

УДК 004.415.25

МЕТОД НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА БАЗЕ ПЛК

Е. В. Василюк

Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267

В статье рассмотрен метод навигации, применяемый при разработке мобильных роботов, его программная реализация на базе ПЛК, а также разработанная автоматизированная система управления беспилотной тележкой.

Ключевые слова: Беспилотный транспорт, мобильный робот, система управления, метод навигации.

METHOD OF NAVIGATION OF A MOBILE ROBOT AND ITS SOFTWARE IMPLEMENTATION BASED ON A PLC

E. V. Vasilyuk

Brest State Technical University,
Republic of Belarus, Brest, Moskovskaya St., 267

The article discusses the navigation method used in the development of mobile robots, its software implementation based on a PLC, as well as the developed automated control system for an unmanned cart.

Keywords: Unmanned transport, mobile robot, control system, navigation method.

В развитии интеллектуальных систем беспилотные транспортные средства последние 30 лет занимают значительную и лидирующую нишу в технологическом прогрессе человечества. В последнее время наблюдается растущий интерес среди ученых и производителей к беспилотному транспорту, способному перемещаться по дорогам без участия человека [1–8]. Особое место в развитии беспилотного транспорта занимают беспилотные грузовые тележки [9–15].

В современной робототехнике одной из актуальных задач является задача разработки способов и устройств автономной «интеллектуальной» навигации роботов. При автономном передвижении робот должен уметь определять свое местоположение на карте местности с заданной точностью и осуществлять управление своим движением без участия человека. Поэтому актуальной является разработка специализированных «умных» устройств и программных средств, осуществляющих навигацию беспилотных тележек [9].

Беспилотная тележка снабжена всеми необходимыми системами и элементами безопасности, может эксплуатироваться на вредных или опасных производствах, местах скопления людей и других движущихся тележек [10,11].

В структуру автоматически управляемой тележки (рисунок 1) входят: блок привода, с двумя независимыми электромоторами, обеспечивающий тягу и поворот на маршруте следования; блок энергообеспечения, содержащий набор герметичных необслуживаемых аккумуляторов (разрешены для применения в помещениях, где находятся люди, не требуют специальной комнаты для зарядки); блок управления с программируемым контроллером, отвечающий за процесс движения; система безопасности и оповещения, включающая в себя светозвуковую сигнализацию при движении и сертифицированный ультразвуковой дальномер; система навигации, позволяющая реализовать движение по заданной траектории [12–14].

Использование этих систем позволяет беспилотной тележке следовать по заданному маршруту, включая развилки и повороты, контролировать препятствия на пути следования, останавливаться при их наличии и продолжать движение при первой возможности.

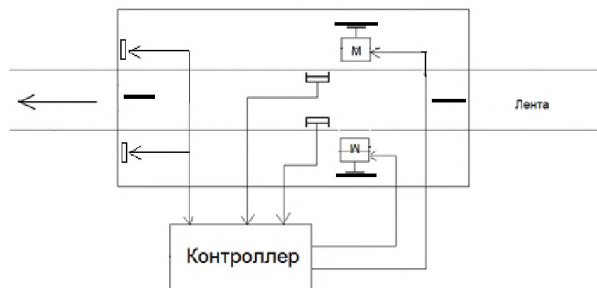


Рисунок 1 – Структура беспилотной тележки

Беспилотная тележка имеет четыре колеса: два из них ведущие, остальные – поддерживающие. Поддерживающие колеса вращаются на 360 градусов, чтобы, в случае чего, тележка могла развернуться вокруг своей оси и продолжить движение без сторонней помощи.

Метод навигации основан на принципе движения мобильного робота по черной линии [2]. Беспилотная тележка получает команды от металлической ленты (черной линии), наклеенной на пол. Рассмотрим четыре основные команды (рисунок 2).



Рисунок 2 – Команда остановки

При кратковременной потере сигнала сразу на обоих датчиках, беспилотная тележка остановится. Для того, чтобы тележка продолжила движение по маршруту, необходимо нажать кнопку «ПУСК» (рисунок 3).

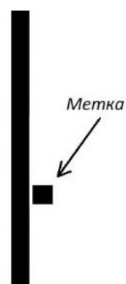


Рисунок 3 – Команда снижения скорости

Для того чтобы тележка снизила скорость на определенном участке маршрута, рядом с основной лентой необходимо сделать метку. При получении сигнала о снижении скорости, включится таймер, и тележка будет двигаться с пониженной скоростью в течение заданного времени. Такая метка ставиться перед каждым поворотом (рисунок 4).

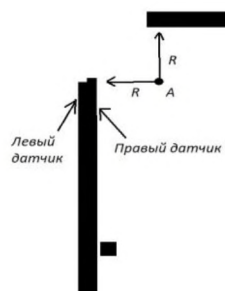


Рисунок 4 – Команда «поворот направо»

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула направо, необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке 4. В этом случае сначала потеряет сигнал левый датчик, затем правый. Таким образом тележка повернет направо. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота R равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка.

