Научная статья
Original article
УДК 681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ PID -СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВСЕНАПРАВЛЕННОЙ AGV НА БАЗЕ КОЛЕСА MECANUM

RESEARCH OF THE PID CONTROL SYSTEM OF AN OMNIDIRECTIONAL AGV BASED ON THE MECANUM WHEEL

Гао Хань, студент факультета специального машиностроения, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, г. Москова. gaokh@student.bmstu.ru
Ван Сун, студент факультета специального машиностроения, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, г. Москова. 419825908@qq.com

Gao Han, student of the Faculty of Special Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow. gaokh@student.bmstu.ru
Wang Song, student of the Faculty of Special Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow. 419825908@qq.com

Аннотация. В этой статье в основном представлена магнитно-индукционная система управления тележкой AGV Датчики слежения, установленные спереди и сзади, заставляют тележку управлять двигателем вдоль пути, проложенного по земле; шагающий двигатель использует два бесщеточных двигателя постоянного тока для реализации дифференциального управления скоростью и точного управления. позиционирование. .

В основном блоке управления используется ПЛК Siemens S7-1200; магнитный навигационный датчик и датчик ориентира установлены спереди и сзади для формирования датчика слежения; магнитный навигационный датчик слежения имеет 8 точек выборки со средним интервалом 10 мм, и может обнаруживать 100 Gauss над магнитной полосой.Для слабого магнитного поля ниже каждая точка выборки имеет сигнал, соответствующий выходу.

Abstract. This article mainly introduces the AGV trolley magnetic induction control system Tracking sensors installed at the front and rear make the trolley control the motor along the path laid on the ground; The walking motor uses two brushless DC motors to realize differential speed control and precise positioning control.

The main control box uses Siemens S7-1200 PLC; a magnetic navigation sensor and a landmark sensor are installed at the front and rear to form a tracking sensor; The magnetic navigation tracking sensor has 8 sampling points with an average interval of 10 mm, and can detect 100 Gauss above the magnetic stripe. For a weak magnetic field below, each sampling point has a signal corresponding to the output.

Ключевые слова: AGV,колеса Mecanum , PLC, PID, simulink, планирование траектории

Keywords: AGV, Mecanum wheels, PLC, PID , simulink, trajectory planning

Введение

Существующие автоматические транспортные средства (AGV), использующие обычные ведущие колеса, недостаточно универсальны, с ними сложно работать в узком пространстве, и их применение ограничено. Учитывая эту проблему и стоимость, используется модель управления всенаправленным движением, основанная на колесе Mecanum.

А для того, чтобы способствовать эффективной транспортировке логистической системы автоматизированной производственной линии, разработана система трансмиссии с автомобилем AGV в качестве основного корпуса, а ПЛК используется в качестве контроллера.Навигационный датчик и датчик ориентира

образуют систему отслеживания. датчика, а с магнитными полосами, уложенными на землю, реализуется движение между складом и производственной линией, а также повышается эффективность работы по сбору и доставке товаров.

Благодаря постоянному развитию продуктов и технологий AGV (Automated Guided Vehicle) можно эффективно соединить производственные процессы или производственные линии с помощью AGV, повысить уровень автоматизации и эффективности производства, а также способствовать реализации промышленных гибких производственных линий и автоматизированной логистики системы.

В этой статье в основном понимается, что робот движется по магнитным полосам, уложенным на землю, и выполняет задачи по сбору и доставке между трехмерным складом и производственной линией.

