

# Пути реализации алгоритма векторного управления и состояние дел в ПО MusCB

**Разработали:**

СК7 ТДЗ

**Владелец продукта :**

Миняйло Е.

# Цели презентации

- 1 Презентовать пути реализации ВУ в ПО MusCB для сустава  
робота и состояние дел в существующей системе;
- 2 Презентовать проблемы при реализации ВУ VLDC;
- 3 Получить обратную связь по предложенным путям решения;
- 4 Согласовать этапность работ по данному направлению.

# Пути реализации ВУ в ПО MusCB

- 1 Подключение алгоритма ВУ ВД используемого нашей компанией(алгоритмы Сикалова);**
- 2 Использование предоставляемых библиотек от ST ;**
- 3 Найти открытые проекты по векторному управлению для BLDC двигателя.**

**Предлагается идти по первому пути. Так как:**

- Есть инструкция по подключению и опыт успешного применения разработанных алгоритмов;
- Алгоритмы ВУ ВД уже подключены в проект MusCB(в связи с тем что они не совсем адаптированы к используемому семейству микроконтроллеров, не были использованы в алгоритмах работы ПО MusCB. Проект собирается без ошибок ) ;
- Библиотеки предоставляемые ST являются закрытыми (затрудняет понимание процесса управления и потребует дополнительного времени для изучения как их использовать!)
- В данный момент открытые проекты не найдены.

