

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ КОЛЕСНОГО РОБОТА В ТРУБОПРОВОДАХ

Студент группы 10309120 Морозова Е. М.

Студент группы 10309120 Силкина Д. М.

Научный руководитель – Старший преподаватель Козлов Ю. В.

Белорусский Национальный Технический Университет

Минск, Беларусь

Введение

«Трубопровод» у пользователей чаще всего ассоциируется с проводкой водоснабжения и бытового газа, которые встречаются в условиях привычных городов и поселений. Обычному человеку трудно представить, что основная масса трубопроводов имеет гигантские диаметры. Такими трубопроводами пронизана практически вся территория нашей страны. Это магистральные трубопроводы, по которым, как по артериям, поставляется в промышленных объемах газ и нефть. О них не так много знают, так как эти трубопроводы в целях безопасного использования скрыты от глаз под землей, реками, горными системами.

Благодаря этим трубопроводам продукция нефтегазовой отрасли транспортируется к потребителям между странами, континентами. Диаметр труб может достигать 1422 мм, а в длину может превышать тысячи километров. Транспортировка продуктов нефти и газа происходит безостановочно, поэтому первоочередную роль имеет надежность и безопасность конструкции трубопровода. Эффективная работа нефтегазовой отрасли – основа развития экономики стран и благополучной жизни населения. Нефть и газ обеспечивают большую часть мировой потребности в энергетических ресурсах. И хотя тенденция говорит о постепенном смещении их доли в пользу экологичных видов топлива – но в реальности нефть обеспечивает до 34% мирового производства энергии, а газ - 21%.

Первые робототехнические комплексы для выполнения трубопроводной диагностики стали производиться в России в 2005 году, а их способность перемещаться как по ровным трубам, так и кривообразным вызвала бурную реакцию на рынке. Новые открывшиеся возможности позволили «идущим в ногу со временем» предприятиям выявлять в своих трубопроводах различные дефекты сварных швов и запорной арматуры до того, как это могло стать серьезной проблемой.

Следующим этапом в развитии манипуляторов стало появление на рынке сварочного робота, профессиональные возможности которого, например, помогли успешно провести работы на водно-графитовом реакторе канального типа Билибинской АЭС. Далее был создан уже полнофункциональный комплекс, умеющий проводить восстановительный ремонт телескопических соединений трактов технологических каналов реакторов большой мощности — ему удалось провести успешную модернизацию энергоблоков на Ленинградской АЭС.

Гусеничный робот с электромагнитным-акустическим методом работы успел успешно проявить себя и в США — его функциональные возможности позволили провести подземное исследование трубопроводов высокого давления с локтевыми сгибами на АЭС Соопег в штате Небраска, диагностику газо- и нефтепроводов в Калифорнии и Аляске, а также проверку безопасности систем газоснабжения в Нью-Йорке в районе Манхэттена.

Разветвлённая система обеспечения потребителей природным газом для его применения в хозяйстве и бытовых нужд на территории Беларуси. Состоит из магистральных газопроводов, газопроводов в одноконтурном исчислении, газопроводов-отводов и распределительных сетей низкого давления, а также рядом газораспределительных станций и газохранилищ. По состоянию на конец 2017 года протяжённость магистральных газопроводов на территории Республики Беларусь составляет 7901 км. х. Из общего числа отказов трубопроводов примерно 23 % отказов приходится на долю дефектов

геометрии типа овализации, образований вмятин, гофр и других дефектов приводящих к изменению проходного сечения трубопроводов.

Одним из путей обеспечения эксплуатационной надежности трубопроводов является внедрение многоуровневой интегрированной системы обследования технического состояния, диагностирования и мониторинга, предусматривающей определение параметров дефектов и особенностей трубопровода: дефектов геометрии и особенностей трубопровода (вмятин, гофр, овальностей поперечного сечения, сужений, выступающих внутрь трубы посторонних предметов и элементов арматуры трубопровода), ведущих к уменьшению его проходного сечения; дефектов типа потери металла, уменьшающих толщину стенки трубопровода (коррозионных язв, царапин, вырывов металла и т.п.), а также расслоений, включений в стенке трубы; поперечных трещин в кольцевых сварных швах; продольных трещин в теле трубы и продольных сварных швах.

