

Таким образом, в зависимости от условий синтеза и цели управления возможно применение различных способов адаптации и нейронных структур.

Список использованной литературы

1. Astrom, K.J. Advanced PID Control. /, K.J Astrom, T. Hagglund, – Nord Carolina: ISA, 2006.– 461 p.

2 Pajchrowski, T. Neural Speed Controller Trained Online by Means of Modified RPROP Algorithm // T. Pajchrowski, K. Zawirski K. Nowopolski, IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 11, NO. 2, april 2015. P. 560-568. DOI 10.1109/TII.2014.2359620.

3. Chuong, V.L. Robust Fractional-Order PI/PD Controllers for a Cascade Control Structure of Servo Systems. / V.L.Chuong, N.H. Nam., L.H Giang,.; T.N.L Vu, Fractal Fract. 2024, 8, 244. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8040244>. p.1–17.

УДК 62-83-52(075.32)

Бурба М.Д., аспирант

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕХАТРОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Тенденции в развитии агропромышленного комплекса Республики Беларусь в настоящее время указывают на мероприятия, направленные на повышение технологической эффективности, энергосбережение и модернизацию производственных процессов [1]. Это является немаловажным и в части обновления мобильной сельскохозяйственной техники. Важность приобретает тематика рационального использования энергии. Эти задачи коррелируют с общемировыми тенденциями, где ключевыми направлениями становятся экологизация сельского хозяйства, внедрение систем с высоким КПД и широкая цифровизация технологических процессов, не говоря о роботизированных производствах.

Помимо широко применяемых механических приводов, доказавших свою эффективность и надежность, достижению повышения вышеописанных показателей послужит внедрение

современных типов электроприводов, которые могут быть интегрированы с современными системами управления. К тому же они имеют высокий КПД и возможность рекуперации электрической энергии. Электромеханические решения на базе асинхронных двигателей частично решают задачу регулирования момента и скорости, однако остаются инерционными, шумными, и требуют высоких затрат энергии даже в холостом режиме.

В этих условиях обоснованным шагом представляется внедрение синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ), управляемых по технологии векторного (полеориентированного) управления [2]. Применение СДПМ позволяет устранить потери на возбуждение, снизить токи холостого хода и обеспечить возможность точного регулирования момента во всём диапазоне скоростей.

В применениях, где необходимы минимальные габариты или масса устройства, где оптимизируется энергопотребление, может возникнуть запрос на внедрение компактных и легковесных СДПМ. Примерами таких применений могут служить: электроника рабочих органов автоматизированных систем, компактные вентиляторы и др.

Таковыми двигателями могут выступить СДПМ с печатным статором [3]. Их конструкция предполагает исполнение статорных обмоток в виде дорожек на многослойной печатной плате. Масса статора в таких двигателях значительно меньше, чем у классических, а сами двигатели имеют конструкцию электродвигателей с аксиальным магнитным потоком. Такая конструкция предполагает, что диаметр двигателя значительно превышает его продольный размер. Такие двигатели являются энергоэффективными, а из-за печатного исполнения статора, могут быть инкорпорированы прямо в печатные платы, которые необходимо охлаждать (Рисунок 1).

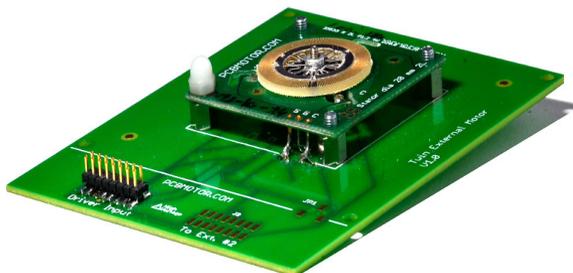


Рисунок 1 – Вариант монтажа СДПМ с печатным статором на печатную плату

Предлагается использовать СДПМ с печатным статором с векторным управлением, что обеспечивает не только энергетическую, но и функциональную эффективность. Алгоритмы векторного управления позволяют разделить управление магнитным потоком и моментом, что приводит к повышению КПД в частичных нагрузках и при переменных режимах. Такое решение хорошо сочетается с цифровыми системами управления, в том числе с современными CAN- и ISOBUS-интерфейсами [3].

Функциональная схема предлагаемого электропривода включает в себя СДПМ с печатным статором, инвертор, микроконтроллер с реализованным алгоритмом векторного управления, датчики тока, температуры и положения ротора, штатный аккумулятор мобильной установки.

Управляющая система формирует фазные токи, синхронные с положением магнитного поля, обеспечивая максимальную эффективность на каждом рабочем участке. При торможении или снижении нагрузки часть энергии рекуперирована и возвращается в накопитель. Электропривод способен работать в замкнутом контуре регулирования, корректируя момент в реальном времени, что особенно важно при переменных нагрузках, характерных для полевых условий.

Однако, следует отметить, что, пусть приводы на основе любых СДПМ являются идеальным примером энергосберегающих решений, их применение может оказаться сравнительно более дорогостоящим. Применение же СДПМ с печатным статором пока не является широко распространенным, что влечет дополнительные задачи на инжиниринг и исследования вопроса.

Тем не менее, указанные ограничения не являются принципиально непреодолимыми и компенсируются снижением энергозатрат, применением в сложных габаритных условиях, гибкостью управления и возможностью интеграции в цифровую инфраструктуру «умной» техники.

Список использованной литературы

1. Закон Республики Беларусь от 8 января 2015 года «Об энергосбережении» (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 2015 г., № 239-З, ст. 3).

2. Симонов, А. С. Энергоэффективные электроприводы с синхронными машинами / А. С. Симонов, Н. Н. Романченко // Известия вузов. Электромеханика. – 2020. – №6. – С. 3–10.

3. Tokgöz, F. Analytical Modelling and Multi-Objective Optimization of Axial-Flux Permanent Magnet Machine with Various PCB Stators and Development of a GaN Switch: Master's Thesis / Furkan Tokgöz. – Yıldız Technical University, Istanbul, 2022. – 142 p.

УДК 681.5:007.52

**Гордевич М.В., Макаревич И.Г., Кадинец В.М.,
Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., доцент**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР: КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Введение

Одним из распространённых инструментов автоматизации являются манипуляторы – роботы в виде «руки». Робот-манипулятор – это автоматизированная механическая рука, способная выполнять повторяемые движения с высокой точностью. Он используется в производстве, логистике и образовательных проектах.

Манипулятор – это упрощенная, но полностью рабочая модель автоматизированной руки на заводском конвейере. Его основная задача – выполнять запрограммированную последовательность действий: брать, перемещать, поворачивать и отпускать предметы без участия человека. Внешний вид манипулятора показан на рис. 1.

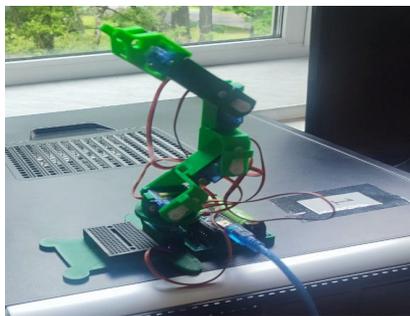


Рисунок 1 – Внешний вид робота-манипулятора