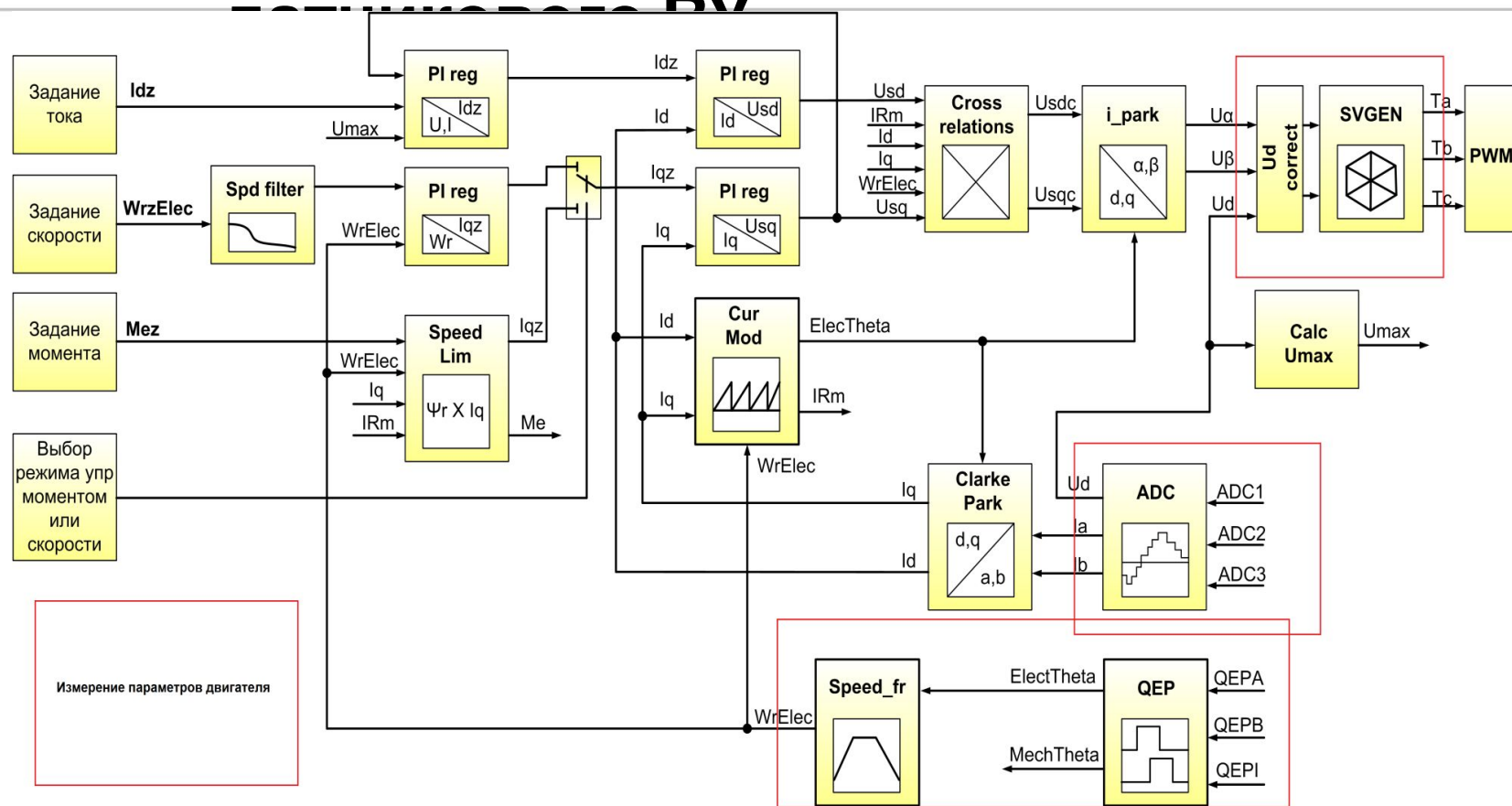
# Пути реализации ВУ в ПО MusCB

## **Выбор типа ВУ( датчиковое и бездатчиковое):**

В связи с необходимостью точно управлять суставами робота, было принято решение использовать датчиковое ВУ , так как это позволит обеспечить наиболее точное управление моментом и скоростью ротора на малых частотах.

Бездатчиковое ВУ плохо обеспечивает управление скорости на частотах близких к нулевой. Датчик по определению положения ротора включен в состав сустава.

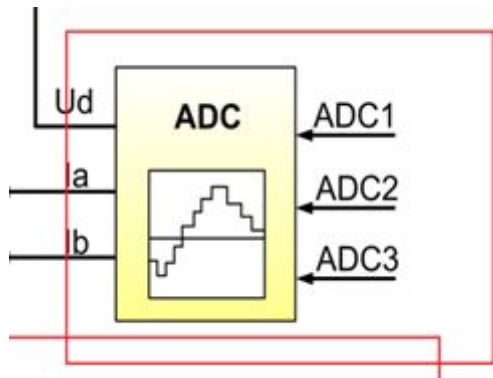
# Функциональная схема



Итого, для реализации предложенной схемы необходимо:

- Измерительная система;
- Параметры двигателя;
- Контур ОС для определения положения ротора;
- Адаптация библиотеки для использования в ПО MusCB.

# Измерительная система



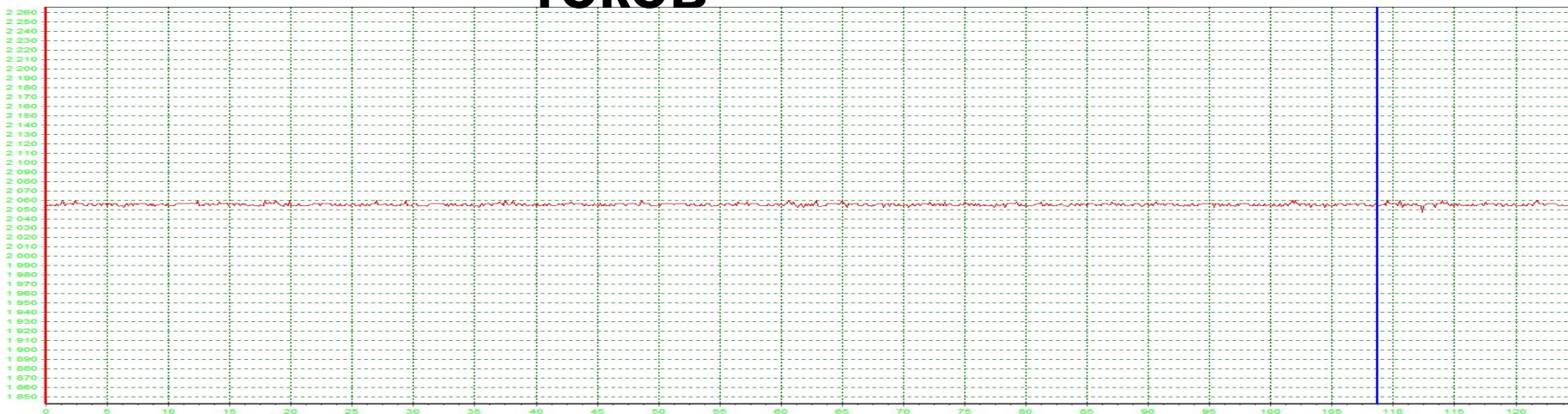
**Реализовано для ВУ:**

- Измерение токов;
- $U_d$ ;

**В рамках разработки ПО были проведены следующие эксперименты:**

- 1 Измерены шумы в каналах измерения токов
- 2 Измерены задержки в измерительных трактах MusCB

# Канал измерения ТОКОВ



В данный момент шумы в канале измерения тока составляют  $\pm 6$  отчетов АЦП в состоянии покоя.

