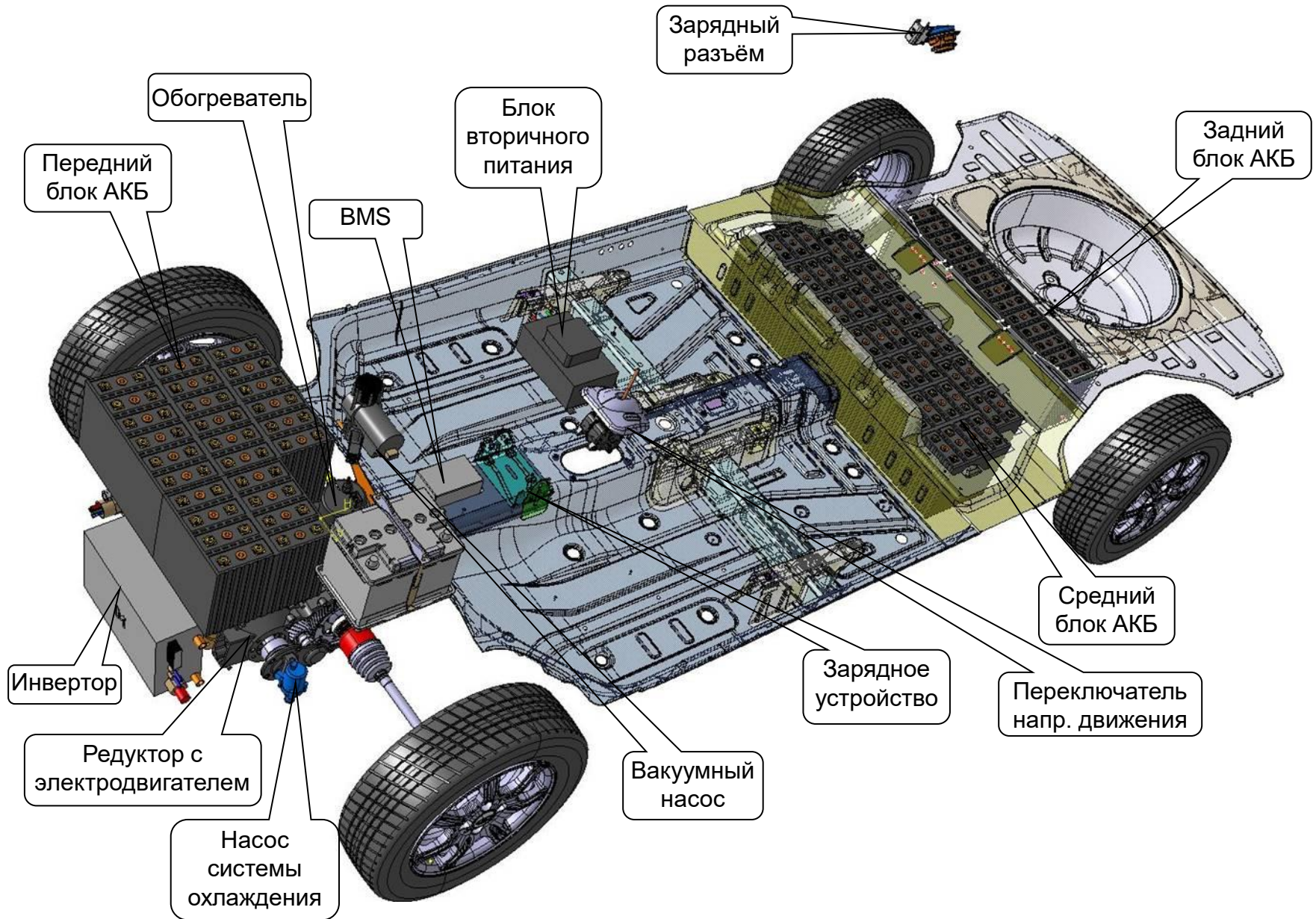


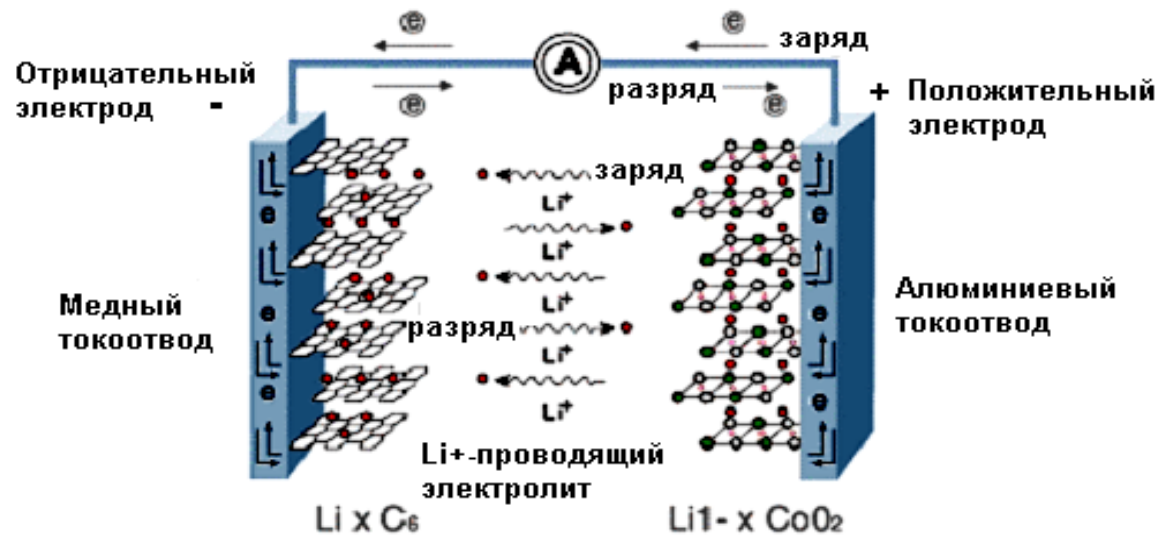
Компоновка



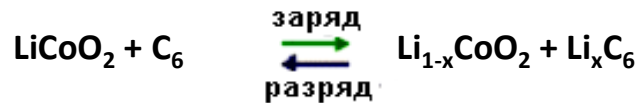
**Тяговая батарея Opel Ampera 60 кВт*час, 350 В.
Пакеты NMC, 288 ячеек в 96 блоках
жидкостная система**



Принцип работы Li-ион аккумулятора



- (Кислород)
- Co (Кобальт)
- C (Углерод)
- Li⁺ (Ион лития)



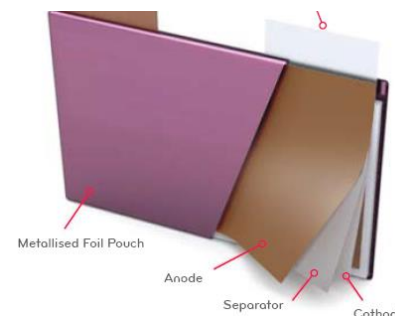
Формфакторы типовых элементов

Металлический корпус



- + Эффективность упаковки
- + Возможность теплоотвода

Ламинированная металлическая фольга

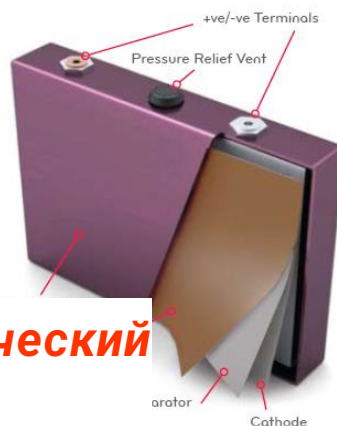


Цилиндрическая

- + Стоимость 18650
- Неэффективная упаковка

Призматическая

Металлический корпус



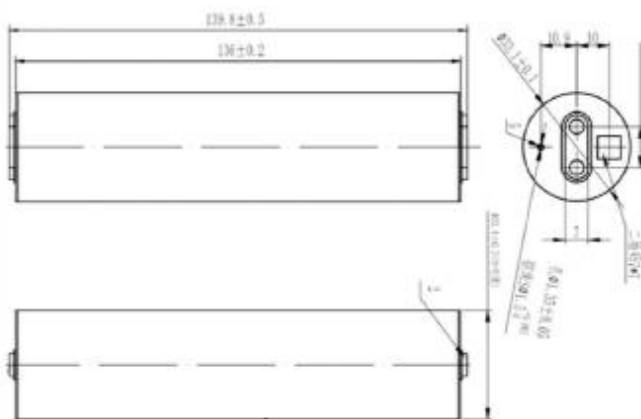
Ячейка пакетного типа

- + Наиболее эффективная упаковка
- + Высокая плотность энергии
- Мягкий корпус

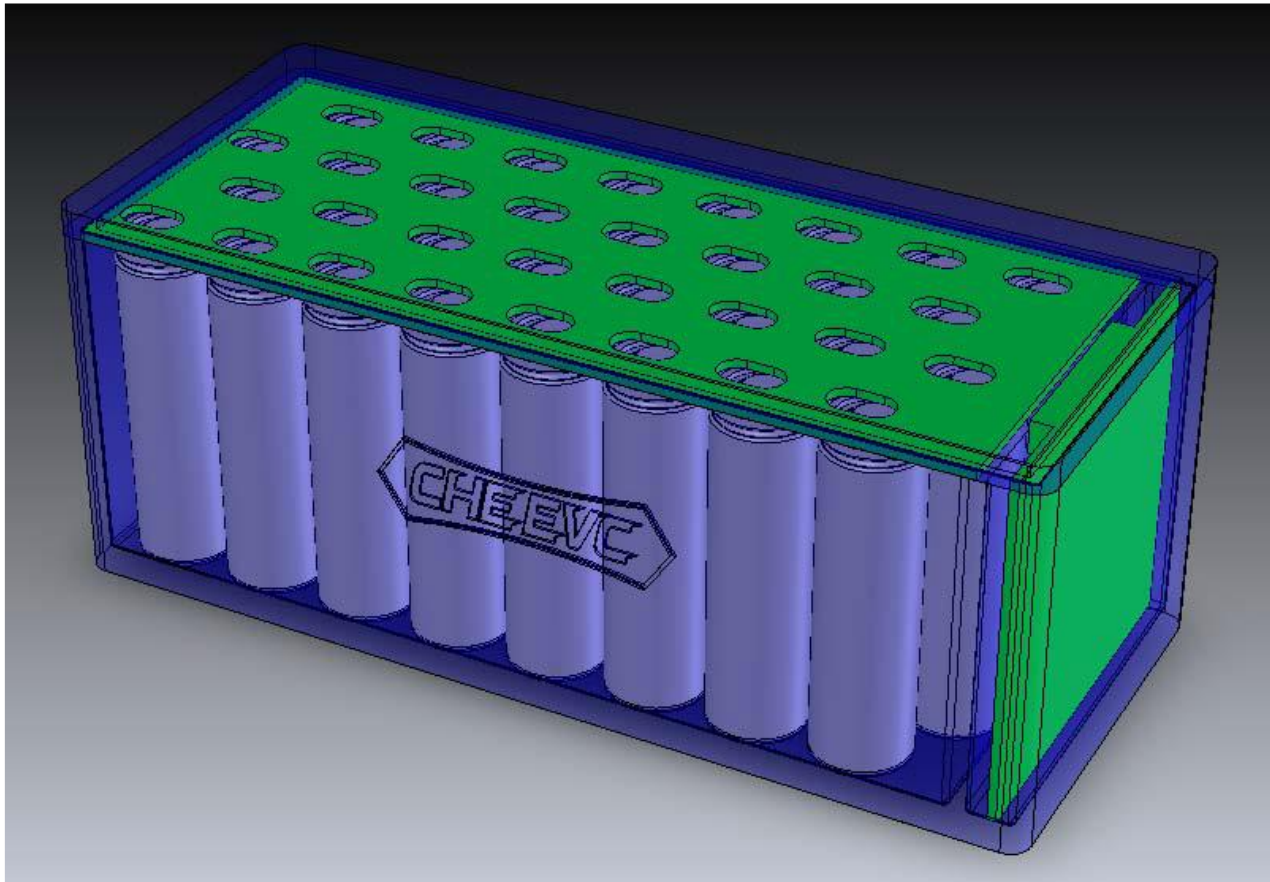
Характеристики литий-железофосфатного элемента

Cylindrical LiFePO4 Battery Cell

Model no.	Voltage (V)	Capacity (\geq Ah)	Impedance (\leq m Ω)	Diameter (mm)	Height (mm)	Weight (g)	Weight energy density	Volume energy density
GPLFP32135	3.2	15	8	33.4 \pm 0.2	139.8 \pm 0.5	268g \pm 5	\geq 185Wh/kg	\geq 400Wh/L



Модуль из 32 цилиндрических элементов



Литий-титанатный элемент

Батарея 20 А·ч

Технические данные батареи

Номинальная емкость	20 А·ч
Номинальное напряжение	2,3 В
Масса	510 г
Энергия / Масса	90 Вт·ч/кг
Энергия / Объем	177 Вт·ч/л
Импеданс (АС, 1 кГц)	0,53 мΩ
Рабочее напряжение	1,5–2,7 В
Температура эксплуатации	–30 до 55°C
Метод зарядки	CC-CV



Литий железофосфатный призматический элемент

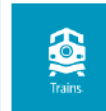


NMC элемент



Ячейки поколения Gen 2

Параметр		Значение	
		EV	PHEV
Емкость	Номинал	22 Ач	20 Ач
Плотность энергии	Волюметрическая	327 Вт·ч/л	297 Вт·ч/л
	Гравиметрическая	172 Вт·ч/кг	161 Вт·ч/кг
Вес		480 г	465 г
Номинальное напряжение		3,75 В	3,75 В
Диапазон рабочих напряжений	Макс	4,20 В	4,20 В
	Мин	3,00 В	3,00 В
Стандартный ток	Заряд	0,5С (11 А)	0,5С (10 А)
	Разряд	0,5С (11 А)	0,5С (10 А)
Максимальный ток	Заряд	3С (66 А)	5С (100 А)
	Разряд	5С (110 А)	7С (140 А)
	Импульсный	7С (154 А)	10С (200 А)
Внутреннее сопротивление		2,0 мОм	1,5 мОм
Диапазон рабочих температур	Заряд	0...55 °С	
	Разряд	-20...55 °С	
Температура хранения	Диапазон	-20...55 °С	
	Рекомендованный	25±3 °С	
Влажность хранения		45...85%	
Размеры	Толщина	5,8 мм	-0,4...+0,2
	Ширина	253 мм	-0,1...+0,1
	Длина	172 мм	-0,1...+0,1



- Новый продукт, вышел на рынок в 2016 году
- Форм фактор не измененный (что позволяет его внедрять в уже примененных решениях)
- Улучшение характеристик на 20%

