

РОССИЙСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОНЦЕРН «РУСЭЛПРОМ»

Объединение предприятий
по производству электротехнического оборудования
и электрических машин

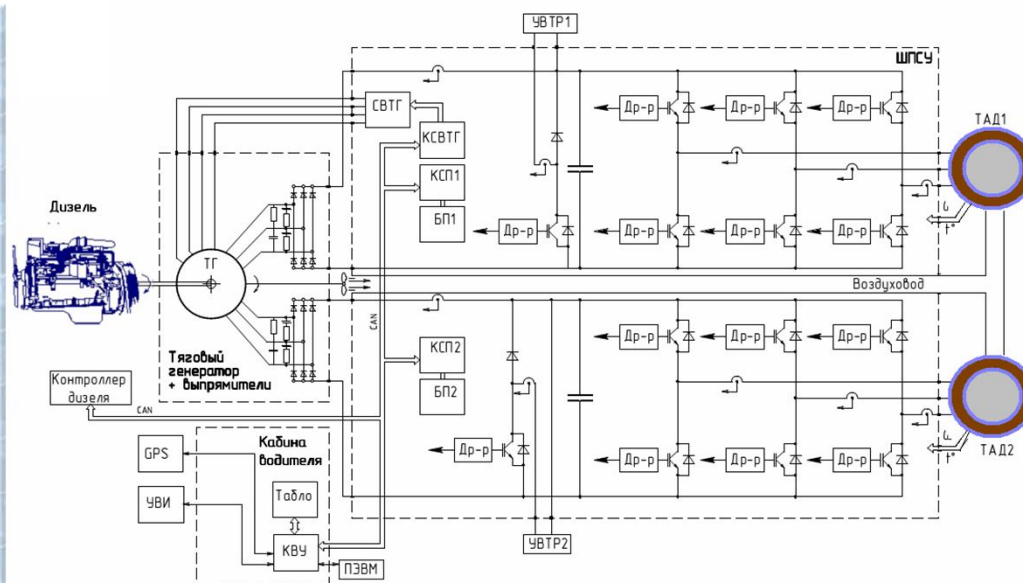


СХЕМОТЕХНИКА, КОНСТРУКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

ТРАНСМИССИИ

МЕХАНИЧЕСКАЯ -> ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ -> ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ

РАНЬШЕ:



Параметры:

- Удельные
показатели

- КПД

- Цена

Целевые показатели:

> 1 кВт/кг (ЭМ);

> 5 кВт/л (ЭМ);

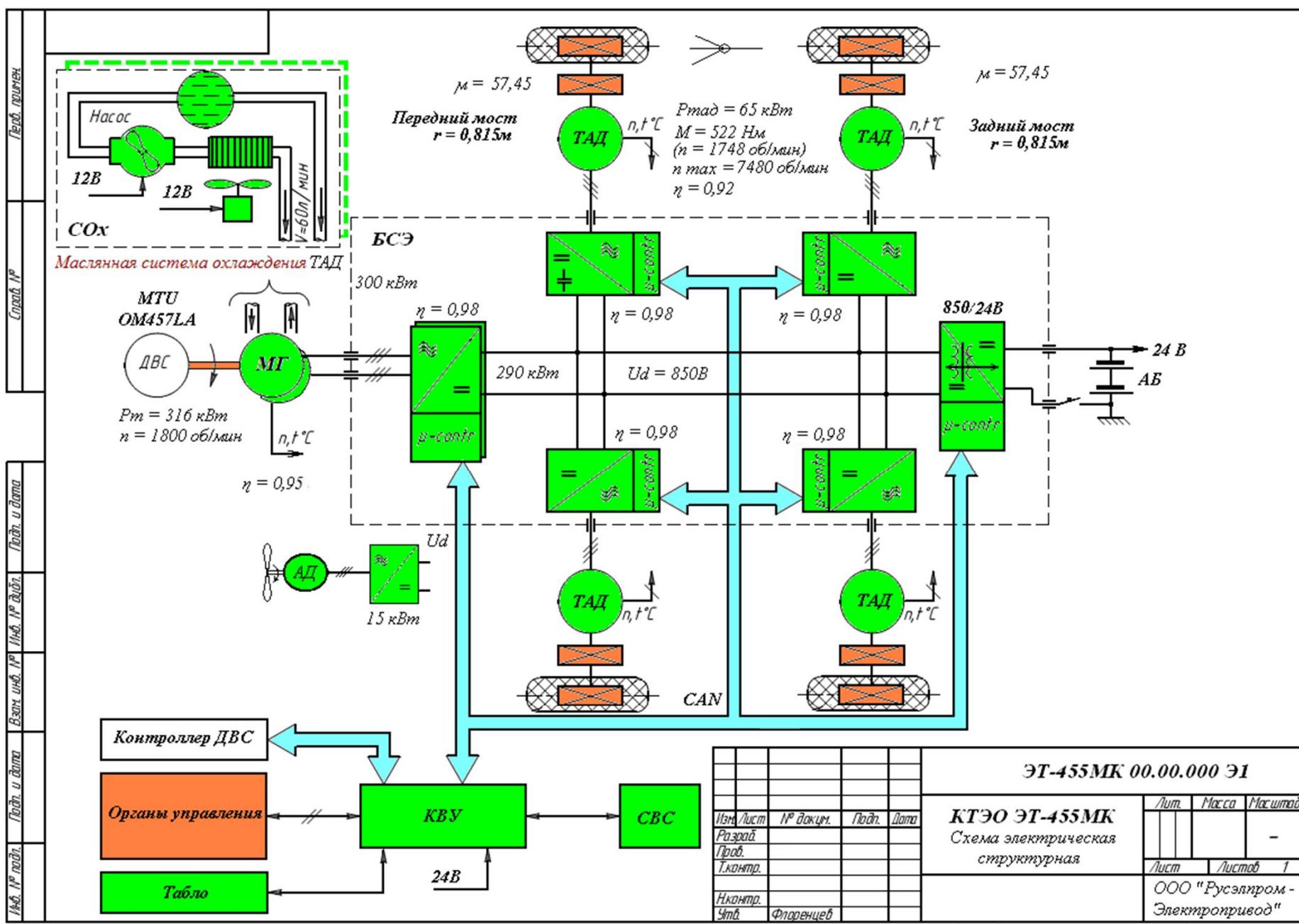
> 12 кВт/кг (СП);

