



Факультет Систем Управления и Робототехники
Управление в технических системах

Разработка системы управления бездатчиковым бесколлекторным двигателем постоянного тока

Сухих Даниил Андреевич

Научный руководитель:
Власов Сергей Михайлович,
доцент, кандидат технических наук

2024,
Санкт-Петербург

- Преимущество БДПТ перед ДПТ с щёточно-коллекторным узлом
- Большое количество исследований
- Популярность



Цель и задачи исследования

• **Цель исследования:** разработка алгоритма для управления бесколлекторными бездатчиковыми двигателями постоянного тока



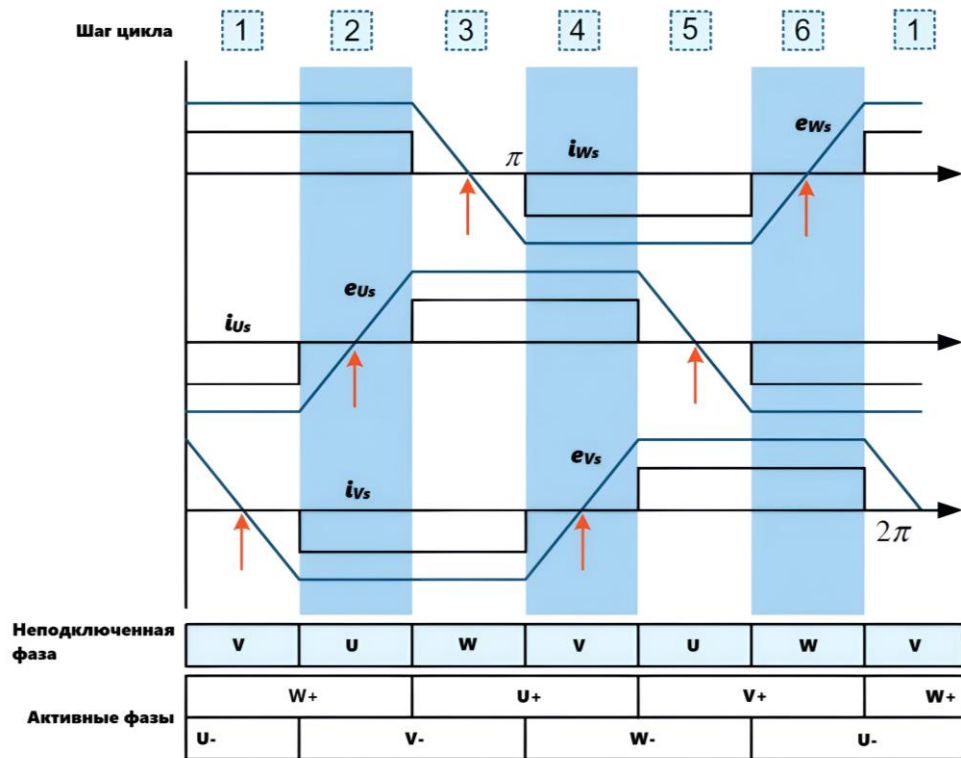
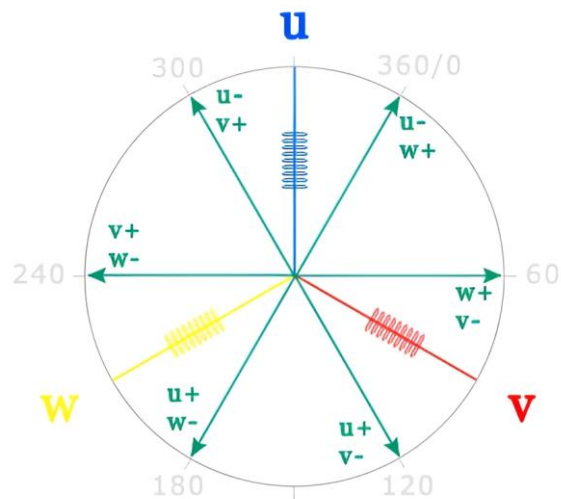
• **Задачи исследования:**

