



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГЛОВАЯ УСТАНОВКА АЭРОТАКСИ

Иванов НС., к.т.н.

Начальник лаборатории ЭСУ/ТСУГИШМАИ

Начальник НИО-310 «Электроэнергетические,
электромеханические и биотехнические системы»



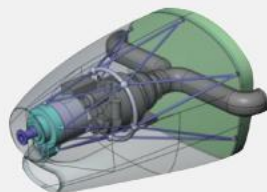
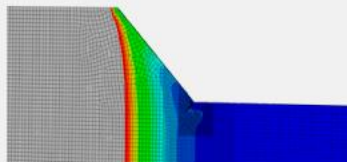
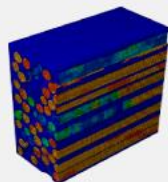
Передовые
инженерные
школы

#МАИ #Индустрия2050 #ПИШ

Тематические направления ПИШ МАИ

Направление 1

Новые материалы
и конструкции



Направление 2

Электрические
и гибридные
силовые установки

Направление 3

Интеллектуальные
и беспилотные
системы





Электрические и гибридные двигатели

разработка, испытания и сертификация

создание электрического транспорта будущего

НАЗЕМНАЯ ТЕХНИКА



МАЛЫЕ БЛА



АЭРОТАКСИ



РЕГИОНАЛЬНЫЕ АВИАЛИНИИ



НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ



2022

Накопитель энергии для тягача «Байконур»

2023

Батарея для ИБП* (Россети/Газпром)

2025

Гибридная батарея на водороде

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ



2022-23

- ЭСУ для БЛА Кречет
- ЭСУ для Аэротакси



2023

ЭСУ для метро (Трансмашхолдинг)

ГИБРИДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ



2022-23

- ГСУ для ЛМС Байкал
- ГСУ на базе ДВС для БЛА



2025

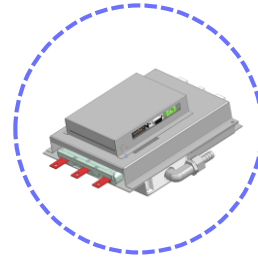
Сверхпроводниковый двигатель

* источники бесперебойного питания

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИЛОВАЯ УСТАНОВКА

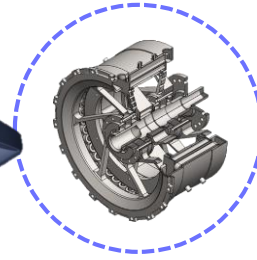
Частотный преобразователь

- жидкостное охлаждение
- векторное управление двигателем
- мощность до 200 кВт



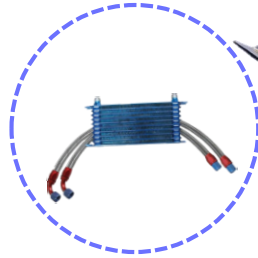
Электродвигатель

- СДс ГМ
- жидкостное охлаждение
- мощность до 200 кВт (200 кВт в гике)