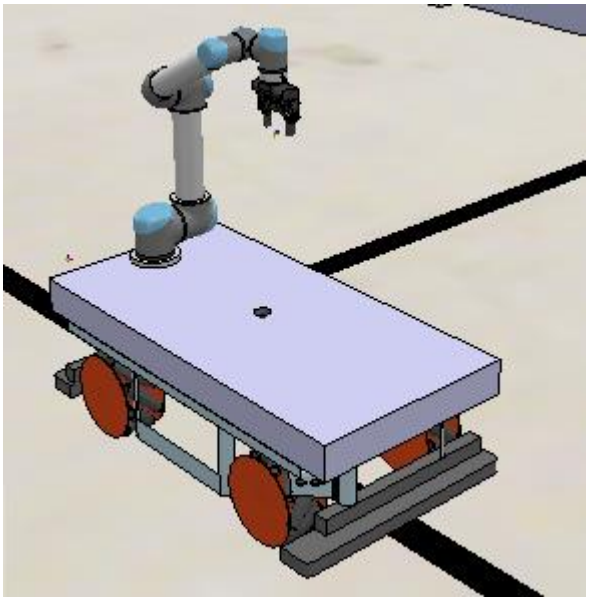


Рис. 1 3d модель AGV

1. Модель управления мобильной платформой Mecanum Wheel

Колесо Mecanum является патентом шведской компании Mecanum, и его конкретная конструкция показана на рисунке 1. Видно, что по его окружности распределено несколько роликов, оси которых и ось колеса образуют некоторый угол, обычно 45°, внешний контур ролика образует огибающую поверхность и

исходную окружность. Совпадение, которое гарантирует, что катки всегда могут оставаться в контакте с землей



Рис.2 Структура колеса Mecanum

Эти ролики могут катиться вдоль своей оси, когда они соприкасаются с землей, что заставляет колесо воспринимать только осевую силу земли, обращенную к ролику, при качении, а окружная сила земли, обращенная к ролику, становится трением качения, которое может быть примерно считается 0. Поэтому контактная сила между колесом и землей действует уже не вдоль окружного направления колеса, а под определенным углом с ним.

Колеса Mecanum обычно используются в виде группы из 4, 2 левых колес и 2 правых колес.Левое колесо и правое колесо имеют хиральную симметрию, как показано на рисунке 1. Опираясь на различные направления и скорости каждого колеса Mecanum, результирующий вектор силы в конечном итоге генерируется в любом требуемом направлении, таким образом гарантируя, что платформа может двигаться во всех направлениях под действием конечного результирующего вектора силы без изменения колес относительно колеса. направление кузова автомобиля. Вид сверху типичной модели анализа движения всенаправленной мобильной платформы Mecanum Wheel показан на рисунке 2. Наклонные линии колес на рисунке 2 представляют смещения роликов, если смотреть сверху. А из конструкции колеса Mecanum можно обнаружить, что направление смещения ролика, который соприкасается с землей, и ролика в верхней части колеса, то есть двух роликов на противоположной стороне, примерно вертикальный.

1)Теперь сделайте следующее утверждение для модели на рисунке 2:

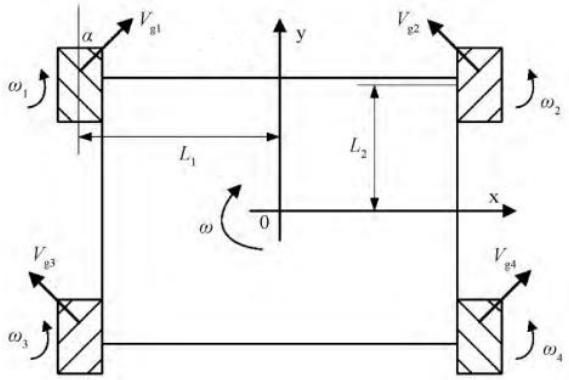


Рис. 3 Модель анализа движения всенаправленной мобильной платформы

2) Центр каждого колеса O_i. Угловая скорость колеса, вращающегося вокруг оси ω_i, радиус колеса R, скорость ролика v_{gi}, угол между осью ролика и осью колеса α.

