

## **РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ**

**Андрианов М.А.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Поляков Н.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

mikhail.a.andrianov@gmail.com

### **Введение**

В настоящее время наблюдается устойчивый рост рынка электроприводов, что обусловлено повсеместным распространением электрических машин в различных отраслях промышленности, среднегодовой темп роста рынка электроприводов составит 5,1 % до 2029 года [1]. Существует ряд применений электроприводов, в которых крайне важным является точный контроль параметров системы: полосы пропускания и быстродействия контура тока, обуславливающих способность быстро реагировать на изменение задающего воздействия, что актуально во фрезерных станках, и обеспечивающих минимальное время реакции системы при возникновении аварийной ситуации, например, при заклинивании пресса. Также применяемые для высокоточного и высокоскоростного управления магнитным полем активного магнитного подшипника двух- и трехуровневые преобразователи требуют реализации контура тока быстродействием 10 кГц [2]. Наибольшее быстродействие требуется в многофазных системах регулирования тока для питания современных процессорных систем, где частота измерительного контура достигает 100 МГц, а частота широтно-импульсной модуляции – до 5 МГц на фазу [3]. Современные микроконтроллерные системы (МКС) и DSP неспособны обеспечить необходимое быстродействие из-за значительных задержек в контуре тока – до 155% периода широтно-импульсной модуляции [4]. Для решения данной проблемы предлагается использовать программируемую логическую интегральную схему.

### **Основная часть**

В рамках данной работы представлена разработка высокоскоростного контура тока на базе программируемой логической схемы ввиду её следующих преимуществ: параллельная аппаратная архитектура, предоставляющая возможность создания конвейерной системы с параллельной обработкой измеренных значений тока в контуре, детерминированность временных задержек внутри ПЛИС, что обеспечивает стабильность разрабатываемой системы, аппаратная гибкость, позволяющая адаптировать разрабатываемую систему для широкого спектра задач по управлению электроприводом. В рамках разработки высокоскоростного контура тока на ПЛИС были выполнены следующие задачи: исследование современных решений в области создания высокоскоростных контуров тока, выбор электронно-компонентной базы, обеспечивающей оптимальные характеристики разрабатываемой системы, математическое моделирование системы управления с использованием Matlab Simulink, экспериментальная верификация характеристик разрабатываемой системы при помощи лабораторного стенда. При выборе электронно-компонентной базы производится анализ существующих программируемых логических интегральных схем, оценка требований к ПЛИС в текущем проекте; также осуществляется выбор средства измерения тока в контуре – аналого-цифровой преобразователь, к которому предъявляются требования по максимальной частоте дискретизации с сохранением принятой в рамках проекта

разрядности (12 бит). Оценка полученных характеристик системы проведена по результатам моделирования и экспериментального исследования.

### **Выводы**

Развитие интеллектуальных систем управления (предиктивных, адаптивных, с интегрированной онлайн-диагностикой) упирается в аппаратные ограничения по быстродействию классических микропроцессорных систем управления. Программируемые логические интегральные схемы являются ключевой технологией для преодоления этого барьера, обеспечивая уровень временных задержек и степень временной детерминированности управления, необходимые для реализации современных алгоритмов в реальном времени. Полученные в работе результаты, включая практический опыт по разработке высокоскоростного контура тока на базе программируемой логической интегральной схемы и лабораторный стенд для верификации параметров разработанной системы, имеют высокую востребованность в областях робототехники, прецизионного электропривода и силовой электроники.

### **Литература**

1. Электроприводы — анализ рынка, доля, тенденции, рост и прогнозы (2024–2029 гг.) [Электронный ресурс] // Mordor Intelligence. URL:<https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/electric-drives-market> (Дата обращения: 22.01.2026).
2. Ou F, Liao X, Yi C, Chen Z, Lin J. Field experimental tests and analyses of suspension frame vibration of low-medium speed maglev train. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 2022;42(2):496-508.
3. B. Halivni and M. M. Peretz, "Digital Controller for High-Performance Multiphase VRM with Current Balancing and Near-Ideal Transient Response," 2020 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), New Orleans, LA, USA, 2020, pp. 2206-2213, doi: 10.1109/APEC39645.2020.9124261.
4. B. P. Jeppesen, A. Crosland and T. Chau, "An FPGA-based platform for integrated power and motion control," IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Florence, Italy, 2016, pp. 2684-2689, doi: 10.1109/IECON.2016.7793078.