

Выпускная квалификационная работа магистра на тему
Разработка модели микроконтроллера в MATLAB для отладки и
тестирования программы управления устройством плавного
пуска двигателя

Работу выполнил студент гр. 2337М:

Разваляев А. В.

Научный руководитель доцент, канд. техн. наук:

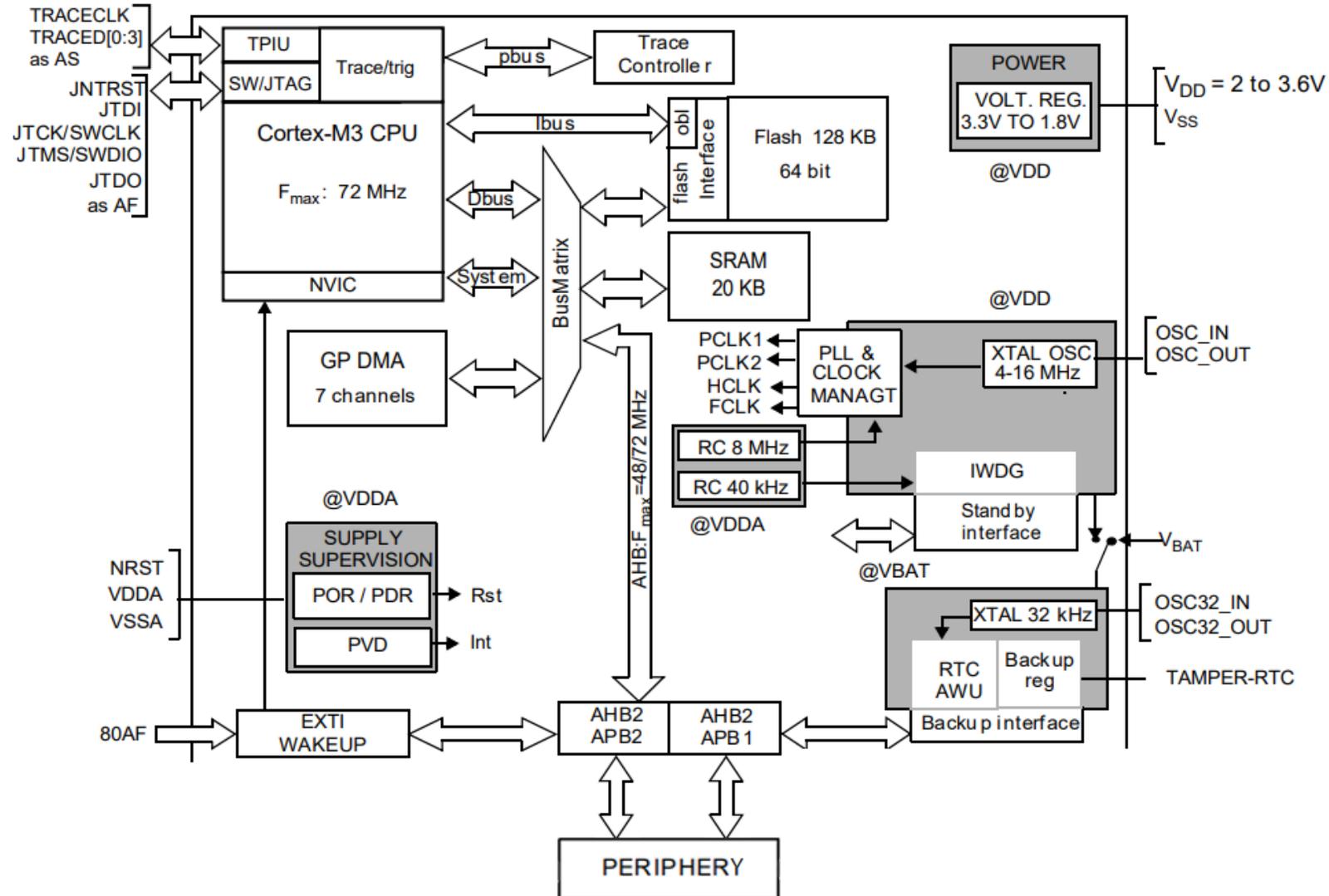
Ляшенко Александр Леонидович

Цель работы: Исследование возможности отладки микроконтроллерных программ средствами MATLAB/Simulink и по результатам исследования разработка модели микроконтроллера.