- а) исследование алгоритмов и обзор существующих технических решений;
- б) разработка модели и синтез алгоритма управления;
- в) моделирования полученной системы;
- г) разработка стенда для проведения экспериментальных исследований;
- д) экспериментальные исследования

Принцип функционирования

Определение положения:

- по противо-ЭДС
- с помощью наблюдателя



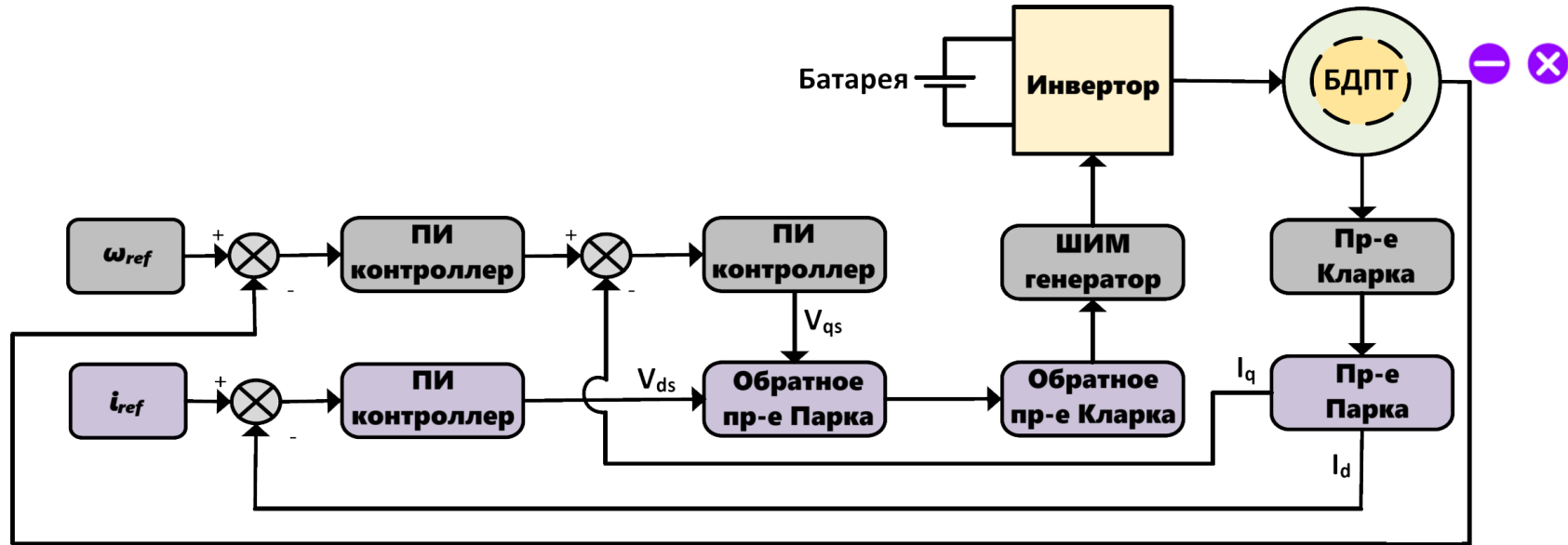
Алгоритмы управления скоростью **ІТМО**

- ПИ (ПИД) регуляторы по контуру скорости и току
- Векторное управление
- Прямое управление моментом

