Тема 2
Промышленные роботы
Теория
Промышленные роботы и манипуляторы

В соответствии с Государственным стандартом ГОСТ 25686-85 "Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения",

промышленный робот - это автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Кроме официально принятого, сложилось и часто используется в практике более краткое определение:

промышленный робот - *перепрограммируемый автоматический манипулятор промышленного применения.*

Под перепрограммируемостью, в соответствии со стандартом, понимается свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека-оператора.

К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) величин перемещений по степени подвижности и управляющих функций с помощью средств управления на пульте устройства управления.

Устройство и конструктивное исполнение современных промышленных роботов весьма многообразны и диктуются значительным числом объективных факторов:

- назначение,
- вид обслуживаемого технологического оборудования,
- характер технологического процесса,
- условия эксплуатации и технические требования и др.).

Общее устройство промышленных роботов

В соответствии с вышеприведенным определением промышленный робот в целом состоит из

- исполнительного устройства (манипулятора) и
- устройства программного управления.

Манипулятор промышленного робота предназначен для выполнения всех его двигательных функций и представляет собой многозвенный механизм с разомкнутой кинематической цепью, оснащенный приводами и рабочим органом, а также в общем случае - устройством передвижения.

Конструктивно манипулятор состоит из следующих компонентов:

- опорные (несущие) конструкции,
- манипуляционная система,
- рабочие органы,
- привода и устройства передвижения.

Устройство управления промышленного робота служит для формирования и выдачи управляющих воздействий манипулятору в соответствии с управляющей программой и состоит из

- собственно системы управления,
- информационно-измерительной системы с устройствами обратной связи и
- системы связи.

Опорные, или несущие, конструкции предназначены для размещения всех устройств и агрегатов промышленного робота, а также обеспечения необходимой прочности и жесткости манипулятора. Опорные конструкции по своему исполнению весьма многообразны и могут выполняться в виде оснований, корпусов, стоек, колонн, металлоконструкций, рам тележек, порталов и т. п.

Манипуляционная система служит для переноса и ориентации рабочего органа или объекта манипулирования к заданной точке рабочей зоны и структурно представляет собой обычно многозвенный пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью.

Рабочий орган манипулятора промышленного робота, предназначенный для непосредственного воздействия на объект манипулирования при выполнении технологических операций или вспомогательных переходов, представляет собой захватное устройство или рабочий инструмент.

Привод необходим для преобразования подводимой энергии в механическое движение исполнительных звеньев манипулятора в соответствии с командными сигналами, поступающими от системы управления, и в общем виде содержит

- энергоустановку,
- двигатели и
- передаточные механизмы.

Устройство передвижения предназначено для перемещения манипулятора или промышленного робота в целом в необходимое место рабочего пространства и конструктивно состоит из

- ходовой части и
- приводных устройств.

Система программного управления (СПУ) служит для непосредственного формирования и выдачи управляющих сигналов и конструктивно состоит из:

- пульта управления,
- запоминающего устройства,
- вычислительного устройства,
- блоков управления приводами манипулятора и технологического оборудования.

Информационно-измерительная система, предназначенная для сбора и первичной обработки информации для системы управления о состоянии элементов и механизмов промышленного робота и внешней среды, конструктивно входит в состав устройства управления промышленного робота и

включает в себя устройства обратной связи и сравнения сигналов, а также датчики обратной связи.

Система связи предназначена для обеспечения обмена информацией между роботом и оператором или другими роботами и технологическими устройствами с целью формулировки заданий, контроля за функционированием систем самого робота и технологического оборудования, диагностики неисправностей, регламентной проверки и т. п.

Классификация промышленных роботов

Классифицирование промышленных роботов может осуществляться по самым различным признакам:

- области применения,
- производственно-технологическим особенностям,
- специализации,
- виду базовой системы координат,
- грузоподъемности,
- величинам линейных перемещений,
- объему рабочей зоны,
- классу точности,
- возможности передвижения (мобильности),
- типу привода,
- способу установки на рабочем месте,
- типу системы управления,
- способу программирования и др.