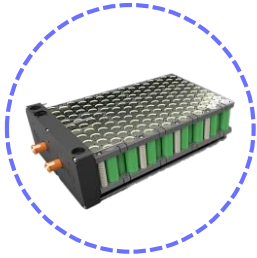
Система охлаждения

- Конфигурация под конкретную ЭСУ

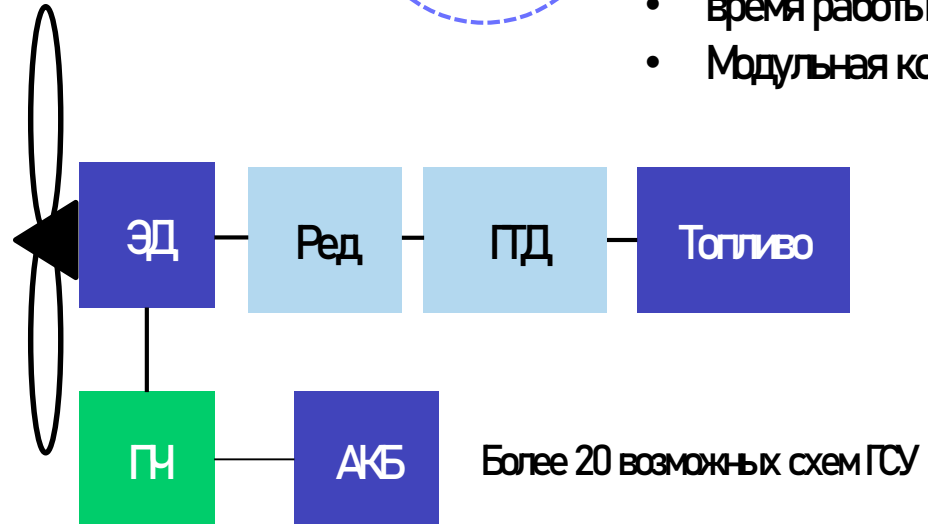


Аккумуляторная батарея

- время работы до 25 мин
- Модульная конструкция



Может быть использована
в составе ГСУ



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭСУ

750..500В

300..240А

180 кВт – 5 мин +

130 кВт – 20 мин

170 кВт – 5 мин +

120 кВт – 20 мин

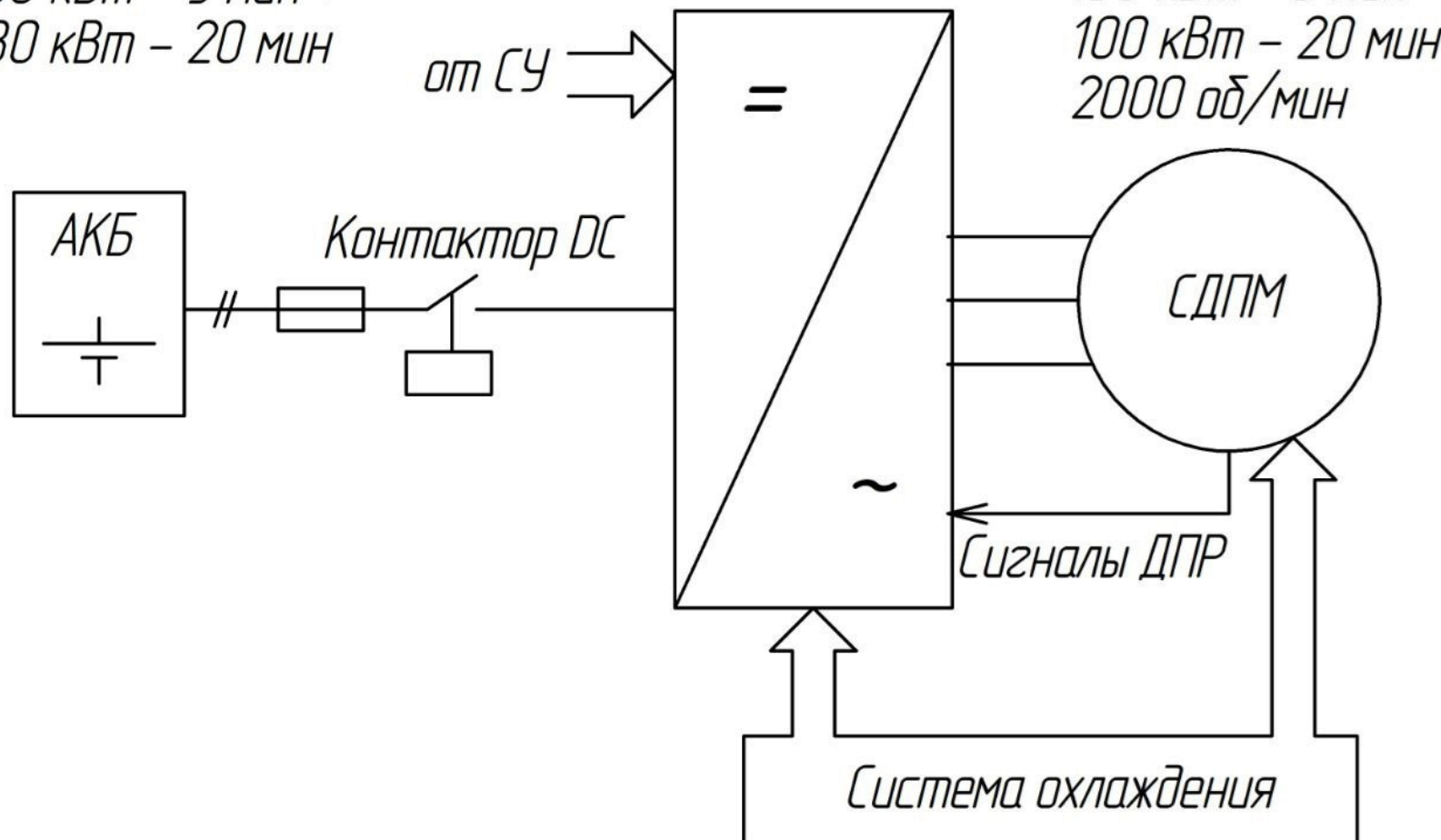
$U_{фд} = 200..240В$

$I_{фд} = 230..340А$

150 кВт – 5 мин +

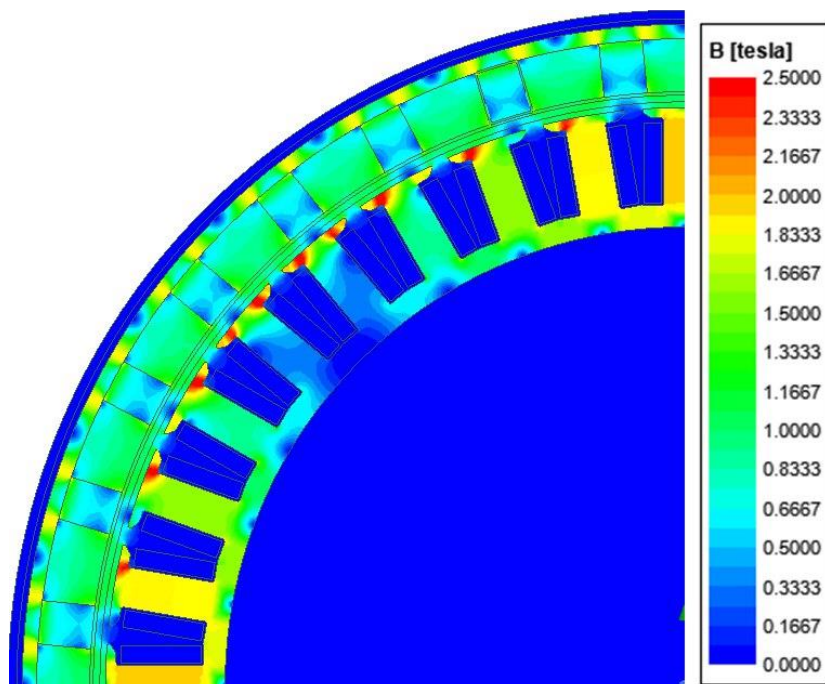
100 кВт – 20 мин

2000 об/мин



ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ВД-150 МАИ

Расчеты



150 кВт
МОЩНОСТЬ

2000 мин⁻¹
ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ

239,5 мм
Диаметр расточки якоря

85 мм
Осевая длина якоря (индуктора)

16
Число пар полюсов

220 °C
Рабочая температура обмотки якоря

30 А/мм²
Плотность тока

магнитная система Хальбаха

сталь 49К2ФА

магнит N50M

обращенная конструкция

зубцовая обмотка

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ВД-150 МАИ

Охлаждение

- масляное охлаждение
- Хладагент ГМС-5
- капсулирование статора
- продув через предусмотренные отверстия в конструкции щитов и корпуса
- прокачка хладагента через газы статора и каналы над ним и через каналы между проводниками