Алгоритмы управления скоростью **ІТМО**

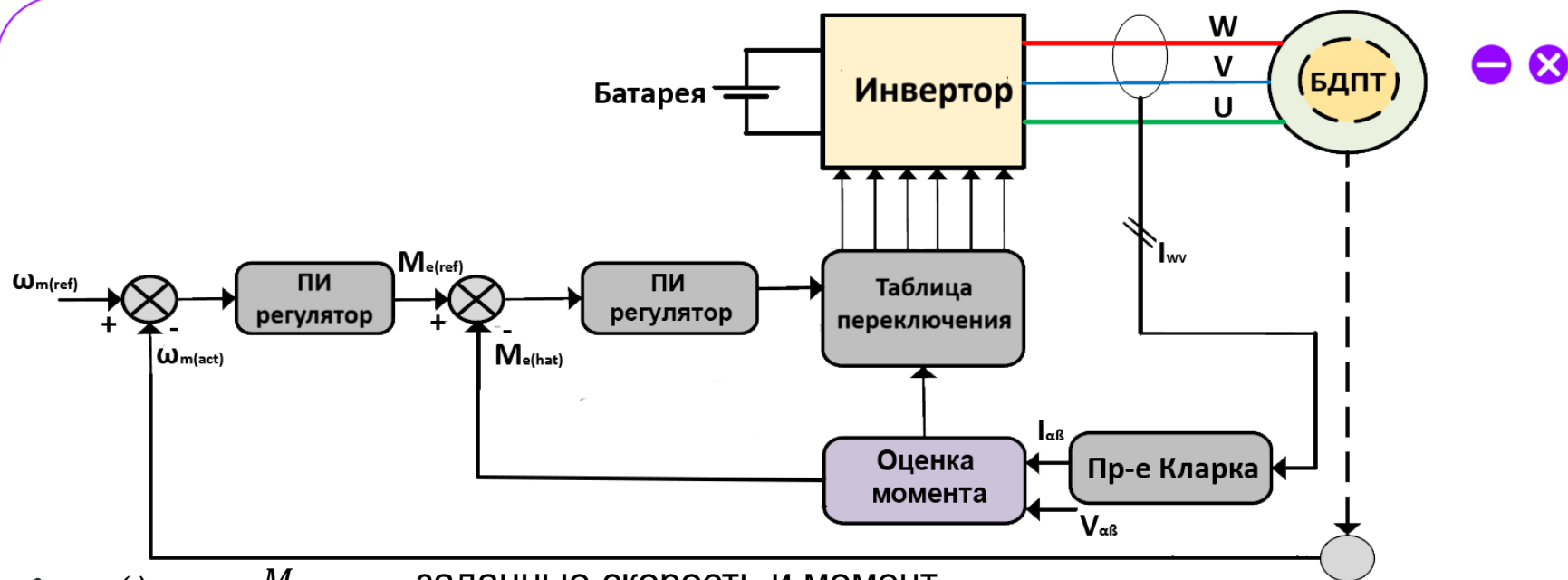
- ПИ (ПИД) регуляторы по контуру скорости и току
- Векторное управление
- Прямое управление моментом

Векторное управление



- ω_{ref}, i_{ref} - заданные скорость и ток
- I_q, I_d - токи после выполнения пр-я Парка
- V_{ds}, V_{qs} - новые векторы напряжения в $d - q$ с-ме координат

Прямое управление моментом



- $\omega_{m(ref)}, M_{e(ref)}$ - заданные скорость и момент
- $\omega_{m(act)}, M_{e(hat)}$ - текущая скорость и оценённый момент
- $I_{\alpha\beta}, V_{\alpha\beta}$ - токи и напряжения после выполнения пр-я Парка

Разрабатываемое техническое решение

Важные аспекты алгоритма



- Робастность
- Низкие вычислительные затраты
- Использование только токов и напряжений фар

Выбранные решения



- Прямое управление моментом
- Наблюдатель положения и скорости на основе скользящих режимов

- Основные уравнения:

$$\hat{i}_{\alpha\beta(k+1)} = A\hat{i}_{\alpha\beta(k)} + Bv_{\alpha\beta(k)} - B\hat{e}_{\alpha\beta(k)} - \eta \text{sign}(\tilde{i}_{\alpha\beta(k)})$$

$$\hat{e}_{\alpha\beta(k+1)} = \hat{e}_{\alpha\beta(k)} + B^{-1}g\left(\tilde{i}_{\alpha\beta(k)} - A\tilde{i}_{\alpha\beta(k-1)} + \eta \text{sign}(\tilde{i}_{\alpha\beta(k-1)})\right)$$