Для технического диагностирования региональных газопроводов и газопроводов-отводов высокого давления применяют внутритрубную дефектоскопию (ВТД), наземные методы обследования, обследования с применением летательных аппаратов, мобильных роботов и другие способы и методы контроля.

При диагностике действующих газопроводов, водопроводов, очистных и дренажных магистралей, систем ливневой канализации применяются системы магнитной интроскопии, видеодиагностики и телеинспекции трубопроводов, в т.ч. перемещающиеся мобильными роботами. Робототехнические системы видеодиагностики и телеинспекции (видеоинспекция, теледиагностика) трубопроводных сетей позволяют обнаружить небольшие трещины, течи, деформацию, засоры и посторонние предметы, причину снижения пропускной способности, определить точное местоположение и характер дефекта, определить состояние трубопровода вокруг дефекта для принятия решения о локальном ремонте, санации трубы или о замене участка трубопровода. В результате, поиск и ликвидацию утечек трубопровода можно осуществлять

без раскопки траншей большой протяженности с локальной раскопкой в установленном месте, или применением бестраншейных технологий.

Создание мобильных роботов для технической диагностики состояния, неразрушающего контроля и ремонтно-восстановительных работ внутри трубопроводных систем - одно из направлений развития современной робототехники и мехатроники. Для решения проблем обеспечения надежности газопроводов необходимо создание многоцелевой робототехнической системы, которая должна: перемещаться по трубам различного внутреннего диаметра с возможностью преодоления 90-градусных отводов, тройников, крестовин, разветвителей и соединительных муфт; обеспечивать проведение ремонтно-восстановительных работ; оснащаться сенсорами, обнаруживающим дефекты, причем наличие этого сенсора не должно мешать роботу перемещаться по трубам; оборудоваться средствами регистрации пройденного расстояния, определения собственного положения и записи этих данных вместе с информацией о дефектах; допускать возможность введения его в трубопровод и извлечение наружу в одной и той же точке трубы, чтобы избежать необходимости раскопок грунта в нескольких местах. Одним из путей обеспечения требуемого качества выполнения операций внутритрубной диагностики и ремонта трубопроводов региональных газопроводов и газопроводов-отводов среднего и высокого давления в подобных условиях является применение адаптивных МБР.

Цель создания устройства: создание системы управления перемещением колесного робота в трубопроводах.

Задачи, решение которых предусматривается в ходе разработки устройства:

1. Изучить принцип движения колесного робота в трубопроводах.
2. Провести обзор существующих аналогов.
3. Разработать структурную схему.
4. Разработать схему электрических соединений.
5. Разработать алгоритм работы.

Обзор литературных источников

Подвижные МР, по принципу передвижения внутри трубопроводов разделяются на устройства с механическим двигателем и с подачей избыточного давления:

- а) в потоке продукта;
- б) колесный;
- в) гусеничный;
- г) стено-нажимной;
- д) шагающий;
- е) ползущий;
- ж) винтообразный.

Тип «в потоке продукта» - один из самых известных коммерческих типов. Является пассивным роботом, т.к. не имеет приводов движения. Он использует давление, создаваемое жидкостью или газом внутри трубопровода, т.е. рабочее тело (т.е. жидкость или газ) как бы проталкивают его вперед. Обычно такие роботы используются для инспекции больших трубопроводов.

Колесный тип - это самый распространенный тип мобильных роботов автомобильной конструкции.

Гусеничный тип - является аналогом колесного робота с использованием в качестве двигателя гусеницы.