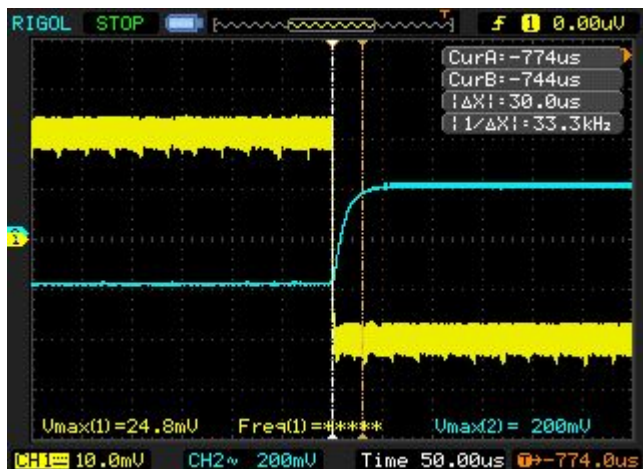
По опыту разработки ВУ в АТ24,АК06 ВУ работает устойчива при шумах в каналах АЦП 3-4 отсчета.

## Пути решения проблемы:

- Пересчитать фильтры в схеме или доработать схему другим способами.

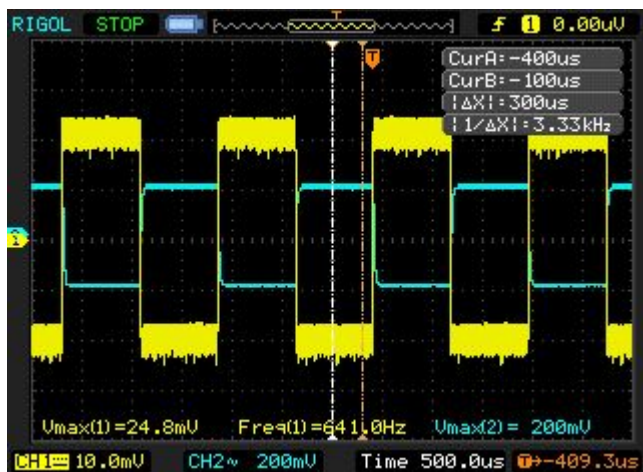


# Задержки в измерительных трактах



Измерения показали что задержки в измерительных трактах MusCB составляют **30 мкс**. По опыту полученному при внедрении ВУ в ПО АК06, данные задержки не могут обеспечить работу алгоритма ВУ.

Необходимое задержки должны составлять не более 6 – 10 мкс. Данные задержки допустимы при вращении на частоте до 200 Гц(станция ВУ АК06), поскольку выбранный двигатель BLDC допускает работу на частотах до 1000 Гц, возможно допустимое время задержек должно быть меньше.





# Варианты решений проблемы задержек в каналах измерения

- 1) Уменьшение сопротивления резистора в цепи RC-фильтра канала измерения.

Проведён эксперимент, в ходе которого сопротивление резистора в RC-цепи уменьшено в 2 раза – до 50 Ом. В результате удалось добиться задержки в канале около 6 мкс – было 30 мкс (рисунок 1 – было, рисунок 2 – стало). При этом шум в канале составил 7-8 отчётов АЦП (рисунок 4) – был 5-6 отчётов (рисунок 3).

Преимущества:

- минимум времени и ресурсов.

Недостатки:

- увеличиваем уровень шумов в канале;
- возможно потребуется ещё уменьшить задержки – можем не уложиться по шумам.

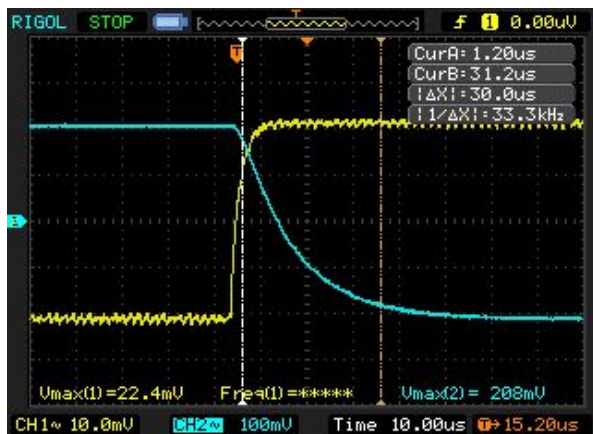
- 2) Изменение топологии блока MusCB

Преимущества:

- устраняем все известные на данный момент ошибки/недоработки: убираем дополнительный навесной монтаж на плату, меняем разъёмы на более надёжные.

