

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Павлова А.А.

*Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Представлена разработка энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений, интегрированного в промышленные системы автоматизации. В основе – использование датчиков давления, уровня и температуры для адаптивного регулирования скорости насосов и вентиляторов, что снижает энергопотребление на 20–40%.

Ключевые слова: управление асинхронным двигателем, очистные сооружения, энергоэффективность, MQTT, датчики давления, уровня и температуры, системы автоматизации, I2C, UART, IoT-платформы с поддержкой MQTT.

Введение. Совершенствование и модернизация функционирования очистных систем используя современные решения является важной и необходимой задачей. Целью разработки является создание энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений, основанного на современных технологиях промышленной автоматизации. Основная задача – проектирование системы, которая автоматически регулирует работу насосов, вентиляторов и мешалок в зависимости от технологических параметров (уровень стоков, давление, температура среды) и интегрируется с промышленными SCADA-системами и IoT-платформами.

Основная часть. Асинхронные двигатели (АД) широко применяются в составе электроприводов насосов, вентиляторов и мешалок на очистных сооружениях, где их надежность и простота конструкции делают их незаменимыми. Автоматизация управления этими двигателями с использованием современных технологий обеспечивает значительные преимущества. Во-первых, повышается энергоэффективность за счет адаптивного регулирования скорости и момента двигателей, что позволяет снизить энергопотребление на 20-40%. Например, при уменьшении уровня сточных вод система автоматически снижает частоту вращения насоса, сокращая расход электроэнергии без потери производительности. Во-вторых, повышается надежность оборудования благодаря непрерывному мониторингу ключевых параметров, таких как ток, напряжение и температура, что предотвращает перегрузки и перегрев. В-третьих, интеграция модуля с промышленными системами автоматизации через протоколы Modbus, Profinet и MQTT обеспечивает удаленное управление и анализ данных в реальном времени, что соответствует требованиям современных SCADA-систем и облачных IoT-платформ.

Техническая реализация модуля управления включает несколько ключевых компонентов. Структурная схема устройства, представленная на рисунке 1, демонстрирует взаимодействие всех компонентов системы, включая силовые цепи, управляющую электронику и интерфейсы связи. Силовая часть построена на базе IGBT-инвертора, который преобразует напряжение промышленной сети в трехфазное переменное с регулируемой частотой в диапазоне 5-100 Гц, что позволяет гибко настраивать режимы работы двигателей. Управляющая часть основана на микроконтроллере (STM32F4 или TI C2000), реализующем алгоритмы векторного управления и ПИД-регуляторы для точного поддержания заданных параметров. Для сбора данных используются датчики тока, давления и уровня, передающие информацию в режиме реального времени. Интерфейсы связи, такие как Ethernet и Wi-Fi, обеспечивают интеграцию модуля с промышленными сетями и MQTT-брокерами, что позволяет синхронизировать его работу с облачными сервисами и системами предиктивной аналитики.

Модуль предназначен для монтажа в стандартные шкафы управления и совместим с большинством промышленных асинхронных двигателей мощностью до 75 кВт. Его подключение к существующей инфраструктуре очистных сооружений не требует значительных изменений, что упрощает внедрение. Например, система автоматически увеличивает скорость аэрационных вентиляторов при снижении уровня кислорода в аэротенках или регулирует производительность насосов в зависимости от давления в трубопроводах.

