

УДК 004.415.2.031.43

DOI 10.53403/9785951505170_2021_26_2_262

Особенности разработки программного обеспечения цифровой системы управления активным магнитным подвесом на отечественной электронно-компонентной базе

Д. Е. Борисов*

Статья посвящена созданию программного обеспечения системы управления активным магнитным подвесом, реализованной на отечественной электронно-компонентной базе. Исследования отталкивались от разработок Псковской инженерной компании ООО «ПИК» в области создания систем управления магнитным подвесом на импортной элементной базе. Автор уделяет особое внимание задачам, которые были поставлены и решены в процессе работы. В заключении говорится об успешном испытании программного обеспечения на экспериментальном стенде в ООО «ПИК».

Введение

В настоящее время существует цифровая система управления активным магнитным подвесом ротора на импортной элементной базе, разработанная в ООО «ПИК» г. Псков [1]. Цифровая обработка сигналов в этой системе управления реализована на микроконтроллере TMS320F28335 фирмы Texas Instruments [2]. Характеристики данного микроконтроллера представлены в табл. 1.

В целях создания стойкой к специальным факторам отечественной системы управления активным магнитным подвесом ротора для применения в условиях открытого космоса в НИИИС было принято решение использовать в качестве регулятора системы управления базовый матричный кристалл (БМК) 5511БЦЗТ собственного производства. Для отладки программного модуля системы управления используется импортная программируемая логическая интегральная схема

* Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова», г. Н. Новгород.
© Атомный проект. 2018. № 29. С. 28.

(ПЛИС) Xilinx Spartan 3E, аналогичная по характеристикам и функциональности данному БМК [3, 4]. Характеристики ПЛИС приведены в табл. 2.

Таблица 1
Основные характеристики импортного микроконтроллера TMS320f28335

Наименование характеристики, единица измерения	Значение характеристики
Тактовая частота, МГц	150
Объем оперативной памяти, Кбит	256
Количество интерфейсов serial peripheral interface (SPI), шт	1
Количество интерфейсов serial communications interface (SCI), шт	3
Количество 12-битных модулей аналого-цифрового преобразователя (АЦП), шт	16
Количество 32-битных таймеров, шт	3
Количество модулей широтно-импульсной модуляции (ШИМ), шт	6
Температурный рабочий диапазон, °С	от -40 до 85

Таблица 2
Основные характеристики ПЛИС XilinxSpartan 3E

Наименование характеристики, единица измерения	Значение характеристики
Количество логических элементов, шт	10476
Количество системных вентилях, шт	500 000
Количество аппаратных умножителей, шт	20
Объем оперативной памяти, Кбит	360
Количество блоков синхронизации digital clock manager (DCM), шт	4
Количество внешних вводов/выводов, шт	330
Разрешение аппаратного умножителя, бит	16 × 16

В силу ограниченности ресурсов ПЛИС и отличного от импортного микроконтроллера TMS320f28335 принципа обработки сигналов, основными целями стали уменьшение ресурсоемкости программного обеспечения и реализация его на новой аппаратной базе, что повлекло за собой ряд задач, которые были успешно решены. Среди них: конструирование программы на ПЛИС таким образом, чтобы она занимала наименьшее количество ресурсов программируемой логики; синхронизация процессов получения, обработки и выдачи управляющего сигнала; реализация алгоритма управления в целочисленной 16-битной арифметике без потери качества работы системы; обеспечение надежности и бесперебойной работы программы при любых внешних воздействиях на ротор [5–7].

Экспериментальная часть

В ходе испытаний, прошедших в августе 2018 г. в г. Пскове, были получены следующие результаты. На рис. 1 приведен график огибающей с датчиков положения ротора системы управления активным магнитным подвесом на отечественной элементной базе под управлением разработанного для ПЛИС Xilinx Spartan 3E программного обеспечения. По оси OX отложено время

в секундах, по оси OY – амплитуда колебаний ротора в единицах измерения АЦП (две единицы АЦП соответствуют одному микрону). Ширина зазора между страховочным шариковым подшипником и ротором составляет 500 единиц АЦП. Ротор был раскручен до скорости 40000 об/мин, далее свободно вращался до полной остановки. На рис. 2 приведен для сравнения аналогичный график, полученный при раскручивании ротора под управлением системы на импортной элементной базе с микроконтроллером TMS 320F28335.

