

рабочем интервале насоса, а не только в номинальной точке, а также избавило бы от необходимости использовать дросселирование для подстройки параметров трубопровода под номинальную точку работы насоса.

Однако, следует отметить, что внедрение систем автоматического управления является достаточно трудоемким и затратным процессом, поэтому вопрос наиболее экономически целесообразного режима работы систем с синхронными двигателями следует решать для конкретных насосных установок.

Литература

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 3-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.

УДК 681.513

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ *SMART MANUFACTURING*

Павлюковец С.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Под автоматизированными управляемыми транспортными средствами (*AGV – Automatic Guided Vehicle*) обычно понимают мобильных роботов (или беспилотных транспортных средств), используемых для транспортировки объектов. Традиционно они использовались в производственных системах, но в последнее время их популярность распространилась на многие другие промышленные применения, такие как транспортировка товаров на складах и перевалка контейнеров на контейнерных терминалах. Бум международной торговли стимулировал развитие

автоматизированных контейнерных терминалов, оснащенных автоматизированными системами перевалки контейнеров, состоящими из автоматических кранов и автоматизированных управляемых транспортных средств [1].

В зависимости от типа продуктов, которые нужно обрабатывать, и транспорта, который необходимо выполнить, существуют разные решения. Например, можно упомянуть ленточные, роликовые и вертикальные конвейеры, подъемники, роботов-манипуляторов и *AGV*. *AGV* также имеют несколько преимуществ, присущих их конструкции, таких как уменьшение повреждения продукции за счет устранения человеческой ошибки, возможность перемещаться во взрывоопасные зоны, не беспокоясь о безопасности оператора, возможность автоматически отслеживать и записывать движение продукта, сокращение трудозатрат, а также гибкости и адаптируемости, которые особенно характерны для систем с лазерным наведением. *AGV* также играет главную роль в гибких производственных системах (*FMS*), которые оснащены несколькими станками с ЧПУ, а система обработки материалов на базе *AGV* разработана и реализована для обеспечения гибкости и эффективности производства [2].

Основной принцип работы традиционной системы *AGV* заключается в заранее определенном маршруте, размещенном на полу или на полу, за которым следует считывающее устройство, которое является частью каждого традиционного *AGV*. Кроме того, другие устройства поддержки переходят к более высокому уровню базовой функциональности отслеживание заранее определенного маршрута. Это защитные бамперы, оптические сканирующие устройства, датчики препятствий, звуковые и визуальные предупреждающие устройства, *Wi-Fi* соединение, модули *GPS*, пульта дистанционного управления, системы камер и другие [3]. Существует несколько способов навигации и технологий наведения *AGV*, которые варьируются от физических направляющих с использованием лазера, магнитной ленты, оптических датчиков, проводов до инерциального наведения на основе гироскопа и беспроводной связи. Последнее дает преимущество, которое можно

легко модифицировать. AGV обычно имеет ПЛК или микроконтроллер в качестве основного устройства управления.

AGV взаимодействует с человеко-машинным интерфейсом (HMI) через промышленную беспроводную локальную сеть с использованием стандартов связи *PROFINET* и *PROFISAFE*. Прямое подключение распределенных систем управления через промышленный *Ethernet* может быть легко реализовано через *PROFINET* [4].

Общая система AGV по существу состоит из периферийного оборудования транспортного средства, устанавливаемого на месте, а также стационарной системы управления. Основными компонентами системы AGV являются: транспортная тележка; система наведения по траектории; контроллер. На рисунке 1 показана конструкция рамы AGV.

