

Алгоритм управления роботизированным электрокаром

Рыжкова М. А.¹, Лиходеев С. И.²

¹Рыжкова Мария Алексеевна / Ryzhkova Marija Alekseevna – студент,
факультет информационных технологий;

²Лиходеев Сергей Иванович / Lihodeev Sergej Ivanovich - кандидат технических наук, доцент,
кафедра управления и информатики в технических и экономических системах,
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
Владимирский государственный университет
имени А. Г. и Н. Г. Столетовых, г. Владимир

Аннотация: предложен алгоритм и функциональная схема для управления роботизированным электрокаром, предназначенным для транспортировки грузов на территории предприятия. Алгоритм позволяет роботу выполнять обнаружение траектории, обозначенной с помощью дорожной разметки.

Ключевые слова: электрокар, робот, следование по линии, техническое зрение, автоматическое управление.

Роботизированный электрокар представляет собой беспилотное транспортное средство, выполняющее перевозку грузов на ограниченной территории предприятия [1, с. 25]. Траектория движения электрокара задается с помощью дорожной разметки. Робот-электрокар, получив задание, начинает движение вдоль линии контрастного (по отношению к дорожному покрытию) цвета пока не достигнет пункта назначения.

Средством распознавания линии, нанесенной на трассу, служит пара инфракрасных (ИК) датчиков [2, с. 98], расположенных на осевой электрокара. Датчики реагируют на отражающую способность поверхности дороги. Управление скоростью и направлением движения осуществляется путем регулирования напряжения питания тяговых электродвигателей, связанных с левыми и правыми колесами. Напряжение регулируется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

В основе алгоритма управления роботом лежит функциональная схема, показанная на рисунке 1. Скорость движения задается сигналом V_0 . Этот сигнал посредством ШИМ воздействует на двигатели шасси. Положение шасси относительно линии фиксируется ИК датчиками. Сигналы датчиков S_1, S_2 после аналого-цифрового преобразования (АЦП) вычитаются. Полученное рассогласование ΔS масштабируется ($K\Delta S$) и используется в качестве коррекции сигналов управления V_1 и V_2 :

$$V_1 = V_0 + K\Delta S; \quad (1)$$

$$V_2 = V_0 - K\Delta S.$$

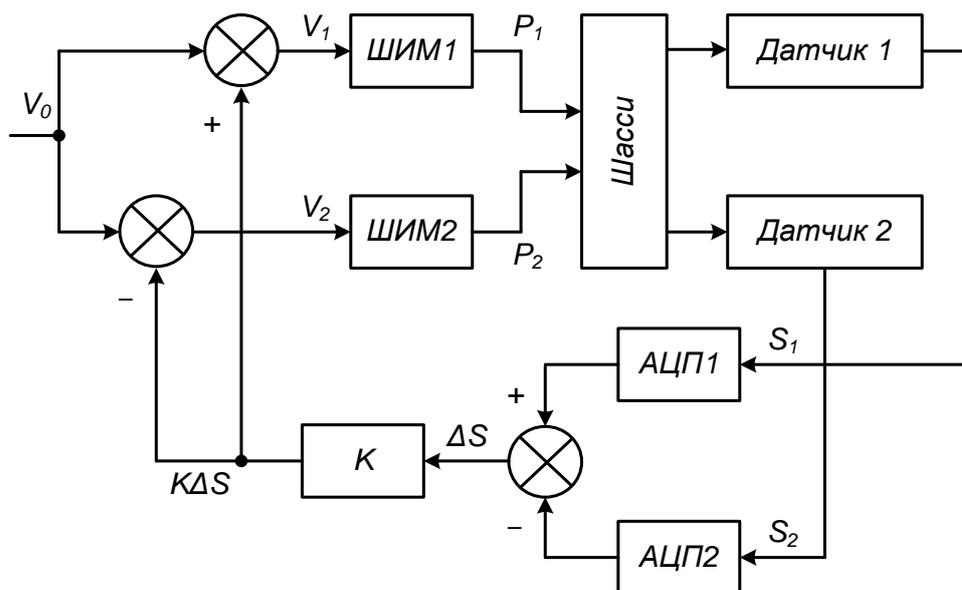


Рис. 1. Функциональная схема роботизированного электрокара

Во время движения по прямой пара датчиков оказывается точно над линией (рисунок 2, а). При этом их сигналы равны, рассогласование $\Delta S = 0$ и воздействие на левый и правый двигатели одинаково ($V_1 = V_2$). При любом отклонении электрокара сигналы датчиков станут отличаться.

Эта разность ΔS будет корректировать управление, заставляя сместившийся электрокар разворачиваться в сторону линии до тех пор, пока ΔS не будет сведено к нулю.