По области применения

Сварочные, окрасочные, сборочные и контрольно- измерительные.

По производственно-технологическим признакам

технические,
подъемно-транспортные (вспомогательные) и
универсальные промышленные роботы,

По специализации

Специальные, специализированные и универсальные (многоцелевые).

По виду базовой системы координат

Можно выделить пять основных разновидностей промышленных роботов. Но прежде чем рассмотреть конкретные разновидности, следует привести несколько пояснений.

Компоновка и конструктивное исполнение робота прежде всего зависят от того, какие движения и в какой последовательности должен выполнять манипулятор при функционировании.

Для переноса объекта манипулирования без его ориентации (в любое место рабочей зоны) необходимо и достаточно наделить манипулятор тремя степенями подвижности, каждая из которых может быть как поступательной, так и вращательной. Эти степени подвижности, называемые переносными, или региональными, определяют систему координат, в которых осуществля-

ются основные движения исполнительного устройства робота по переносу объекта.

В зависимости от характера каждой из переносимых степеней подвижности (поступательной или вращательной), их последовательности и взаимной ориентации в пространстве формируется та или иная базовая система координат манипулятора со своими особенностями и формой пространственной фигуры, описываемой рабочим органом ПР.

Таким образом, вид базовой системы координат манипулятора ПР определяет его конструктивное исполнение, уровень сложности системы управления и трудности программирования исполнительных движений.

1. Промышленный робот, действующий ***в прямоугольной, или декартовой, системе координат*** (рис. 1), имеет три поступательных базовых степени подвижности с взаимно перпендикулярными направлениями перемещений. Этот тип робота состоит из рамы в виде балочной, мостовой или портальной конструкции, перемещающейся поступательно, поперечной тележки или каретки, относительно которой в вертикальном направлении перемещается "рука" манипулятора в виде стойки или колонны. Форма образующейся пространственной фигуры, описываемой рабочим органом, так называемой рабочей зоны, представляет собой прямоугольный параллелепипед.

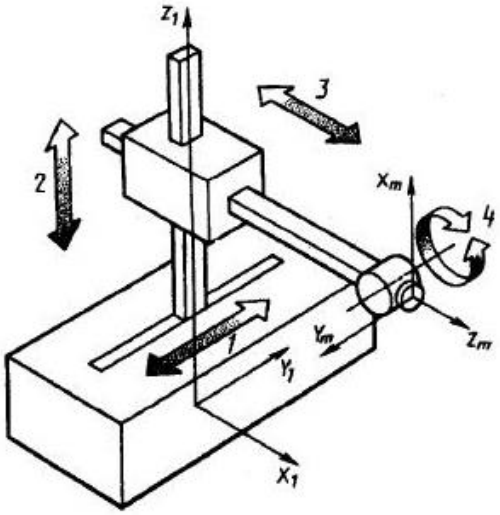

Рис. 1. Робот, работающий в прямоугольной системе координат

Механические свойства прямоугольной системы манипулятора (удобство обслуживания рабочей зоны, достаточно высокая жесткость) позволяют применять такие роботы в стесненных условиях, подвешивая их над обслуживаемым оборудованием, а также там, где требуется высокая точность, например, на сборочных операциях.

Однако, несмотря на сравнительную простоту построения манипулятора и программирования, промышленные роботы такой конструкции используются сравнительно редко. Недостатками являются чрезмерное увеличение габаритных размеров устройства при сравнительно небольшом объеме рабочей зоны и удлинение продолжительности заданной циклограммы процесса.

Чаще всего такие роботы выполняются в виде каретки, подвешенной на направляющих под или над обслуживаемым оборудованием, либо в виде портальной конструкции.

2. Промышленный робот, действующий в ***цилиндрической системе координат*** (рис. 2), имеет одну вращательную и две поступательные базовые степени подвижности с взаимно перпендикулярными направлениями перемещений. Манипулятор такого робота состоит из поворотной колонны, или стойки, перемещающейся по ней в вертикальном направлении каретки, относительно которой поступательно движется "рука" манипулятора. Форма образующейся рабочей зоны представляет собой неполный цилиндр.