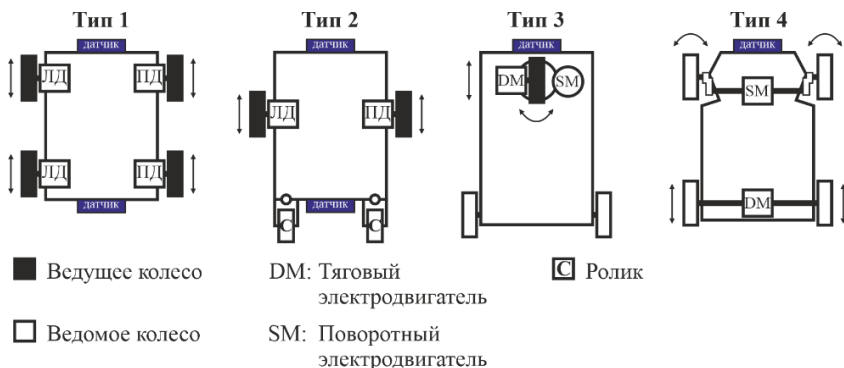


Рис. 1. Конструкционные особенности рамы AGV

При проектировании тележки существует четыре основных способа обеспечения привода и рулевого управления. Некоторые типы легче построить, другие обладают лучшими характеристиками управления. Две из этих конструкций полностью симметричны и могут работать в обоих направлениях [5].

В таблице 1 приводится список характеристик каждой конструкции.

Табл. 1. Конструктивные характеристики рамы AGV

Конструкция рамы	Простота исполнения	Рулевое управление	Ревёрсивный ход
4 ведущих колеса	Примитивная конструкция	Низкая <i>точность</i> управления	Есть
Центральное расположение ведущих колес с опорными роликами	Простая конструкция	Высокая <i>точность</i> управления	Есть
С одним поворотным-ведущим колесом	Средней сложности конструкция	Максимально высокая <i>точность</i> управления	Нет
Задний ведущий мост с передним реечным рулевым механизмом	Сложная конструкция	Высокая <i>точность</i> управления	Трудно исполнимый

Электродвигатель AGV можно выбрать между двигателем постоянного тока или бесщеточным двигателем постоянного тока (BLDC). Двигателями постоянного тока можно управлять с помощью драйверов и сигналов ШИМ, но двигатели постоянного тока не имеют достаточного крутящего момента для нагрузки до 500 кг. Двигатели BLDC обладают высоким крутящим моментом, чем наиболее часто используемые двигатели в промышленном мире, например, в автомобильной, медицинской автоматике и измерительном оборудовании.

Литература

1. Yakut Ali, M., Hossain, S.G., Jamil, H. & Haq, M.Z. 2010. Development of automated guided vehicles for industrial logistics applications in developing countries using appropriate technology. International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, 10(02), pp. 13-17.
2. Davich, T. 2010. Material handling solutions: A look into automated robotics. Thesis, University of Wisconsin-Madison, USA. [Online] Available at:

<http://tc.engr.wisc.edu/files/2013/02/Davich2010.pdf> [Accessed 2 April 2013].

3. Stewart, T. 2009. A look at how the automobile industry uses robots. [Online] Available at: <http://www.helium.com/items/1409985-robots-in-the-automobile-industry-robots-making-cars-robotsstealing-jobs> [Accessed 2 April 2013].

4. Floreano, D., Godjevac, J., Martinoli, A., Mondada, F. and Nicoud, J.-D. 1999. Advances in intelligent autonomous systems. In: S. G. Tzafestas (ed.), Design, control, and applications of autonomous mobile robots. Dordrecht: Springer, pp. 159-186.

5. S.K Das, M.K.Pasan, "Design and Methodology of Automated Guided Vehicle-A Review" , IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE, Special Issue - AETM'16, Page 29.

УДК 621.31.83.52

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ
ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Горюнова В.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Мировая практика создания нового и модернизации действующего технологического оборудования предполагает широкое применение регулируемых электроприводов с функциями прямого цифрового управления. Это дает возможность обеспечить интеграцию электропривода (ЭП) в систему комплексной автоматизации технологических процессов: связать как с оператором, так и с автоматизированными системами управления более высокого уровня (АСУТП); осуществить контроль и диагностику как самого ЭП, так и приводимого им в действие механизма.

Современные ЭП оснащаются большим набором программных средств, с помощью которых можно решать многие