Поскольку колесо Mecanum катится за счет контактирующих с землей роликов колес, скорость каждого колеса вокруг оси можно разложить на скорость $v_{\parallel}$ вдоль оси ролика и скорость $v_{\perp}$ перпендикулярно оси ролика. А когда колесо вращается, оно в основном заставляет ролик катиться вдоль оси ролика, поэтому $v_{\perp}$ обычно можно не учитывать, $v_{\parallel} = v_{gi}$. Взя в качестве примера колесо 1, скорость одного колеса в направлениях X и Y может быть получена из скорости ролика колесаv_{g1}.

$$v_{1x} = v_{g1} * \sin\alpha \qquad (1)$$

$$v_{1y} = v_{g1} * \cos\alpha \qquad (2)$$

Из формул (1) и (2) можно получить:

$$v_{g1} = v_{1x} \sin\alpha + v_{1y} \cos\alpha \qquad (3)$$

И скорость колеса и скорость ролика имеют следующую зависимость:

$$\omega_1 * R * \cos\alpha = v_{g1} \qquad (4)$$

В нормальных условиях угол смещения расчетного ролика составляет α=45°, поэтому можно получить комбинацию формул (3)~(4):

$$\omega_1 * R = v_{1x} + v_{1y} \qquad (5)$$

Кроме того, из скорости $[\mathrm{v}\, v_x, v_y, \omega_z]$ центральной точки O подвижной платформы также можно получить скорость одиночного колеса в направлениях X и Y. Взяв в качестве примера колесо 1, полученное соотношение как следует:

$$v_{1x} = v_x + \omega_z * L_2 \qquad (6)$$

$$v_{1y} = v_y + \omega_z * L_1 \qquad (7)$$

Наконец, зависимость между скоростью вращения колеса 1 и скоростью центральной точки O подвижной платформы может быть получена из уравнений (5)~(7), как показано ниже:

$$\omega_1 * R = v_x + v_y + \omega_z * (L_1 + L_2) \qquad (8)$$

Таким же образом могут быть получены относительные выражения для трех других колес, как показано в формуле (8) Комбинируя относительные выражения для четырех колес, можно получить следующую формулу:

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & 1 & L_1 + L_2 \\ -1 & 1 & -(L_1 + L_2) \\ -1 & 1 & L_1 + L_2 \\ 1 & 1 & -(L_1 + L_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \qquad (9)$$

Из формулы (9) ее обратное соотношение можно получить следующим образом

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \frac{R}{4} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ \dfrac{1}{L_1 + L_2} & \dfrac{-1}{L_1 + L_2} & \dfrac{1}{L_1 + L_2} & \dfrac{-1}{L_1 + L_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} \qquad (10)$$

Уравнение (9) является управляющей формулой колесной всенаправленной мобильной платформы Mecanum, значения L_1, L_2 в формуле указаны на рис. При необходимости управления горизонтальным движением реальная скорость может быть преобразована в скорость вращения каждого колеса по формуле (9), удобной для управления водителем. Формула (10) позволяет преобразовать скорость

вращения каждого колеса, считанную энкодером, в фактическую скорость мобильной платформы, что удобно для обработки.

2. Усовершенствование схемы магнитной навигационной системы AGV

В данной работе в качестве навигационного датчика по магнитной полосе AGV используется магнитный датчик CNS-MGC-08.Датчик имеет 8 точек дискретизации со средним интервалом 10 мм, которые могут определять положение магнитной полосы и выдавать 8-минутный сигнал. сигнал переключения точки, тем самым предоставляя информацию об относительном магнитном поле AGV.

В выходном 8-точечном сигнале 1 означает наличие магнитного сигнала, а 0 означает отсутствие магнитного сигнала. Во время установки необходимо отрегулировать высоту установки и чувствительность магнитного датчика, чтобы, когда 8 точек выборки были расположены перпендикулярно магнитной полосе и располагались непосредственно над ней, количество единиц в середине 8-битных данных выборка 2 или 4. Поскольку интервал между двумя точками отбора проб составляет 10 мм, точность позиционирования может достигать 10 мм.