> 12 кВт/л (СП);

>0,93 (ЭМ + СП)

7 \$/кВт (ЭМ)

5 \$/кВт (СП).



Перед. полимен.
 Справа. №
 Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Инв. № докл.
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разр.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.	Флоренцев			

ЭТ-455МК 00.00.000 Э1

КТЭО ЭТ-455МК
 Схема электрическая структурная

Лист	Масса	Масштаб
		-
Лист	Листов	1

ООО "Русэлпром-Электропривод"

Копирова
 Формат А3



DC/DC Converter **BSC6xx**

12V / 24V Battery

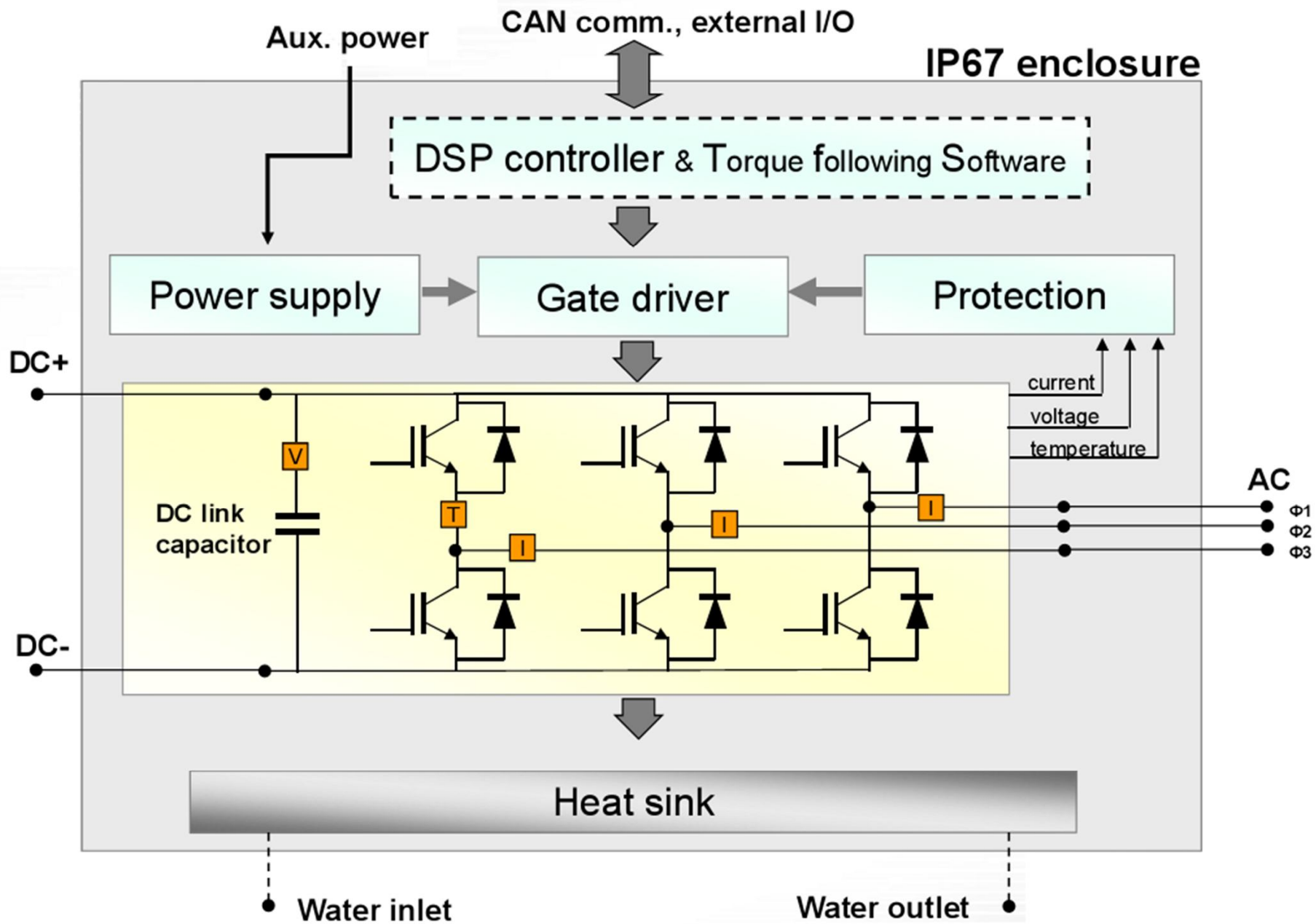
95% 4.8 kg, 300x150x70mm

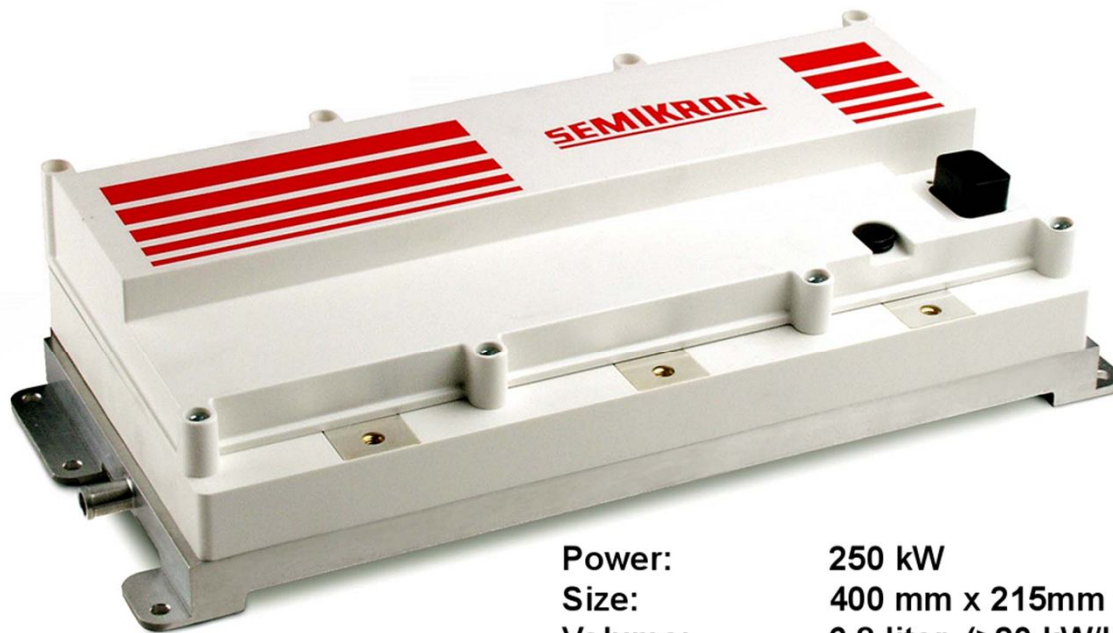
900V, 3,5kW
High voltage HV

Low voltage LV

12v, 250A





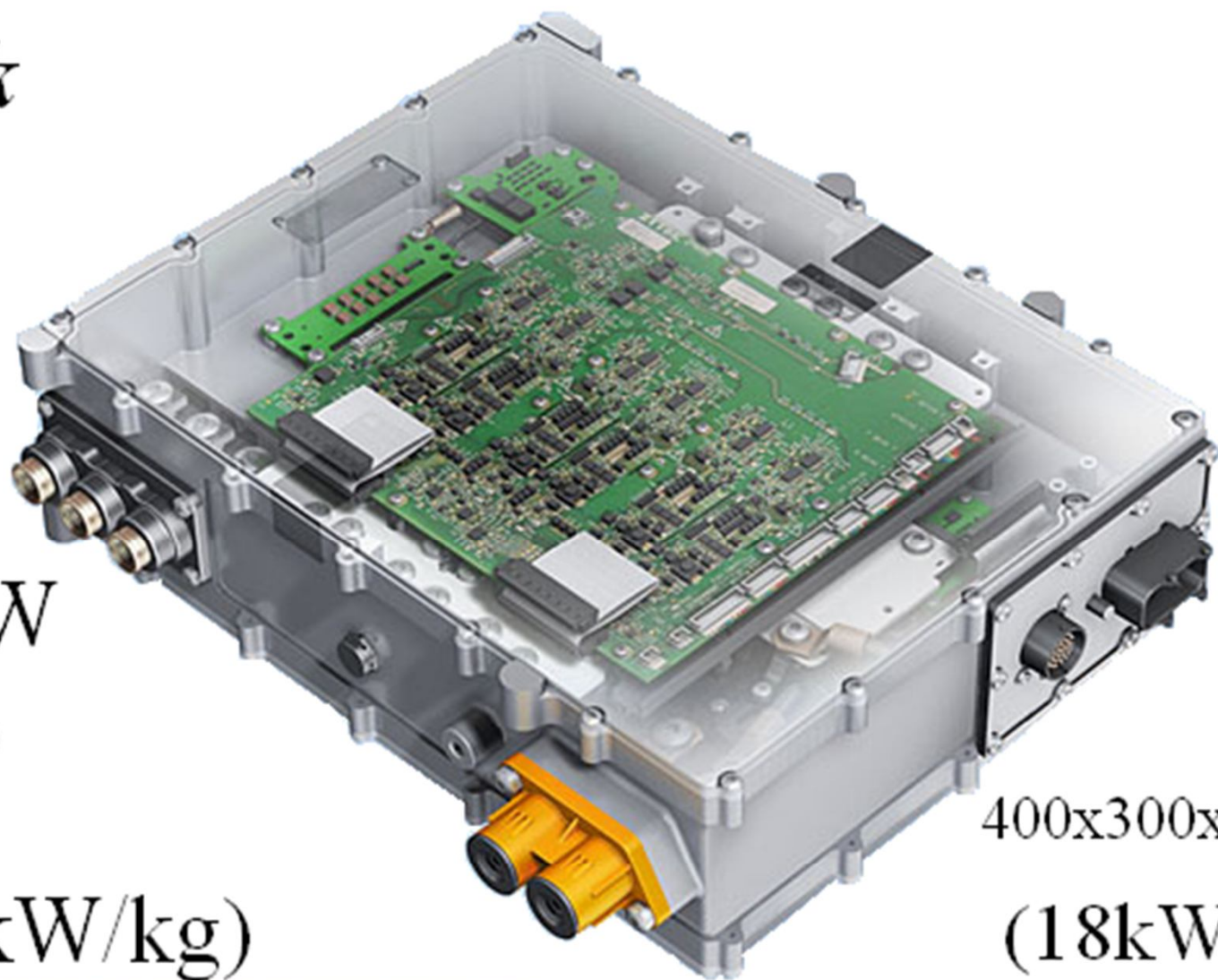


Power: 250 kW
Size: 400 mm x 215mm x 100mm
Volume: 6,8 liter (>20 kW/liter)
Weight: 8 kg (19 kW/kg)



$U_{dc} < 900V$
 $I_{out} = 300A$
IP67
13.9 kg (18 kW/kg)
475x244x109 mm
(20kW/l)

Zytek



250 kW

97.5%

12kg

(20.8 kW/kg)

400x300x111.5mm

(18kW/l)

BRUSA

High power
750V inverter



97%

< 750V

160kW 225A

15.5kg (10.3 kW/kg)

606x240x88mm (12.5 kW/l)

