и т.д. Свет имеет электромагнитную природу

Классификации датчиков

- **По виду входных величин:** активные; пассивные.
- **По количеству входных величин:** одномерные ($n = 1$); многомерные ($n = 2, 3 \dots n$).
- **По количеству измерительных функций:** однофункциональные ($t = 1$); многофункциональные ($t = 2, 3 \dots t$).
- **По количеству преобразований энергии и вещества:** одноступенчатые ($k = 1$); многоступенчатые ($k = 2, 3 \dots 1$).
- **По наличию компенсационной обратной связи:** компенсационные; некомпенсационные.

- **По виду модуляции выходного сигнала:** амплитудные; частотные и фазовые; непрерывные; импульсные.
- **По технологии изготовления:** элементные; интегральные.
- **По восприятию пространственных величин:** точечные; пространственные.
- **По взаимодействию с источниками информации:** контактные; бесконтактные (дистанционного действия).
- **По виду измерительных сигналов:** аналоговые; цифровые.
- **По динамическому характеру сигналов преобразования:** дискретные (дискретное представление в виде импульсной последовательности); непрерывные (представлены в виде непрерывного процесса).

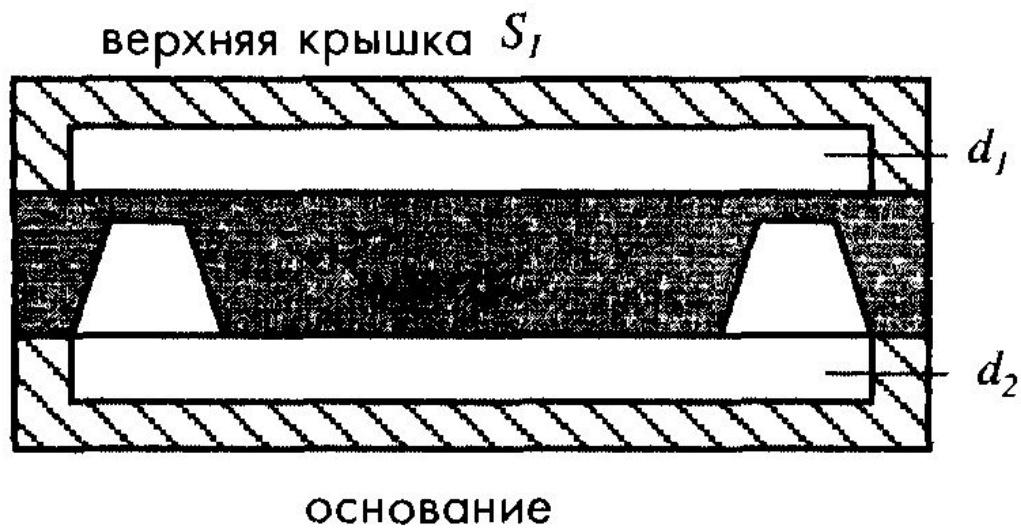
Устройство и основополагающие принципы работы датчиков



Детекторы положения и перемещения

- Датчики положения — это, как правило, линейные устройства, выходные сигналы которых соответствуют расстоянию между объектом и опорной точкой. Детекторы сближения являются более простыми устройствами, сигналы на выходе которых появляются только в случае обнаружения критического расстояния до объекта.