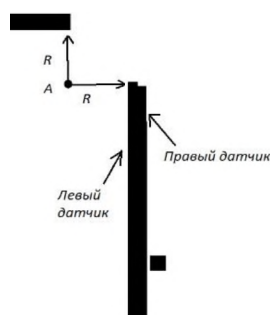


Рисунок 5 – Команда «поворот налево»

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула налево, необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке. В этом случае сперва потеряет сигнал правый датчик, затем левый. Таким образом тележка повернет налево. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота R равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка.

Рассмотрим дополнительные команды (рисунки 6, 7).

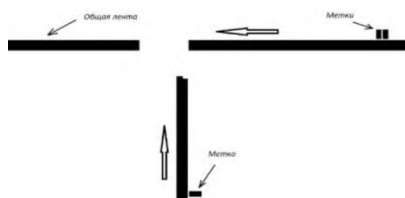


Рисунок 6 – Команда «выезд на общую ленту»

На данном примере показан выезд тележки на общую ленту. В этом случае перед развилкой на основной ленте необходимо поставить две метки, чтобы тележка, движущаяся по общей ленте, во время разрыва ленты продолжила движение в прямом направлении. Стрелками показано направление движения.

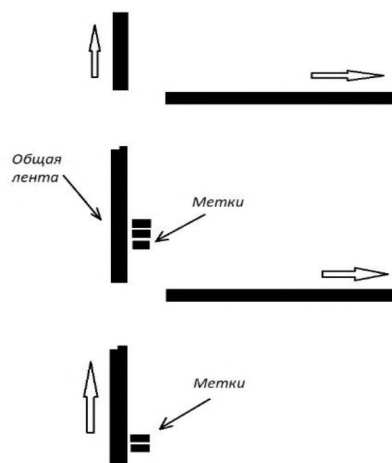


Рисунок 7 – Команда «съезд с общей ленты»

На данном примере показан съезд тележки с общей ленты. Команда, где именно нужно съехать с общей ленты, задается количеством меток перед съездом. Таким образом для каждой тележки можно проложить отдельный маршрут. Стрелками указано направление движения.

Рассмотрим подробнее реализацию алгоритма движения в софте программирования ISPSOft с использованием интерфейса RS-485 для обмена данными между ПЛК и блоками управления коллекторными двигателями.

Для инициализации порта обмена данными между ПЛК и контроллерами управления двигателями используется блок DFBCOM2 Pr, в котором задаются основные параметры: скорость обмена данными (115200 б/с), длина посылки (8 бит), паритет (четн.), количество стоповых бит (1), протокол (RTU), статический адрес порта (1), максимальное время соединения (200 мс.). В случае, если связь между устройствами не будет установлена, появится флаг ошибки ErrCom2.

Для последовательной записи/чтения регистров реализован генератор импульсов M1011 с частотой 10 мс., который посылает сигналы на счетчик. При каждом следующем импульсе по сигналу компаратора включается определенный маркер, дающий команду на чтение или запись определенного регистра с одного из устройств.

Если хотя бы один датчик активен, то включается маркер M24, дающий разрешающий сигнал на блоки записи/чтения. Если сигнал на обоих датчиках равен нулю, что означает что робот сошел с линии, то маркер M30 сбрасывается и робот останавливается (рисунок 8).

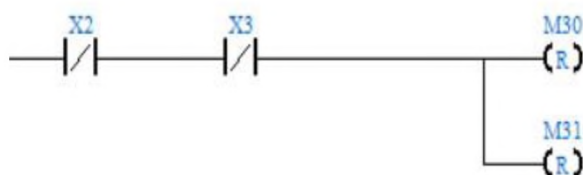


Рисунок 8 – Сброс маркера

При переднем фронте маркера M24 в соответствующие переменные записываются заранее установленные значения с помощью функции MOVE (рисунок 9).

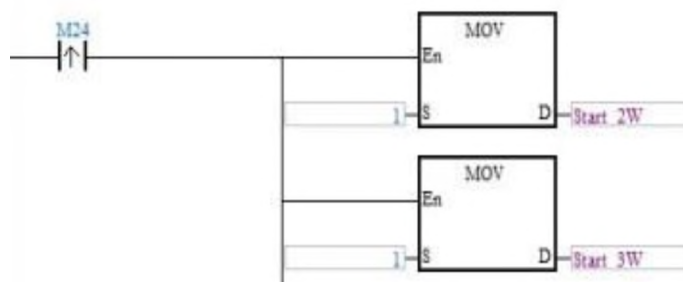


Рисунок 9 – Запись уставок в переменные управления

Таким образом формируются переменными для первой записи в блоки управления коллекторными двигателями, такие как «старт», «стоп», «время ускорения» и «время замедления». Блоки имеют сетевые адреса 2 и 3, соответственно. По заднему фронту маркера M24 сигналы «старт» и «стоп» инвертируются для остановки робота.

В соответствии с сигналами индуктивных датчиков, в переменные скорости записываются разные уставки, благодаря чему робот корректирует направление движения.