Для того чтобы позволить AGV удобно управлять рулевым управлением при движении вперед и назад, AGV, разработанный в этой статье, оснащен магнитными навигационными датчиками спереди и сзади транспортного средства. По сравнению с одним магнитным датчиком преимущество использования двойных магнитных датчиков заключается в том, что размер смещения и угол AGV могут быть получены более точно, что обеспечивает более точную и быструю коррекцию. Установка магнитного датчика и укладка магнитной полосы показаны на рис. 4. Горизонтальная магнитная полоса на рис. 3 может использоваться для идентификации объекта.

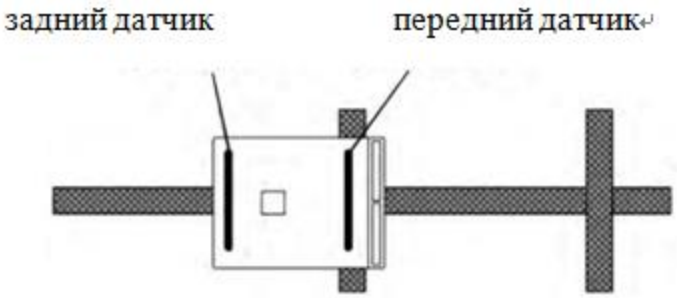


Рис. 4 Установка магнитного датчика и укладка магнитной полосы

Для того, чтобы АГВ имел небольшое отклонение перед входом в область поперечной магнитной полосы, необходимо использовать алгоритм коррекции отклонения с хорошей производительностью. Эксперименты показали, что алгоритм коррекции слежения за линией двойного магнитного датчика, использованный в этой статье, может соответствовать требованиям.

Схематическая диаграмма коррекции линии слежения двойного магнитного датчика AGV показана на рисунке 4. Обратитесь к рисунку 2 для модели ориентации, где угловая скорость положительна в направлении по часовой стрелке. На рис. 4 толстая черная линия представляет собой магнитную полосу, тонкая пунктирная линия представляет собой вертикальную центральную линию AGV, а черные линии точек отбора проб магнитного датчика указывают на то, что обнаружен достоверный магнитный сигнал. Из рис. 4 видно, что приблизительный курсовой угол α и смещение центра b АГС можно рассчитать по смещению переднего и заднего магнитных датчиков относительно магнитной полосы.

Предполагая, что все точки выборки на левой стороне магнитного датчика на рисунке 4 высокие, можно получить смещения d1 и d2 переднего и заднего магнитных датчиков. Из рисунка 4 видно, что d1-d2 линейно связаны с отклонением курса, а d1+d2 линейно связаны со смещением центра AGV.

Следовательно, d1-d2 можно использовать в качестве квантованного значения угла курса α, а d1+d2 можно использовать в качестве квантованного значения

смещения центра b. При движении AGV на основе Mecanum вперед и назад скорость в направлении движения обычно принимают за постоянную величину, то есть величину v_y. В этой статье значение v_y принимается равным 0,3 м/с, av_x и v_ω используются для управления направлением. Согласно предыдущему описанию угла курса и смещения центра можно получить управляющие формулы v_x и v_ω, как показано ниже.

$$v_x = P_x * (d1 + d2) \qquad (11)$$

$$v_\omega = P_\omega * (d1 + d2) \qquad (12)$$

В формулах (11) и (12) Px и Pw – пропорциональные коэффициенты управления направлением. Модель драйвера двигателя, используемая в этой статье, - CNS-BLD-2L, а минимальная выходная скорость этого драйвера - 100 об / мин. Учитывая редуктор в конструкции оборудования и радиус используемого колеса Макнейра, v_x , v_y можно рассчитать по формуле (10) Минимальная контролируемая величинаравна 0,065 м/с, а минимальная контролируемая величина v_ω равна 0,13 рад/с. Учитывая, что AGV может эффективно корректировать отклонение, когда смещение больше 2, желательно принять P_x = 0,0082 и P_ω = 0,033. Наконец, значения P_x и P_ω можно точно настроить в соответствии с реальной ситуацией моделирования.

