

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕЖКИ С ГУСЕНИЧНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

Д.Д. Петров, С.С. Куанышев, В.И. Стасевский
Научный руководитель: А.В. Тырьшкин
Томский политехнический университет
E-mail: ssk38@tpu.ru

Введение

В настоящее время существует множество робототехнических платформ, позволяющих быстро создать прототип гусеничной тележки, такие как LEGO MINDSTORMS EV3, Tetrix, Makeblock и др. Но все они предназначены для использования внутри помещений, аудиторий, учебных классов, требуют специального поля или ровного покрытия поверхности. Возникает потребность в недорогой и простой в изготовлении гусеничной платформы для применения вне помещений, в реальных условиях.

Предлагается одна из возможных учебных платформ для того, чтобы обучающиеся смогли выйти за пределы учебных классов и выяснить проблематику гусеничного движителя в реальных условиях, дать возможность школьникам и/или студентам заниматься вопросами инерциальной навигации, в «поле», где присутствуют перепады высот, уклон поверхности, неоднородность почвы, и так далее. Одним из вариантов применения, но не единственным, в реальных условиях будет являться снегоочистка небольших участков.

Целью работы является разработка мобильной гусеничной платформы (далее тележка) для учебных/лабораторных занятий школьников и студентов.

Основная часть

Конструкция тележки с дифференциальным приводом, позволяет решать одну из базовых задач мобильной робототехники: преобразование необходимых линейной и угловой целевых скоростей тележки в команды, подаваемые на двигатели, которые будут вращать левую и правую гусеницы разрабатываемой тележки [1].

Исходные требования к тележке, вытекающих из учебных задач, имеют следующие параметры:

- размеры не более: 450 мм в ширину и 550 мм в длину;

- собственный вес не более 8 кг;
- диаметр ведущей звездочки – 80 мм.;
- гусеничный движитель резинометаллический.

Электропривод должен обеспечивать максимальную поступательную скорость передвижения тележки в «полевом режиме» – 2 м/сек.

Управляющее ПО должно обеспечивать и автономное управление, и ручное управление по бортовым средствам связи.

Конструкция гусеничной тележки представлена на рисунке 1.

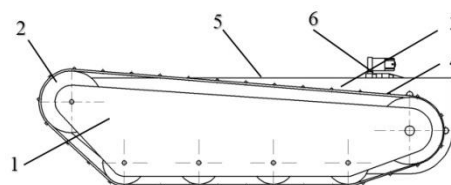


Рис. 1. Схема гусеничной тележки

Гусеничная тележка состоит из следующих основных частей: 1 – корпус, 2 – ведущий каток, 3 – гусеница, 4 – ведомый каток, 5 – система автоматического управления электроприводами тележки, 6 – батарея питания.

Гусеничная тележка перемещается за счет сил сцепления, возникающих между опорной поверхностью (грунтом) и гусеничным движителем. Гусеничный движитель изготовлен из ковра диэлектрического (ГОСТ 4997-75) с продольным тиснением, которое нарезается поперек тиснения на полосы нужной ширины, в данном случае 60 мм, и скрепляется по узкой части проволоочными кольцами. Таким образом продольное тиснение образует грунтозацепы. Ведущий и ведомый катки выполнены путем 3D-печати. Ведущий каток соединен посредством редуктора с двигателем постоянного тока. Проскальзывание между ведущими катками и гусеницей отсутствует, поэтому угловые скорости вращения катков (ведущих и ведомых) равны, что очень важно для реализации алгоритмов перемещения [2].

Выбор электропривода обусловлен одним из вариантов применения – снегоочистки небольших участков. В соответствии с ГОСТ Р 53613-2009 плотность свежеснежавшегося снега изменяется в пределах от 70 до 150 кг/м³, а плотность слежавшегося снега изменяется в пределах от 200 до 400 кг/м³. Примем максимальную плотность свежеснежавшегося снега за рабочую. Для расчета общего веса необходимо рассчитать объем призмы волочения, образующийся перед отвалом снегоочистителя при невысокой скорости движения.