Один из 16 модулей от тяговой аккумуляторной батареи Tesla Model X. 444 аккумуляторных ячейки формата 18650. Напряжение модуля 22.2 В, ёмкость 250 Ач, энергоёмкость 5.2 кВт-ч



**Цилиндрический элемент 18650.
NMC 3.6В , 3.25 А*час**



Вскрытый модуль с шинами охлаждения



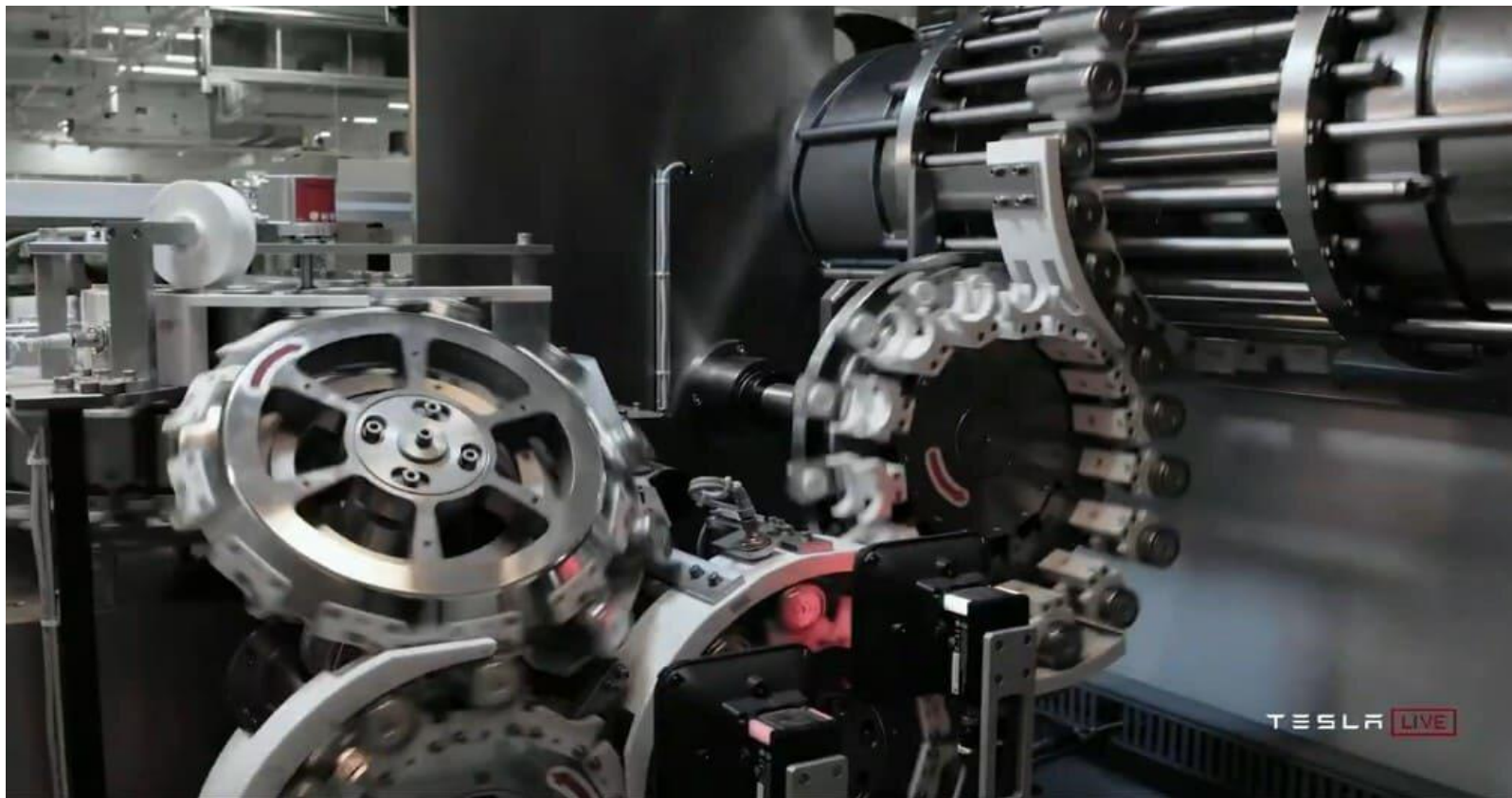
Пример коммутации цилиндрических модулей



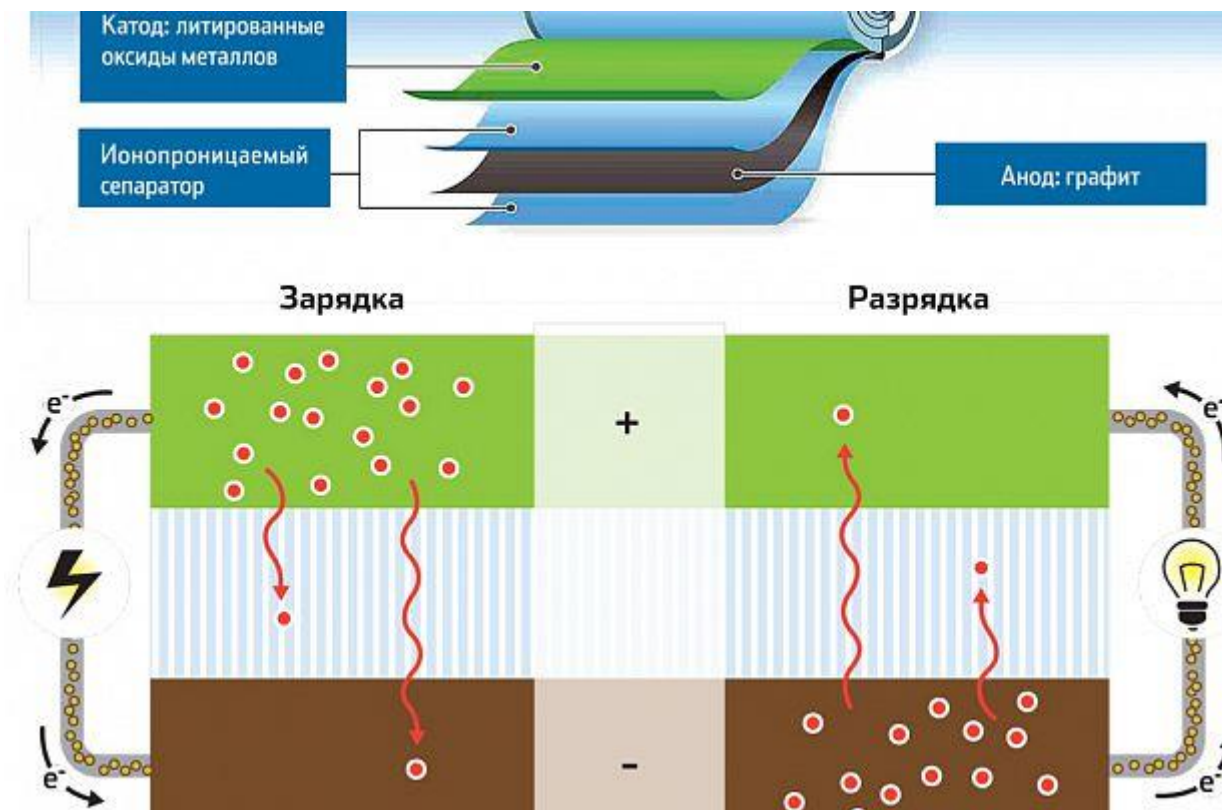
Перспективный элемент 4680 ф. Тесла



Технология производства цилиндрических элементов



Устройство цилиндрических элементов



Принцип работы Li аккумуляторов

- Работа всех литий-ионных аккумуляторов основана на обратимых электрохимических реакциях: на аноде идут окислительные процессы, на катоде – восстановительные.
- При подключении к батарее внешнего потребителя тока, находящиеся в толще анодного материала атомы лития мгновенно начинают окисляться, превращаясь в катионы. Высвобождающиеся при этом электроны отправляются на пластину токосъемника, откуда через нагрузку перетекают на катод, создавая в цепи электрический ток. При этом ионы лития тоже устремляются к катоду, но коротким путем – сквозь проводящий электролит. Здесь они восстанавливаются, присоединяя к себе электроны.
- При заряде батареи те же электрохимические реакции на положительном и отрицательном электродах протекают в обратном направлении.

Конструктивные особенности формфакторов

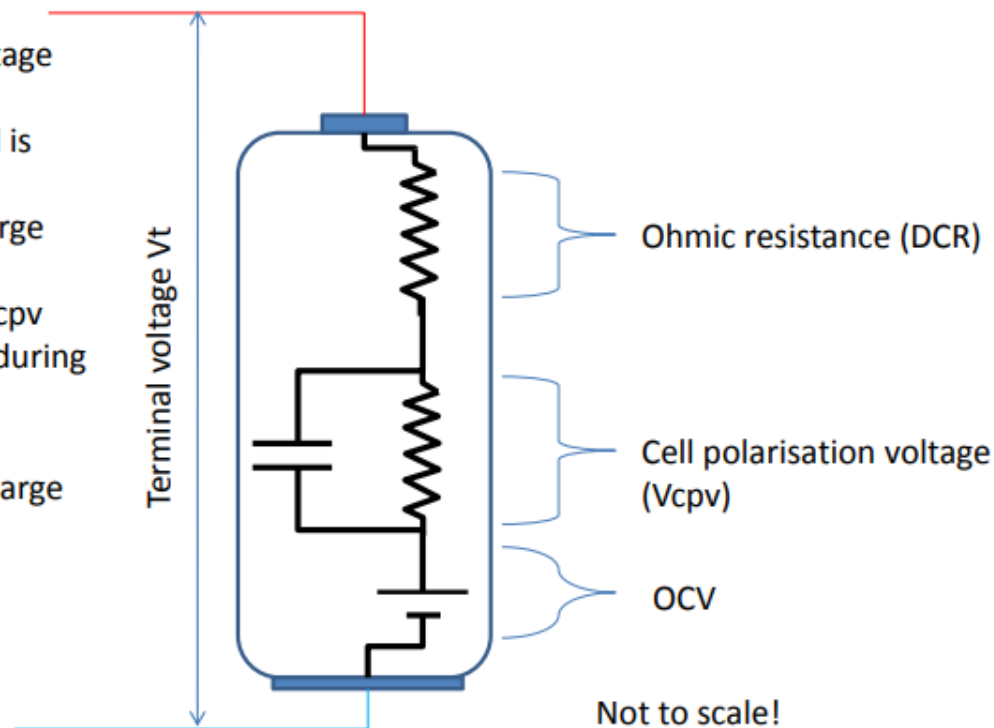
Параметр	Маленький цилиндрический	Большой цилиндрический	Призматический	Пакетный
Форма	Заклучен в металлический цилиндр длиной (обычно) 65 мм	Заклучен в металлический или жесткий пластиковый цилиндр	Заклучен в пластиковый корпус средней жесткости	Заклучен в мягкий пакет
Соединения	Приваренные никелевые или медные пластины	Резьбовые отверстия для болтов или болты с резьбой для гаек	Резьбовые отверстия для болтов	Контакты которые прижаты или запаяны
Удержание при расширении при полном заряде	Этому способствует цилиндрическая форма	Этому способствует цилиндрическая форма	Требуются удерживающие пластины для батареи	Требуются удерживающие пластины для батареи
Пригодность для небольших проектов	Плохая: большие сложности при проектировании, требуется сварка, высокая трудоемкость	Хорошая: небольшие сложности при проектировании	Отличная: минимальные сложности при проектировании	Очень плохая: огромные сложности при проектировании
Пригодность для массового производства	Хорошая: Надежная сварка соединений	Хорошая	Совершенная	Хорошая: Высокие эксплуатационные характеристики
Возможность замены аккумуляторов "в полевых условиях"	Невозможна	Возможна но непроста	Достаточно легко	Не представляется возможным
Заметки	Лучше для модификаций, поскольку маленькие формы могут быть помещены в требуемое пространство	Не получили широкого распространения	Лучшая пригодность, минимальные сложности при проектировании	Высокая плотность энергии и мощности. Огромные сложности при проектировании. Подходит только для массового производства.

Условная модель электрохимического элемента



Cell model and OCV

OCV – open circuit voltage
SoC indicator
Measure when the cell is
relaxed under no load
Estimate during discharge
using
 $V_t = OCV - (I \times DCR) - V_{cpv}$
You can measure DCR during
charging
 $(I \times DCR) + V_{cpv}$ can be
measured during discharge



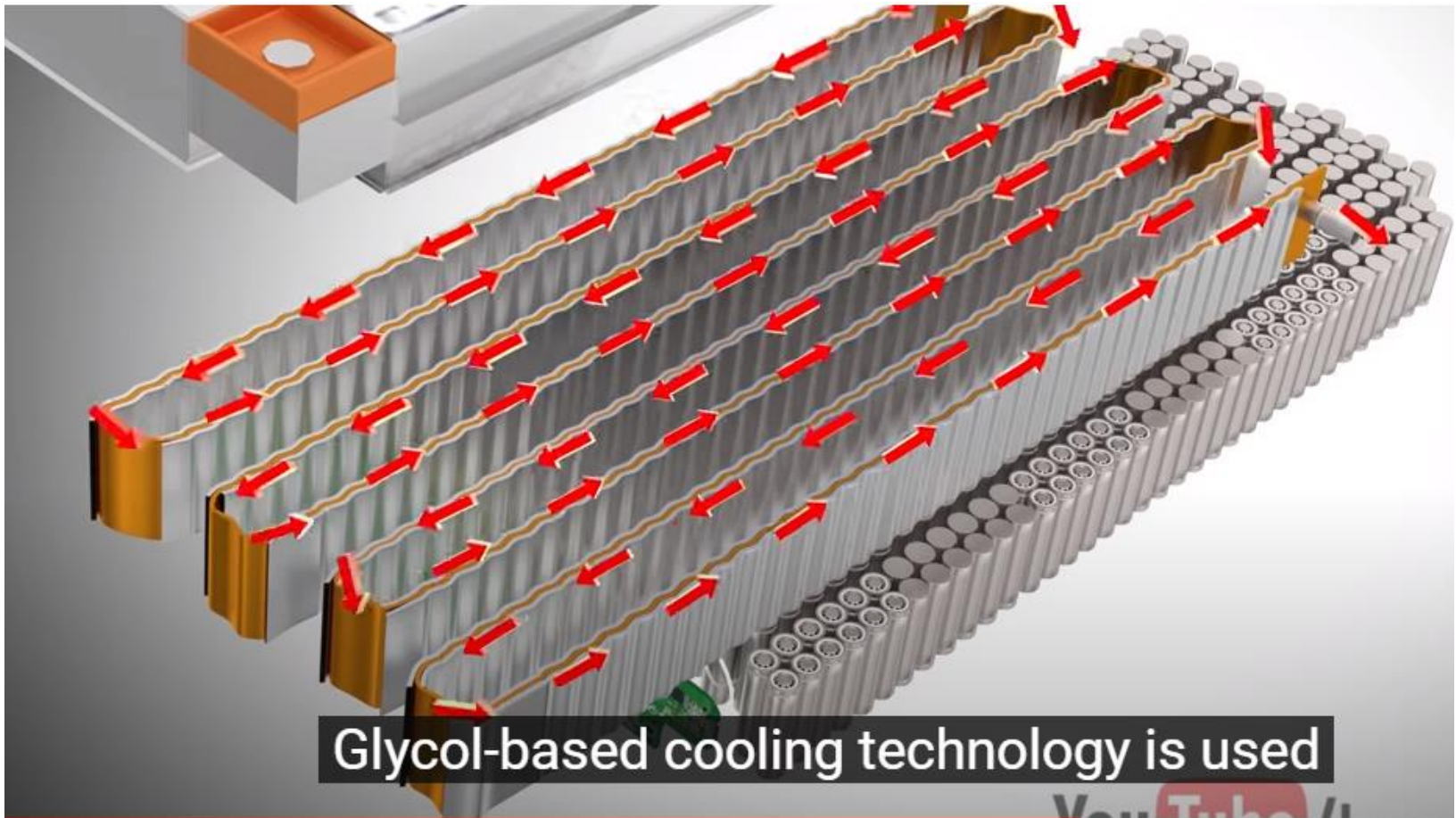
Типы электрохимических компонентов катодов Li ак.