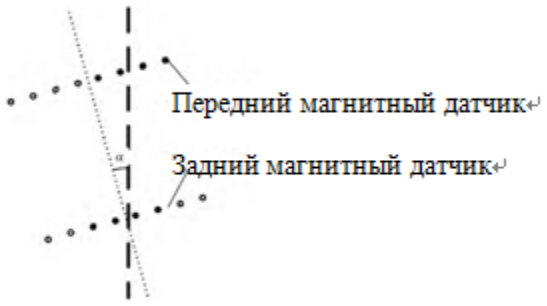


Рис. 5. Принципиальная схема коррекции линии слежения двойного магнитного датчика

3. Состав системы управления

Когда AGV работает, от 1 до 4 последовательных точек измерения внутри магнитного навигационного датчика, перпендикулярного магнитной полосе, будут выдавать сигналы.В зависимости от выходных сигналов можно судить об отклонении положения магнитной полосы относительно навигационного датчика.Согласно При этом AGV автоматически произведет регулировку, чтобы следовать магнитной полосе. Датчик ориентира обнаруживает сигнал магнитной полосы, горизонтально расположенной на земле, и завершает управление замедлением и парковкой тележки с помощью этого сигнала.

В двигателе тележки используются два бесщеточных двигателя постоянного тока, которые дифференциально приводятся в действие соответствующими драйверами бесщеточных двигателей постоянного тока, чтобы обеспечить движение тележки вперед и назад в соответствии с проложенной дорожкой магнитной полосы. Клеммы включения бесщеточного двигателя (EN), торможения (BK) и управления направлением (FR) подключены к выходным клеммам ПЛК, а скорость двигателя регулируется и управляется с помощью выходного напряжения 0–10 В аналогового канала PLC.

На рис. 6 показана структура системы управления PLC и принципиальная схема цепи привода двигателя постоянного тока для движения автомобиля по пути.

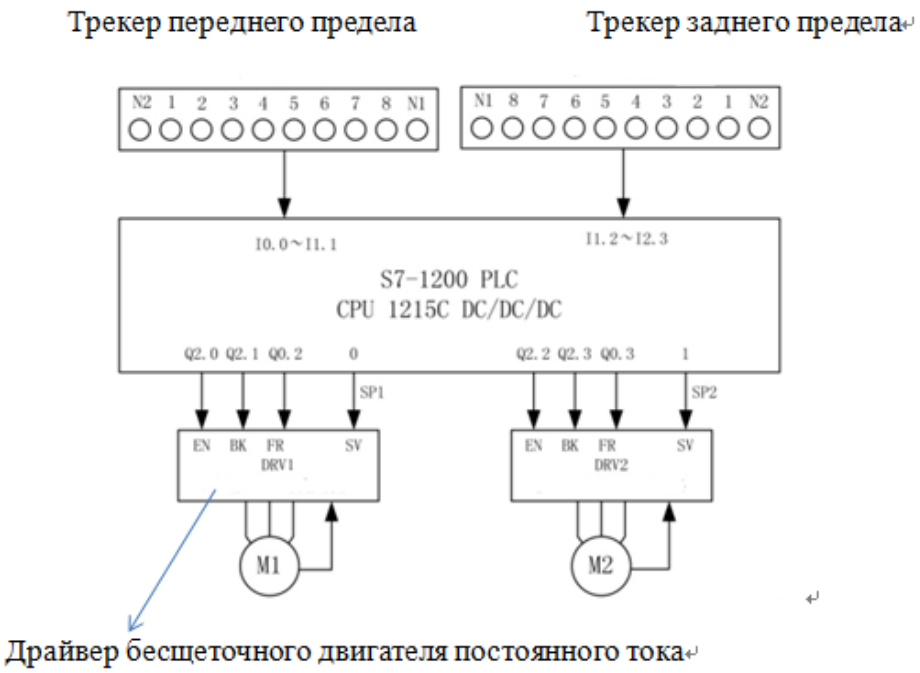


Рис. 6 Принципиальная схема системы управления PID и схема привода двигателя тележки AGV

4. Создание имитационной модели

Во-первых, строятся ПИД-регулятор и кинематическая модель АГВ, а также отслеживается траектория движения модели. Модель показана на рисунке 7.