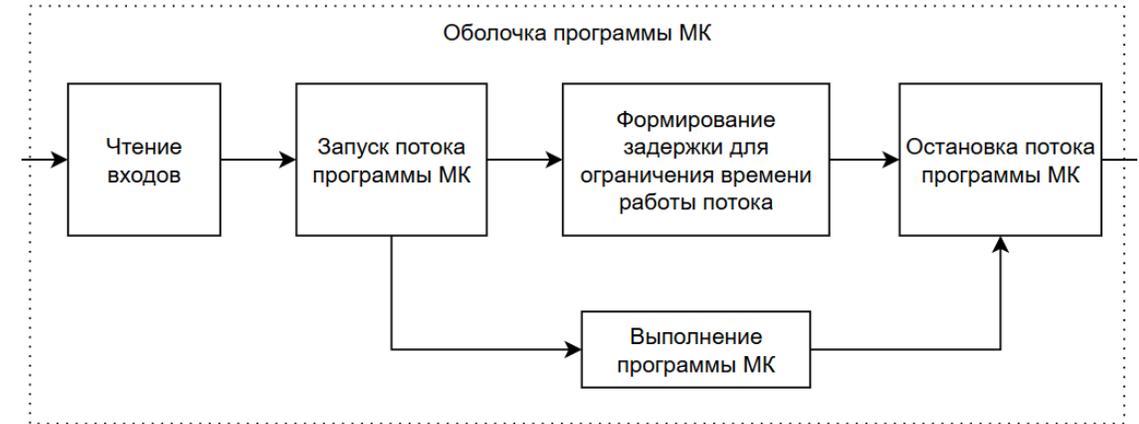
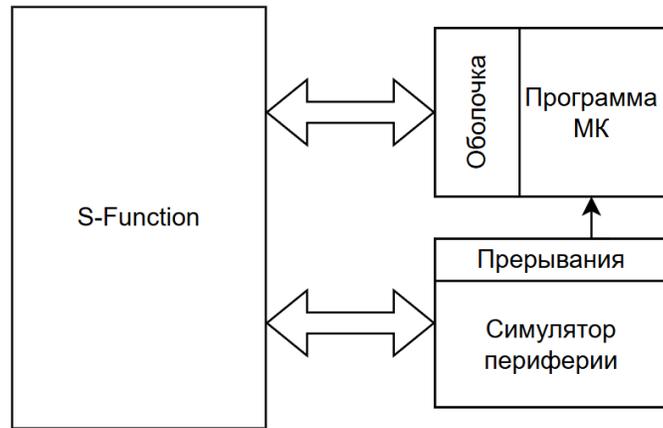
Задачи:

- Обеспечить интеграцию С-кода микроконтроллера в MATLAB
- Исследовать адекватность работы модели микроконтроллера
- Оценить ограничения и условия применимости симуляции для отладки микроконтроллерных программ