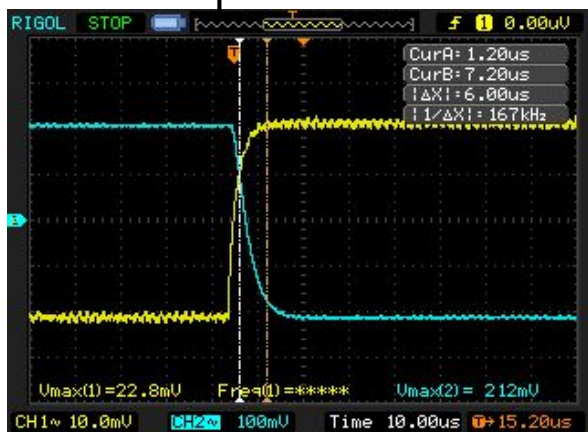
Недостатки:

- нет понимания на сколько это позволит уменьшить величину шумов и задержек в каналах;
- большие финансовые и временные затраты (цена 12 изготовленных блоков MusCB – 912 \$ (76 за шт.)).



Рисунок

1



Рисунок

2

# Варианты решений проблемы задержек в каналах измерения

Рисунок 3 -  
Было

Рисунок 4 -  
Стало

# Измерение параметров двигателя

На основе электрических параметров строится наблюдатель положения ротора, производится расчет коэффициентов регуляторов и функциональных блоков Векторного управления.

**Для ВУ ВД необходимы такие параметры двигателя:**

Lsd - (Индуктивность статора по оси D)

Lsq - (Индуктивность статора по оси Q)

PsiR = 450mt (Магнитный поток ротора)

Lm - (Индуктивность намагничивания (Гн))

Rs = 0,065 мОм (Сопротивление статора (Ом))

Rr - (Сопротивление ротора (Ом))

	D Value	Q Value
1KHZ	0.7435	1.34
10KHZ	0.1632	6.25
100KHZ	0.2571	3.89

Motor	KV	Max current: (A)	Max Power: (W)	Idle current: (A)	Resistance: (mohm)	Shaft: (mm)	Weight: (g)	Suggested ESC: (A)	Cell count: (S)	Bolt holes spacing: (mm & mm)	Bolt thread: (M)	Connection:
ACK-5310CP	340	50	1500	0.5	0.065	4	208.5	40	4-8	M3*12*4 (M3*30)	M3	尾座桨夹 (配套件)

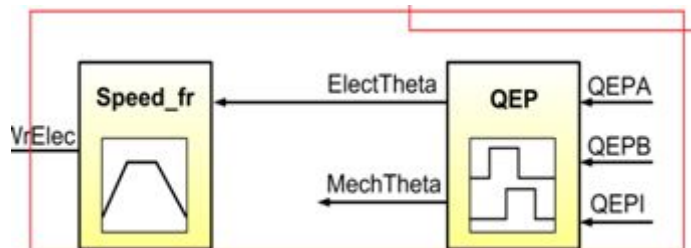
## Проблема:

- 1) Необходимо определить индуктивность намагничивания и сопротивление ротора.
- 2) Нет уверенности в идентичности параметров китайских двигателей

## Пути решения:

- 1) Создать стенд для измерения параметров BLDC двигателя и произвести измерение всех имеющихся двигателей;
- 2) При достаточной повторяемости параметров использовать их в ВУ. При больших расхождениях:
  - реализовать вписывание параметров двигателя через систему параметров;
  - реализовать алгоритм автоопределения параметров двигателя из библиотеки ВУ.

# Датчик положения ротора



Датчик Cos/Sin KMZ60.

Реализовано:

- Опрос датчика, обработка информации.

Проблема:

- Датчик позволяет определить положение ротора с точностью до  $180^\circ$ .
- Вычисление положения ротора по сигналам от этого датчика не реализовано в существующих алгоритмах ВУ, так как ранее такой датчик не использовался.