<i>LiCoO₂</i>	<i>Стандартный литий-кобальт-оксид</i>
<i>LiMnNiCo</i>	<i>Литий-марганец-никель-кобальт</i>
<i>LiFePO₄ и Li₂FePO₄F</i>	<i>Нано-фосфат/Литий-железо-фосфат/ Литий-ферро-фосфат</i>
<i>LiMnO₂</i>	<i>Литий-оксид марганца</i>
<i>Li₄Ti₅O₁₂</i>	<i>Литий-титанат</i>
<i>LiMn₂O₄</i>	<i>Литий-марганец-оксид</i>
<i>LiNiO₂</i>	<i>Литий-никель-оксид</i>

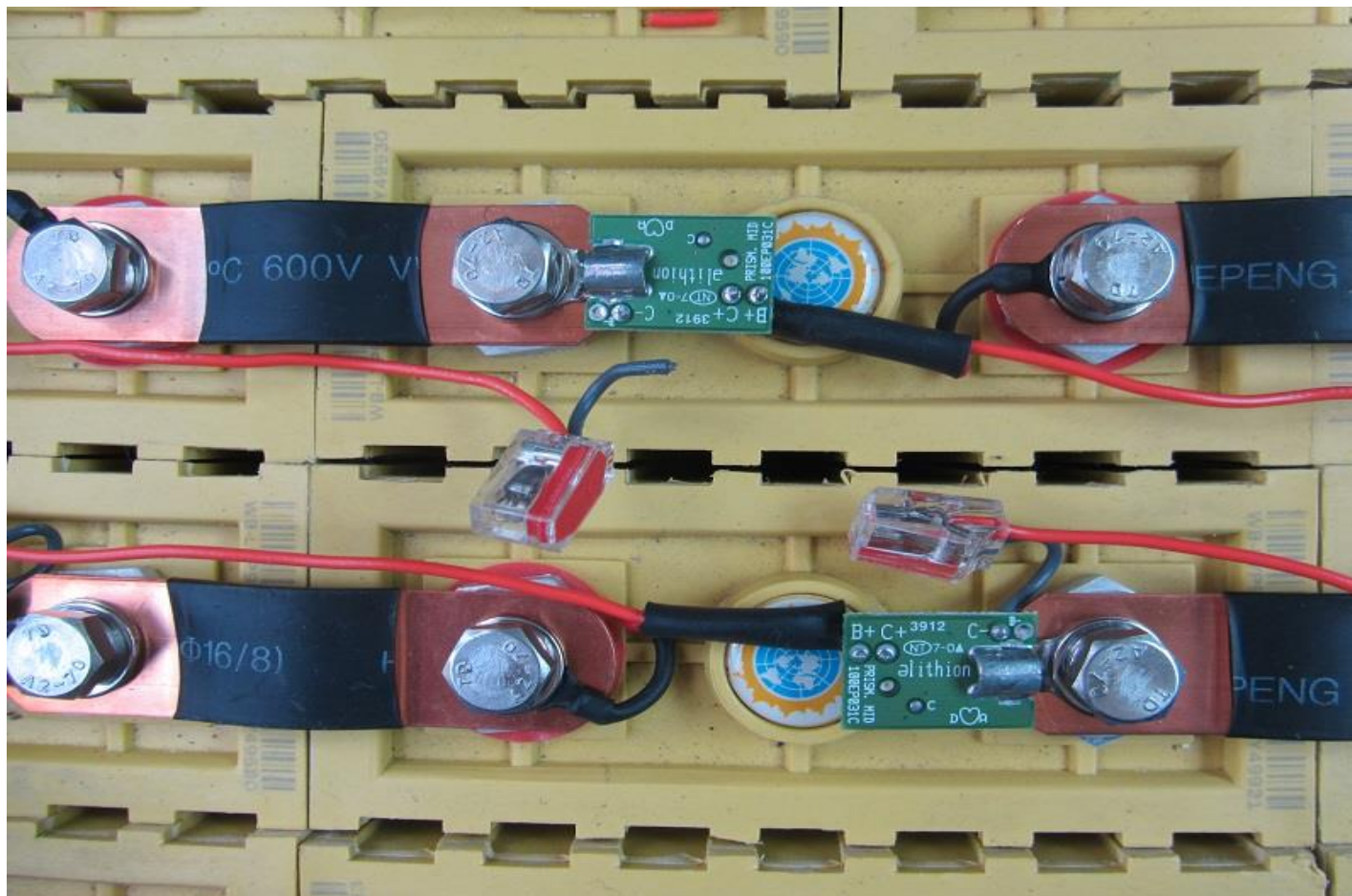
Результаты «Теплового разгона»



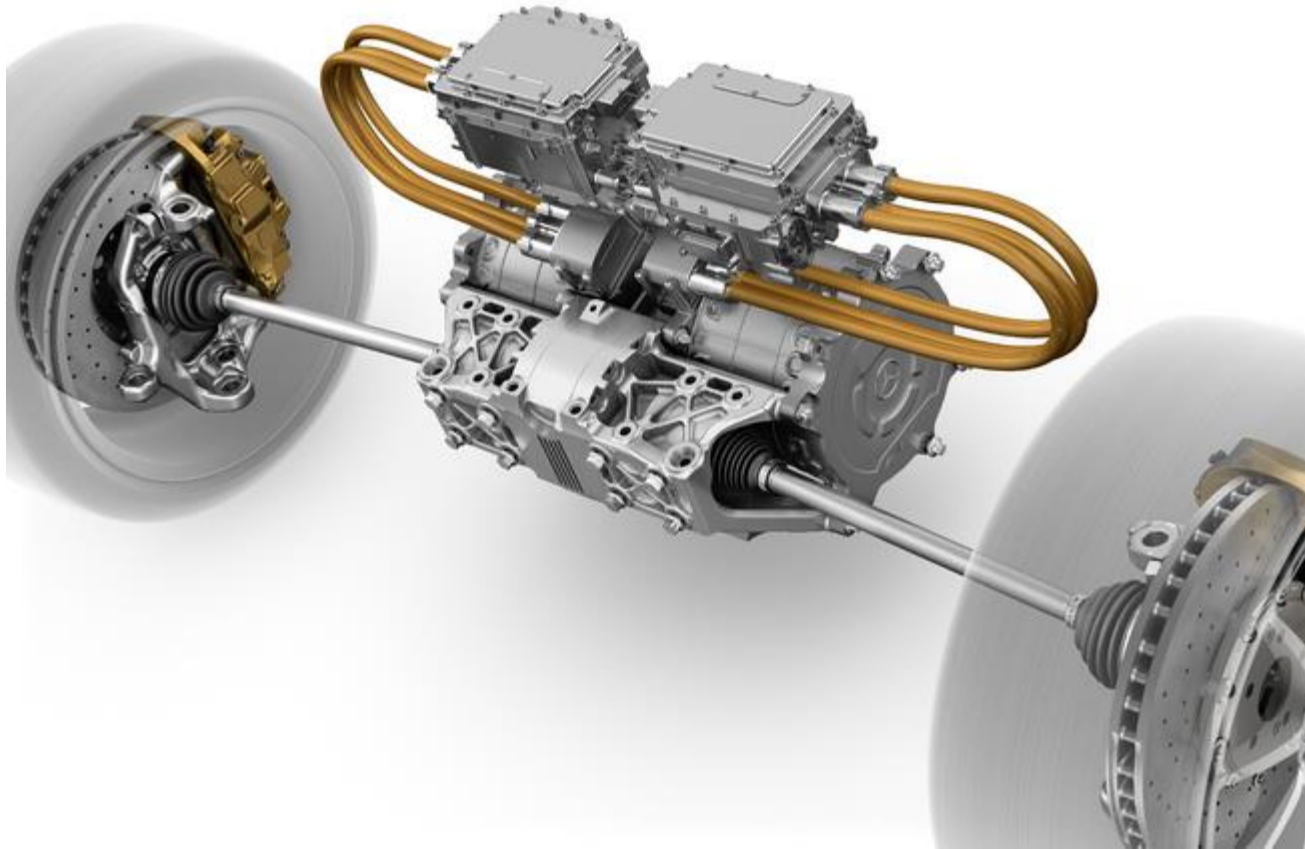
Система охлаждения модуля Тесла



Расположение периферийных плат на батарее ЭЛЛАДА



Двухмоторный мехатронный модуль



Основные типы электродвигателей

- Синхронные с постоянными магнитами (PMSM)
- Асинхронные с короткозамкнутым ротором (AC inductor)
- Синхронные с фазным ротором
- Синхронные и асинхронные с внешним ротором
- С аксиальным внешним ротором
- Коллекторные (BUSH)