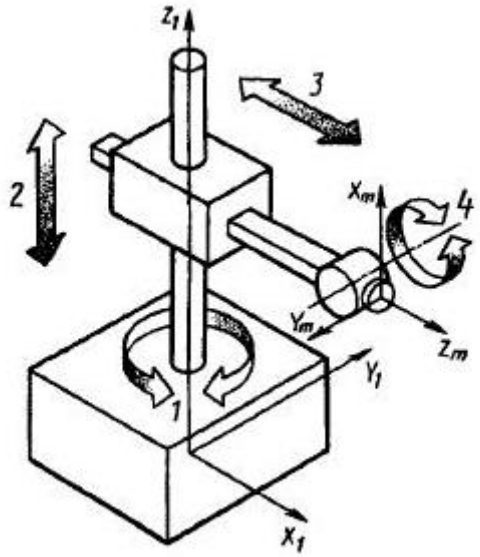

Рис. 2. Робот, работающий в цилиндрической системе координат

Благодаря удобству конструктивного построения и программирования, такая конфигурация манипулятора получила широкое распространение. Она обеспечивает обслуживание большого объема рабочего пространства, а наличие двух переносных поступательных перемещений наряду с вращательным облегчает планировку и компоновку рабочих мест и оборудования, создание робототехнических комплексов. К недостатку следует отнести затруднительность обслуживания объектов, расположенных на малой высоте.

3. Промышленный робот, действующий в ***сферической, или полярной***, системе координат (рис. 3), имеет две вращательные взаимно перпендикулярные и поступательную степени подвижности. Такой тип робота состоит из вращающейся колонны, или основания, поворотной (качающейся) каретки и перемещающейся в ней поступательно "руки". Форма образующейся рабочей зоны представляет собой неполный шар, ограниченный сферическими и плоскими поверхностями.

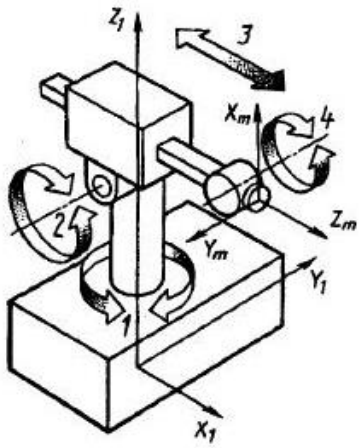

Рис. 3. Робот, работающий в полярной системе координат

Такая конфигурация манипулятора несколько громоздка и требует для своего управления более сложную систему. Однако благодаря высокой универсальности, возможности обслуживания большего объема рабочего пространства, чем манипуляторы, работающие в прямоугольной и цилиндрической системах координат, такие промышленные роботы получили широкое распространение.

4. Промышленный робот, действующий ***в угловой, или ангулярной***, сферической системе координат (рис. 4), имеет три вращательных базовых степени подвижности. Такая конфигурация манипулятора, называемая еще ***сложной сферической***, или ***антропоморфной***, состоит из звеньев, способных поворачиваться подобно руке человека: к вращающемуся "туловищу" в виде корпуса, или колонны, шарнирно прикрепляется "плечо", к которому, в свою очередь, - "локоть". Форма образующейся рабочей зоны представляет собой сложную шаровую поверхность, ограниченную сферическими и цилиндрическими плоскостями.