3 мм

Величина немагнитного зазора

220 °С

Рабочая температура обмотки якоря

100 °С

Рабочая температура ГМ

300 °С

Температура кипения

-64 °С

Температура застывания

980 кг/м³

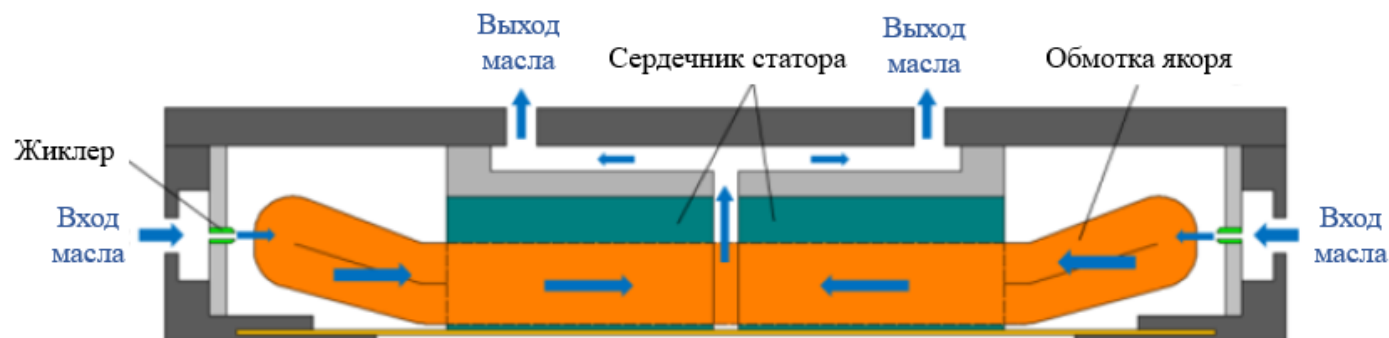
Плотность жидкости

1550 Дж/(кг·К)

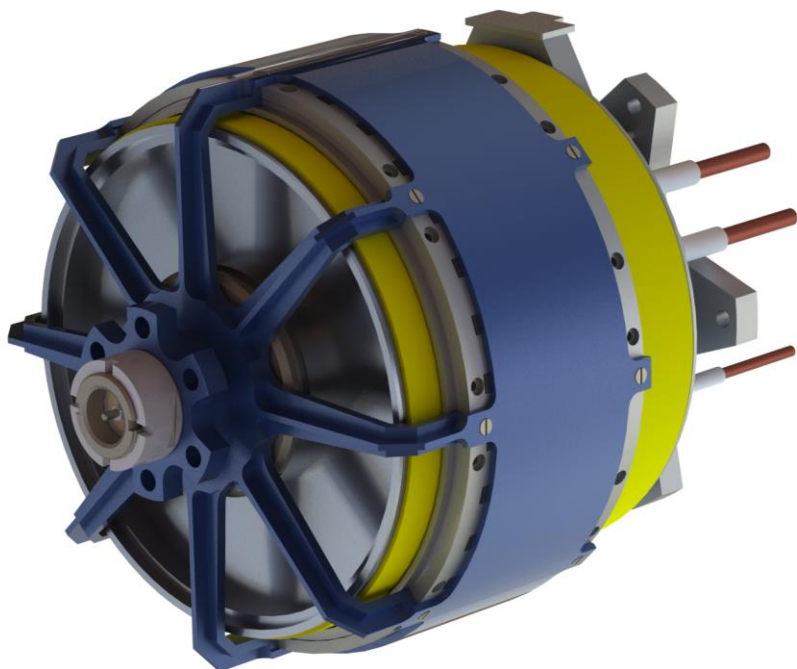
Удельная теплоемкость

0,167 Вт/(м·К)