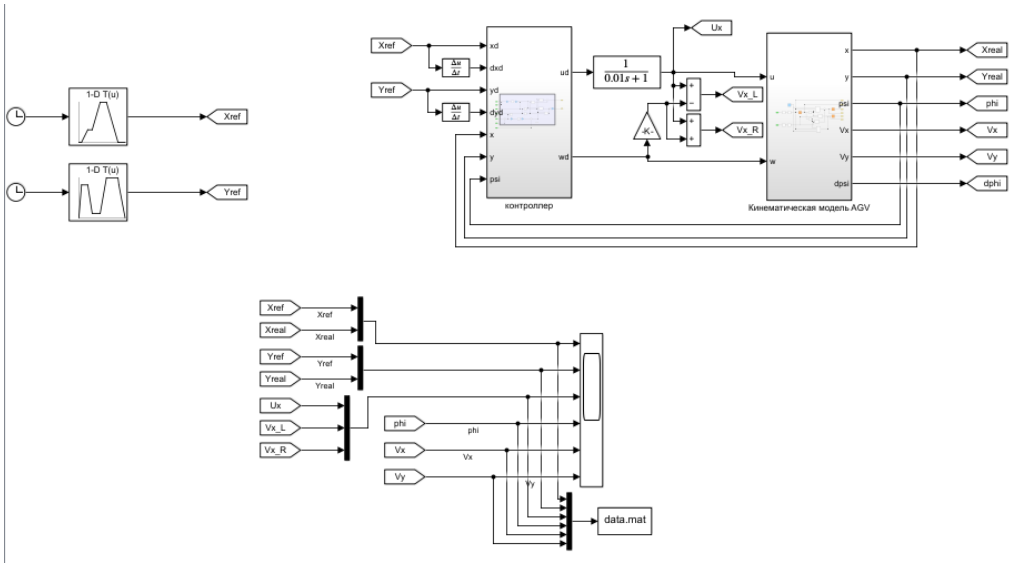


Рис.7 Имитационная модель AGV

Карта строится для пути AGV, и путь указывается для имитации отслеживания пути AGV. Схема пути AGV, как показано на рисунке 8.

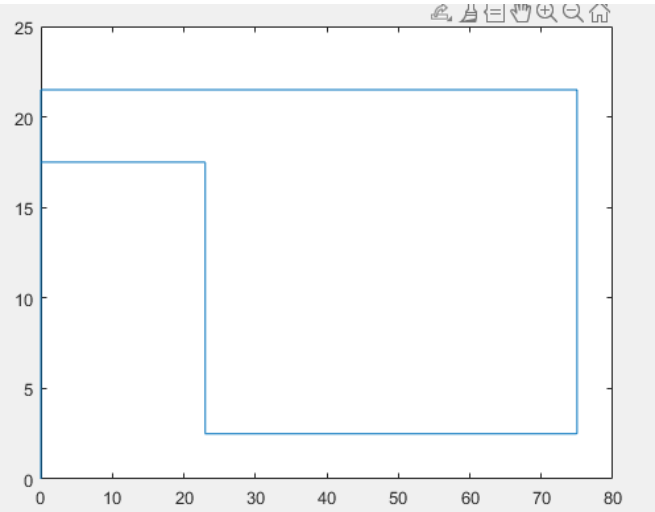


Рис. 8 Схема пути AGV

Затем запустите нашу имитационную модель через simulink и проанализируйте в соответствии с результатами моделирования.Сделан вывод, что AGV очень хорош для отслеживания пути и достигает ожидаемой цели. Результаты моделирования показаны на рисунке 9.