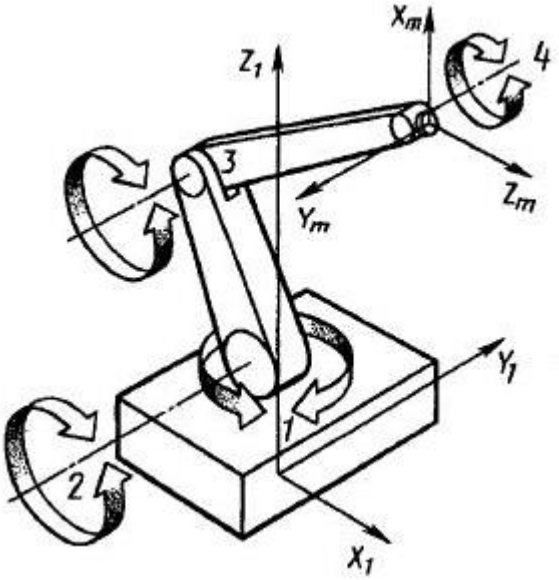

Рис. 4. Робот с шарнирной (антропоморфной) рукой

Антропоморфная система довольно сложна и громоздка для реализации и программирования, требует для своего управления более сложные

устройства, а в связи с пониженной жесткостью нужны специальные меры для повышения точности манипулирования. В то же время она отличается высокой универсальностью, а обладая наибольшим объемом обслуживаемой рабочей зоны, хорошо компонуется в цехе, позволяет минимизировать размеры производственных площадей, необходимых для размещения роботов. При оснащении дополнительными шарнирами она приобретает повышенные гибкость и маневренность, что особенно важно для окрасочных и сварочных работ.

5. Промышленный робот, действующий ***в ангулярной цилиндрической***, или сложной цилиндрической (рис. 5), системе координат, имеет две вращательные в горизонтальной плоскости степени подвижности и перпендикулярную в ним - поступательную, т.е. направленную вертикально. Манипулятор такого робота состоит из вращающейся колонны, или корпуса, присоединенного к нему и поворачивающегося в той же горизонтальной плоскости звена, на конце которого в направляющей перемещается вертикально "рука".

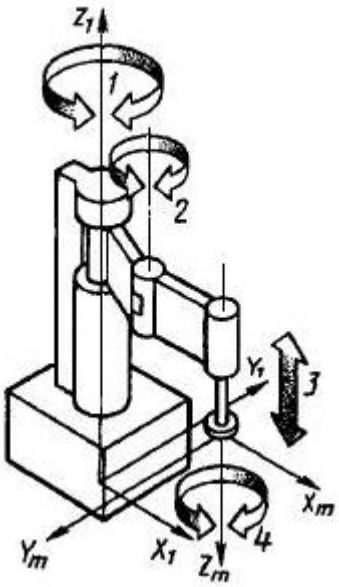

Рис. 5. Робот, действующий в ангулярной цилиндрической, или сложной цилиндрической, системе координат

По уровню вводимой информации и способу обучения промышленные роботы можно разделить на **четыре** основные категории. При этом каждой категории роботов присущ определенный уровень вводимой извне информации, необходимой и достаточной для полноценного функционирования в заданных технологических условиях, а также органически связанный с этим способом его обучения (или программирования). По тому, какую информацию достаточно получить роботу для выполнения заданной работы и как при этом "обучить" его новым операциям, можно судить о его технологических возможностях и степени автономности.

1. Неперепрограммируемые (необучаемые) промышленные роботы с жестким циклом операций снабжены заранее подготовленной достаточно простой программой, повторяющей одну и ту же заданную последовательность опе-

раций независимо от изменяющихся условий и не поддающейся изменению простыми средствами.

Состав и последовательность действий робота задаются априорно для каждой технологической операции в соответствии с предварительной информацией об организации производственного процесса. Внесение корректив в первоначальную последовательность действий, обусловленных происшедшими изменениями в организации технологического процесса, требует длительного времени и чрезмерных материальных и трудовых затрат, а потому нецелесообразно.

2. Жестко программируемые (переобучаемые) промышленные роботы с изменяемым циклом операций содержат полный набор информации, не изменяющийся в процессе самой работы, но поддающийся корректировке путем "переобучения" при изменении (переналадке) технологического процесса. Для этого предусматриваются специальные средства и методы (замена либо изменение программы), позволяющие легко и быстро изменять состав и последовательность действий робота при изменении внешних условий, а также при переходе от одной технологической операции на иную. Набор программ, записанных в устройство управления, позволяет легко настраивать робот на изготовление требуемого изделия.