## Выдержка из Datasheet:

Due to the physical constrains of the MR technology explained in chapter 1.1.2 the KMZ60 has a valid measurement range of  $180^\circ$ . Therefore the BLDC application areas for the KMZ60 are motors with an even number of pole pairs.

**В связи с ограничениями MR технологии, которая используется в KMZ60, датчик имеет допустимый диапазон измерения  $180^\circ$ .**

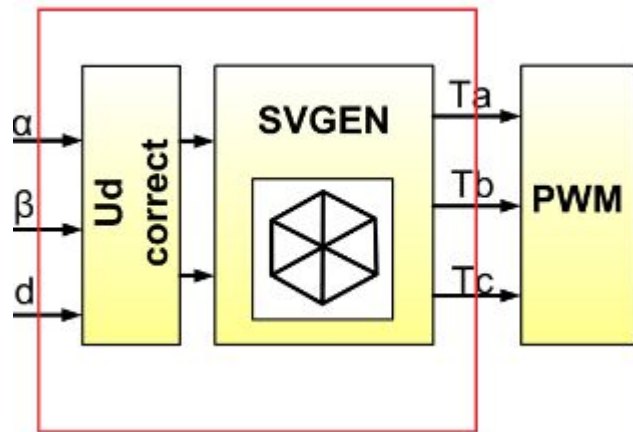
**Поэтому области применения KMZ60 для вентильных двигателей с четным числом пар полюсов.**

У нашего двигателя 7 пар полюсов.

## Пути решения проблемы:

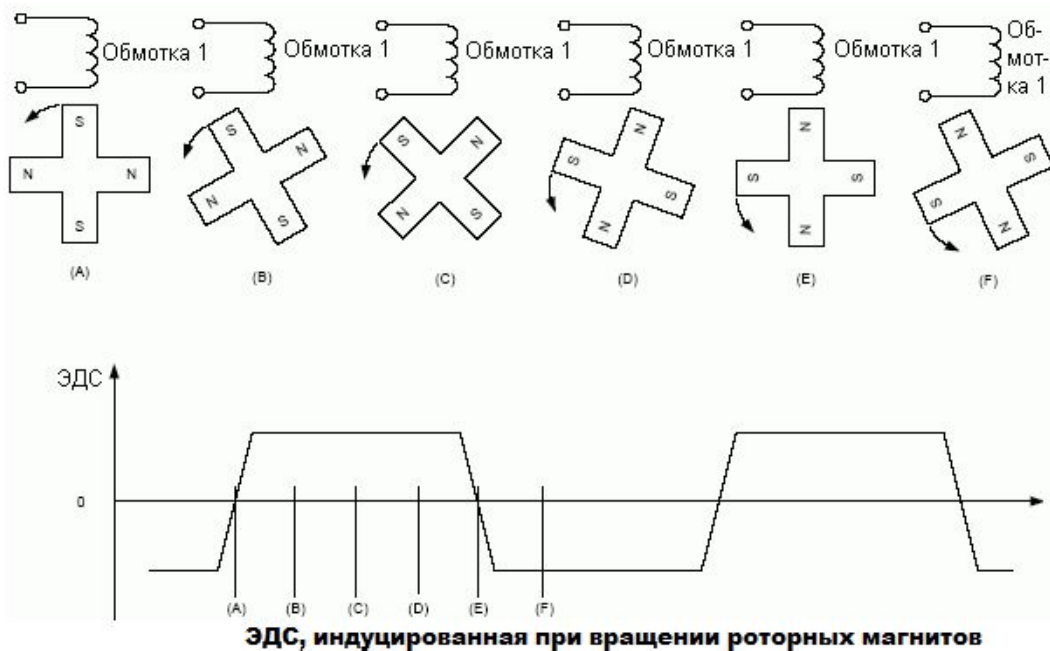
- Срочно подобрать и закупить другой датчик;
- Перейти на алгоритмы бездатчикового ВУ;
- Для первых экспериментов попытаться реализовать работу с существующем датчиком.

# Раздача задания для PWM



В связи с тем что наша библиотека базируется для микроконтроллеров от TI, возможна переработка драйвера PWM и блока SVGEN.  
Задача обозримая и понятная.

# Особенности двигателя BLDC



Существующие алгоритмы рассчитаны на вентильный двигатель с синусоидальной формой противо - ЭДС. Двигатель BLDC имеет трапецеидальную форму противо - ЭДС. По мнению ведущих специалистов компании это не является проблемой для использования существующих алгоритмов.