- Оценка положения:

$$\hat{\theta}_{e(k)} = \arctan\left(-\frac{\hat{e}_{\alpha(k)}}{\hat{e}_{\beta(k)}}\right) + \pi$$

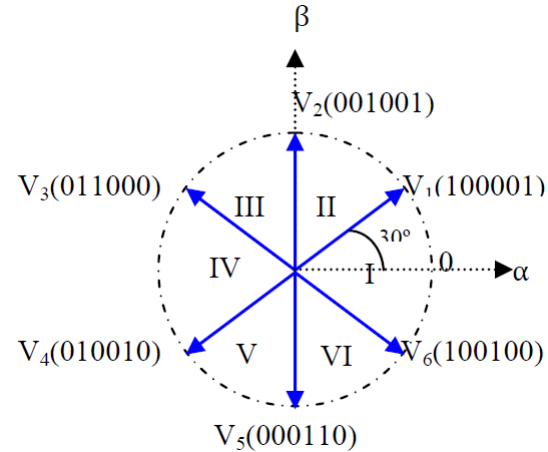
- Оценка скорости:

$$\hat{\omega}_{m(k)} = \frac{\hat{\theta}_{e(k)} - \hat{\theta}_{e(k-1)}}{pT_s}$$

Наблюдатель скользящего режима ИТМО

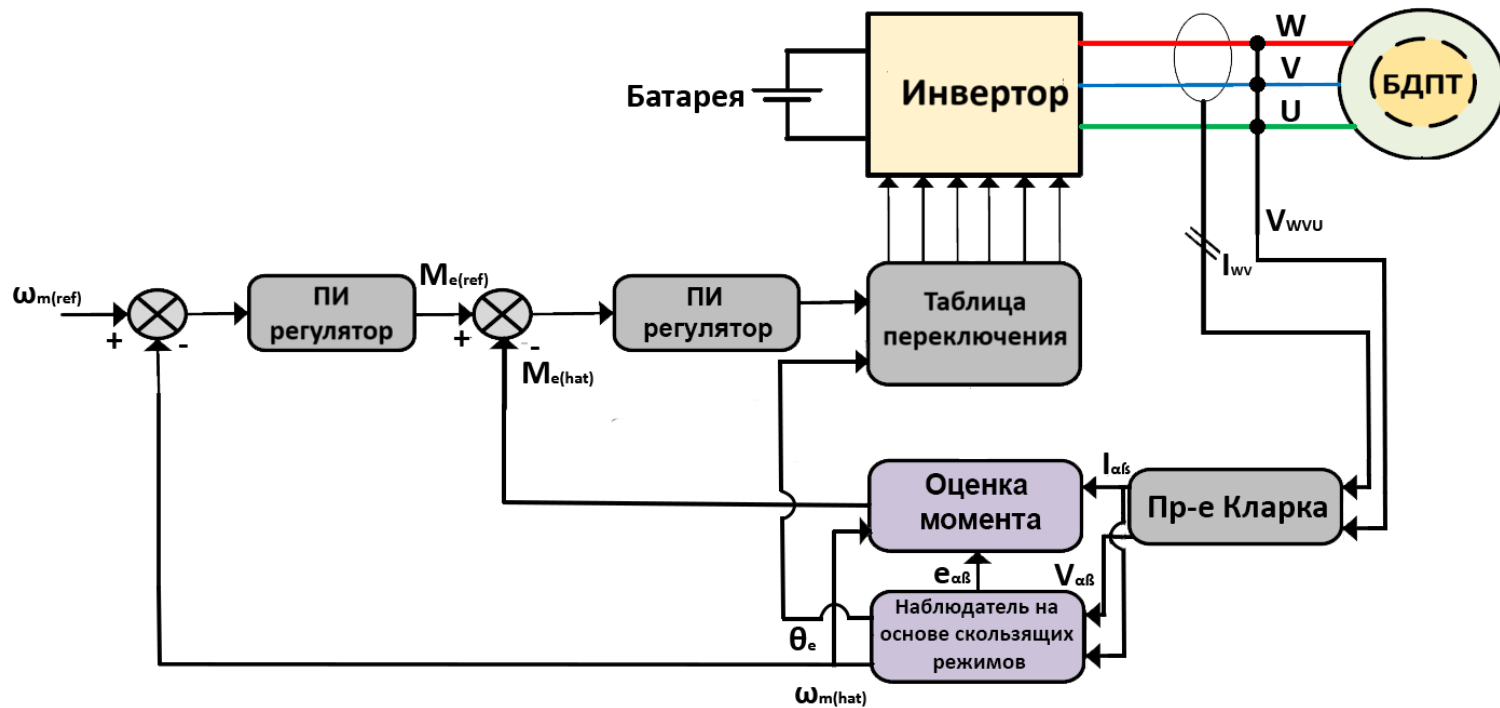
• Оценка электромагнитного момента:

$$\hat{M}_{e(k)} = \frac{3}{4} \left(\frac{\hat{e}_\alpha}{\omega_m} i_\alpha + \frac{\hat{e}_\beta}{\omega_m} i_\beta \right)$$

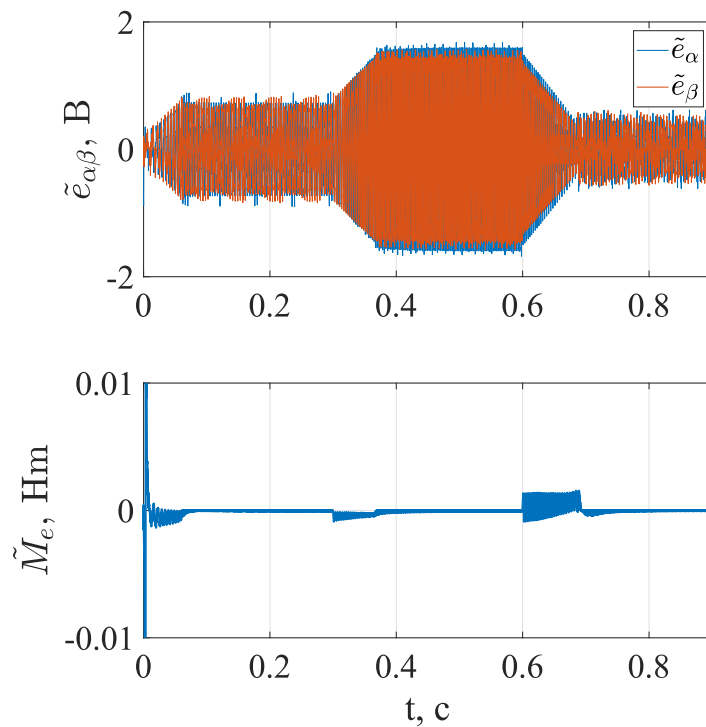
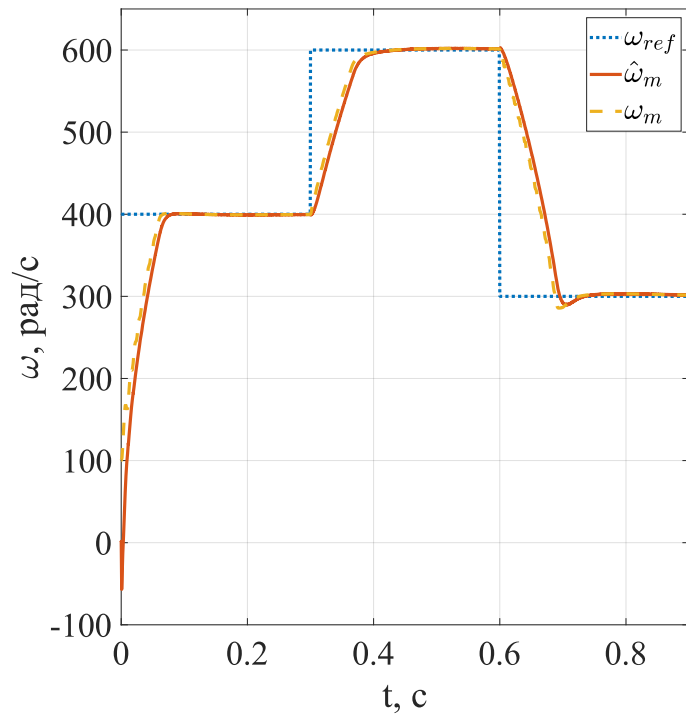