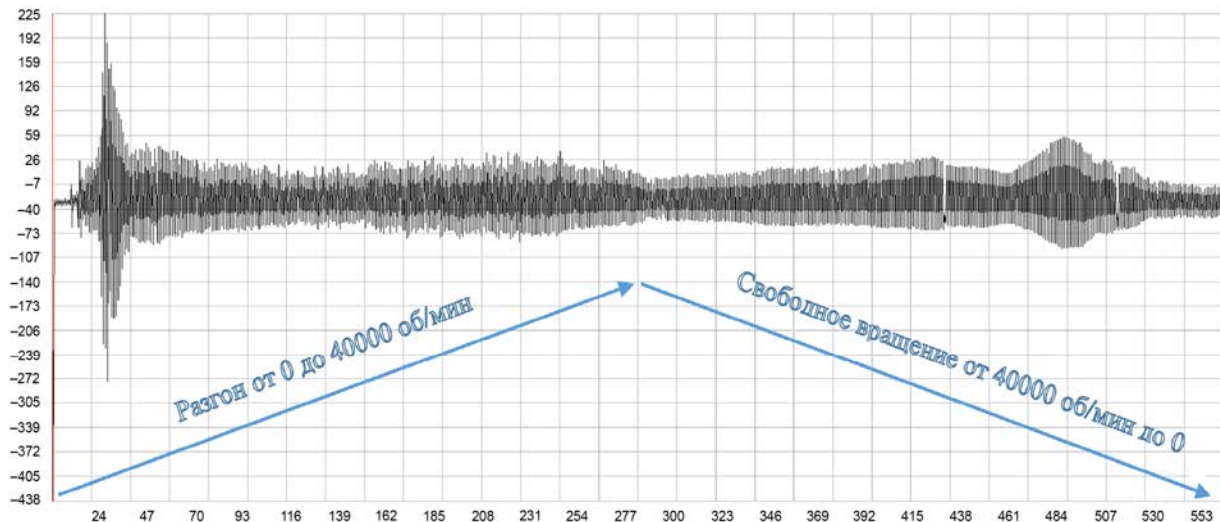


Рис. 1. График огибающей с датчиков положения ротора при работе отечественной системы под управлением ПЛИС Xilinx Spartan 3E

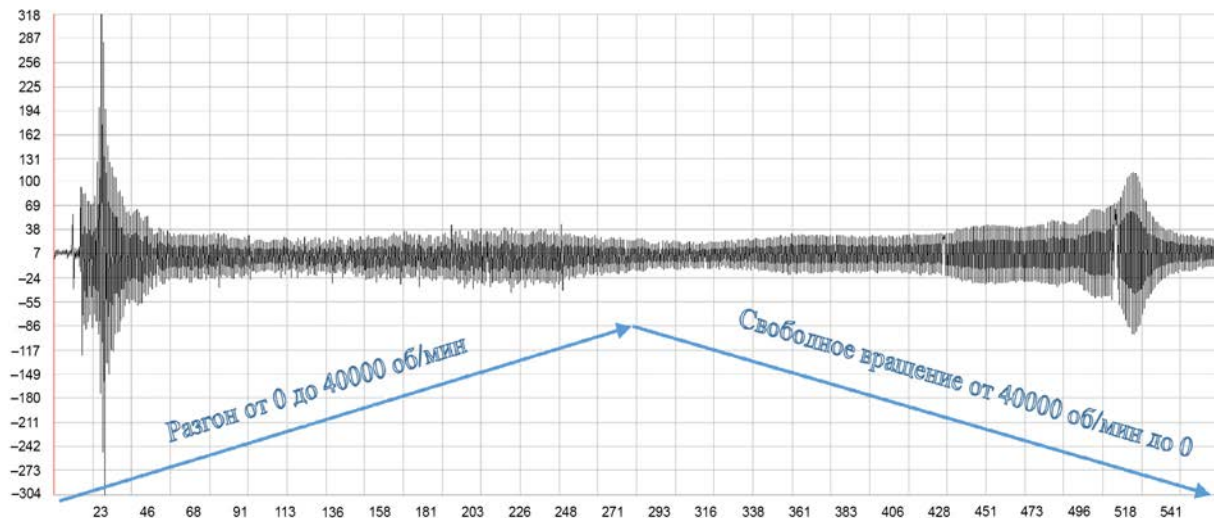


Рис. 2. График огибающей с датчиков положения ротора при работе импортной системы под управлением микроконтроллера TMS 320F28335

Выводы

В результате сравнения графиков на рис. 1 и 2 можно сделать вывод о качественно идентичном функционировании программных модулей для цифровой системы управления на импортной электронно-компонентной базе. Таким образом, подтверждена работоспособность созданного в НИИИС программного продукта для отечественной системы управления активным магнитным подвесом.

Список литературы

1. Журавлёв Ю. Н. Активные магнитные подшипники. Санкт-Петербург, 2003.
2. Texas Instruments TMS320F28335 Data Manual.
3. Бибило П. Н. Основы языка VHDL. М., 2002.
4. Peter J. Ashenden. VHDL Cookbook. University of Adelaide South Australia, 1990.
5. Кестер У. Цифровые фильтры. Нью-Йорк, 1996.
6. Исаков В. Н. Линейные радиотехнические цепи, их основные характеристики и методы анализа. Санкт-Петербург, 2006.
7. Солонина А. И., Арбузов С. М. Цифровая обработка сигналов, моделирование в MATLAB. Санкт-Петербург, 2008.

Specificities of Software Development of the Active Magnetic Bearingdigital Control System, Made on Russian Electronic Components

D. E. Borisov

The article is devoted to software development of the active magnetic bearingdigital control system, made on Russian electronic components. Researches started from llc "PIC" designing in the sphere of software development of active magnetic bearingdigital control system, made on the foreign electronic components. Author pays special attention to tasksthat were set and solved during the work on the software. In the conclusion the author says about successful software trials on the experimental stand at llc "PIC".