Уважаемая комиссия, добрый день, меня зовут Владимир Карандаев, я представляю Вашему вниманию дипломный проект на тему «Система управления шестиногим шагающим роботом».

В настоящее время практически во всех промышленно развитых странах интенсивно ведутся работы по созданию и исследованию шагающих роботов. Это вызвано тем, что шагающие машины, по сравнению с традиционными колёсными и гусеничными машинами, имеют ряд преимуществ при движении по поверхности со сложным рельефом, такими как пресечённая местность, завалы, а также внутри зданий и сооружений, где необходимо перемещаться по лестницам и узким коридорам и шахтам. Шагающая машина при движении использует для опоры лишь некоторые точки на поверхности в отличие от колесных и гусеничных машин, имеющих непрерывную колею. Так же шагающий аппарат имеет высокую маневренность в замкнутых помещениях. Однако указанные преимущества шагающей машины определяют её высокую сложность. Создание системы управления машиной – центральная проблема шагающего робота. Для реализации поставленной задачи был задан робот, представленный на слайде №1.

В данном дипломном проекте были поставлены следующие задачи, представленные на слайде №2:

1. Произвести энергетический расчет, рассчитать и подобрать двигатели для каждого звена ноги робота.
2. Произвести частотный синтез и коррекцию следящего привода трехзвенного манипулятора, чтобы обеспечить следующие условия:

* Длительность переходного процесса сек;
* Перерегулирование ;
* Ошибка вращения элемента ;

1. Решить обратную кинематическую задачу для трехзвенного манипулятора с 3-мя степенями свободы.
2. Реализовать прохождение кратчайшего пути по заданной карте местности с использованием волнового алгоритма.
3. Провести натурный эксперимент и определить ошибки в прохождении заданной траектории.
4. Разработать плату стабилизации напряжения.
5. Разработать технологический процесс сборки ноги робота.
6. Рассчитать затраты на проектирование и изготовление робота.
7. Проанализировать опасные и вредные факторы для человека при разработке системы управления роботом. Устранить наиболее опасный фактор.
8. Проанализировать влияние на окружающую среду технологического процесса сборки печатной платы для системы управления роботом. Устранить наиболее опасный фактор.

После выбора робота, был проведен энергетический расчет для одной ноги, чертеж которой представлен на слайде №3. Рассчитав все необходимые данные, был выбран подходящий двигатель постоянного тока TowerPro SG92R. Изображение этого двигателя и технические характеристики представлены на слайде №4.

На основании выбранного двигателя, в среде MATLAB была построена математическая модель привода. После проведения анализа нескорректированной системы выяснилось, что ошибка отработки системы составляет 5 градусов, что не удовлетворяет условиям ТЗ. Результат моделирования и график изменения ошибки представлены на слайде №5. Затем была проведена коррекция и моделирование скорректированной системы. Результат коррекции приведен на слайдах №6 и №7. В итоге при отработке системы ошибка составляет , перерегулирование 28,8%, время переходного процесса 0,06сек, что полностью удовлетворяет условиям ТЗ.

После синтезирования и проведения коррекции системы, было необходимо решить обратную кинематическую задачу, для управления моделью всей ноги робота. Для решения ОКЗ был выбран геометрический метод. Данный метод характеризуется решением в явном виде, высокой вычислительной скоростью, однозначностью и наглядностью. За начальное положение ноги примем вытянутое положение в горизонтальной плоскости, направленное из центра шестиугольника в котором находится базовая система координат (слайд №8). Для решения ОКЗ требуется определить положение конца манипулятора в декартовом пространстве. Определив положение конца манипулятора, найдем угол поворота плеча. Затем найдем два других угла через задачу на пересечение окружностей (слайд №8). Исходя из решения этой задачи, определим два оставшихся угла поворота.

Решив обратную кинематическую задачу геометрическим методом нам необходимо проверить ее правильность. Для проверки весь робот был смоделирован с помощью блоков Simmechanics в графической среде имитационного моделирования Simulink, встроенной в среду MATLAB. Для этого мы собираем структурную схему замкнутой системы с помощью блоков. Блок-схемы моделирования робота и отдельно ноги приведены на слайде №9. Для проверки ОКЗ необходимо задать координаты положения конца ноги, с помощью разработанного мной алгоритма рассчитываются углы поворота и они подаются на сервоприводы. Исходя из графика углов положений элементов ноги на слайде №10 видим, что система правильно отрабатывает заданные углы. Для наглядности, схема поворота ноги так же представлена на слайде №10. Теперь, смоделировав решение ОКЗ, нам достаточно задать координаты, куда необходимо поставить ногу и углы поворота частей ноги будут рассчитаны автоматически.

Движение шагающего робота можно организовать, используя при этом следующие виды походок:

* Статически устойчивые походки – походки, при которых центр масс системы всегда находится внутри многоугольника, образованного точками опоры системы;
* Статически неустойчивые походки (динамические походки) – походки, при которых не соблюдается правило устойчивости.

Имея шесть ног, перемещение в пространстве можно осуществлять с помощью нескольких вариантов волновых (периодических) походок, основным отличием которых является число ног в фазе опоры/переноса. Самой простой для понимания и реализации является походка «трешками», при которой в фазе опоры всегда находятся три ноги, а три другие в фазе переноса.