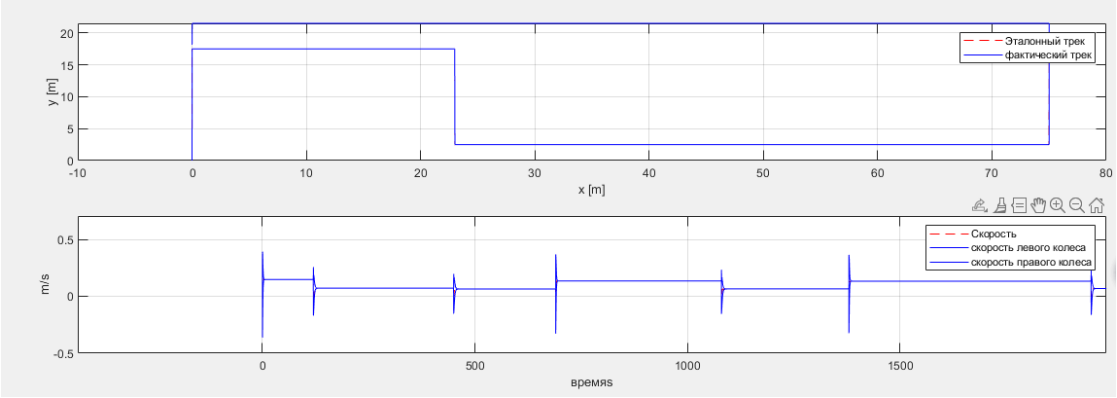


Рис. 9 Схема имитационного моделирования

5. Заключение

Всенаправленный мобильный AGV обладает превосходными мобильными характеристиками.Модель движения колесной мобильной платформы Mecanum,

предложенная в этой статье, представляет собой эффективную схему всенаправленного движения, которая в целом применима к всенаправленному мобильному AGV, использующему колесо Mecanum в качестве ведущего колеса.

Схема управления магнитной навигацией, разработанная на основе модели всенаправленного движения, имеет простое и эффективное рулевое управление, высокую точность навигации и хороший эффект отслеживания пути, который может быть применен к большинству сценариев. Результаты моделирования подтверждают устойчивость и реализуемость схемы. В настоящее время PID используется для управления движением автомобиля, что позволяет достичь лучших результатов.В будущем комбинация PID и нечеткого PID будет использоваться для управления автомобилем для отслеживания пути, чтобы достичь лучших результатов.

Литература

1. Ли Ханг, Сун Чуньхуа, Ло Шэнбинь, Вэй Синпин, Лю Сяоли. Состояние исследований и тенденции развития роботов.49-51：(4)41.2013 .
2. Тан Мин Ван Шо. Прогресс исследований робототехники . ACTA AUTOMATICA SINICA 07.2013.
3. Се Цуньси, Чжан Те. Робототехника и ее приложения. Beijing Machinery Industry Press, 2005 г.
4. Тан Мин, Ван Шуо. Исследования в области робототехники. Acta Automatica Sinica.2013,39(7):963-972.
5. Бао Юй, Шань Лян.Исследование системы управления и алгоритма мобильного робота.03.2014.
6. Цзин Чаочао. Исследование и разработка системы движения колесного робота.Сидянский университет.01.2012.

References

1. Li Hang, Song Chunhua, Luo Shengbin, Wei Xingping, Liu Xiaoli. Research status and development trends of robots.49-51 : (4)41.2013 ..
2. Tang Ming Wang Shuo. Progress in Robotics Research. ACTA AUTOMATICA SINICA 07.2013.

3. Xie Cunxi, Zhang Te. Robotics and its applications. Beijing Machinery Industry Press, 2005.
4. Tang Ming, Wang Shuo. Research in the field of robotics. Acta Automatica Sinica.2013,39(7):963-972.
5. Bao Yu, Shan Liang. Research of the control system and algorithm of a mobile robot. 03.2014.
6. Jing Chaochao. Research and development of the wheeled robot movement system. Sidian University. 01.2012.

© Гао Хань, Ван Сун, 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.

Для цитирования: *Гао Хань, Ван Сун* Исследование PID -системы управления всенаправленной AGV на базе колеса Mecanum// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.