Теплопроводность



ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ВД-150 МАИ для привода винтов самолета



100 кВт – 150 кВт
длительная мощность

200 кВт
макс. мощность

2000 мин⁻¹
номинальная частота вращения

4000 мин⁻¹
макс. частота вращения

30 кг
сухая масса

240 В
напряжение питания

275 мм
внешний диаметр

344 мм
осевая длина

9000 Н
макс. аксиальное усилие

-50...+60 °С
температура эксплуатации



Возможность модификации
под другое напряжение



Отечественные материалы



Датчик положения ротора



Жидкостное охлаждение



Универсальное применение: авиа, наземное, морское

СРАВНЕНИЕ ИМВУЩИХСЯ ЭСУ

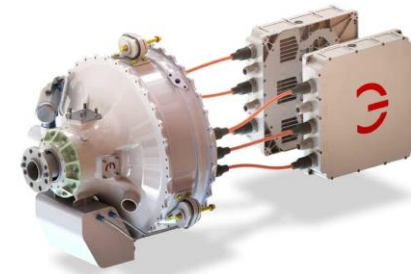
Разработанный электродвигатель не уступает зарубежным аналогам



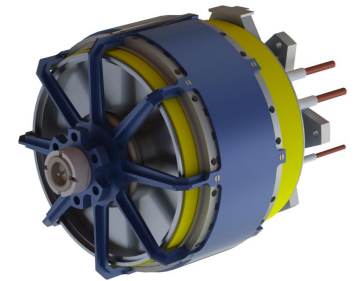
RR SP260D



RR SP200D



Magni250



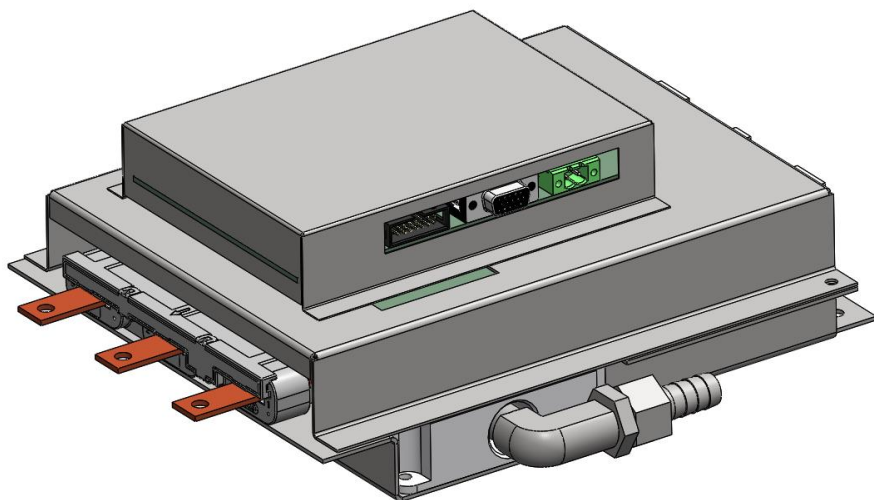
ВД-150 МАИ

Мощность, кВт	260	204	280	150
Частота вращения, об/мин	2500	1300	1900	2000
Напряжение, В	580	450-850	540	500-750
Охлаждение	Масло	Масло Syltherm 800	Масло	Масло
КПД, %	95	-	93	95
Масса, кг	50	49	72	30
Удельная мощность, кВт/кг	5,22	4,16	-	5

Электрические машины с высоким показателем удельной мощности / Н. С. Иванов, С. В. Журавлев, О. А. Харьковина [и др.] // Электротехника. – 2022. – №10. – С. 2-11. – DOI 10.53891/00135860_2022_10_2

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Для управления электродвигателем



120 кВт
длительная мощность

170 кВт
максимальная мощность (5 мин)