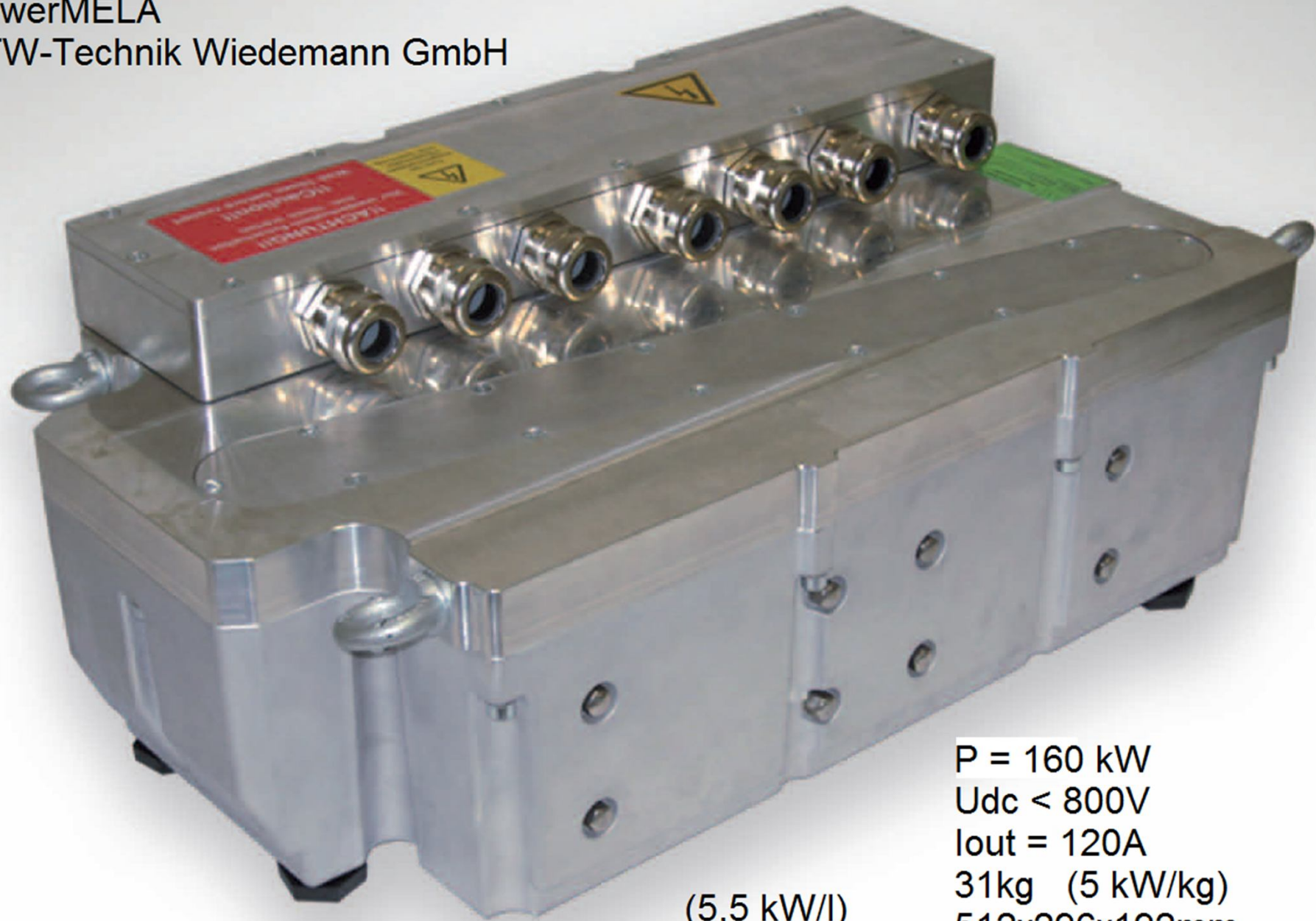
High power inverter DMC547

СО300HV



230 / 155 kW; 600V; 35kg; 750x356x126mm
IP 6K9K (6.6 kW/kg) (6.8 kW/l)