Выход ПИ регулятора	Электрическое положения ротора, рад					
	$\frac{11\pi}{6} - \frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2} - \frac{5\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{6} - \frac{7\pi}{6}$	$\frac{7\pi}{6} - \frac{3\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{2} - \frac{11\pi}{6}$
[0-1]	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_1
[-1-0)	V_5	V_6	V_1	V_2	V_3	V_4

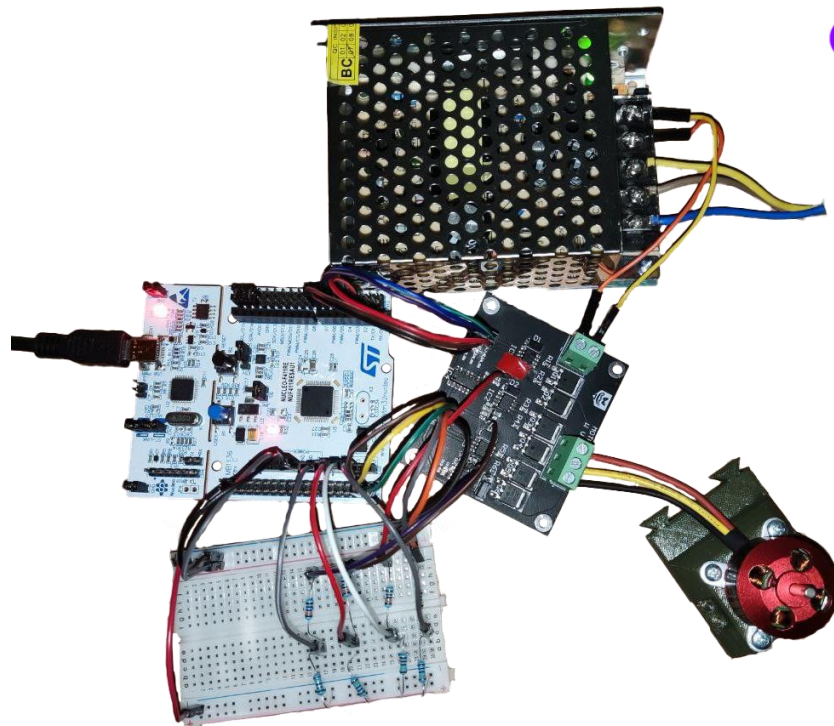
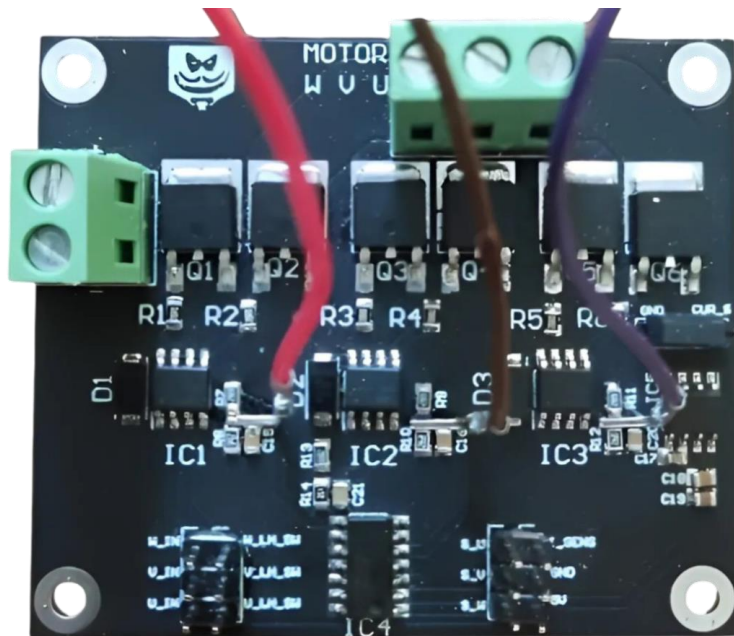
Модель системы. Общая схема