500-750 В
напряжение питания

10 кГц частота ШИМ

>0,95 КПД

277x250x89 мм
габаритные размеры

7 кг
сухая масса

-40...+60 °C
температура эксплуатации

CAN RS-485
поддерживаемые цифровые интерфейсы

● Компактная конструкция

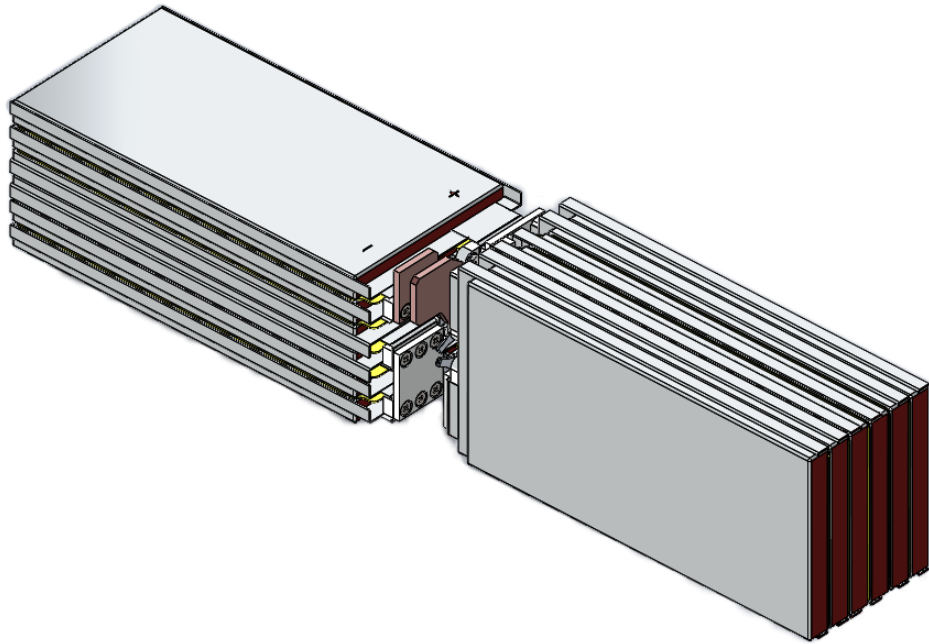
● SiC-транзисторы

● Жидкостное охлаждение

● Векторное управление

● Работает с датчиками положения и без них

АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ



130 кВт
длительная мощность

180 кВт
максимальная мощность

750 В- 500 В
диапазон выходного напряжения

90 кВт·ч
номинальная емкость

300 кг
масса

1400x800x300 мм
Габаритные размеры

-30...+50 °С
температура эксплуатации

● Воздушное охлаждение

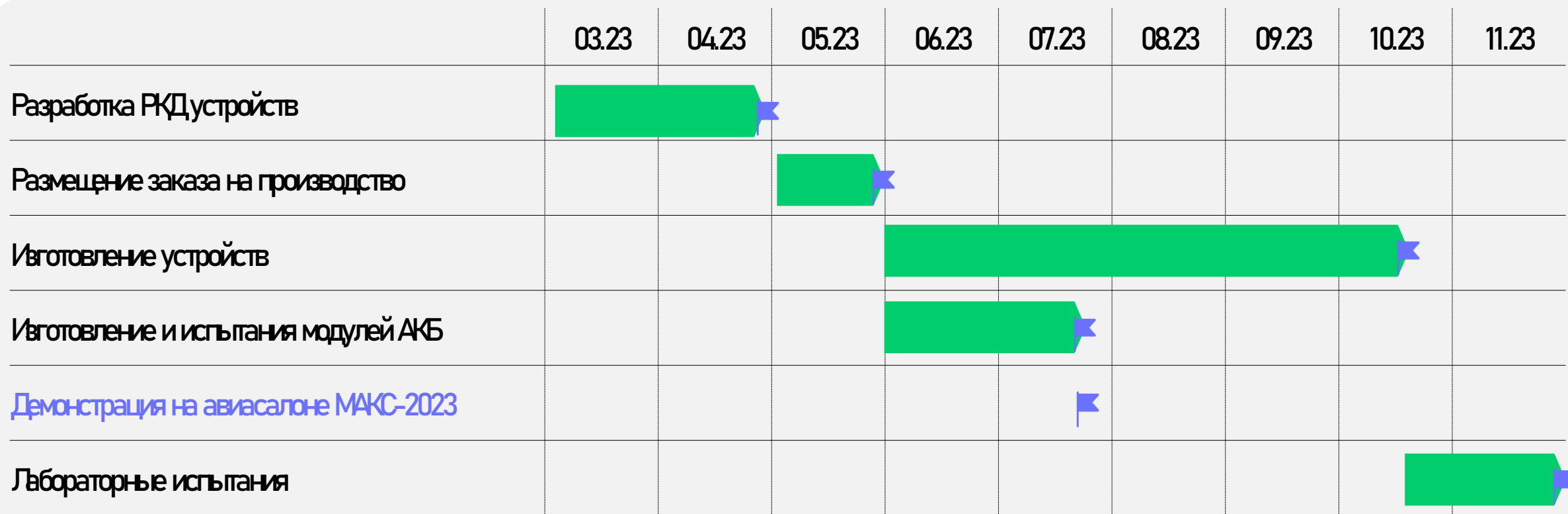
● Модульная конструкция

● Ячейки Li-pol
-емкость 30 Ач, ток разряда 5С
- масса 420 г

● Максимально-облегченная конструкция

● Возможность увеличивать емкость путем параллельного включения модулей по 30 Ач

ДОРОЖНАЯ КАРТА СОЗДАНИЯ ЭСУ