Роботы стено-нажимного типа - роботы, имеющие возможность подниматься по вертикальным трубопроводам, что является его большим преимуществом. Роботы такого типа имеют «упругий» механизм, который позволяет им держаться на стенках трубопровода за счет давления, создаваемого этим механизмом, т.е. робот как бы разжимается внутри трубы, обеспечивая надежное сцепление с ее стенками.

Шагающий тип - роботы *шагающего типа* - конструкции с разным числом конечностей - от многоногих шагающих аппаратов, напоминающих сороконожку, до роботов с 8, 6, 5, 4, 3 и 2 конечностями.

Роботы *ползущего типа* перемещаются, осуществляя периодические изменения формы корпуса. Подобная конструкция многозвенного змееподобного робота предложена в ЦНИИ робототехники и технической кибернетики (Санкт-Петербург).

Винтообразный тип - перемещение этого робота напоминает движение закручивающегося винта. Робот как бы вкручивается (ввинчивается) в трубопровод .

Выбор программного обеспечения для разработки

В качестве программного средства, необходимого для построения схем системы управления перемещением колесного робота для трубопроводов была выбрана программа AutoCAD.

AutoCAD является одной из самых популярных и мощных программ, разработанной компанией Autodesk, для создания и редактирования 2D и 3D чертежей и проектов. Программа широко используется в различных отраслях, таких как архитектура, инженерный дизайн, производство, электроника и многих других. AutoCAD обладает удобным и гибким пользовательским интерфейсом, который позволяет пользователю создавать сложные чертежи с высокой точностью.

Полезные функции AutoCAD для создания чертежей:

Работа с размерами и координатами: AutoCAD предоставляет возможность работать с абсолютными и относительными координатами, а также с углами и полярными координатами, что сильно упрощает разработку чертежей.

Разработка структурной схемы устройства управления

Составим структурную схему системы управления перемещением колесного робота в трубопроводах. Структурная схема мобильных роботов (МБР) состоит из четырех основных частей: «механическое устройство

(двигатель)», «блок приводов», «устройство компьютерного управления», «информационное устройство».

«Механическое устройство (двигатель)» конечным звеном которого является рабочий орган - колесный модуль (КМ) или другой вид устройства передвижения.

«Блок приводов» включающий в себя силовые преобразователи и исполнительные двигатели.

«Устройство компьютерного управления» на вход которого поступают команды человека-оператора, либо ЭВМ верхнего уровня управления.

«Информационное устройство», предназначенное для получения и передачи в устройство компьютерного управления данных о реальном движении МР и о фактическом состоянии его подсистем.

Выбор компонентов для устройства управления

Из структурной схемы видно, что система управления перемещением колесного робота в трубопроводах состоит из следующих компонентов:

- 1) Механическое устройство;
- 2) Блок приводов;
- 3) Устройство компьютерного управления;
- 4) Информационное устройство.

Механическое устройство

За вращение колес будут отвечать мотор-редукторы.

Из данных мотор-редукторов выбираем JGA25-371 из-за низкой стоимости при схожих характеристиках.

Драйвер двигателя DRV8833 1,5A DC .

Преимущества DRV8833: Встроена защита от перегрузки, перегрева, короткого замыкания. Есть спящий режим с низким потреблением.

Блок приводов

В качестве стабилизирующего источника питания можно использовать один из следующих линейных стабилизаторов.

Из данных линейного стабилизатора AMS1117-5 рассеиваемая мощность определяется разницей напряжений на входе и выходе и выходным током. Гарантированное максимальное значение рассеиваемой мощности не будет доступно для всех входов и выходов. Стабилизация по сети и по нагрузке измеряется при постоянной температуре кристалла с помощью тестовых импульсов с небольшим коэффициентом заполнения. Стабилизация по нагрузке измеряется на расстоянии $\sim 1/8$ дюйма от места пайки вывода корпуса.

Устройство компьютерного управления

В качестве компонента блока «Устройство компьютерного управления» можно использовать один из следующих микроконтроллеров.