Рассмотренный простой алгоритм, составляя основу управления электрокаром, практически нуждается в существенных дополнениях. Успешная его работа обеспечивается только при сравнительно небольшом отклонении электрокара. При больших отклонениях оба датчика пересекут линию и станут давать одинаковый сигнал, соответствующий цвету фона.

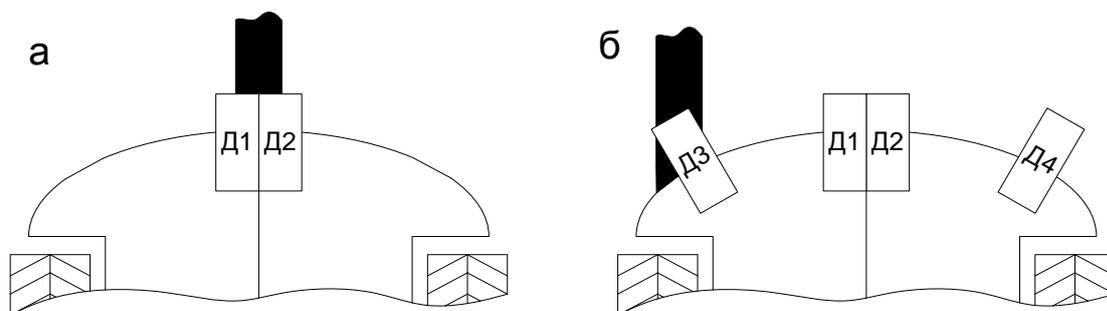


Рис. 2. Обнаружение линии инфракрасными датчиками

В таком случае отклонение будет невозможно обнаружить и скорректировать по формулам (1). Траектория будет потеряна.

Для успешной работы, во-первых, вблизи колес устанавливаются два дополнительных ИК датчика, разнесенных в стороны (рисунок 2, б). При этом функции датчиков разделены. Средние (основные) служат для плавного следования по линии и компенсации при небольших отклонениях от траектории. Боковые (дополнительные) датчики служат для резкого поворота в случае потери линии основными датчиками. Во-вторых, вводится понятие режима управления (условно обозначенные 0, ± 1 , ± 2 , ± 3). Алгоритмы управления в разных режимах различаются.

1) Режим 0. Оба датчика находятся вблизи линии, но по разные стороны от нее. Используется базовый алгоритм в соответствии со схемой на рисунке 1 и формулами (1). Из нулевого режима возможен переход в режимы ± 1 и ± 3 .

2) Режим ± 1 . Режим включается при условии, что один из датчиков расположен точно над линией, а второй уже находится в стороне от нее (состояние пограничное с потерей линии). Знак режима («+» или «-») определяется в зависимости от того, какой из датчиков пересек линию. В данном режиме включается управление, заставляющее автокар развернуться в сторону линии. Из первого режима возможен переход в режим 0 (если разворот вернул автокар на линию) или в режим ± 2 (если линия потеряна, оба датчика пересекли линию и дают одинаковый сигнал, соответствующий цвету дорожного покрытия).

3) Режим ± 2 . Переход в данный режим возможен только из режимов ± 1 в случае потери линии. Знак режима позволит определить в какую сторону следует продолжать разворот. Разворот выполняется до тех пор, пока один из датчиков снова не пересечет линию. Тогда выполняется смена режима на ± 1 .

4) Режим ± 3 . Режим включается при «касании» линии боковыми датчиками, что грозит сходом электрокара с трассы. В этом режиме осуществляется максимально быстрый разворот или даже разворот на месте до возврата на линию (переход режим ± 1).

Управление с помощью четырех датчиков позволяет с одной стороны обеспечить плавное движение электрокара, с другой — сохранить высокую маневренность в случае резкого изменения направления траектории. Это достигается благодаря трем ступеням чувствительности, выбираемым в зависимости от величины отклонения автокара. В нулевом режиме чувствительность низкая (определяется коэффициентом K). В режимах ± 1 и ± 2 чувствительность возрастает, но сохраняет плавность движения. В режимах ± 3 используется резкое маневрирование для возврата на траекторию.

Рассмотренный алгоритм был успешно протестирован и отлажен на миниатюрной действующей модели автокара. Реализация алгоритма осуществлена на процессоре семейства STM32F4xx [3, с. 17], для чего составлена соответствующая программа на языке C++. Испытания показали, что алгоритм работоспособен и может быть рекомендован к внедрению.

Литература

1. *Юревич Е. И.* Основы робототехники. М.: ВНУ, 2010. 368 с.
2. *Михеев В. П. Просандеев А. В.* Датчики и детекторы: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2007. 172 с.
3. *Мартин Т.* Микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics на базе ядра Cortex-M3. Серия STM32. М.: Техносфера, 2009. 168 с.