

ДАТЧИКИ СИСТЕМ ОЧУВСТВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Аблаева А.Е.

Научный руководитель — д.т.н., профессор Слепцов В.В.

***Московский государственный университет
приборостроения и информатики***

Функциональные возможности промышленных роботов (ПР), их динамическая точность, надежность и быстродействие в значительной мере определяются видом и составом информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС), в состав которой, в зависимости от характера решаемых задач и функциональных особенностей, могут входить различные наборы датчиков, т.е. образуется так называемая система осязания промышленных роботов.

Существует классификация систем осязания ПР, согласно которой средства осязания делятся на бесконтактные, которые в свою очередь подразделяются на системы технического зрения и локационные системы осязания, и контактные, имеющие деление на системы силомоментного и тактильного осязания.

Роботы, оборудованные системами технического зрения (СТЗ) применяются в промышленном производстве на операциях контроля и сортировки различных деталей, сборки и комплектации узлов, разбора деталей, поступающих в навал, для измерения координат движущихся деталей, подлежащих захватыванию, на операциях контроля качества покрытия и других операциях.

Наиболее часто используемыми приемниками и первичными преобразователями видеоинформации в СТЗ являются ПЗС-матрицы, т.к. они по таким параметрам как интегральная чувствительность, минимальный размер чувствительного элемента и разброс частоты считывания имеют заметное преимущество перед фоторезистивными, фотодиодными и фототранзисторными многоэлементными фотоприемниками излучения. Преимущества (по сравнению с применявшимися в недалеком прошлом телевизионными камерами промышленного телевидения на основе вакуумных трубок типа видикон, диссекторами, ПЗС – камерами): отсутствие инерционности, низкий уровень выходных шумов, высокая линейность фотоэлектрического преобразования, малые размеры и масса прибора, низкое напряжение и малая потребляемая мощность, высокая устойчивость к механическим, акустическим и электромагнитным воздействиям, более высокая надежность и долговечность.

Основной недостаток : потеря носителей заряда при переносе и, в связи с этим, искажение изображений — геометрический шум.

Серийное производство: Loral Fairchild, SONY, Panasonic, Samsung, Philips, Canon и др.

По отношению размеров областей хранения и накопления матрицы делятся на 2 типа: матрицы с кадровым переносом для прогрессивной развертки; матрицы с кадровым переносом для чересстрочной развертки.

Видеодатчик в СТЗ может быть закреплен на захвате робота (в измерительных роботах), а может находиться в фиксированном положении; аппаратная часть и ПО имеют особо тесную связь.

ЛОКАЦИОННЫЕ системы осязания (с активным или пассивным методом обнаружения). Используют для измерения, когда применение СТЗ нецелесообразно или невозможно. Применяют в качестве датчиков безопасности для предотвращения столкновения подвижных частей манипулятора с предметами, позволяет обеспечить измерение таких параметров, как расстояние до объектов, скорость движения, их раз-

меры, обнаружение препятствий, а также исследование механических, электрофизических, акустических и других параметров объектов. В качестве дополнительных параметров измерения могут выступать зазоры, перекосы, твердость, толщина материала или покрытия, проскальзывание, наличие внутренних дефектов и многие другие.

Измерительная информация локационных систем получается и преобразуется на основе ряда физических методов преобразования: акустических, магнитных, оптических, радиационных, радиоволновых, тепловых, электрических, электромагнитных, пневматических.

С помощью акустических датчиков могут быть обнаружены внутренние дефекты изделий, измерены их толщина и акустические характеристики материала. Позволяют сравнительно простым программным путем в режиме «реального времени» получить интегральную оценку формы поверхности, провести классификацию объектов.

Погрешность измерений: линейная до 2 % на расстоянии до 200 см; угловая до $\pm 17^\circ$; чувствительность (удаленность объекта), см: 20- 1000; обнаруживаемые и измеряемые объекты: из любых материалов.

Преимущества: возможность использования при работе в газовой среде, и в условиях, затрудняющих или исключающих применение оптических средств (сильно задымленный воздух, наличие пара, оптических помех от электросварки и т. п.), долговечность.

Недостатки: ограничена способность обнаружения малых тел, низкая точность по сравнению с датчиками других типов.

Оптические локационные датчики основаны на эффектах взаимодействия света с поверхностью объекта (отражение, поглощение, рассеяние и т. д.) и предназначены для обнаружения объектов в рабочей зоне адаптивного робота и определения таких параметров, как координаты объекта, его герметические размеры, цвет, структура поверхности и др.

Погрешность измерений: $\pm 2,0$ мм на расстоянии до 200 см; чувствительность (удаленность объекта), см: до 200 и более; обнаруживаемые и измеряемые объекты: непрозрачные.