И все же это промышленные роботы ***первого*** поколения, не имеющие сенсорного обеспечения и не способные корректировать свои действия в самом процессе функционирования в зависимости от изменяющихся условий.

3. Перепрограммируемые (обучаемые) промышленные роботы с изменяемым циклом операций наряду с полным набором программной информации имеют сенсорное обеспечение и обратные связи. Благодаря этому становится возможным корректировать программные действия соответственно изменению параметров технологического процесса.

Алгоритмическое и программное обеспечение таких промышленных роботов позволяет системе управления на основе сигналов обратных связей формировать законы управления манипулятором с учетом фактической обстановки, т.е. *обучаться* в процессе взаимодействия с объектами производства (*адаптироваться*) к изменяющимся условиям.

"Начальное" обучение таких роботов осуществляется обычно по первому рабочему циклу, для чего перед началом работы человек-оператор в режиме обучения вручную проводит захватное устройство робота по рабочей траектории. При этом в запоминающее устройство системы управления роботом автоматически записываются координаты узловых точек рабочей траектории, а также некоторая информация о состоянии робототехнической системы в процессе выполнения технологической операции. Затем система управления роботом переводится в рабочий режим, а записанная в память информация, преобразованная в командные сигналы, подается на приводы исполнительной системы, и манипулятор выполняет заданные состав и последовательность действий. Такие промышленные роботы обычно относятся ко *второму* поколению.

4. ***Гибкопрограммируемые (самообучаемые) промышленные роботы с элементами искусственного интеллекта*** кроме развитой сенсорной системы в виде искусственных органов зрения, слуха, осязания и других, должны обладать мощной информационно-управляющей системой и совершенным алгоритмическим и программным обеспечением. В результате эти роботы способны распознавать образы и ситуации, моделировать окружающую среду, планировать поведение и, *самообучаясь* в процессе функционирования, формировать состав и последовательность своих действий на основе поставленной цели и информации об окружающей среде в условиях неорганизованного рабочего пространства.

Это роботы ***третьего*** поколения, которые найдут применение в самых сложных технологических процессах сборки, монтажа, контрольно-измерительных и специальных технологиях.

Другие устройства робототехники

Наряду с роботами в робототехнику входит ряд близких роботам технических устройств. Это:

- ***автоматические транспортные средства*** - робокары и управляемые тележки;
- ***неавтоматические манипуляторы***.

Одним из типов последних являются ***сбалансированные манипуляторы*** с ручным управлением (рис. 6), которые широко применяются на погрузочно-разгрузочных операциях. В большинстве случаев они имеют угловую систему координат, т.е. шарнирную кинематику. В сбалансированных манипуляторах осуществляется автоматическое уравновешивание (балансировка) груза аналогично тому, как это часто делается и в манипуляторах роботов.

Сбалансированные манипуляторы проще и дешевле роботов, их легче внедрять. Хотя они не высвобождают рабочих подобно роботам, но позволяют ликвидировать тяжелый ручной труд. Применение сбалансированных манипуляторов оправдано там, где по каким-то причинам невозможно или затруднительно использовать роботы.

Грузоподъемность выпускаемых сбалансированных манипуляторов до 2500 кг. Наиболее тяжелые – грузоподъемностью свыше 250 кг – имеют гидравлический привод. При грузоподъемности 100-250 кг используют электропривод, при меньшей грузоподъемности (до 150 кг) сбалансированные манипуляторы снабжают обычно пневматическими приводами

Более совершенными манипуляторами, управляемыми человеком-оператором являются ***копирующие манипуляторы*** (рис.6). Управление копирующим манипулятором осуществляется с помощью кинематически подобного ему задающего манипулятора, у которого вместо рабочего органа находится рукоятка. Оператор своей рукой перемещает эту рукоятку, а копирующий манипулятор при этом повторяет, копирует движенья всех звеньев задающего манипулятора.