Конструкция МК Progear



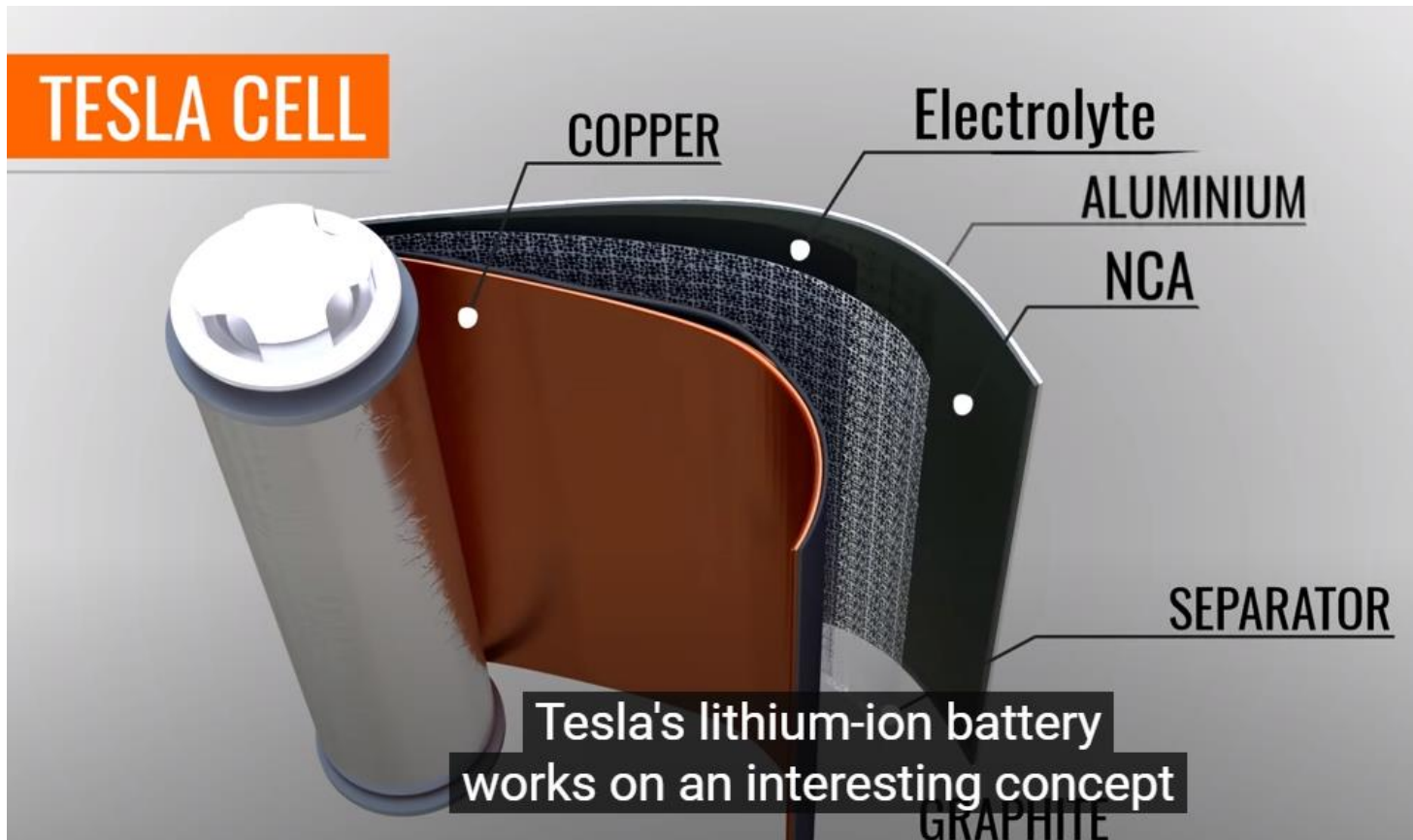
ЭД Yasa с аксиальным ротором



МК Zowell с PMSM ЭД прямого привода 2x113 кВт, 485 об/мин, 2700 Нм



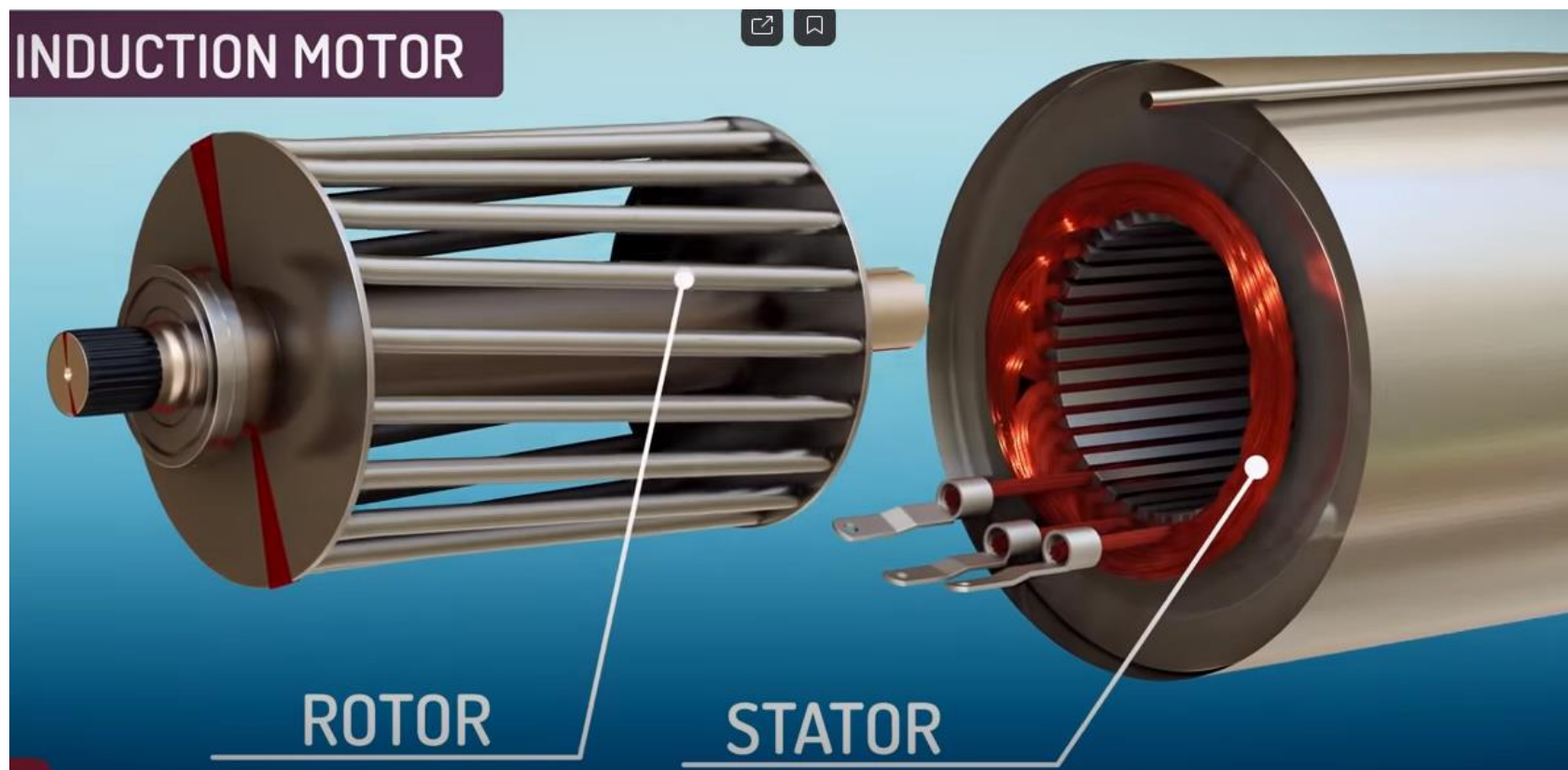
Элемент Тесла 18650



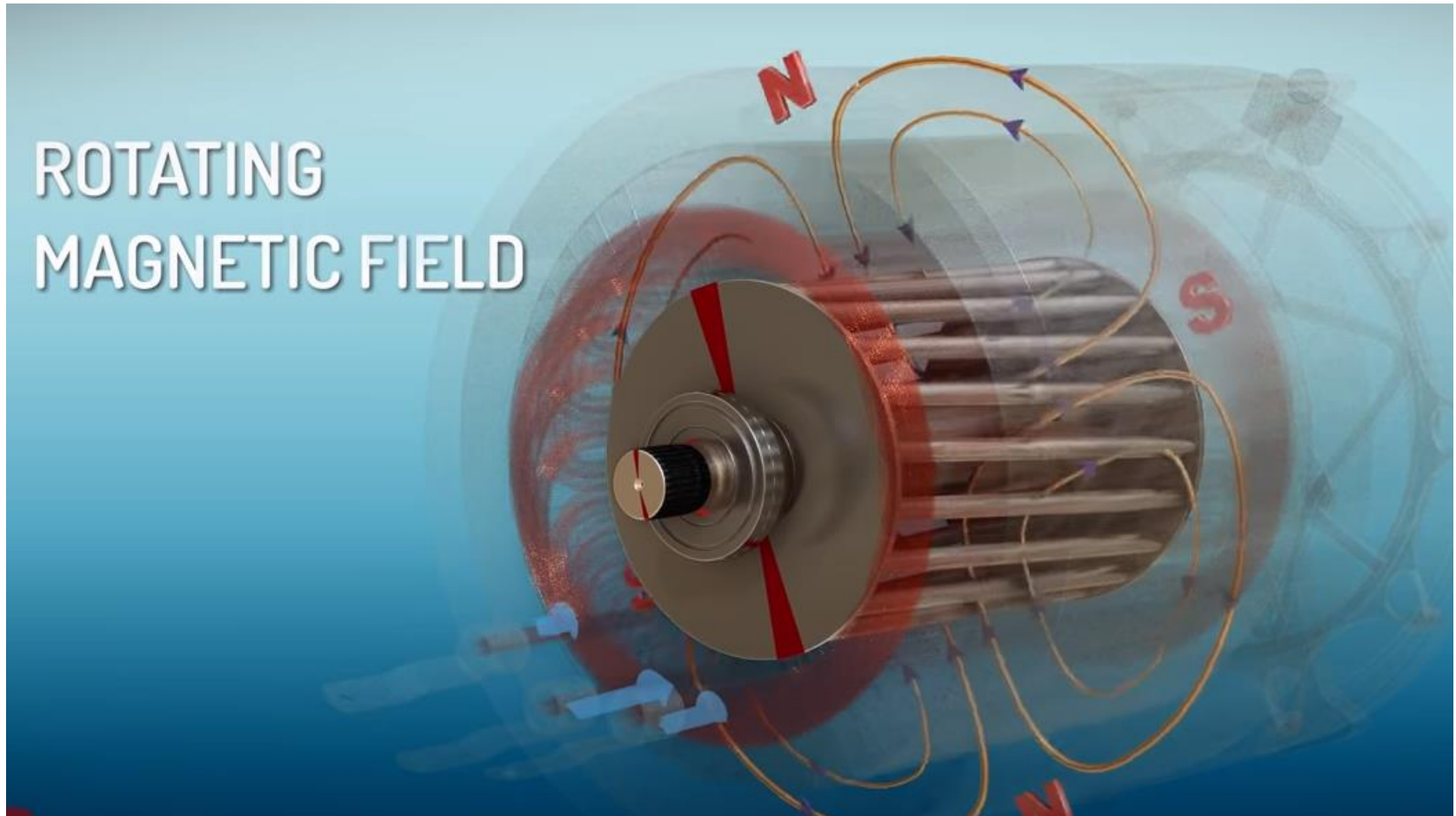
Передний синхронный мотор Tesla 3



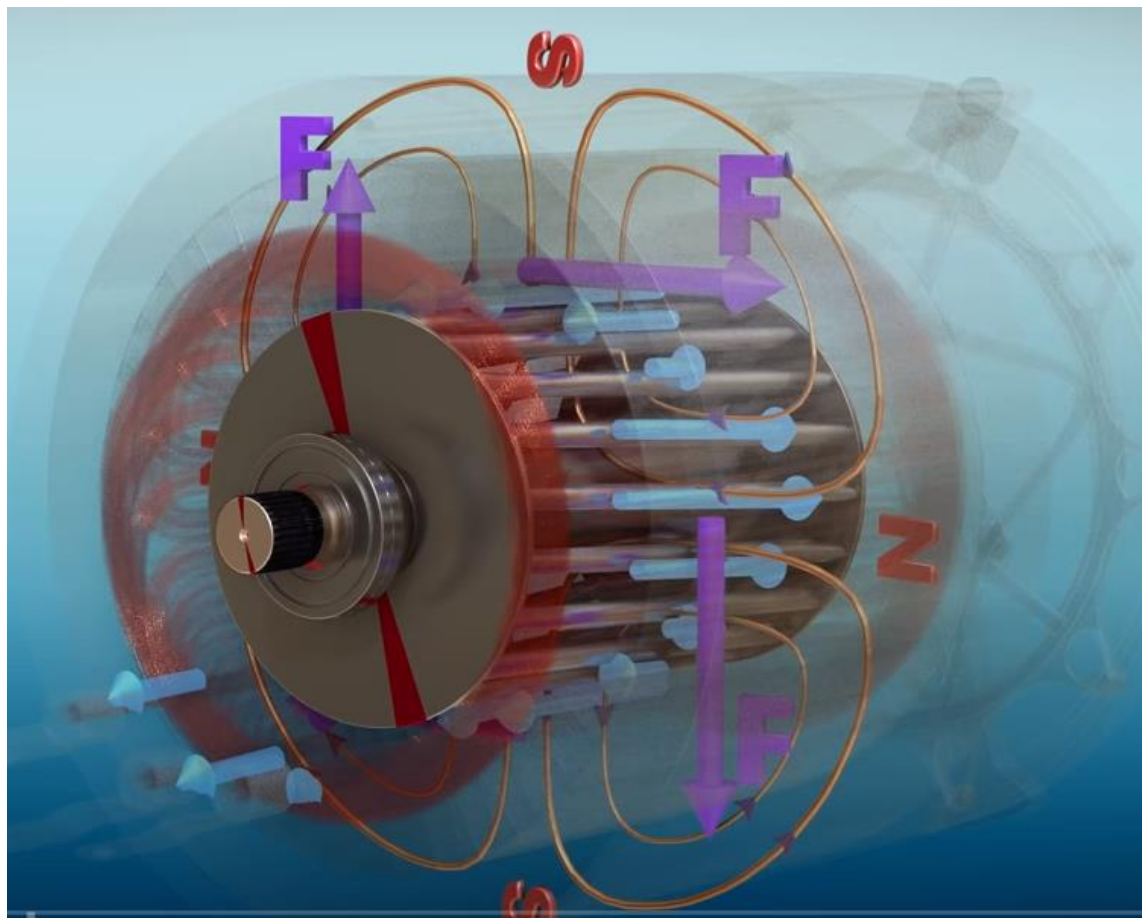
Задний асинхронный мотор Tesla 3