Преимущества: На точность измерения не влияет размер и скорость перемещения объекта;

Недостатки: Работоспособность зависит от освещенности, запыленности и других факторов среды. Низкий срок службы и прочность источников света и светоприемников.

Электромагнитные преобразователи применяют для измерения следующих величин: расстояний до металлического объекта, угловых перемещений металлического объекта или его узлов, толщины покрытий или объекта, вибраций (смещений, скорости, ускорений) металлических объектов, механических напряжений в металлическом объекте, а также для обнаружения металлических объектов, нарушений сплошности их материала и структуры материала.

Наиболее перспективно применение электромагнитных преобразователей для определения деталей или однотипных узлов из стали той или иной марки, особенно в условиях массового производства и на сборочных операциях.

Погрешность измерений: $\pm(0,01-8,0)$ мм; чувствительность (удаленность объекта), см: ≤ 12 ;

Обнаруживаемые и измеряемые объекты: металлические.

Преимущества: хорошее быстродействие, высокая чувствительность, статическая точность, надежно работают при воздействии мешающих факторов — повышен-

ной температуре, интенсивном световом излучении, загрязненности воздуха и поверхности свариваемых изделий, прочность, малые размеры.

Недостатки: точность зависит от размера, свойств объекта и скорости его перемещения. Взаимодействуют только с металлическими объектами.

Локационные радиационные датчики для измерения расстояний делят на две группы: 1) устройства, основанные на измерении интенсивности пучка прямого излучения; 2) устройства, основанные на измерении интенсивности рассеянного излучения.

В устройствах I группы источник излучения связан с объектом, расстояние до которого измеряется, а детектор находится в месте измерения. При постоянстве характеристик среды между источником излучения и детектором, показания детектора зависят только от расстояния. При малых измеряемых расстояниях точность измерения невелика из-за влияния неучитываемых геометрических факторов.

Недостатки метода: большие размеры и масса аппаратуры вследствие необходимости вводить биологическую и антифоновую защиту; необходимость установки источника излучения на объект, скорость которого измеряется; нелинейность показаний детектора, требующая математической обработки результатов измерений.

С помощью устройств II группы измеряют характеристики рассеянного излучения.

В этом случае детектор и источник расположены рядом с одной стороны объекта.

Недостатки метода: сильная нелинейность измерительной характеристики, влияние формы объекта на результаты измерения, невозпроизводимость результатов для объектов, размеры которых меньше размеров сечения пучка излучения.

Пневматические (струйные) системы очувствления используются для анализа как внешней, так и внутренней информации промышленных роботов. Измеряются такие физические параметры, как линейное и угловое перемещения, расстояние (линейные размеры и наличие деталей), скорость, ускорение, усилие, температура, давление.

Погрешность измерений: $\pm 0,01$ мм; чувствительность (удаленность объекта), см: ≤ 1 ;

Обнаруживаемые и измеряемые объекты: из любых материалов.

Преимущества: высокая точность по сравнению с другими бесконтактными датчиками, малые размеры и масса, повышенная надежность, простота конструкции и технологии изготовления, работа без искажений в средах с повышенным уровнем электромагнитных и иных помех (например, сварка и др.), возможность нормально функционировать во взрывоопасных и с повышенной радиацией зонах, а также в условиях повышенных вибраций, при ударных нагрузках и в других экстремальных условиях.

Недостатки: малая дальность действия, завышают показания при движении объекта, ограниченные функциональные возможности - невозможность обеспечения технического зрения, распознавания формы, цвета объемных деталей и т. п., недостаточное в ряде случаев быстроедействие (ограничивается скоростью звука в данной среде, для воздуха — 330 м/с).

СИЛОМОМЕНТНЫЕ системы очувствления состоят из датчика (размещается в губках захвата или между последним звеном и захватом манипулятора) и устройства предварительной обработки информации, что обеспечивает измерение в общем случае трех проекций вектора силы и трех проекций вектора моментов, возникающих при взаимодействии захвата или инструмента робота с обрабатываемой деталью.

Преимущества: высокая надежность, точность, большой ресурс, малая масса, небольшие габаритные размеры, большая жесткость, что необходимо для обеспечения высокой собственной резонансной частоты и снижения влияния упругих деформаций датчика на точность позиционирования захвата; минимальный уровень перекрестных

связей между каналами измерения различных компонент вектора сил и моментов; высокая линейность и малый гистерезис.

Датчики ТАКТИЛЬНОГО осязания предназначены для определения координат точки касания захвата с объектом манипулирования (объектом) и измерения контактного давления. Позволяют зарегистрировать факт наличия касания рабочего инструмента робота с объектом, обеспечивают определение направления и скорости относительного скольжения объекта по поверхности захвата, а также измерение силы его сжатия. Размещаются на внутренних и внешних поверхностях захвата или инструмента.