Модель микроконтроллера в MATLAB. Структурная схема микроконтроллера

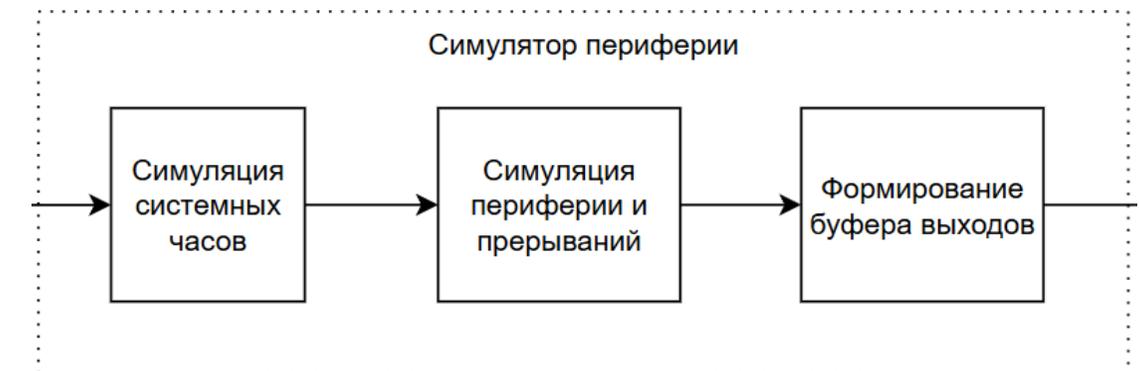


Модель микроконтроллера в MATLAB. Структурная схема симулятора

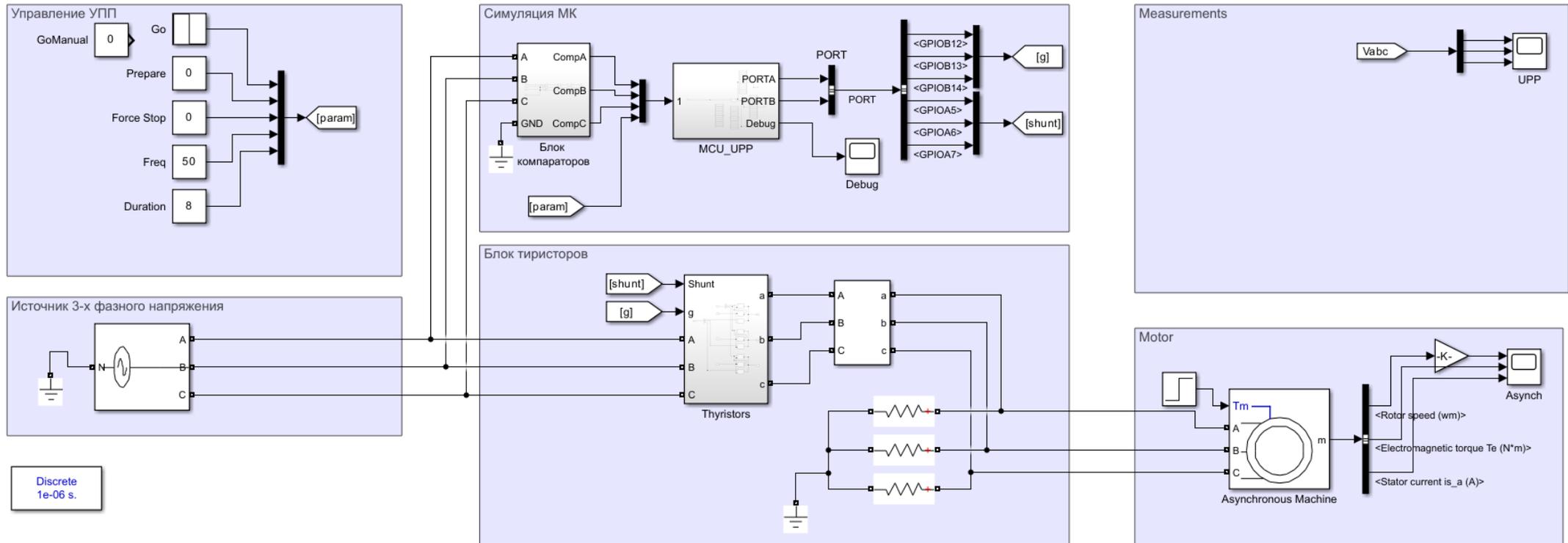


Принцип работы:

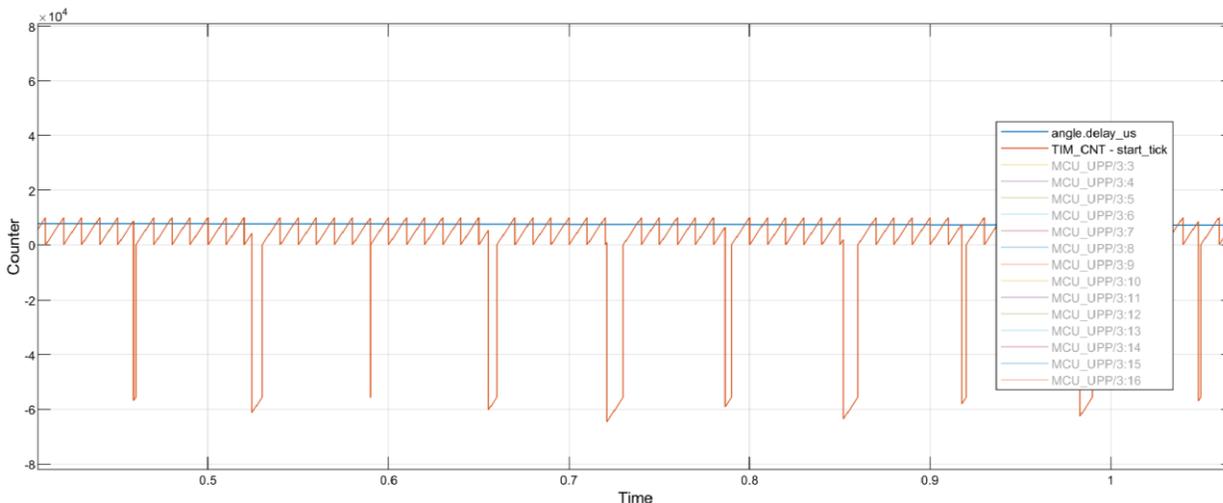
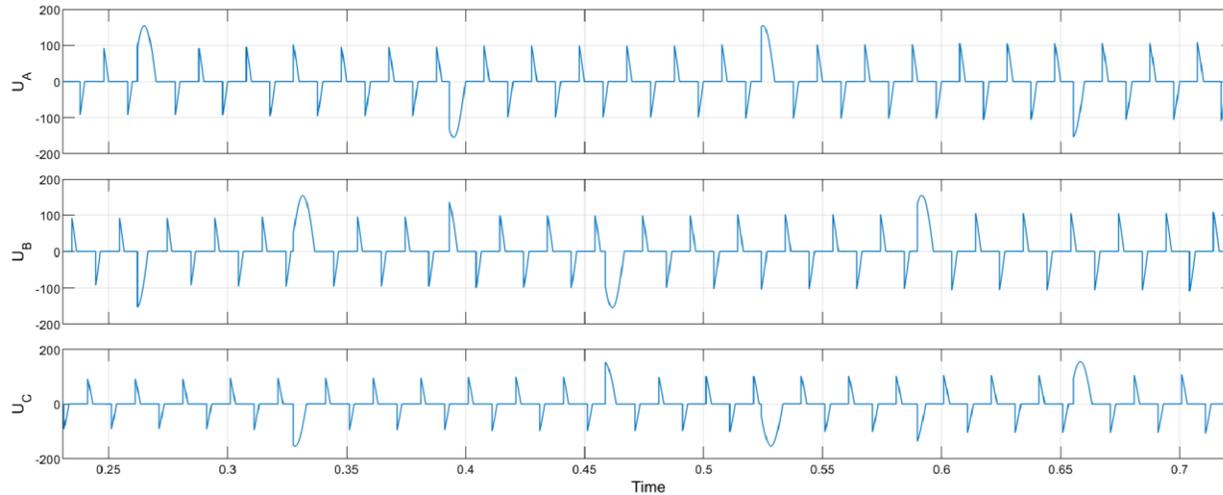
- Simulink передаёт данные через S-Function;
- Через оболочку запускается программа МК;
- Запускается симулятор периферии;
- Результаты работы возвращаются в Simulink.