## Этапы разработки:

1) Стартуем с нулевой скорости. Точность отработки задания - 5% (цифру можно обсуждать). На первом этапе адаптируем библиотеки ВУ под проект, меряем параметры одного двигателя и запускаем . **Срок - 1,5 недели**

2) Обеспечение качественного управления моментом с проверкой полученных результатов на стенде.

Дорабатываем каналы измерения. Решаем проблему с датчиком. Проводим исследования параметров двигателя.

**Срок – 15 сентября 2015.**

3) Выдерживаются все требования по отработке задания. Еще до конца не осознаны. Сможем сформировать после выполнения 1 этапа, во время отработки второго.



# Проверка ВУ ВД

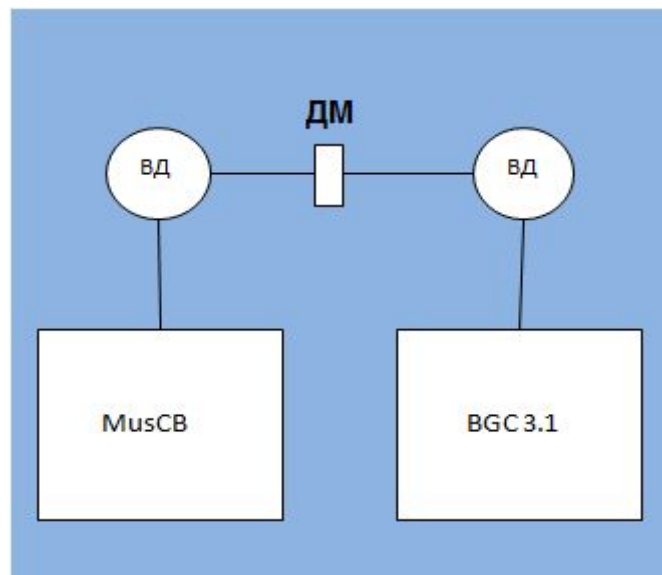
На втором этапе разработки(качественное управление моментом) возникает необходимость в стенде для проверки ВУ.

Заказана плата BGC 3.1 Brushless Gimbal Controller(с эталонным управлением) для данного стенда, которая также поможет ответить на вопрос «Управляем ли BLDC двигатель на низких частотах?»

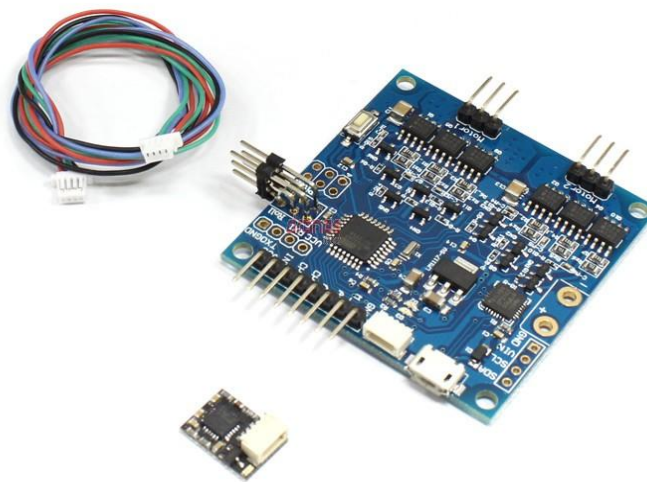
**Стоимость : 12 единиц, Срок поставки 17.08**

Требуется также проработать и возможно закупить датчик измерения скорости и момента на валу двигателя, обеспечивающий измерение скорости и момента в необходимых диапазонах, обороты от 0 до 9000 об/мин. Требования по моменту пока не ясны.

**Структурная схема стенда**



**BGC 3.1 Brushless Gimbal Controller**



# Спасибо за внимание!

## Россия

Факс: +7 (495) 662-57-79 (доб.116);  
Тел.: +7 (495) 662-57-79;  
пр. Ленинградский, 74-А, Москва, 125315, Россия  
[moscow@triolcorp.com](mailto:moscow@triolcorp.com);  
[www.triolcorp.ru](http://www.triolcorp.ru)

## Украина

Тел. +38 (057) 766-08-57;  
Факс +38 (057) 703-32-52;  
пр. Фрунзе, 10-К, Харьков, 61007, Украина  
[office@triolcorp.com.ua](mailto:office@triolcorp.com.ua)  
[www.triolcorp.com](http://www.triolcorp.com)