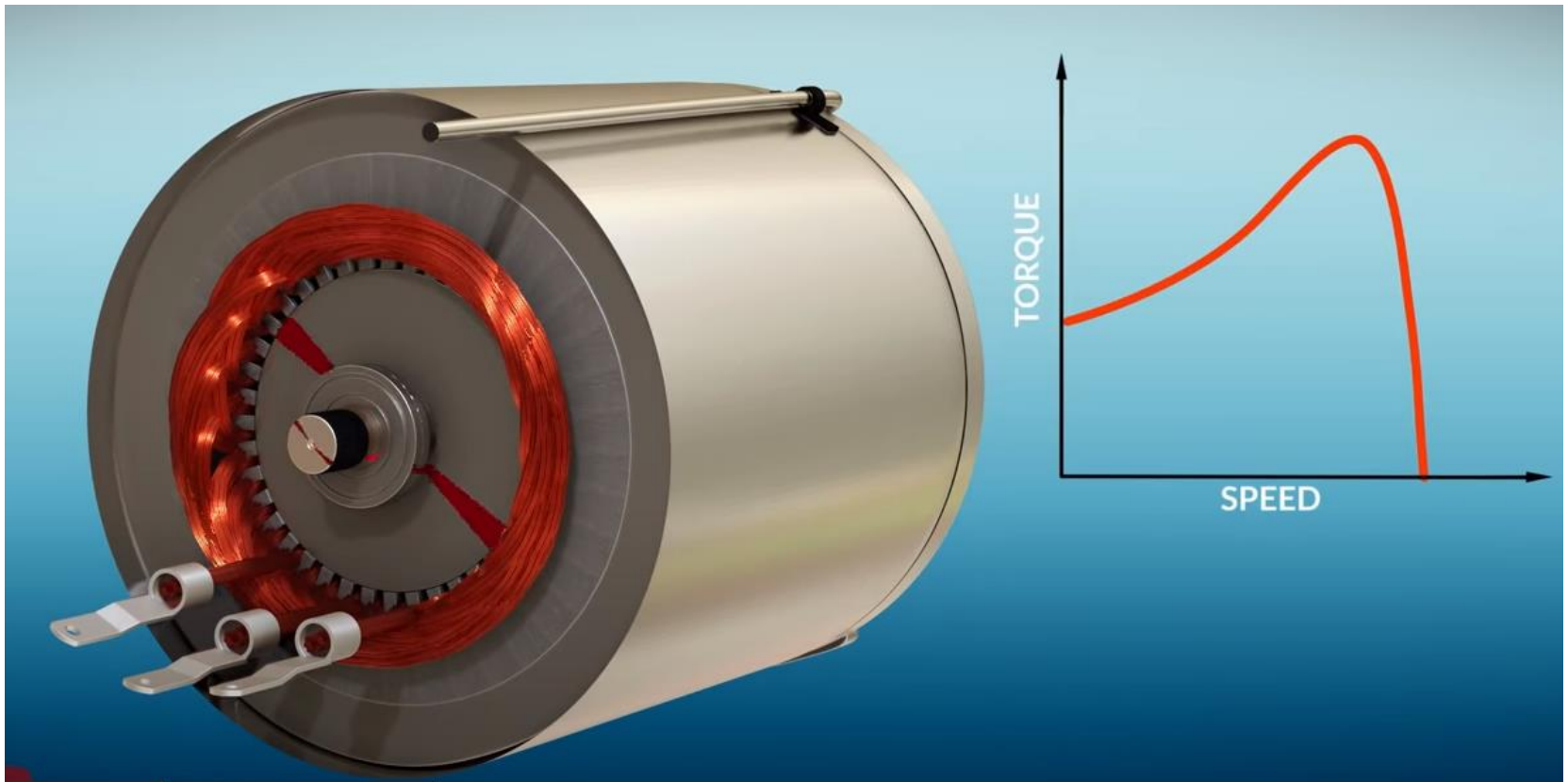
Магнитное поле статора



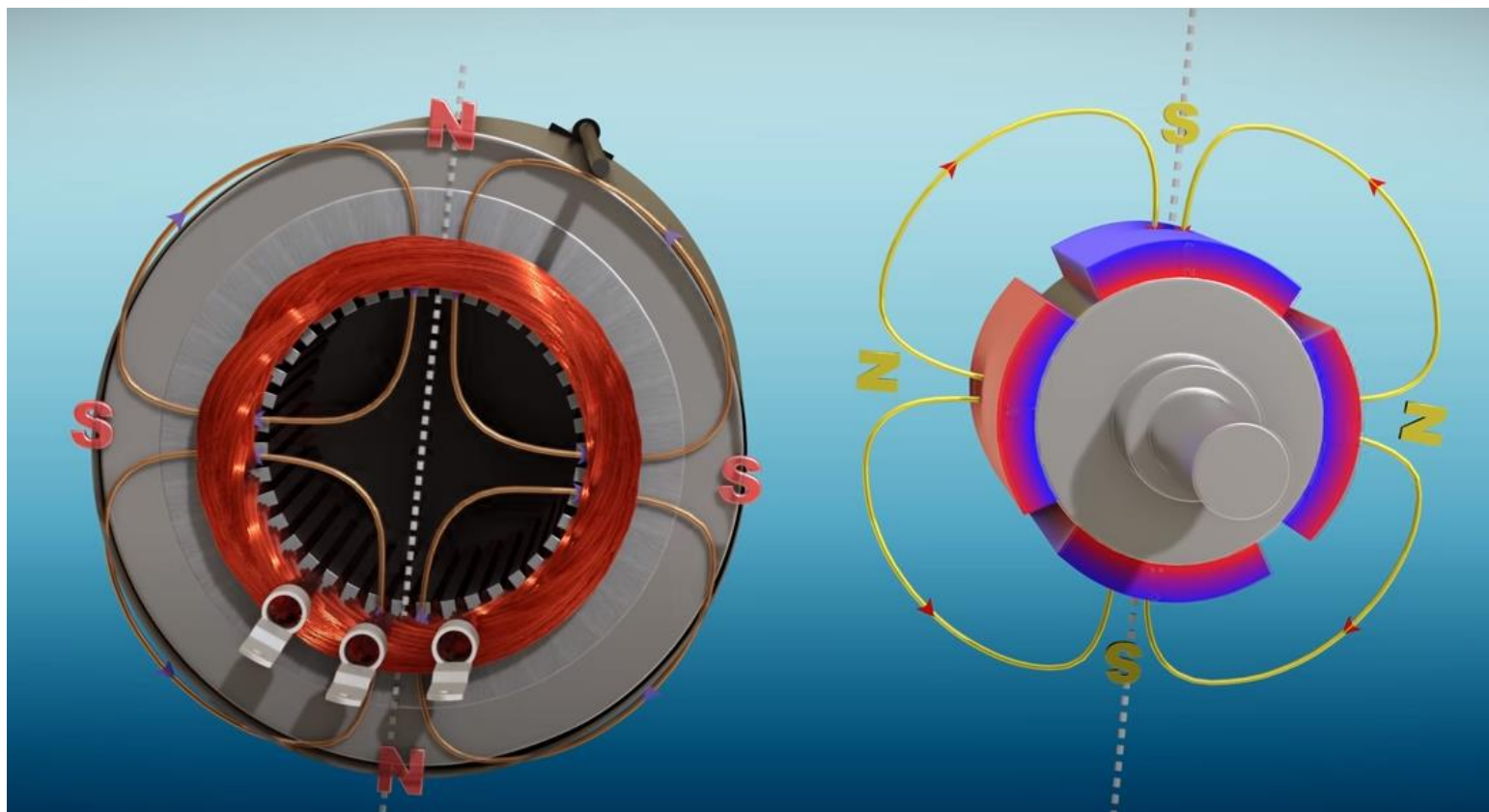
Взаимодействие магнитных полей создаёт крутящий момент



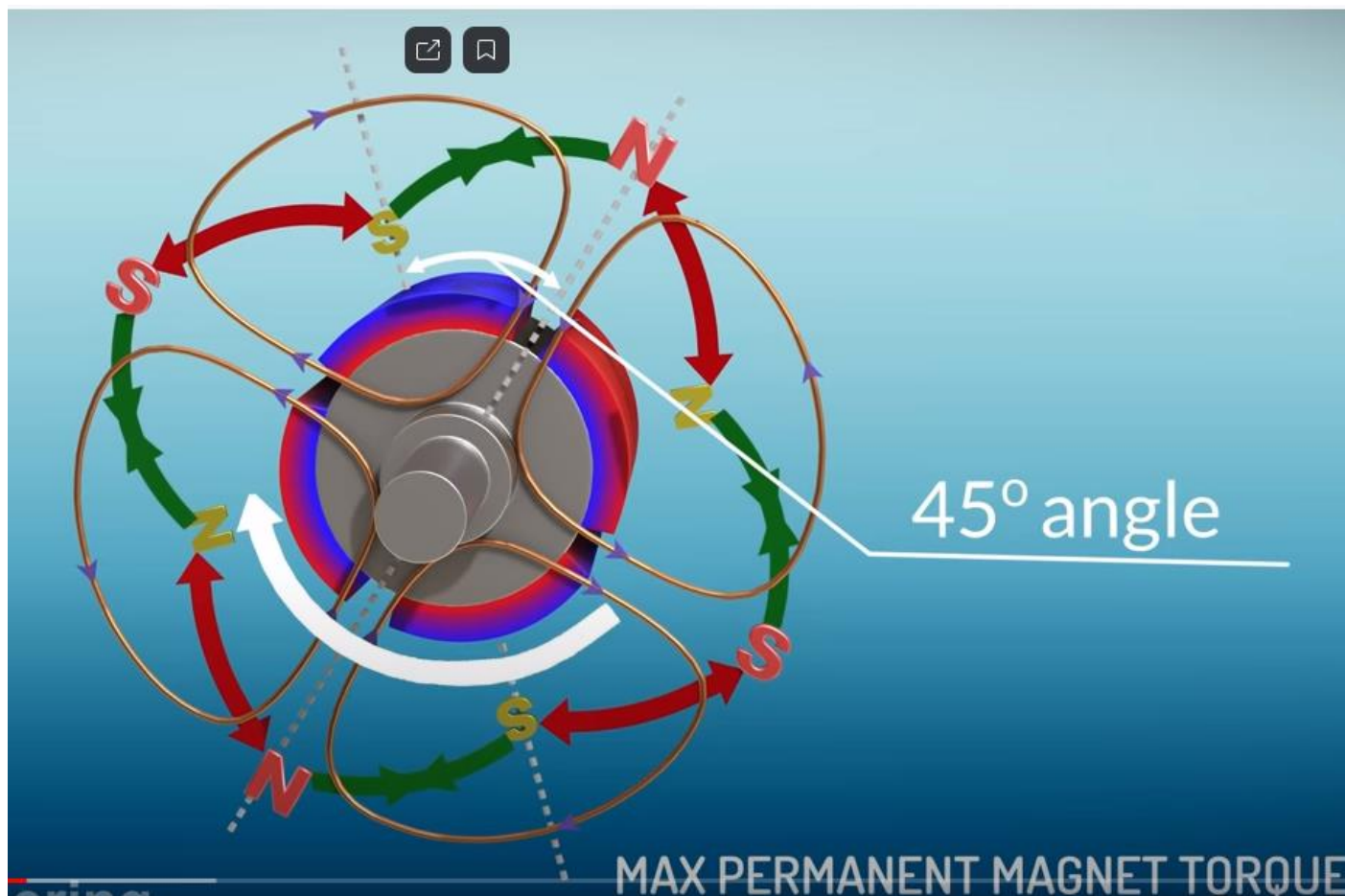
Исходная х-ка асинхронного мотора



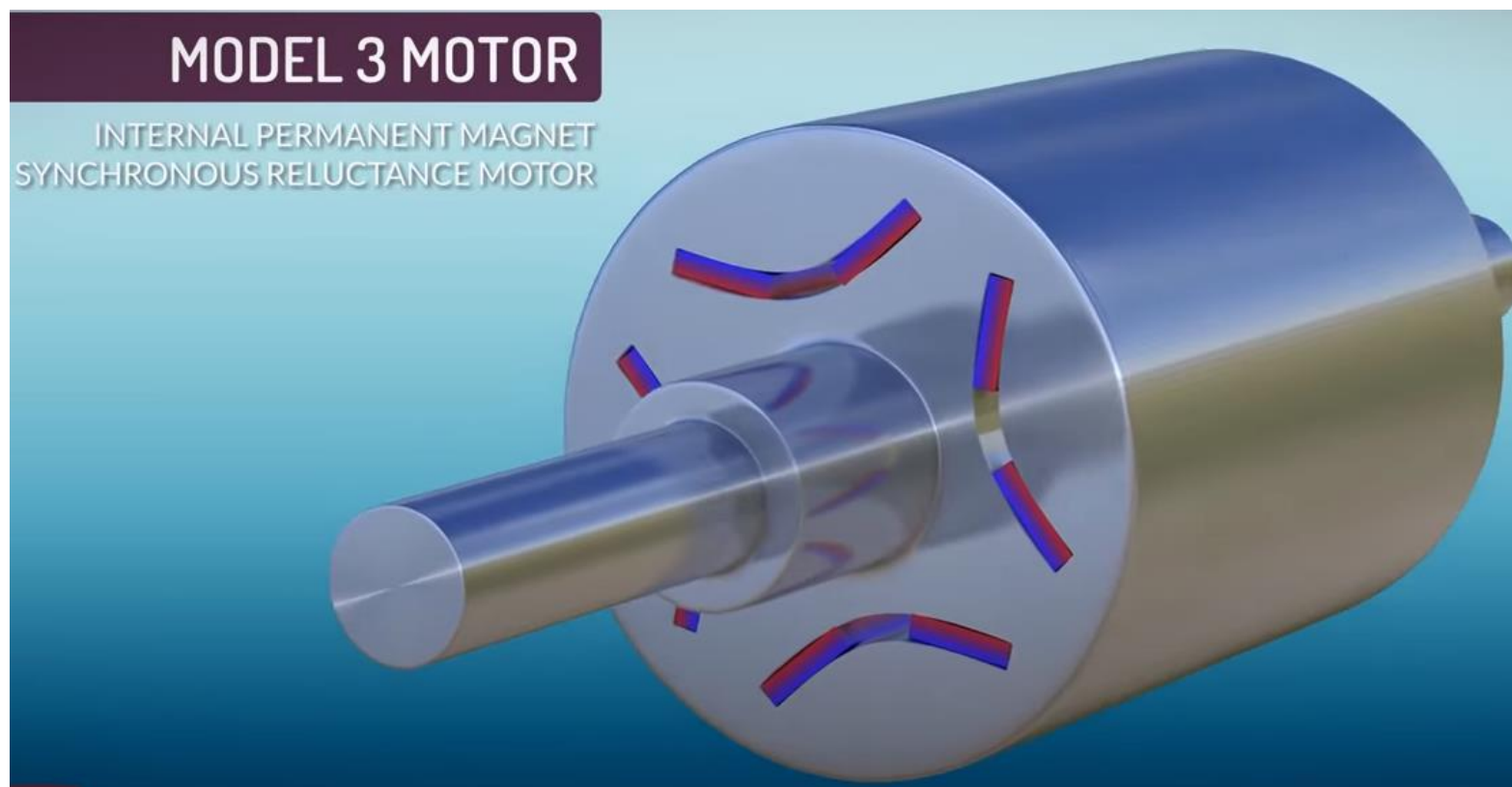
Статор и ротор синхронного РМ мотора



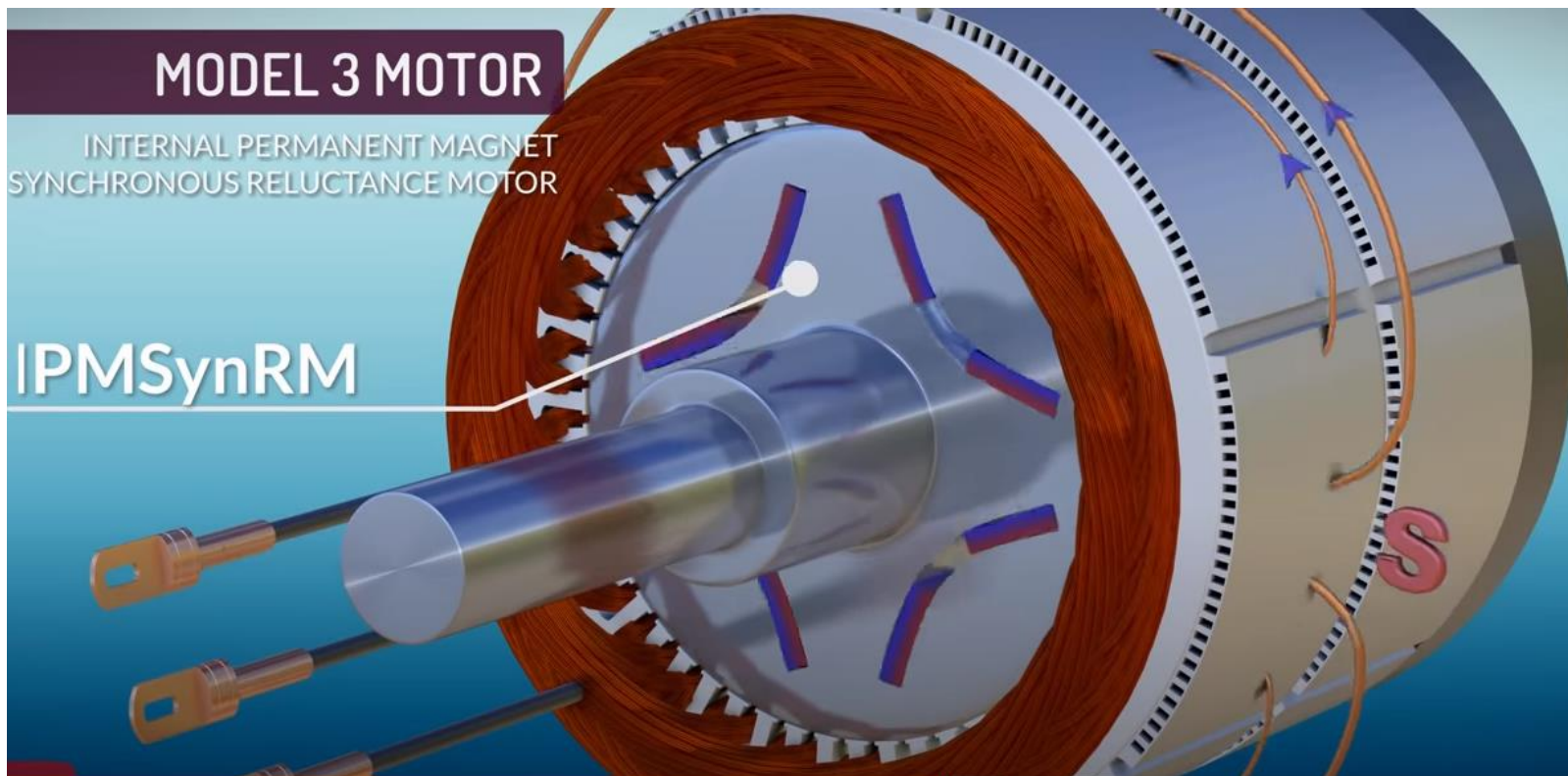
Взаимодействие магнитных полей синхронного РМ мотора