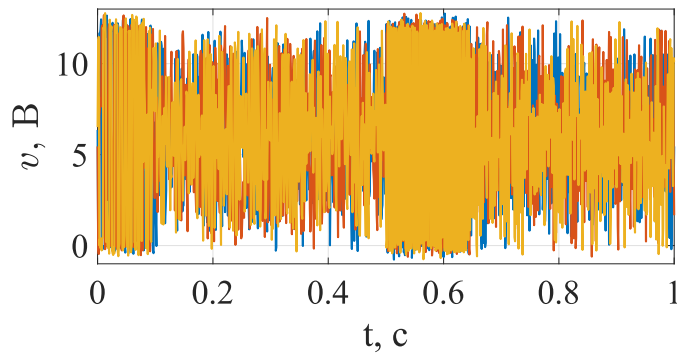
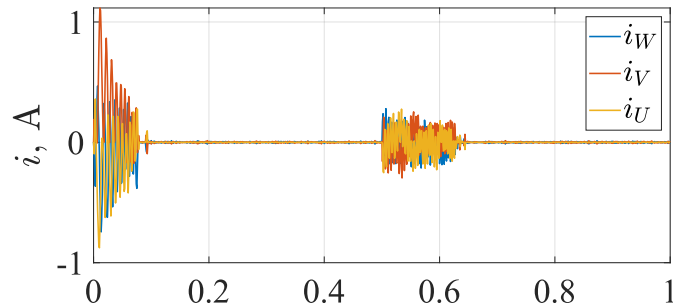
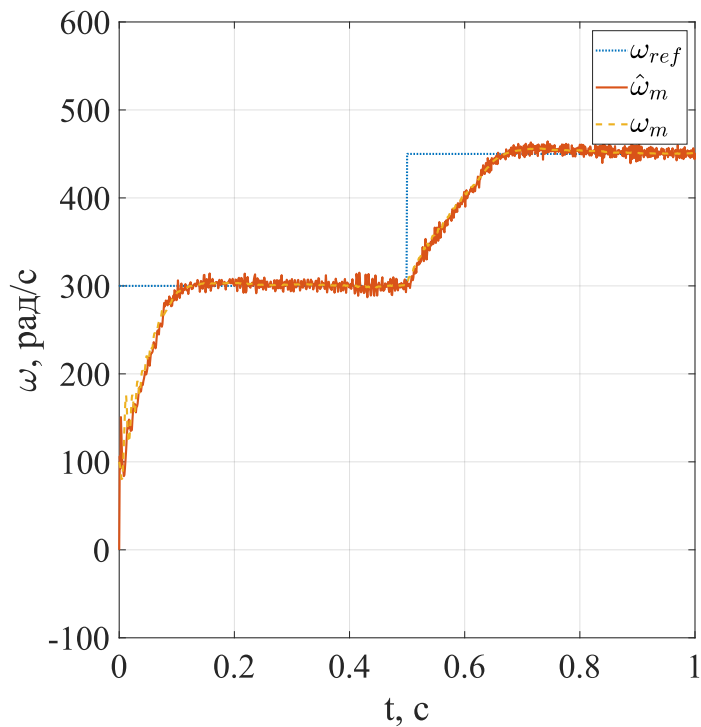
Результаты моделирования



Экспериментальный стенд



Результаты эксперимента



- Был разработан алгоритм управления скоростью бесколлекторных бездатчиковых двигателей постоянного тока.
- Была составлена модель и проведено моделирование
- Был разработан экспериментальный стенд и проведено исследование его работы



**Спасибо
за внимание!**

ITMO *re than a*
UNIVERSITY

312713@niuitmo.ru