Датчики скорости и ускорения



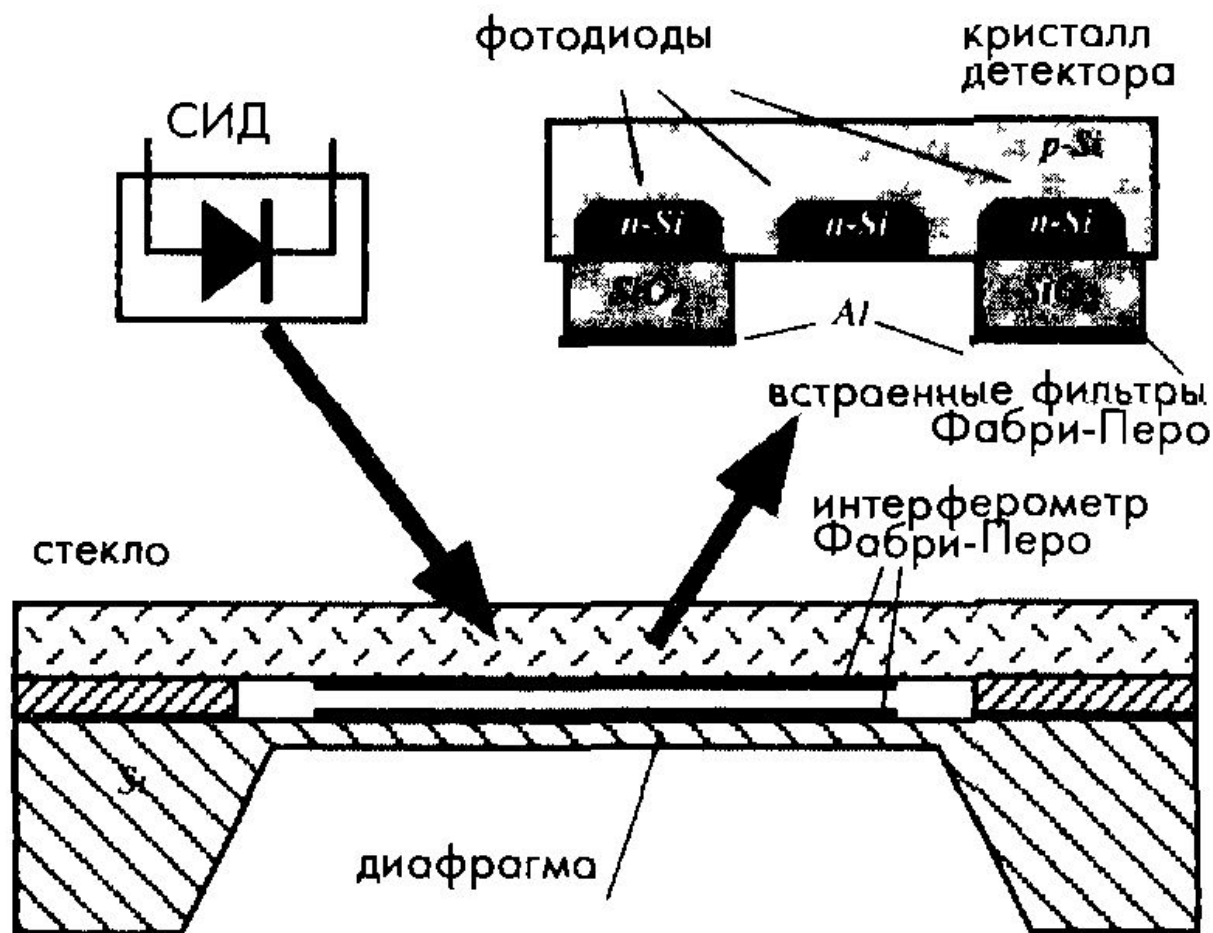
Тензодатчики

- Тензодатчик — это гибкий резистивный чувствительный элемент, сопротивление которого пропорционально приложенному механическому напряжению (величине деформации). Все тензодатчики построены на основе пьезорезистивного эффекта.

Датчики давления

- В состав датчика входят следующие компоненты: пассивный кристалл оптического преобразователя давления с диафрагмой, вытравленной в кремниевой подложке; светоизлучающий диод (СИД) и кристалл детектора. Детектор состоит из трех p-n фотодиодов, к двум из которых пристроены оптические фильтры Фабри-Перо, имеющие небольшую разницу по толщине.
- Принцип действия датчика основан на измерении модуляции длины волны, получаемой от сложения падающих и отраженных излучений.