Разработка всех устройств ведется параллельно в тесной кооперации с партнерами. Это позволяет в сжатые сроки получить первый образец и провести его испытания. При этом каждый элемент пройдет автономные исследовательские испытания, после чего вся система в целом будет установлена на стенд для испытаний.

ПРИГЛАЩАЕМ ВАС ОЗНАКОМИТЬСЯ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ РАБОТЫ НА АВИАСАЛОНЕ МАКС 2023!

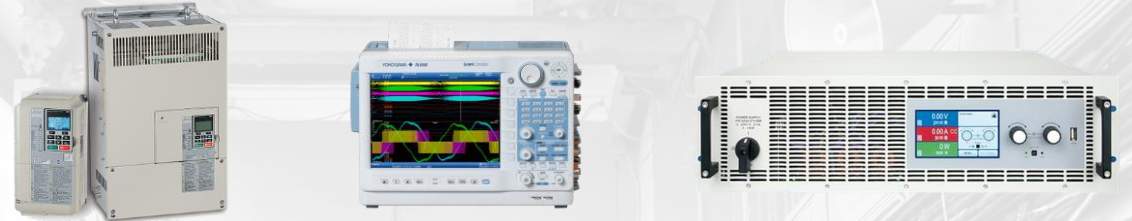
ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МОЩНОСТЬЮ ДО 75 КВТ
И ЧАСТОТой ВРАЩЕНИЯ ДО 6000 ОБ/МИН В СОСТАВЕ

1. Асинхронный двигатель
2. Преобразователи частоты с рекуперацией
3. Источник постоянного тока/возбудитель
4. Датчики момента НВМ, Magtrol
5. Пульт управления на базе ПО LabView Full

- Электронные нагрузки
- Шкаф нагрузок постоянно и переменного тока до 100 кВт
- Управляемые источники постоянного и переменного тока
- Измерительные датчики



КООПЕРАЦИЯ



Трансконвертер



КОМАНДА КАФЕДРЫ 310

более 60 сотрудников

17

кандидатов
технических наук

5

докторов
технических наук

11

аспирантов


6

студентов



 www.mai310.ru

 [mai310.ru](https://www.instagram.com/mai310.ru)

 kaf310@mai.ru