Для записи переменной типа WORD в регистр подчиненного устройства используется блок MODRW, в котором задаются следующие параметры: адрес устройства в сети (2), функция записи переменной с типом WORD в 16-тиричном формате (16#0010), адрес регистра, в который необходимо записать переменную (16#500B), имя переменной, значение которой необходимо записать (Speed_3W), длина сообщения (1) (рисунок 10).

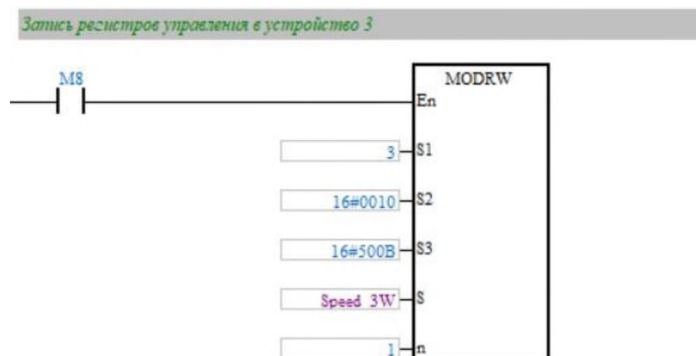


Рисунок 10 – Блок записи переменных типа WORD

В результате выполнения работы был произведен выбор технических средств для практической реализации мобильного робота, и изготовлен его опытный образец. Полученные моделированием настройки приводов были использованы в управляющей программе контроллера управления движением. Экспериментальная проверка подтвердила требуемое качество работы приводов. Разработан и запатентован метод навигации мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении, что позволяет строить на его основе транспортные сети предприятий.

После испытаний в производственных условиях и окончательной настройки данную разработку можно будет рекомендовать к использованию в промышленности.

Список использованных источников

1. Shuts, V. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. / V. Shuts, V. Kasyanik // *Transport and Telecommunication*. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52–60.
2. Пролиско, Е. Е. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Сб. научн. трудов по мат. междунар. заочной науч.-практич. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», г. Воронеж, 2016 г. – Воронеж : ВГЛТУ, 2016, Т. 4, № 5, Ч. 3 – С. 336–341.
3. Пролиско, Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Материалы науч.-технич. конф. «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы», г. Брест, 25–28 мая 2016 г. – Брест : БрГТУ, 2016 – С. 49–54.
4. Пролиско, Е. Е. Возможности и перспективы беспилотного городского общественного транспорта / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Сб. трудов междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях», г. Санкт-Петербург. – СПб. : Политехнический ун-тет. – 2018. – Т. 9. – С. 16–23.
5. Шуть, В. Н. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В. Н. Шуть, Л. Персиа. – Брест : БрГТУ, 2017. – 230 с.
6. Пегин, П. А. Современные тенденции развития бортовых интеллектуальных транспортных систем / П. А. Пегин, Д. В. Капский, В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 198 с.
7. Шуть, В. Н. Интеллектуальная грузовая беспилотная тележка. Проблемы безопасности на транспорте / В. Н. Шуть, Е. В. Василюк : Материалы 12 междунар. конфер., посвященной 160-летию Белорусской железной дороги, г. Гомель, 24–25 нояб. 2022 г. – в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д, Белорус. гос ун-т трансп. ; под общ. ред.: Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 89–90.
10. Ляшук, Н. У. Транспортировка продукции на технологических линиях мясозировых производств / Н. У. Ляшук, В. Н. Шуть, Е. В. Василюк [и др.] // *Мясная индустрия*. – 2021. – № 11. – С. 8–12.
11. Ляшук, Н. У. Применение беспилотных транспортных тележек в технологических линиях мясозировых производств / Н. У. Ляшук, В. Н. Шуть, Е. В. Василюк [и др.] // *Мясные технологии*. – 2022. – № 10. – С. 42–46.
12. Патент на полезную модель ВУ12995, МПК G01C21/04. Устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении : № u 20220011 : заявл. 14.01.2022 : опубл. 01.08.2022 / Шуть В. Н., Ляшук Н. У., Колядич И. В., Василюк Е. В., Заречный Я. О., Заречный А. О., Монтик Н. С., Бойко А. В., Николайчик И. С. ; заявитель и патентообладатель ООО «Фина». – 11 с.
13. Патент на полезную модель ВУ13059, МПК A22B5/00. Технологическая линия убоя и разделки свиней : № u 20220131 : –; заявл. 03.06.2022 : опубл. 03.10.2022 / Шуть В. Н., Ляшук Н. У., Василюк Е. В., Заречный А. О., Богдан Н. И., Крупко Д. В. ; заявитель и патентообладатель ООО «Фина». – 4 с.
14. Патент на полезную модель ВУ13516. Устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении : № u 20240002 : заявл. 03.01.2024 : опубл. 03.01.2024 / Шуть В. Н., Василюк Е. В., Туз И. С., Тарасевич М. Д., Швецова Е. В. ; заявитель и патентообладатель Брестский гос. техн. ун-тет – 10 стр.
15. Швецова, Е. В. Безопасность беспилотных транспортных систем. Проблемы безопасности на транспорте / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть : материалы IX Междунар. науч.-практич. конф. – в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Ч. 1. – С. 90–91.

© Vasilyuk E. V., 2024