Рис. 3.3 Оптоэлектронный датчик давления



Акустические датчики



Световые датчики

- Все детекторы световых излучений можно разделить на две группы: квантовые и тепловые преобразователи. Квантовые детекторы работают в интервале от УФ до среднего ИК диапазонов, в то время как тепловые датчики чаще используются в диапазонах среднего и дальнего ИК излучений, где их эффективность при комнатных температурах намного превышает эффективность квантовых преобразователей.

Датчики температуры

- Самым распространённым детектором температуры в технических системах является термопара. Термопары относятся к классу относительных датчиков, поскольку их выходное напряжение определяется разностью температур между двумя спаями и практически не зависит от абсолютной температуры каждого соединения

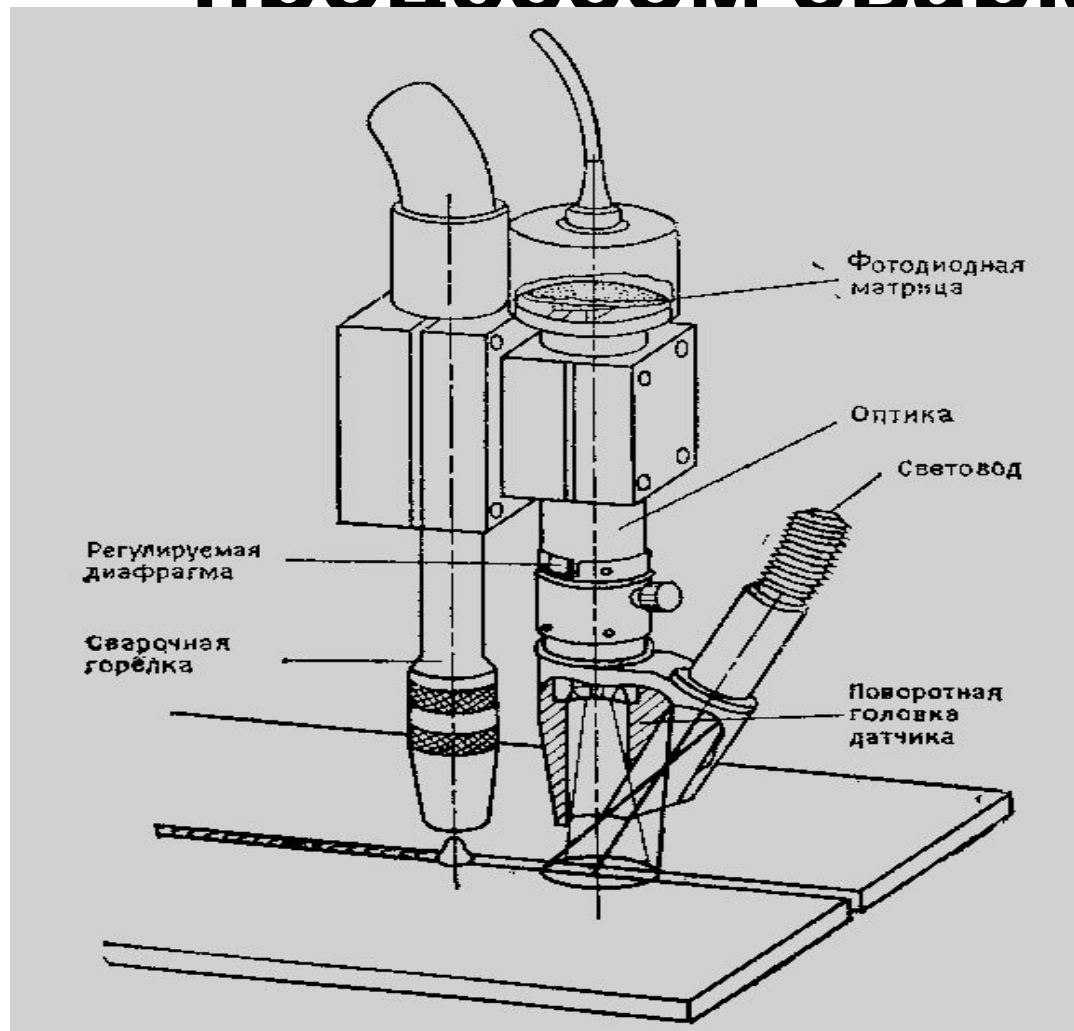
Применение датчиков в мехатронных системах

- Типичная мехатронная система — тормозная система автомобиля с АБС (антиблокировочной системой). Персональный компьютер также является мехатронной системой: ЭВМ содержит массу мехатронных составляющих: жёсткие диски, CD-приводы, современные накопители на магнитных лентах. В промышленности мехатронными системам являются все современные роботы, станки, роботы-станки, измерительные комплексы.