PowerMELA
STW-Technik Wiedemann GmbH



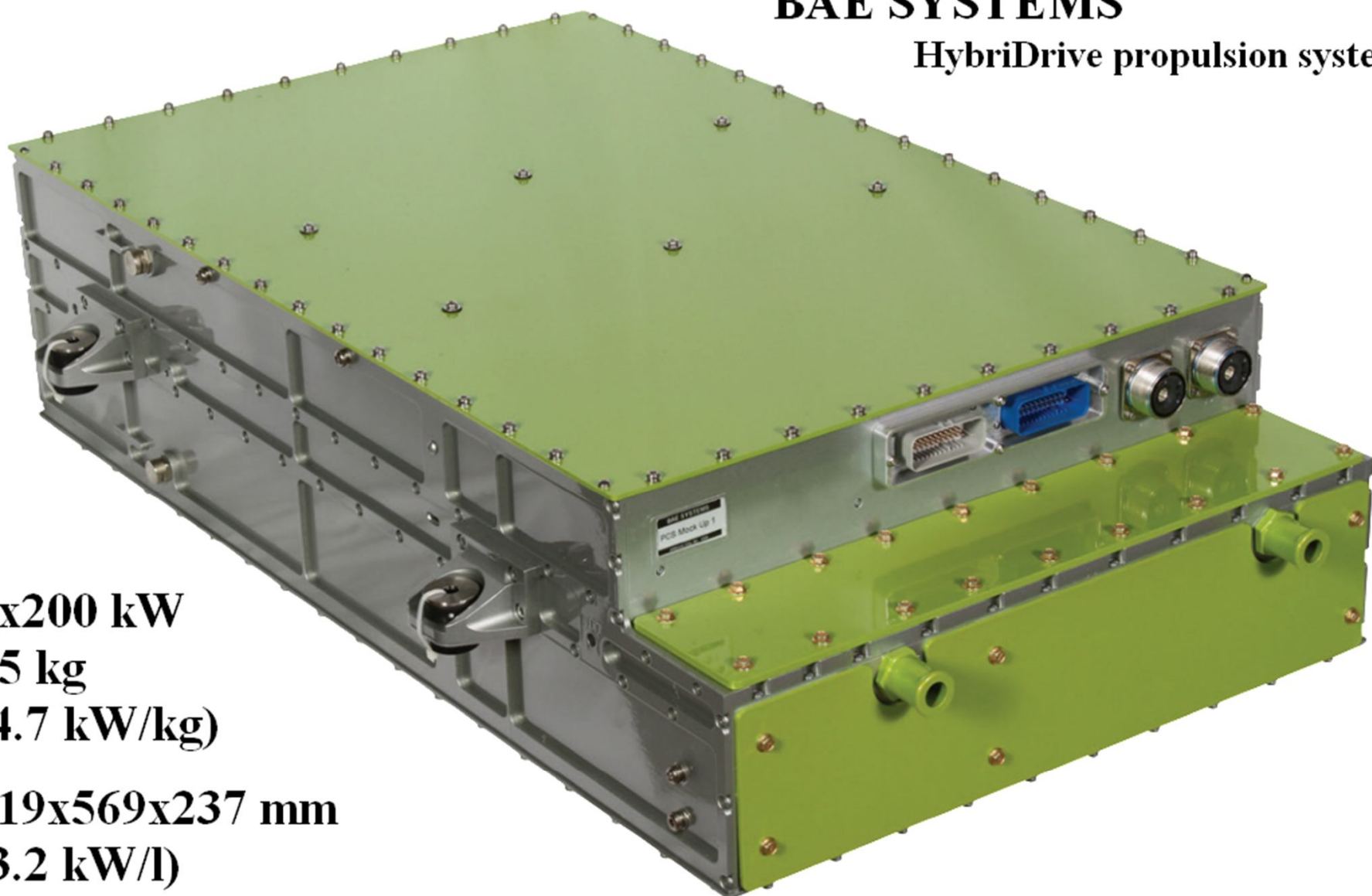
(5,5 kW/l)

$P = 160 \text{ kW}$
 $U_{dc} < 800 \text{ V}$
 $I_{out} = 120 \text{ A}$
31kg (5 kW/kg)
512x296x192mm

BAE SYSTEMS

HybriDrive propulsion systems

2x200 kW
85 kg
(4.7 kW/kg)
919x569x237 mm
(3.2 kW/l)