Практическое применение. Моделирование алгоритма УПП. Модель в Simulink



Практическое применение. Моделирование алгоритма УПП. Отладка алгоритма



С помощью временных диаграмм удобно проверять корректность алгоритма и состояние внутренних переменных в программе. Так, была выявлена ошибка в алгоритме расчета задержки для открытия тиристора.

Тиристор должен включаться, когда разность между TIM_CNT и start_tick пересекает angle.delay_us.

Но как видно, разность между TIM_CNT и start_tick иногда рассчитывалась некорректно. А из-за особенностей беззнакового типа данных, сравнение angle.delay_us и отрицательной разности (TIM_CNT – start_tick) возвращало истину. И поэтому тиристор открывался раньше заданного угла

Практическое применение. Моделирование алгоритма УПП. Прямой пуск

Максимальные токи статора при пуске:

$$i_{s_a_max} = 945 \text{ A}, i_{s_b_max} = 775 \text{ A}, i_{s_c_max} = 830 \text{ A}$$

Максимальный момент при остановке:

$$T_e = 1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

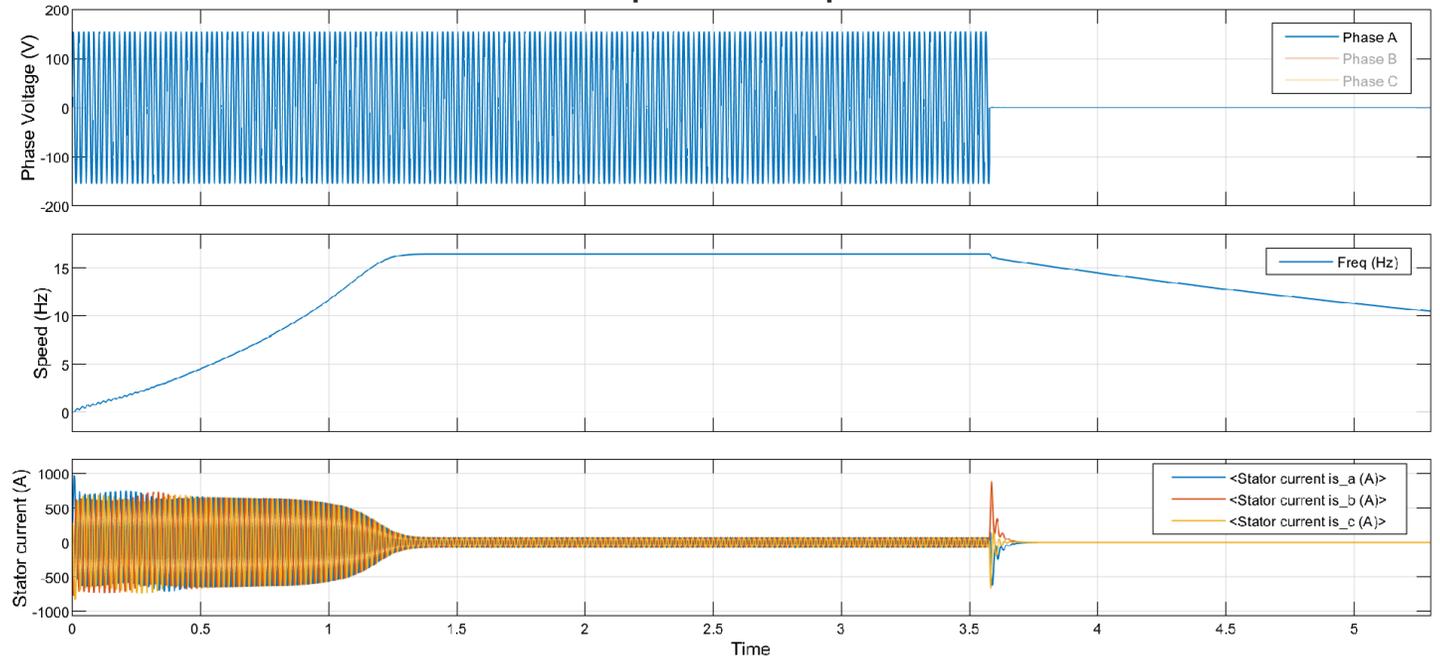
Максимальные токи статора при остановке:

$$i_{s_a_max} = 880 \text{ A}, i_{s_b_max} = 527 \text{ A}, i_{s_c_max} = 740 \text{ A}$$

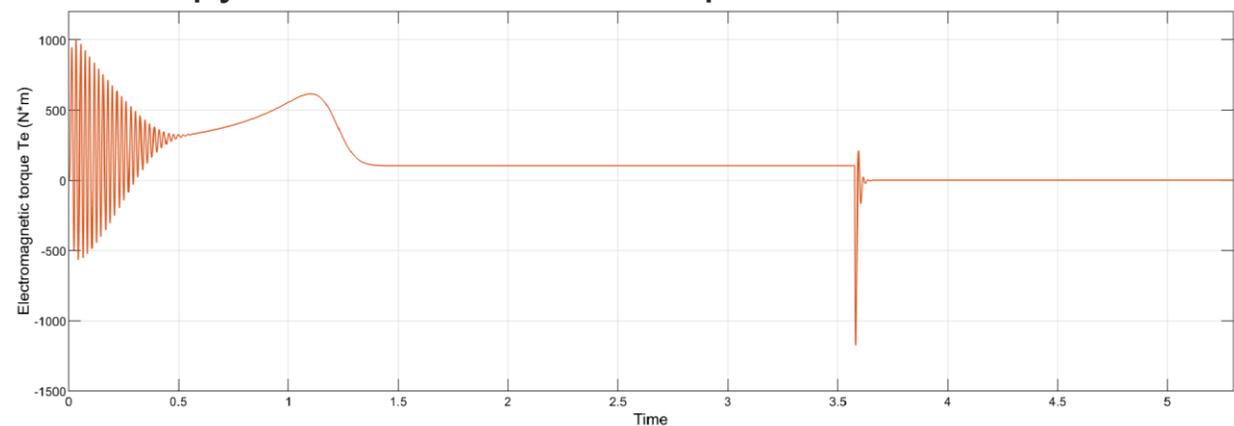
Максимальный момент при остановке:

$$T_e = -1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Токи статора асинхронного двигателя



Крутящий момент асинхронного двигателя



Практическое применение. Моделирование алгоритма УПП. Плавный пуск

Максимальные токи статора при пуске:

$$i_{s_a_max} = 496 \text{ A}, i_{s_b_max} = 491 \text{ A}, i_{s_c_max} = 485 \text{ A}$$

Максимальный момент при остановке:

$$T_e = -800 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

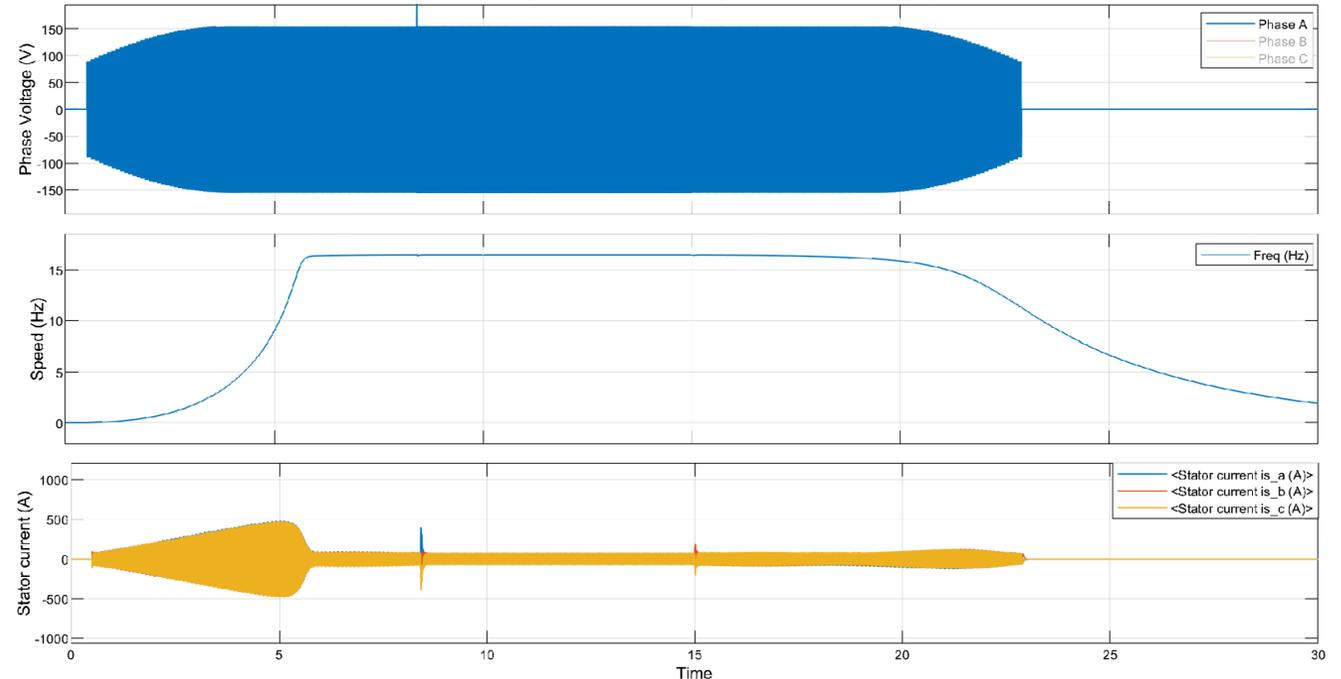
Максимальные токи статора при остановке:

$$i_{s_a_max} = 91 \text{ A}, i_{s_b_max} = 95 \text{ A}, i_{s_c_max} = 89 \text{ A}$$

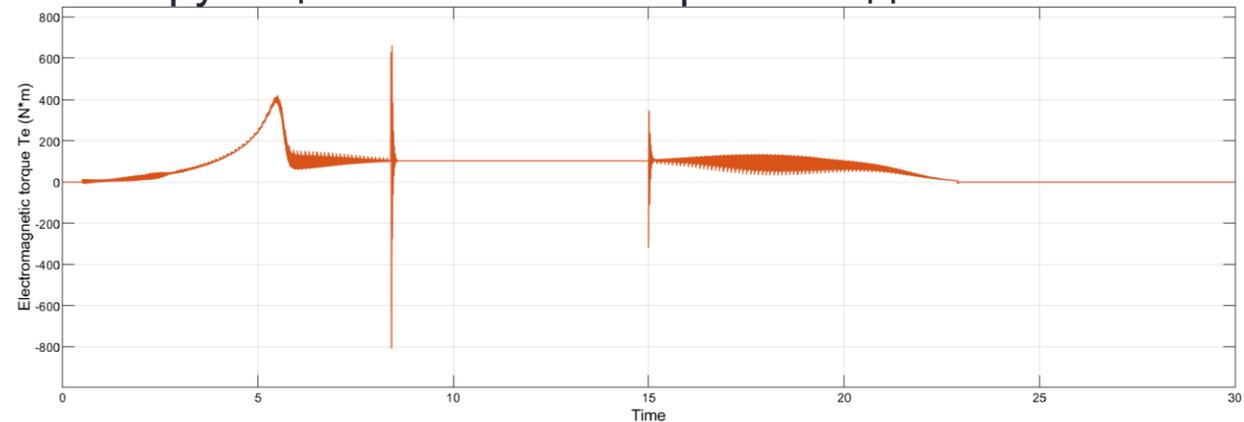
Максимальный момент при остановке:

$$T_e = -300 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

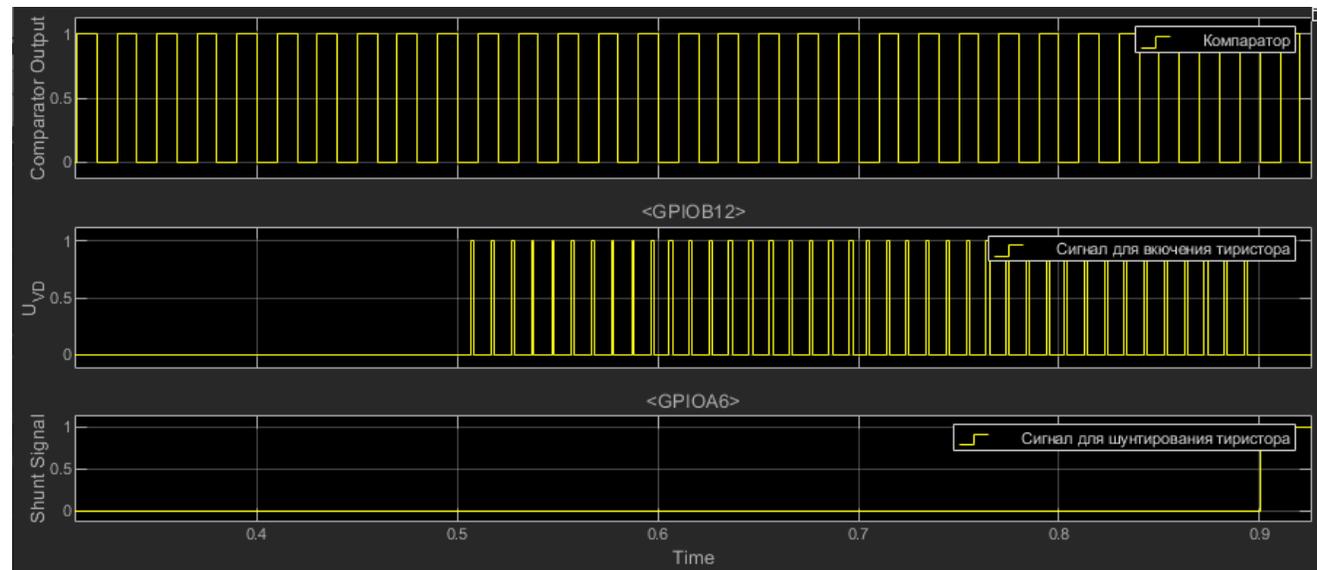
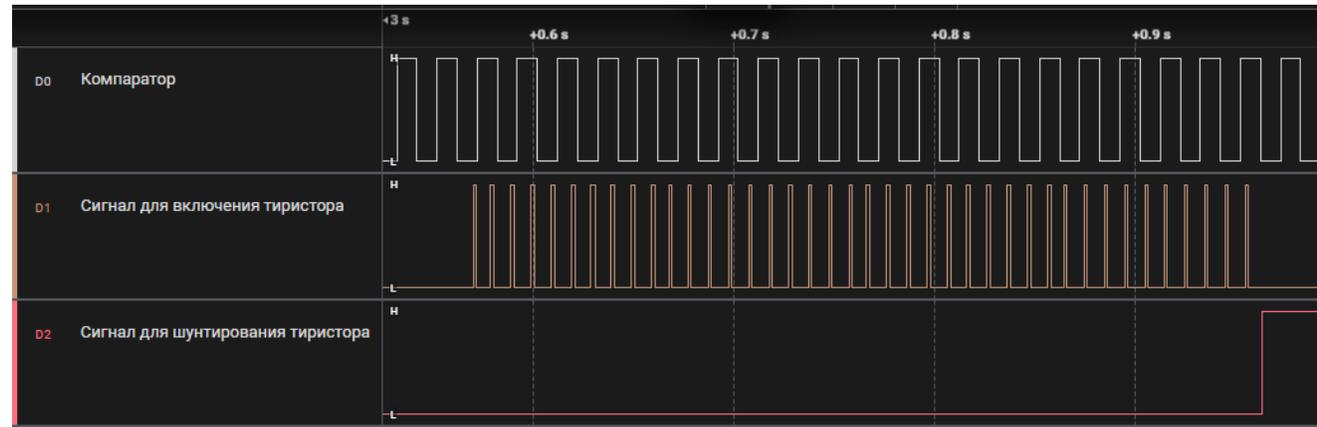
Токи статора асинхронного двигателя