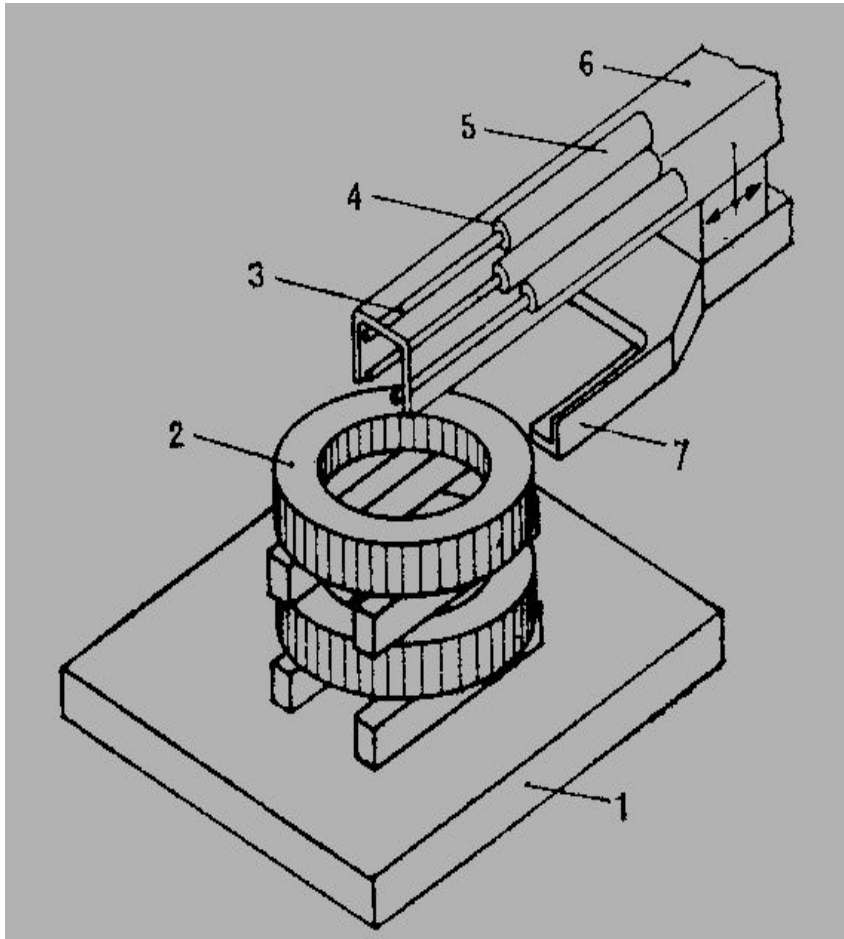
Датчики в промышленной технике измерений

- В настоящее время широко применяются в области промышленной техники следующие датчики:
 - - датчики положения и перемещения;
 - - датчики изображения на ПЗС, обработка изображения;
 - - оптические датчики, волоконно-оптические датчики;
 - - многокоординатные датчики.