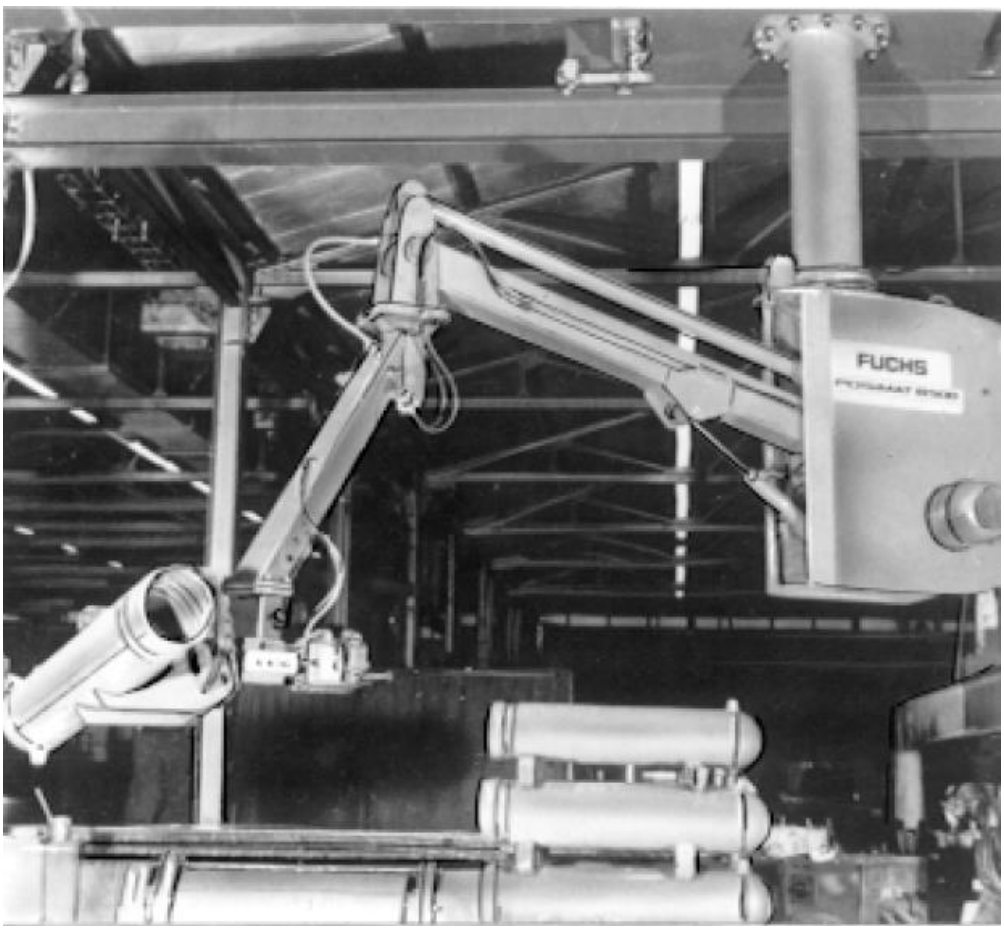

Рис. 6. Гидравлический сбалансированный манипулятор

.

Рис. 5. Копирующий манипулятор Маскот фирмы «Телеробот» (Италия).

Конструктивное исполнение манипуляторов

Рассмотрим некоторые конструктивные схемы основных узлов манипуляторов - "рук", кареток, колонн и платформ, неподвижных и перемещающихся оснований. Охватить огромное разнообразие конструкций узлов, созданных за последние десятилетия и продолжающих интенсивно совершенствоваться, невозможно в кратком изложении, а поэтому ограничимся ознакомлением лишь с некоторыми наиболее распространенными техническими решениями. Более подробные сведения могут быть почерпнуты из специальной литературы.

Библиография

1. Источник http://www.bibliotekar.ru/7-robot/8.htm.
2. ГОСТ 30097-93. Роботы промышленные. Системы координат и направления движений
3. Юревич. Основы робототехники.