По характеру измеряемых параметров взаимодействия захвата с объектом манипулирования тактильные датчики можно разделить на три группы: датчики касания, датчики контактного давления, датчики проскальзывания.

Датчики касания и давления предназначены для измерения одной и той же физической величины — действующей силы. Различие заключается в том, что первые из них имеют порог срабатывания и являются по существу релейными датчиками сил, настроенными на заданное значение измеряемого параметра. Матрицы датчиков давления и датчиков касания устанавливаются на внутренней поверхности пальцев захвата. Регистрация прикосновения или измерения давления в местах контакта пальцев захвата с поверхностью объекта обеспечивает возможность его опознавания, определения ориентации относительно захвата, силы сжатия захвата и фиксации проскальзывания объекта относительно пальцев.

Специальные требования: тактильные датчики должны иметь высокую надежность, прочность, износостойкость, пыле- и влагозащищенность, обеспечивать высокую стойкость к механическим и температурным перегрузкам.

Датчики проскальзывания предмета в захвате необходимы для определения уровня, когда объект надежно зажат и, в то же время, сила сжатия недостаточна для его разрушения.

Известны три способа определения смещения объекта относительно губок захвата: измерение вибраций, возникающих при проскальзывании; преобразование линейного перемещения объекта во вращательное движение импульсного датчика угла поворота; определение градиента изменения давления между губками захвата.

Наиболее перспективны датчики, в которых совмещаются различные виды осязания: локация, касания, проскальзывания и т. п. — в единой конструкции, что обусловлено рядом факторов: отсутствием места на захвате адаптивного робота для размещения нескольких тактильных датчиков, реализующих только одну функцию; целесообразностью сокращения номенклатуры датчиков, устанавливаемых на робот; упрощением алгоритма управления движением захвата (как результат).

На примере промышленного робота дуговой сварки можно проанализировать выбор того или иного датчика в конкретных условиях.

Существенное отличие сварочных роботов — необходимость обеспечения перемещения их рабочего органа (горелки) по линии сварного шва с заданной пространственной точностью и скоростью (движения). Для большинства объектов, свариваемых в инертной среде, отклонение электрода от линии шва допускается в пределах 0,5 - 1,0 мм, а погрешность по скорости не должна превышать 5 % в диапазоне скорости сварки 2 - 20 мм/с. При этом необходимо учитывать, что помимо движения непосредственно при сварке, система управления и привод манипулятора должны обеспечивать быстрые (без сварки) перемещения рабочего органа. Столь противоречивые требования к характеристикам манипулятора ПР обуславливают необходимость всесторонней проработки параметров используемых датчиков и исполнительных механизмов.

Другой особенностью роботизированной дуговой сварки является требование управления сварочным током, скоростью подачи электрода, напряжением дуги и скоростью сварки в зависимости от толщины свариваемых элементов, пространственного положения шва, зазора между свариваемыми элементами, и других особенностей объектов сварки.

Принцип измерения положения свариваемого соединения и конструкцию датчиков выбирают исходя из совокупности следующих факторов: типа сварного соединения; размеров свободного пространства в зоне сварки; материала изделия; характера поверхности и кромок, подготовленных под сварку; особенностей технологического процесса изготовления изделия, экономических факторов и других. Применимы электромагнитные датчики, т.к. такие датчики просты, имеют малые габариты и могут использоваться при сварке изделий из магнитных и немагнитных материалов. Вместе с тем на выходной сигнал электромагнитных датчиков в условиях сварки могут оказывать влияние целый ряд возмущающих факторов, которые должны быть скомпенсированы специальными измерительными схемами.

Погрешности при изготовлении деталей и сборке узла, ошибки при позиционировании руки робота приводят к неправильной укладке сварного шва. Поэтому для позиционирования сварочной головки по линии стыка деталей и обеспечения постоянного расстояния от горелки до изделия применяют различные датчики положения сварочного инструмента (контактные и бесконтактные).

Методика дистанционных измерений в сочетании с соответствующим программным обеспечением дает наибольшую универсальность измерительных средств. Поэтому наиболее перспективными являются видеосенсоры и способы измерения, основанные на использовании сварочной дуги. В ряде частных задач успешно могут применяться и более простые средства измерений, основанные на применении электромагнитных, электромеханических и пневматических методов измерения.

Выбор датчика ПР, для обеспечения его наилучшей адаптации к изменяющимся условиям внешней среды, основан на многих факторах. Вот некоторые из них: возможность корректной совместной работы системы очувствления и ИИУС, что оказывает непосредственное влияние на надежность, быстродействие и точность промышленного робота; наличие программного обеспечения для обработки информации, поступающей с датчиков; количество и качество априорной информации, в том числе о возмущающих факторах; цена и доступность выбираемых датчиков.