Блок – схема алгоритма программы управления движением всего робота представлена на слайде №11.

Для реализации поиска кратчайшего пути по заданной карте местности по техническому заданию был задан волновой алгоритмом Ли. Работа алгоритма включает в себя три этапа: инициализацию, распространение волны и восстановление пути. Блок-схема работы алгоритма представлена на слайде №12. На слайде №13 представлена визуализация работы волнового алгоритма Ли.

Алгоритм работает на дискретном рабочем поле (ДРП), представляющем собой ограниченную замкнутой линией фигуру, не обязательно прямоугольную, разбитую на прямоугольные ячейки, в частном случае — квадратные. На первом рисунке слайда заданы проходимые и не проходимые участки, а так же конец и начало пути. На втором рисунке из начала пути построена волна, распространяющаяся по всей карте из начала пути. На третьем рисунке построен последовательный маршрут, начиная из конечной точки, заканчивающийся в начале пути. В итоге, преобразовывая массив координат ячеек, по которым должен двигаться робот, получаем массив движений робота, каждое движение которого может иметь один из трех вариантов: движение вперед, поворот налево или поворот направо. Код программы представлен в приложении 4.

После реализации алгоритма поиска пути был проведен натурный эксперимент. Эксперимент включал в себя три части. Первая – проверка правильности решения ОКЗ и оценка точности перемещения. В ней был отмечен участок 1000 мм на ровной поверхности. Так же были отмечены углы +90° и -90°. После чего было проведено по 10 экспериментов. Во второй части – проверка правильности прохождения робота по заданным координатам. В ней было размечено поле 2200 мм на 2200мм с размером ячейки 220 мм на 220 мм. Робот прошел 4 траектории (0, 1, 2 и 3 поворотов) по 10 раз. В третьей части – использование нескольких вариантов питания: полностью заряженные батареи с напряжением 6В, заряженные с напряжением 5В и севшие с напряжением ниже 4,8В. Результаты экспериментов приведены в таблицах на слайде №14 и слайде №15. Увеличение погрешности с увеличением количества поворотов связано с тем, что изначально робот имеет ошибки при прохождении прямых и при поворотах, из-за чего не может попасть в изначально заданную ячейку карты.

После проведения натурного эксперимента стало понятно, что от заряда аккумулятора сильно зависит отработка траектории. Было принято решение разработать плату стабилизации напряжения. Проанализировав данные, получили следующие требования к плате стабилизации напряжения:

* Выходное напряжение 6В ± 5%;
* Диапазон входного напряжения питания 4В-7В;
* Максимальный потребляемый ток 1А (1 канал / 1 сервопривод);
* Диапазон рабочих температур от −20 до +40 °C;

Исходя из условий, больше всего по характеристикам подходит микросхема LM2596S-3.3. Упрощенная объемная модель платы стабилизации напряжения и номинальные значения и типы выбранных элементов, согласно техническим характеристикам микросхемы LM2596S-3.3, представлены на слайде №16. Сборочный чертеж платы представлен на слайде №17.

Чтобы охватить все элементы разработки шестиногого шагающего робота, в технологической части разработан технологический процесс сборки ноги шестиногого шагающего робота, который включает в себя маршрутную карту, сборочный чертеж и схему процесса сборки. Технологическая схема сборки представлена на слайде №18. Операционная технология представлена на слайде №19.

В организационно – экономической части были произведены расчеты, связанные с разработкой и изготовлением робота. Общая стоимость проектирования и изготовления составила 963951 рубль 63 копейки. Основную долю затрат составила заработная плата и косвенные расходы. Подробные таблицы по продолжительности всех стадий работ и общая структура затрат на проектирование представлены в таблицах на слайде №19.

В части охраны труда и экологии был проведен анализ наиболее вредных факторов, влияющих на человека и экологию. Для устранения вредных факторов, влияющих на людей, было решено увеличить искусственное освещение. Для устранения факторов, влияющих на окружающую среду – установка фильтра очистки воздуха. Схема системы вентиляции и чертеж фильтра представлены на слайде №20.

Таким образом мною в данном дипломном проекте были решены следующие задачи:

1. Подобраны двигатели для каждого звена ноги робота.
2. Произведен частотный синтез и коррекция следящего привода с соблюдением условий по ТЗ
3. Решена обратная кинематическая задача для ноги робота.
4. Реализовано прохождение кратчайшего пути по заданной карте местности.
5. Проведены натурные эксперименты и определены ошибки в прохождении заданной траектории.
6. Разработана плата стабилизации напряжения.
7. Разработан технологический процесс сборки ноги робота.
8. Рассчитаны затраты на проектирование и изготовление робота.
9. Проведен анализ опасных факторов для человека при разработке системы управления роботом. Предложено решение устранения наиболее опасного фактора.
10. Проведен анализ влияния на окружающую среду технологического процесса сборки печатной платы для системы управления роботом. Предложено решение устранения наиболее опасного фактора.

На основании вышеизложенного делаем вывод, что все задачи, поставленные в техническом задании, решены верно и в полном объеме. Спасибо за внимание.