Из данных микроконтроллеров выбираем ATmega328 из-за низкой стоимости. А также скорости, они способны работать на частоте 20 МГц.

Информационное устройство

1080P HD TVI канализационного стока трубы пуш-ап камера инспекции.

Датчик камеры: Sony 1080P, 1920 * 1080 пикселей.

Из данных камер для трубопроводов выбираем SONY1080 HD TVI из-за длины кабеля и поля обзора.

Для обнаружения препятствий используем датчик расстояния.

Из данных датчиков расстояния выбираем VL53L1X из-за максимального расстояния и поля зрения.

Разработка схемы электрических соединений устройства управления

Рассмотрим микроконтроллер Atmega328. К устройству компьютерного управления микроконтроллеру Atmega328 подключены к разъемам PB6 и PB7 конденсаторы C2, C3 на 22 мкФ и кварцевый резонатор ZQ1 на 16 МГц для стабилизации напряжения. К разъемам 2,3 подключен XS1 с напряжением +10V. На разъем 1 подан резистор R1 и S1. К разъемам 27,28 подключаем разъем датчика расстояния VL53L1X с напряжением +5В. К выводам PB5, PB4, PB3, PB2 микроконтроллера подключаем первый микроконтроллер

сопряжения DRV8833. А к разъемам PD5, PD6 подключаем второй микроконтроллер сопряжения DRV8833. Для стабилизации напряжения устанавливаем в двух микроконтроллерах между вывода 11 и GND конденсаторы C4 и C6 на 10мкФ каждый. От этих микроконтроллеров идет подключение к трем мотор-редукторам JGA25-371.

Для стабильной работы устанавливаем линейный стабилизатор AMS1117-5(U1) на +5В.

Для стабильной работы стабилизатора напряжения AMS1117-5 (U1) между выводами VCC и GND установим конденсатор C6 и C7 на 150 мкФ и 10мкФ соответственно, а между выводами +5V и GND установим конденсатор C5 на 22мкФ.

Блок-схема алгоритма работы устройства управления

«Начало» - подаётся напряжение питания, и программа начинает свою работу.

«Ввод» - Происходит чтение расстояние между шарнирами, длину звеньев и определение режимов работы портов ввода-вывода микроконтроллера. Включается камера для определения дефектов трубопровода.

«Опрос датчиков углов α , β , γ » - определяет ширину трубы.

«Вывод 1» - происходит перемещение пружин.

«Опрос датчика силы» - деформируем колеса с помощью датчика силы.

«Вывод 2» -определяем силы и опору.

«Препятствие 1» - если достаточно угла наклона (-60°) - ($+60^\circ$), то переходим на вывод 3, иначе переходим на «препятствие 2».

«Вывод 3» - определяются силы реакции поверхности в точке контакта с движителем.

«Препятствие 2» - если недостаточно угла наклона (60°) - (180°), то переходим на «препятствие 3», иначе переходим на «вывод 4».

«Вывод 4» - определяются силы реакции поверхности в точке контакта с двигателем.

«Препятствие 3» - если недостаточно угла наклона (180°) - (300°), то возвращаемся на опрос датчиков углов α , β , γ , иначе переходим на «вывод 5».

«Вывод 5» - определяются силы реакции поверхности в точке контакта с двигателем.

«Вывод 6» - если движущая усилие привода системы достаточна, то переходим на «вывод 7».

«Вывод 7» - определяется коэффициент наклона касательной к участку характеристики трения.

«Вывод 8» - получаем изменение радиального размера робота перемещением.

«Препятствие» - если опрос датчиков получился больше, чем «вывод 8», то конец программы, иначе переходим на опрос датчиков углов α , β , γ .

«Конец» - остановка программы.

Заключение

Рассмотрен робот для перемещения в трубопроводах. Согласно разработанной структурой схеме были подобраны компоненты. Также была составлена блок-схема алгоритма работы устройства.