Рисунок 4.1 – Оптический датчик для управления процессом сварки

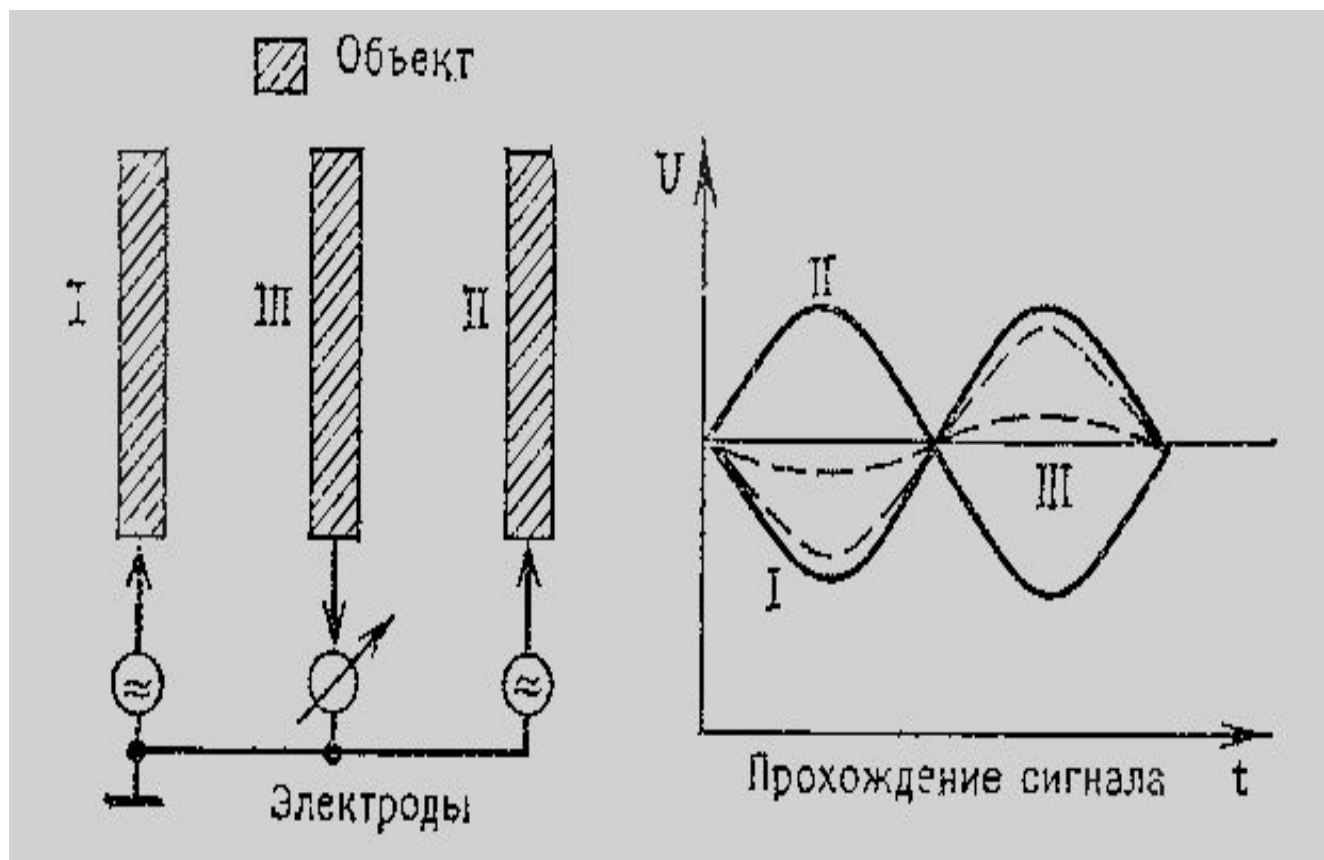


Датчики в робототехнике



- Рисунок 4.2 – Датчик манипулятора робота (На основе D-поля): 1 – поддон, 2 – стопка шестерен, 3 – электроды, 4 – керамика, 5 – стальная трубка с облицовкой, 6 – экран, 7 – захват.

Рисунок 4.3 – Принцип действия датчика на основе измерения D-поля.



Датчики в автомобиле

- - Датчики систем управления и регулирования привода,
- - Датчики для обеспечения безопасности и надежности,
- - Датчики диагностики и контроля расходных материалов, освещения, тормозов и системы охлаждения,
- - Датчики для получения информации о расходе топлива, о наружной температуре и маршруте.