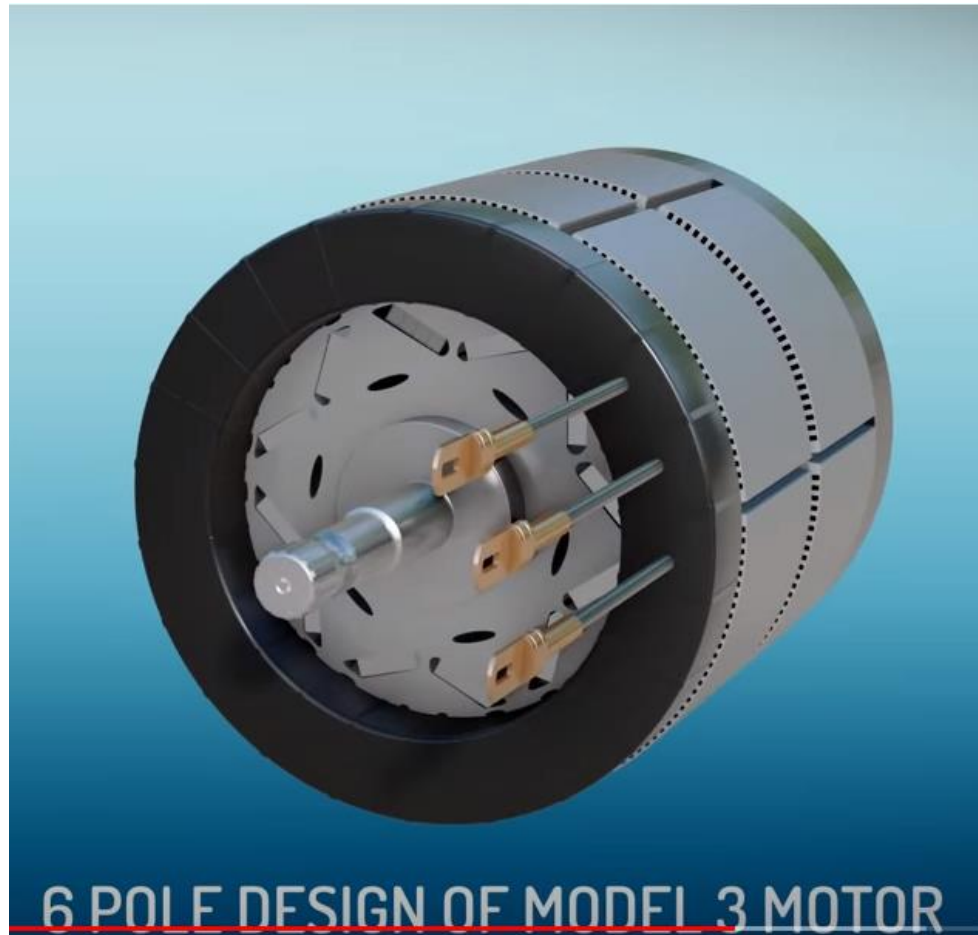
Конструктив реального ротора Тесла 3



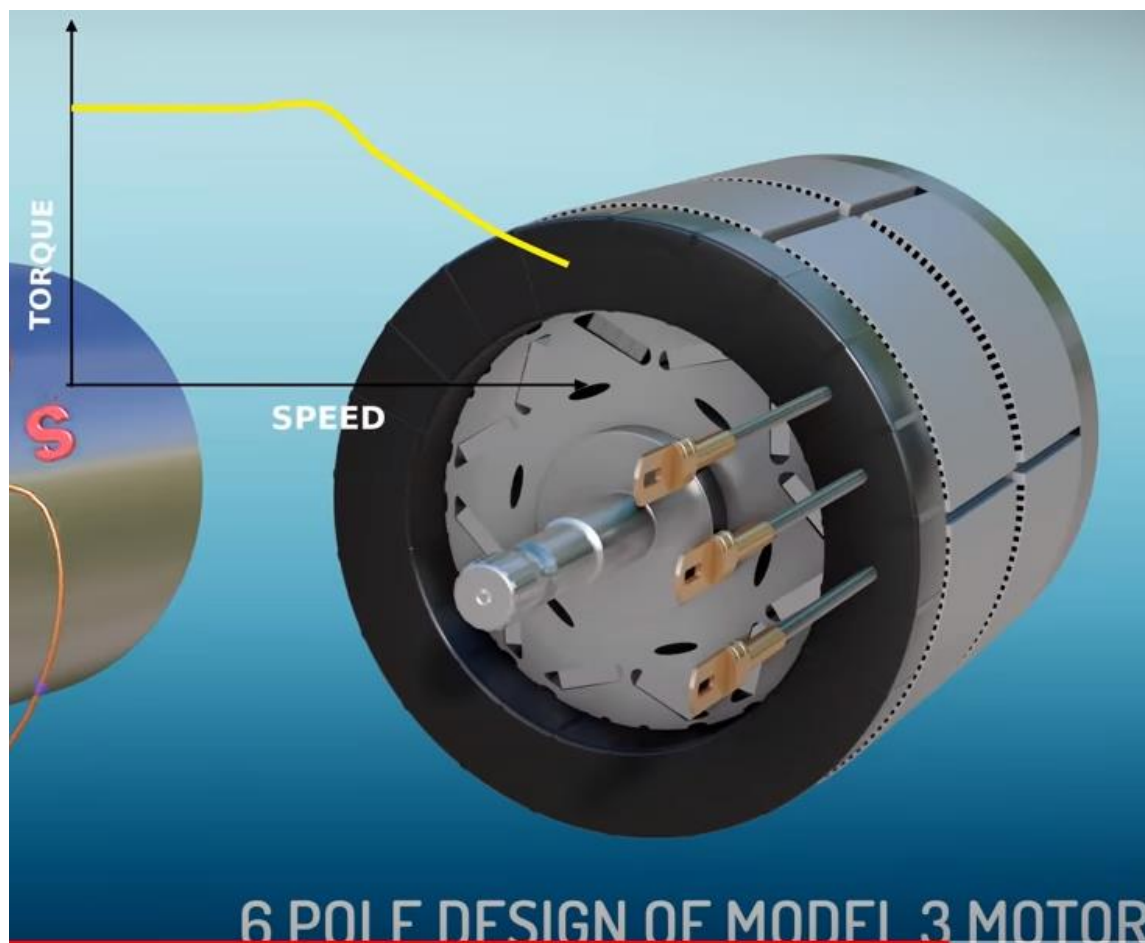
Конструктив реального ротора Тесла 3



Конструктив заднего мотора Тесла 3



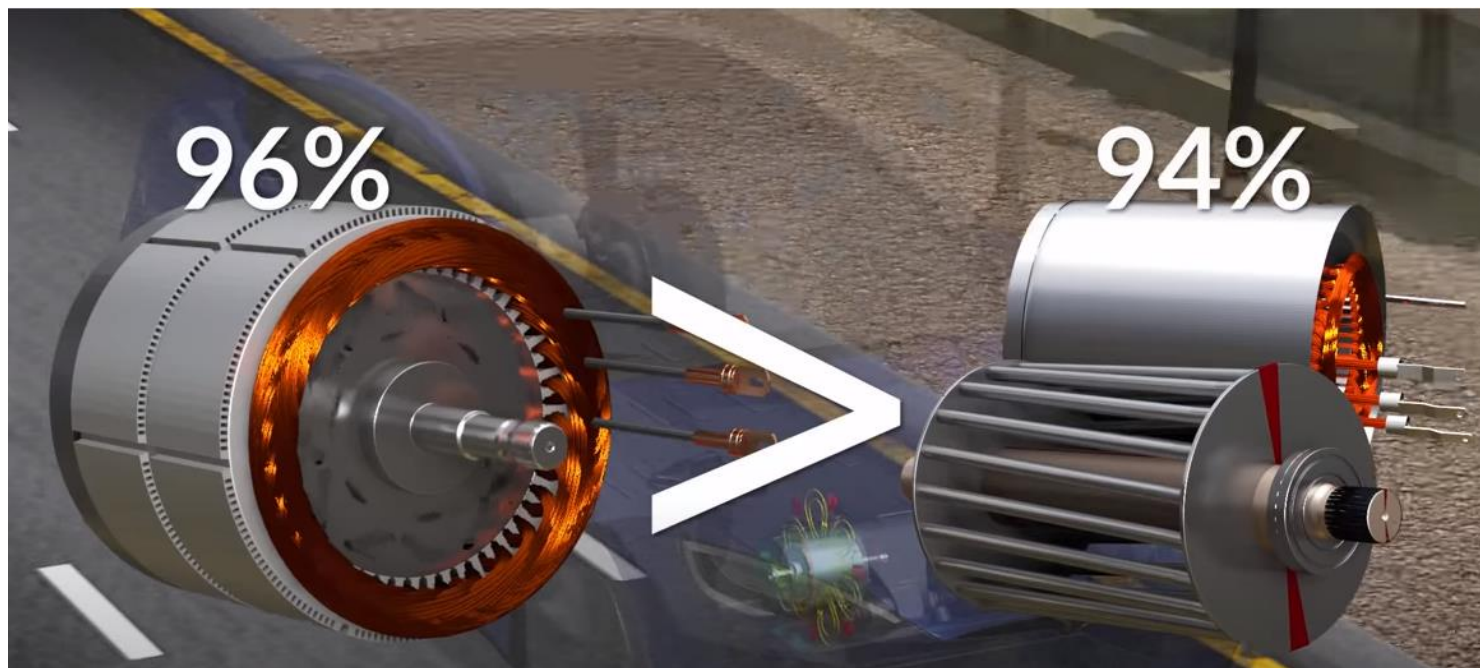
Конструктив и х-ка заднего мотора Тесла 3



Передний синхронный и задний асинхронные моторы Tesla 3



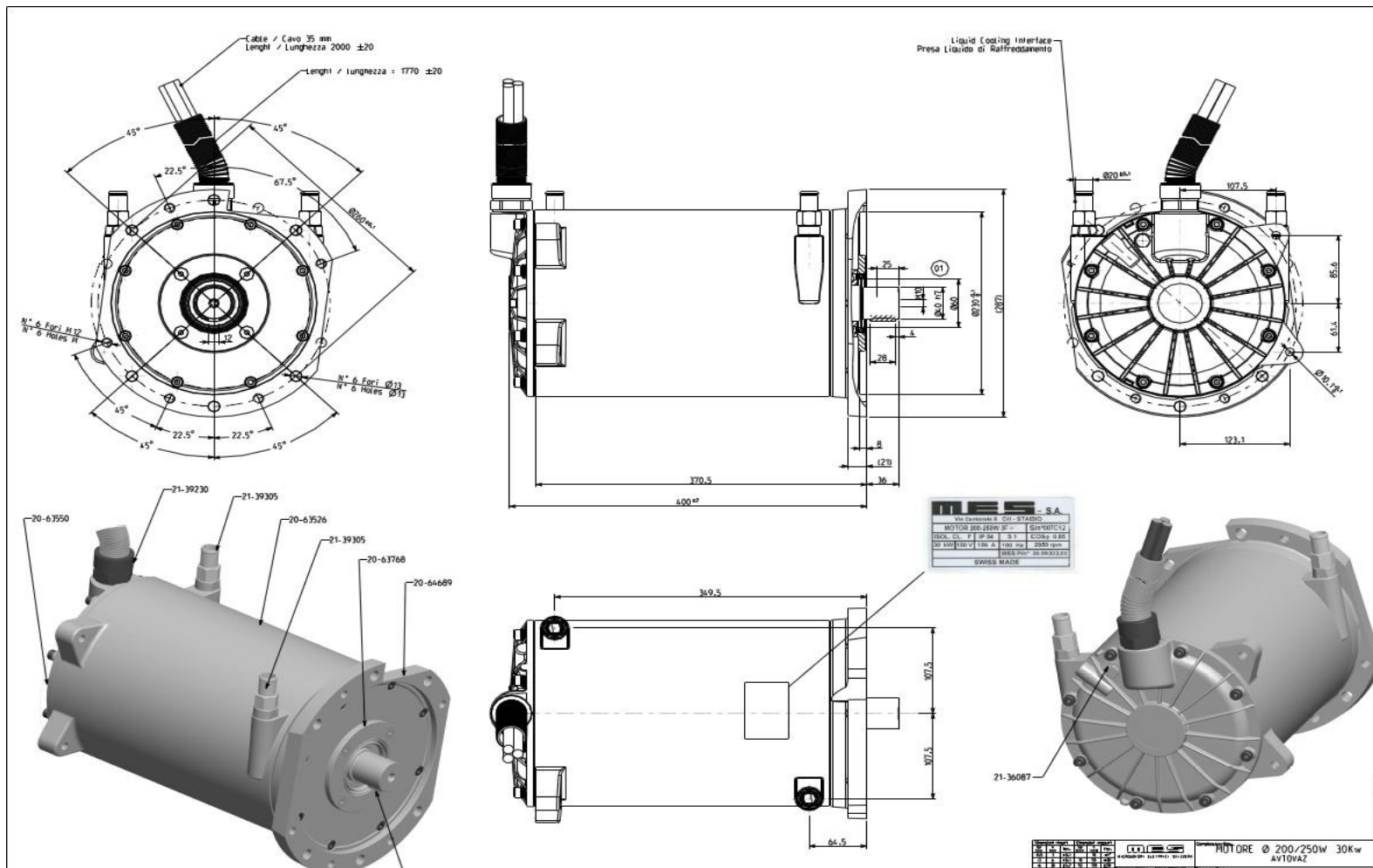
Передний синхронный и задний асинхронные моторы Tesla 3