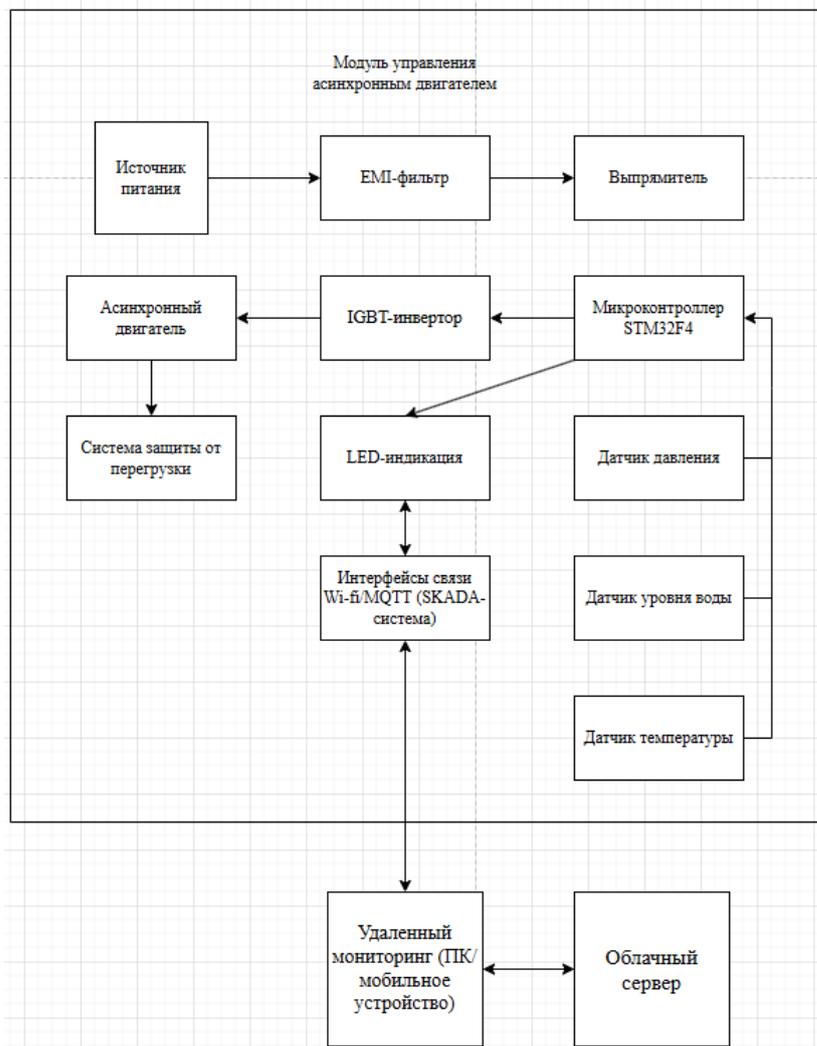


Рисунок 1 – Структурная схема блока автоматической координации

Проведенный анализ существующих решений показал, что современные методы управления АД можно разделить на две категории: базовые частотные преобразователи (ЧРП) с ограниченной функциональностью и комплексные системы, интегрированные в АСУ ТП с поддержкой предиктивной аналитики. Однако эти решения имеют ряд недостатков. Продвинутое ЧРП, такие как Siemens Sinamics или ABB ACS880, отличаются высокой стоимостью, что делает их малодоступными для мелкосерийных проектов. Кроме того, их настройка под специфические условия очистных сооружений, такие как динамические нагрузки или работа в агрессивных средах, требует значительных временных и финансовых затрат. Еще одной проблемой является ограниченная совместимость многих промышленных решений с IoT-платформами, что затрудняет их интеграцию в современные цифровые экосистемы.

Разрабатываемый модуль управления устраняет эти недостатки за счет оптимизированной элементной базы, которая снижает себестоимость производства на 30-50% по сравнению с аналогами. Гибкие алгоритмы управления, включая адаптацию к переменным нагрузкам (например, засорам или изменениям вязкости стоков), обеспечивают стабильную работу оборудования в нестандартных условиях. Использование открытых протоколов связи, таких как Modbus и MQTT, гарантирует совместимость модуля с популярными SCADA-системами и облачными сервисами, что упрощает масштабирование и интеграцию в существующие инфраструктуры.

Тестирование модуля на имитационных стендах подтвердило его эффективность: энергопотребление оборудования снизилось на 25%, а надежность работы повысилась за счет автоматического предотвращения аварийных режимов. Таким образом, разработка направлена на создание доступного, надежного и адаптивного решения, соответствующего требованиям современных очистных сооружений.

Заключение. Разработка энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений является ключевым шагом в модернизации промышленной автоматизации. Модуль ориентирован на применение в насосных станциях, аэрационных системах и мешалках, где его внедрение обеспечит не только сокращение эксплуатационных затрат, но и соответствие экологическим стандартам (ISO, ГОСТ). Благодаря компактной конструкции, совместимости с промышленными двигателями и поддержке удаленного мониторинга, решение может быть масштабировано для других энергоемких объектов, таких как водоканалы, ТЭЦ или химические производства.

Список литературы

1. Энергоэффективное управление асинхронными двигателями в системах водоподготовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/17399/1/ehnergoehffektivnyj-chastotno-reguliruemyj-asinhronnyj-ehlektroprivod-v-selskom-hozyajstve.pdf>
2. I2C and UART Protocols [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elcomp.ru/articles/protokoly-i2c-i-uart>
3. Применение MQTT в промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/advantech/articles/490346/>
4. ГОСТ Р 54130-2010: Энергоэффективность в системах автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144205/

UDC 62.519

DEVELOPMENT OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL MODULE

Pavlova A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The development of an energy-efficient asynchronous motor control module for wastewater treatment plants integrated into industrial automation systems is presented. It is based on the use of pressure, level and temperature sensors for adaptive speed control of pumps and fans, which reduces energy consumption by 20-40%.

Keywords: asynchronous motor control, wastewater treatment plants, energy efficiency, MQTT, pressure/level/temperature sensors, automation systems, I2C, UART, IoT platforms with MQTT support.