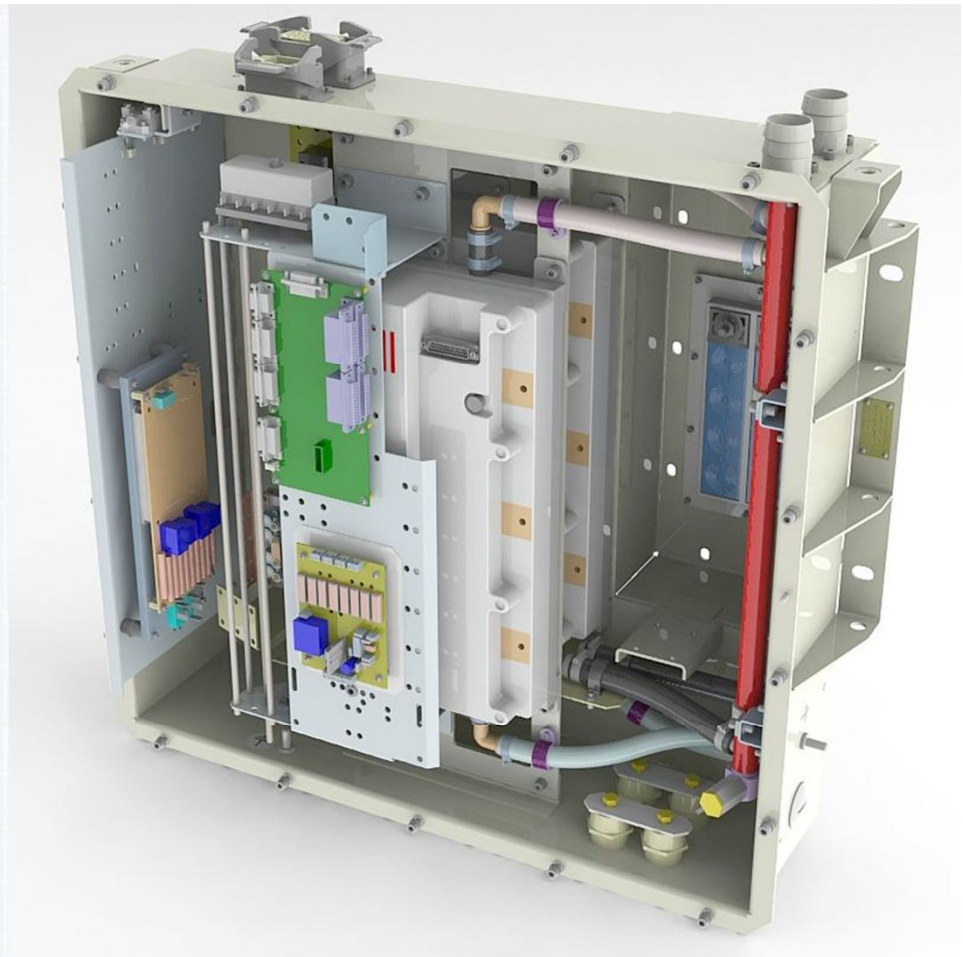
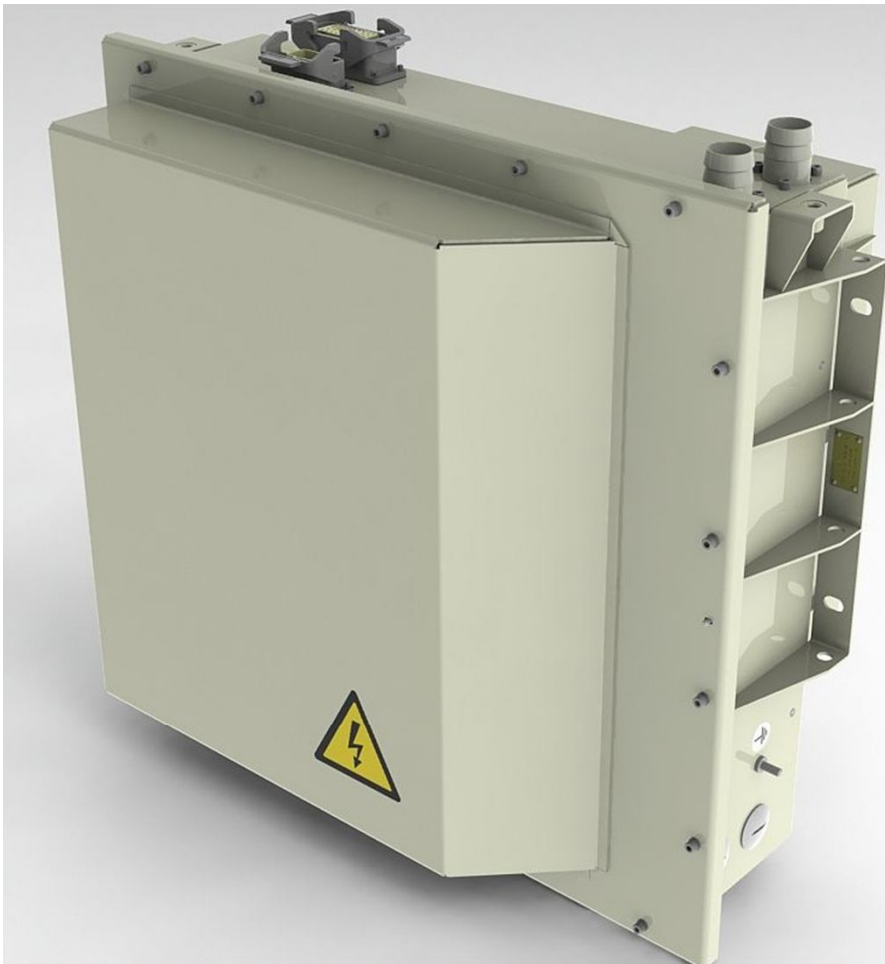