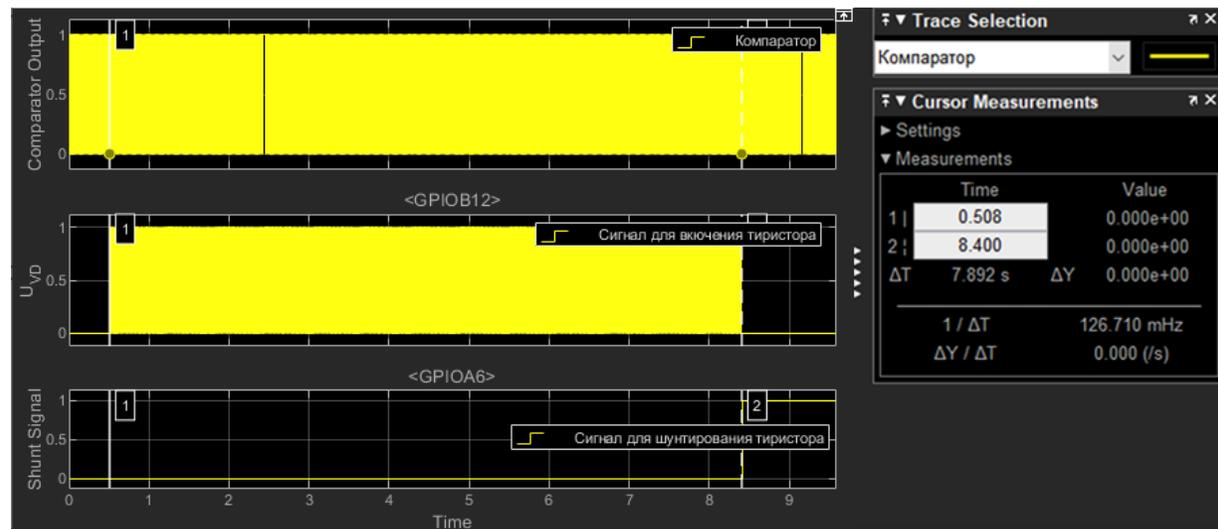
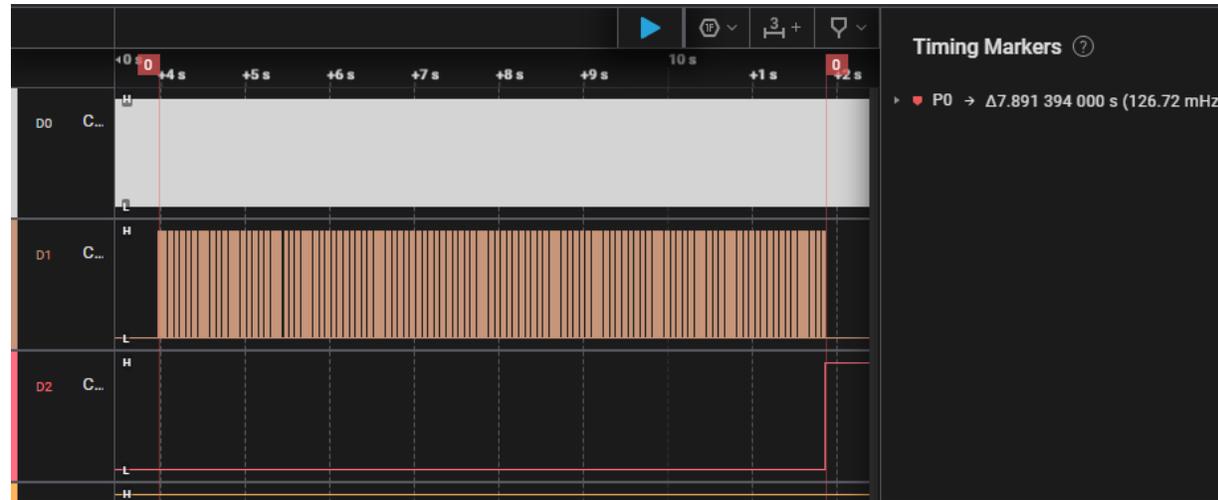
Крутящий момент асинхронного двигателя



Практическое применение. Сравнение реального МК и его модели



Практическое применение. Сравнение реального МК и его модели



Заключение.

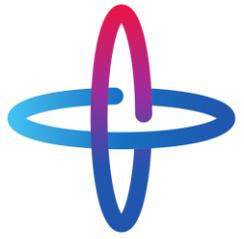
Преимущества и ограничения модели МК

Преимущества:

- Существенное сокращение времени разработки и отладки программного обеспечения.
- Повышение воспроизводимости и надёжности тестирования.
- Возможность разработки и отладки без наличия физического оборудования.
- Точное и интегрированное моделирование (объединение реального С-кода и физической системы).
- Унификация процесса разработки.

Ограничения:

- Модель является функциональным/логическим симулятором, но не цикло-точным эмулятором (нет учета точного времени выполнения каждой инструкции).
- Требуются специфические знания от пользователя:
 - настройка и компиляция программы через командную строку;
 - полное понимание структуры проекта на МК;
 - знание принципов работы периферии STM32.



ГУАП

Спасибо за внимание!