Компоновка шасси MB EQS на топливных элементах



Асинхронный двигатель 30 кВт для проекта Ellada



Фазный ротор МК Зетта



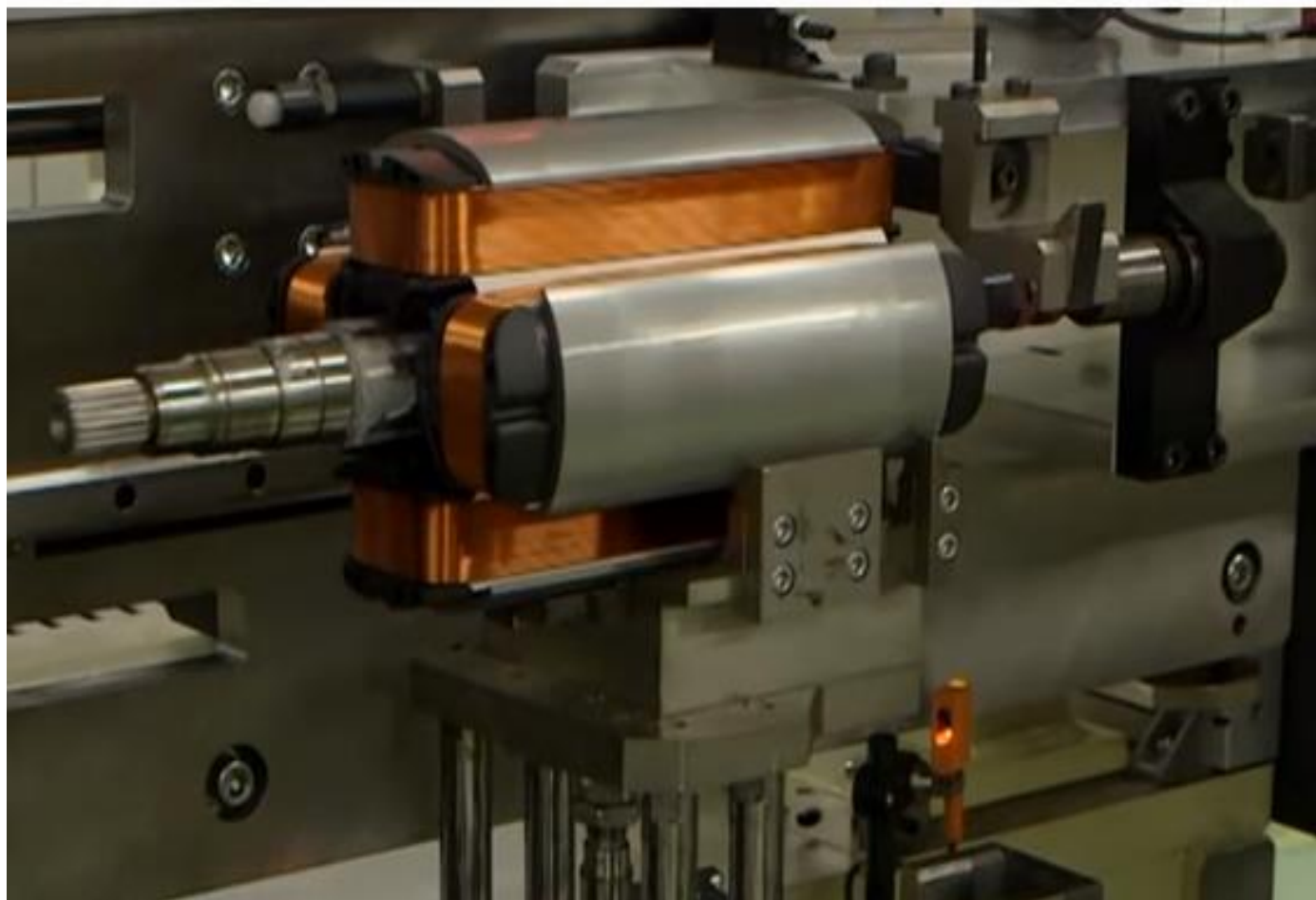
Статор МК Зетта



МК Зетта



Фазный ротор ЭД Рено ZOE



Внутреннее устройство силового инвертора

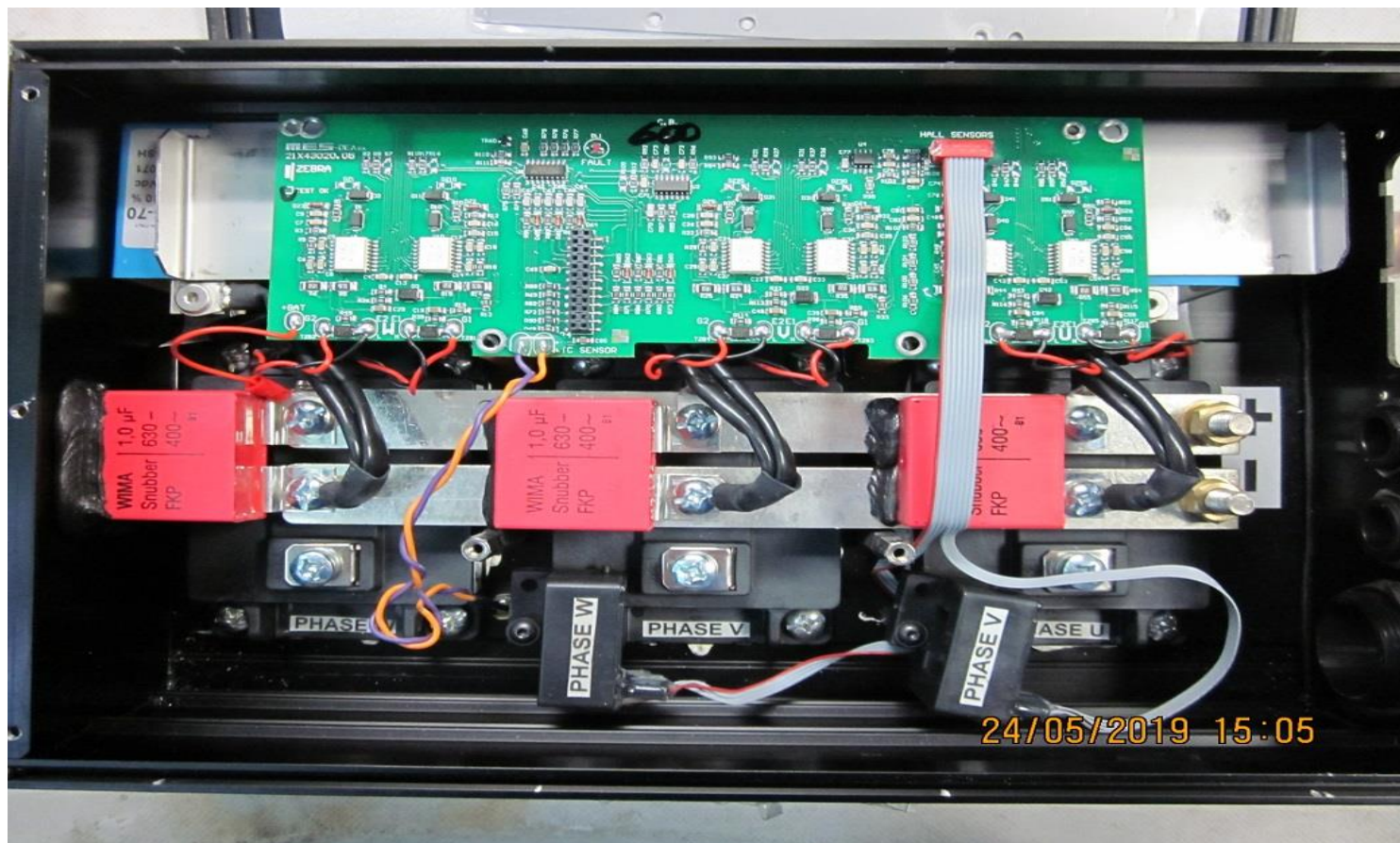
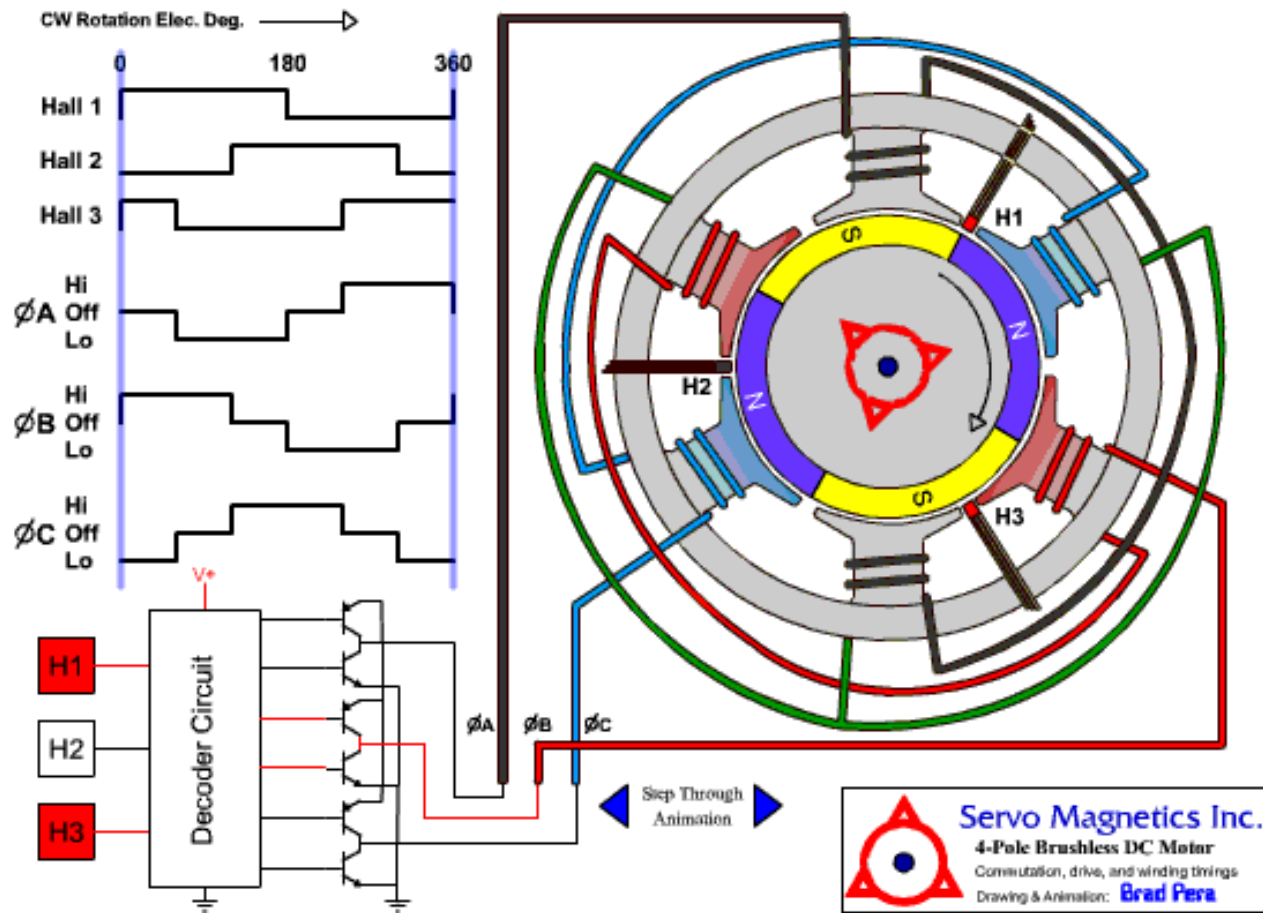


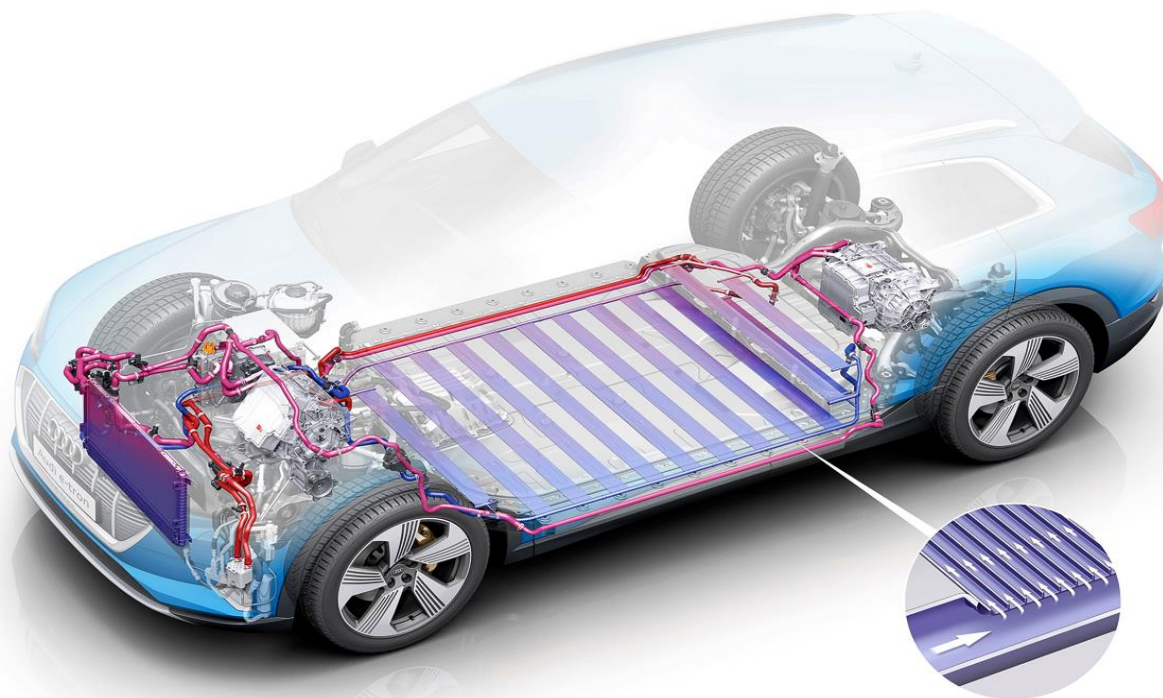
Схема коммутации 3-х фазного ЭД



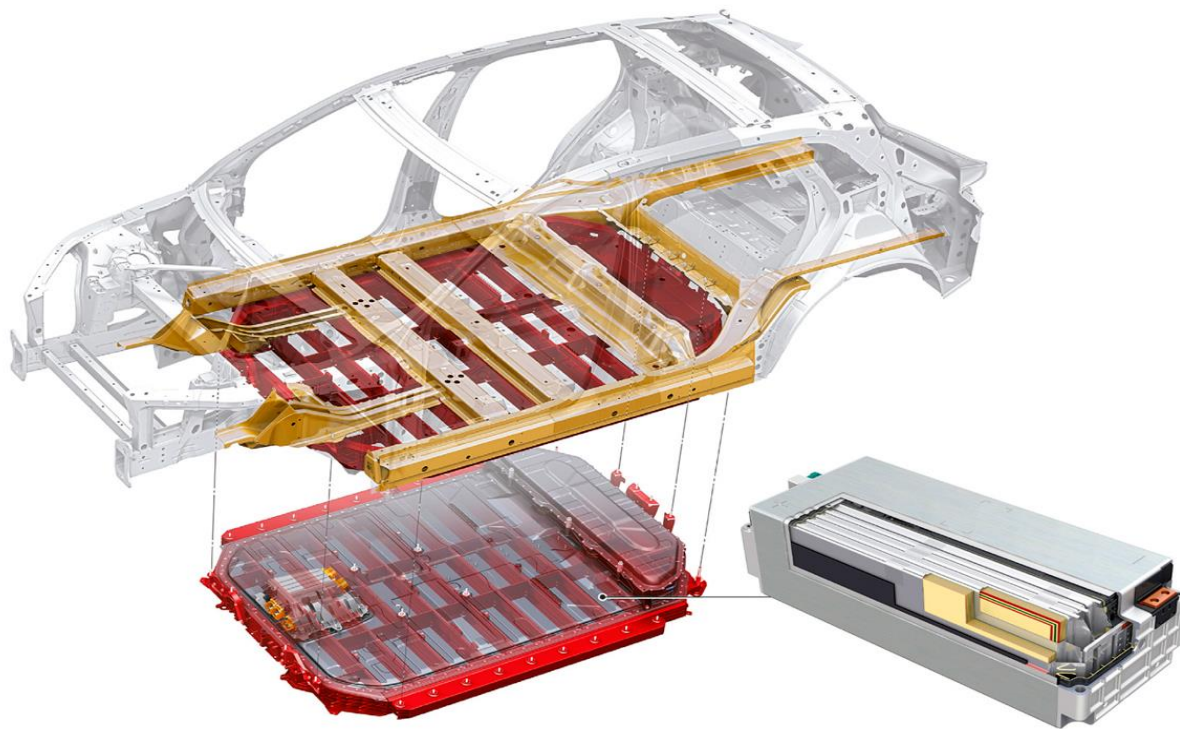
Прогар силовых транзисторов в IGBT модулях



Система охлаждения e-Трон. ЭД, инвертор, батарея. 20 л



Батарея e Трон. 95 кВт*час, 36 модулей LG по 2,64 кВт*час.