Формирование призмы волочения сильно зависит от геометрической формы отвала. Для упрощения задачи примем за геометрическую форму призмы волочения с размерами, м.: 0,5x0,1x1. Где ширина 0,5 м соответствует ширине отвала, высота 0,1 м соответствует максимальной толщине снежного покрова, пригодного для автоматической уборки [3]. Таким образом объем призмы: $V = 0,05$ кубических метров. Тогда вес призмы волочения составит:

$$p = V * \rho = 0,05 \text{ м}^3 * 150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 7,5 \text{ кг} \quad (1)$$

Общий вес, принимаемый для расчёта необходимого момента электропривода, составит сумму веса робота и веса призмы волочения:

$$P = 8 \text{ кг} + 7,5 \text{ кг} = 15,5 \text{ кг}.$$

где P общий вес, перемещаемый электроприводом.

Гусеничный движитель обеспечивает высокие сцепные свойства на снежном покрытии, но это оборачивается механическими потерями на вращение гусеницы по сравнению с вращением колеса. Потери, при небольших скоростях, составляют порядка 10%.

Вращающий момент, который необходим для перемещения тележки и получения ею ускорения, необходимого для достижения максимальной скорости:

$$M = \frac{mgra}{2} \quad (2)$$

где m – перемещаемая масса, r – радиус ведущей звездочки.

$$M = \frac{15,5 \cdot 9,8 \cdot 0,04 \cdot 1}{2} = 3,038 \text{ Нм}$$

где расчетное ускорение:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d} = 2/2 * 1 = 1 \text{ М/с}^2 \quad (3)$$

Учитывая механические потери на вращение гусеницы: $M \approx 3,3 \text{ Нм}$

Исходя из доступности, невысокой стоимости и подходящих параметров был выбран двигатель постоянного тока Denso, применяемый с автомобильной промышленности:



Рис. 2 - ДПТ Denso (OEM 85110-12A20)

С небольшими доработками (замена оси на более длинную, с возможностью насадки ведущего катка), двигатель практически идеально вписывается в конструкцию тележки по габаритам и способу крепления.

Для тележки возможно применение управления как без обратной связи, так и с обратной связью, реализуемой энкодерами на электродвигателях. При необходимости на ДПТ Denso возможна установка датчиков скорости вращения (SR-393) на ось двигателя. Количество тиков (20 тиков) такого простого датчика, в совокупности с передаточным соотношением червячного механизма двигателя даст высокую точность, порядка тысячи тиков на один оборот ведущего катка.

В зависимости от алгоритма перемещения и информации с датчиков система автоматического регулирования формирует управляющие напряжения для электроприводов устройства. Для усиления слабых управляющих сигналов (ШИМ) используются силовые транзисторные ключи – драйверы двигателей. Для изменения направления вращения двигателя постоянного тока применяют H-мост, с логическим управлением.

Двигатели Denso, способны потребить около 20 ампер при пуске, таким образом, им подходит готовый модуль китайского производства полномостовой ШИМ контроллер MOSFET IRF3205, безболезненно пропускающий через себя в пике 30 ампер.



Рис. 3 Полномостовой ШИМ контроллер MOSFET IRF3205

В качестве материала для корпуса применяется гладкий листовый алюминий, толщиной 2мм. Материал раскраивается, по 2D-моделям, на фрезерном станке с ЧПУ. Сборка корпуса производится на винтовых соединениях.

Себестоимость тележки, без учета человеко-часов, получается в пределах 8 000 (Восемь тысяч) рублей, что вполне доступно для бюджетных образовательных учреждений.

Заключение

В результате проведенной работы разработана учебная мобильная гусеничная платформа, себестоимостью, не превышающей восемь тысяч рублей. Данная платформа оборудована микроконтроллером семейства Arduino, программное обеспечение позволяет двигаться как автономно, так и посредством и ручного управления по каналу связи Bluetooth. Но платформа достаточно универсальна, что позволяет применить и другие микроконтроллеры/микрокомпьютеры, а также оборудовать различными сенсорами для “outdoor”-навигации, в том числе лидарами и камерами технического зрения. Также, в качестве функционального дополнения, создана 3D модель навесного оборудования для данной платформы, необходимой для очистки снега на небольшом участке.

Список использованных источников

1. В.Э. Карпов, Т.А.Волкова., «Управление роботом при движении по вектору», Лаборатория робототехники и искусственного интеллекта Политехнического музея. 2005 г.
2. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Костюков В.А., Гайдук А.Р., Федоренко Р.В., Гуренко Б.В., Крухмалев В.А., Медведева Т.Н. «Проектирование роботов и робототехнических систем»: Учебное пособие – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 196 с.
3. Е. И. Берестов, И. В. Лесковец, «Методика расчета геометрических параметров призмы волочения на отвале». Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 2 (23).