Компоновка агрегатов на шасси

Комплект ELLADA

Электрический насос усилителя тормозов

Защитный экран

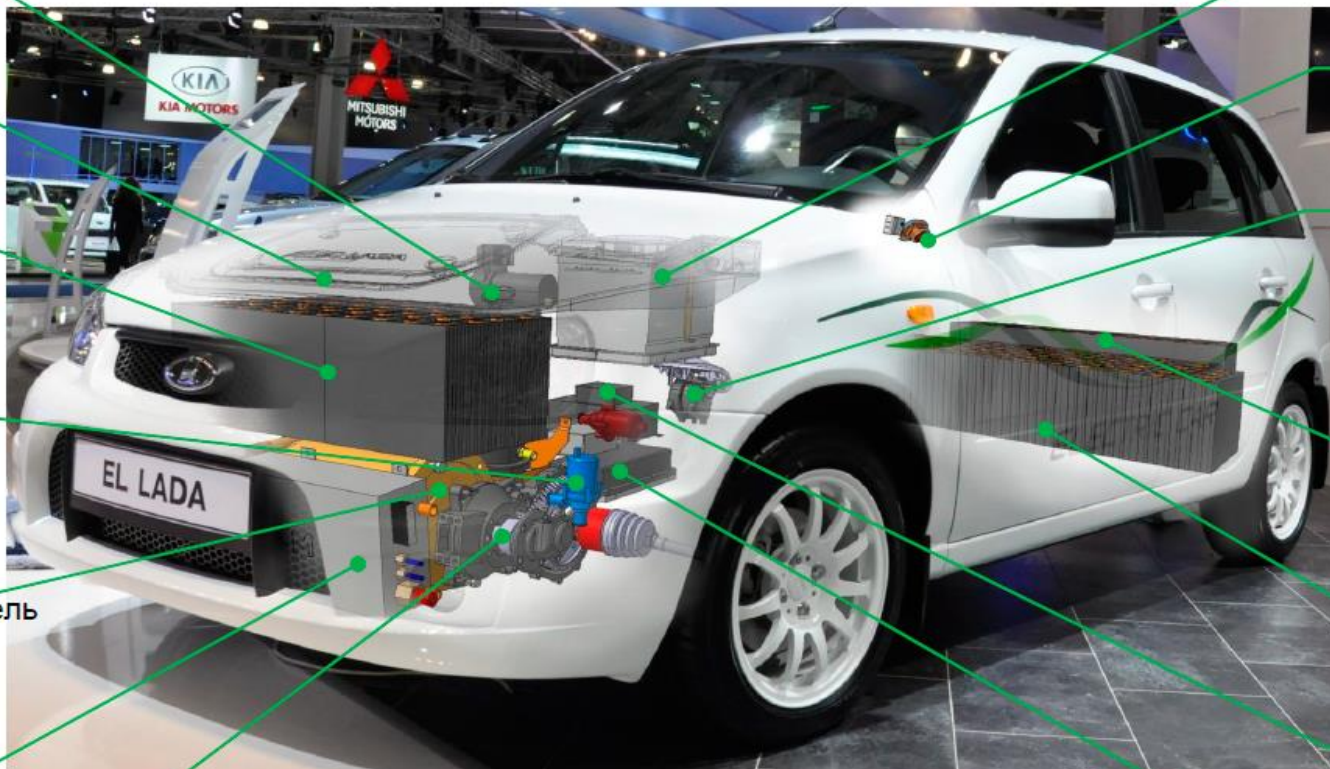
Передняя тяговая батарея

Электрический насос системы охлаждения

Тяговый электродвигатель

Инвертор

Трансмиссия



АКБ 12В

Зарядный разъём

Селектор направления движения

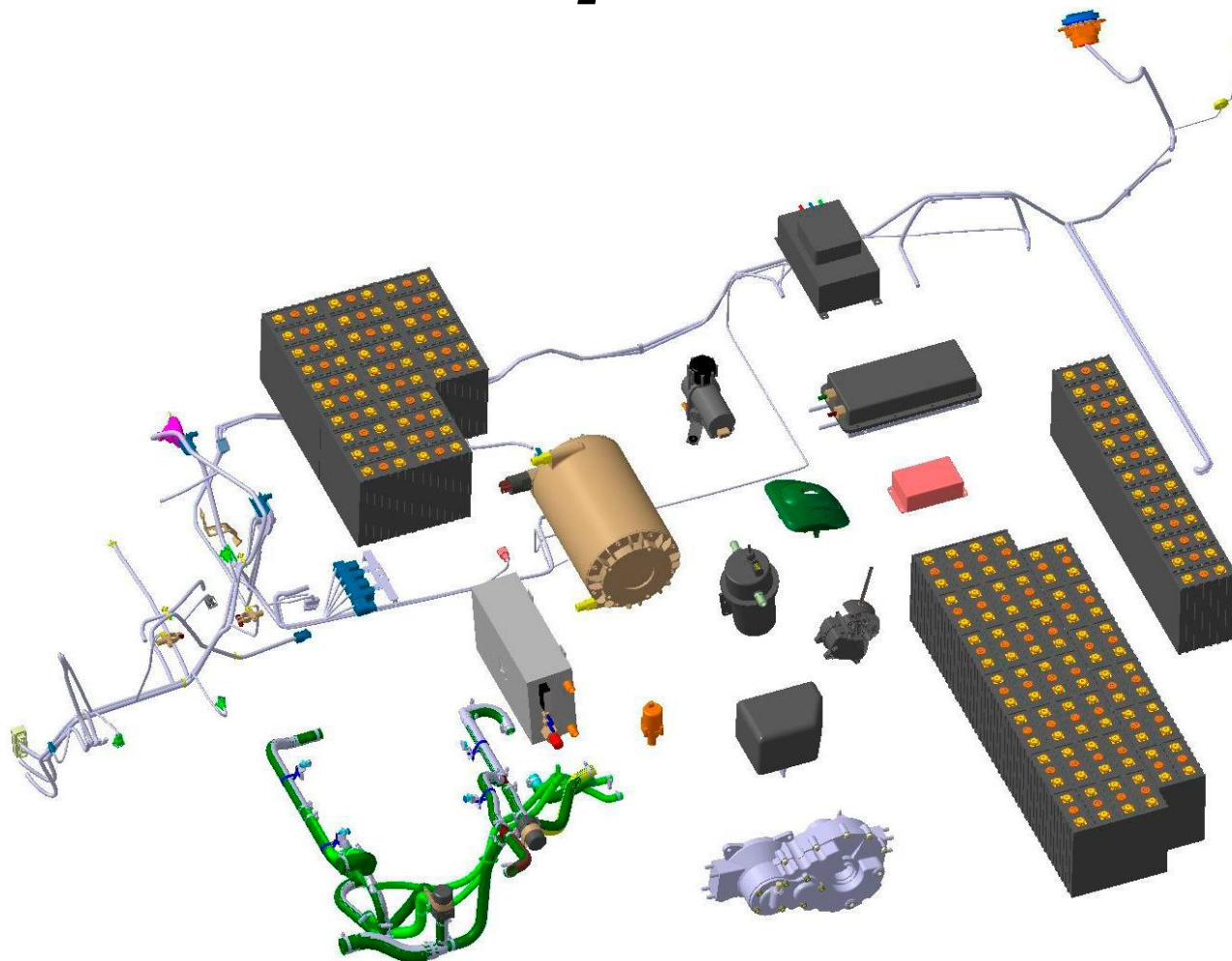
Задняя тяговая батарея

Средняя тяговая батарея

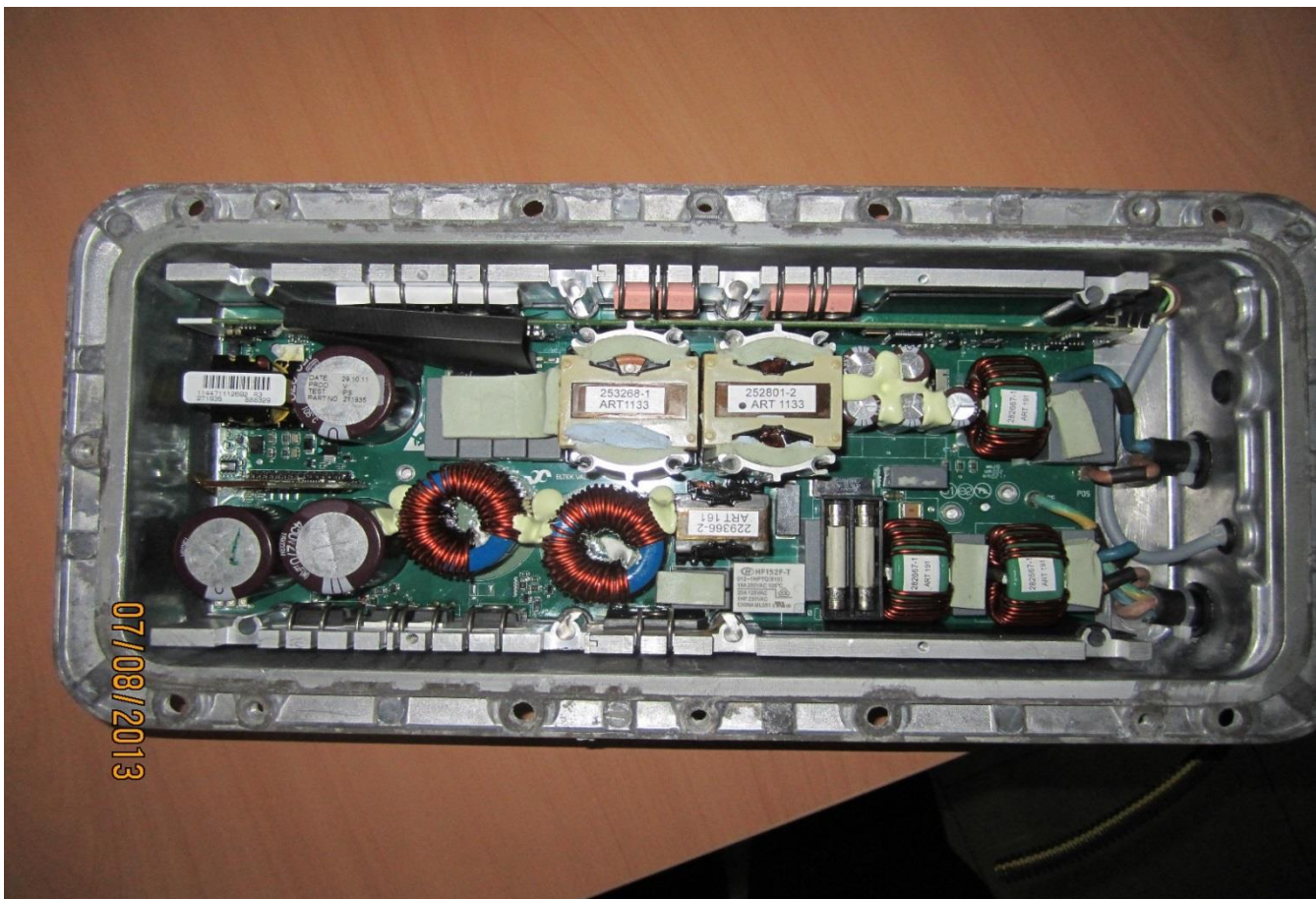
Блок питания 12В

Бортовое зарядное устройство

Компоновка агрегатов на шасси



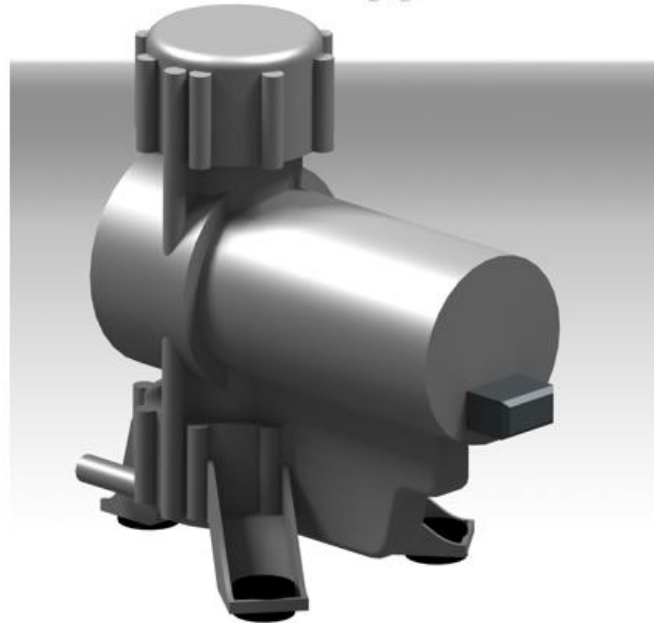
Вскрытое бортовое ЗУ



Нагреватель жидкости системы отопления салона



Вакуумный насос



- **Напряжение питания** 12-14 В
- **Время работы для создания разряжения 0,5 бар в 2 литровом объеме** 6 сек
- **Максимальное давление разрежения** 0,75 Бар
- **Размеры** 254x155x136 мм
- **Вес** 1,4 кг

Испытания АТС на беговых барабанах



Типы зарядных станций. Станция переменного тока 22 кВт



Станция постоянного тока 50 кВт



Типы основных разъемов постоянного тока