SEVCON

AC Motor Controller

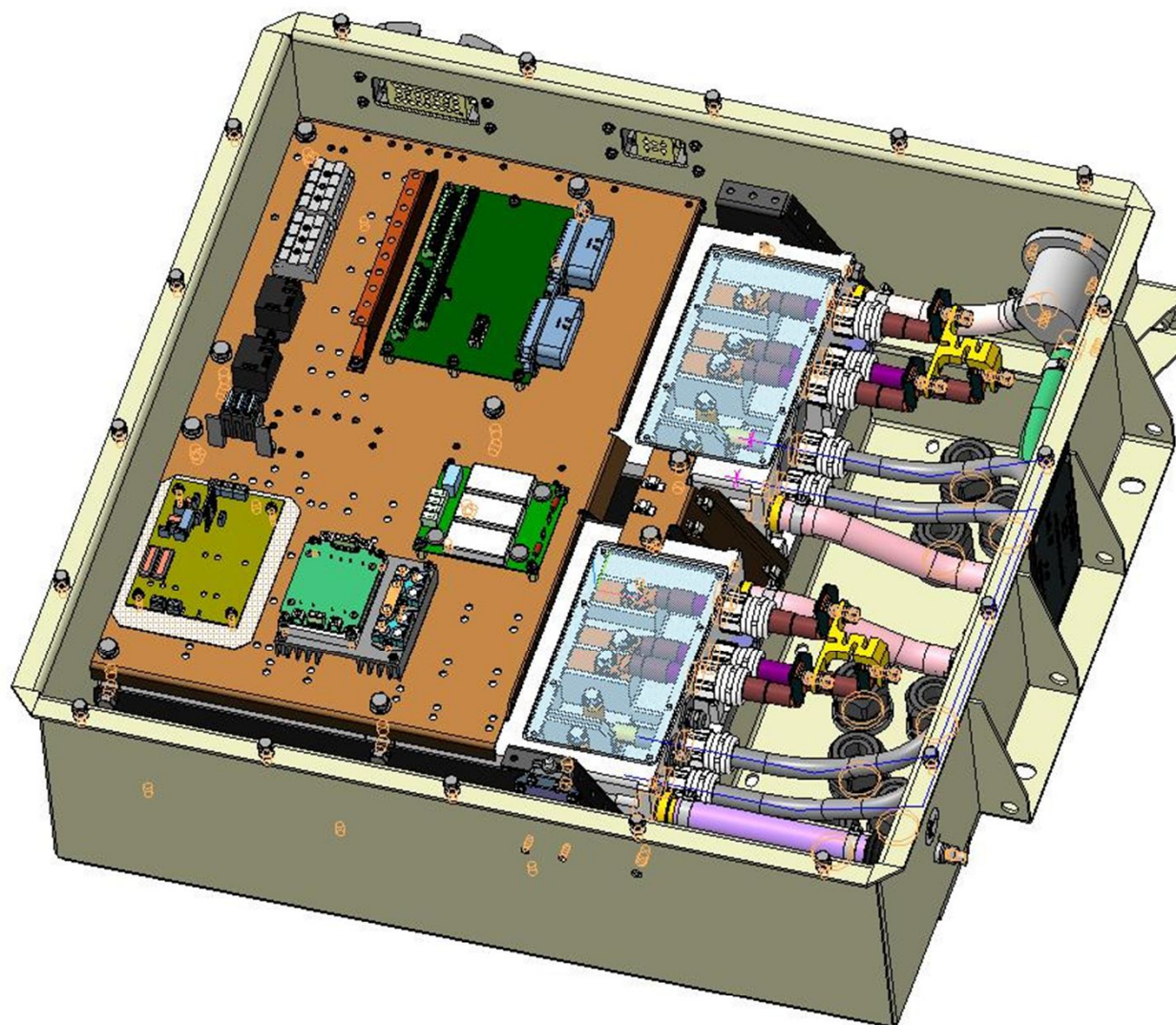


$U_{dc} < 800V$
 $I_{out} = 200A$ (400A max)
150kW (300kW max)
10.9 kg (13.76 kW/kg)
511x266x85mm (13.3 kW/l)



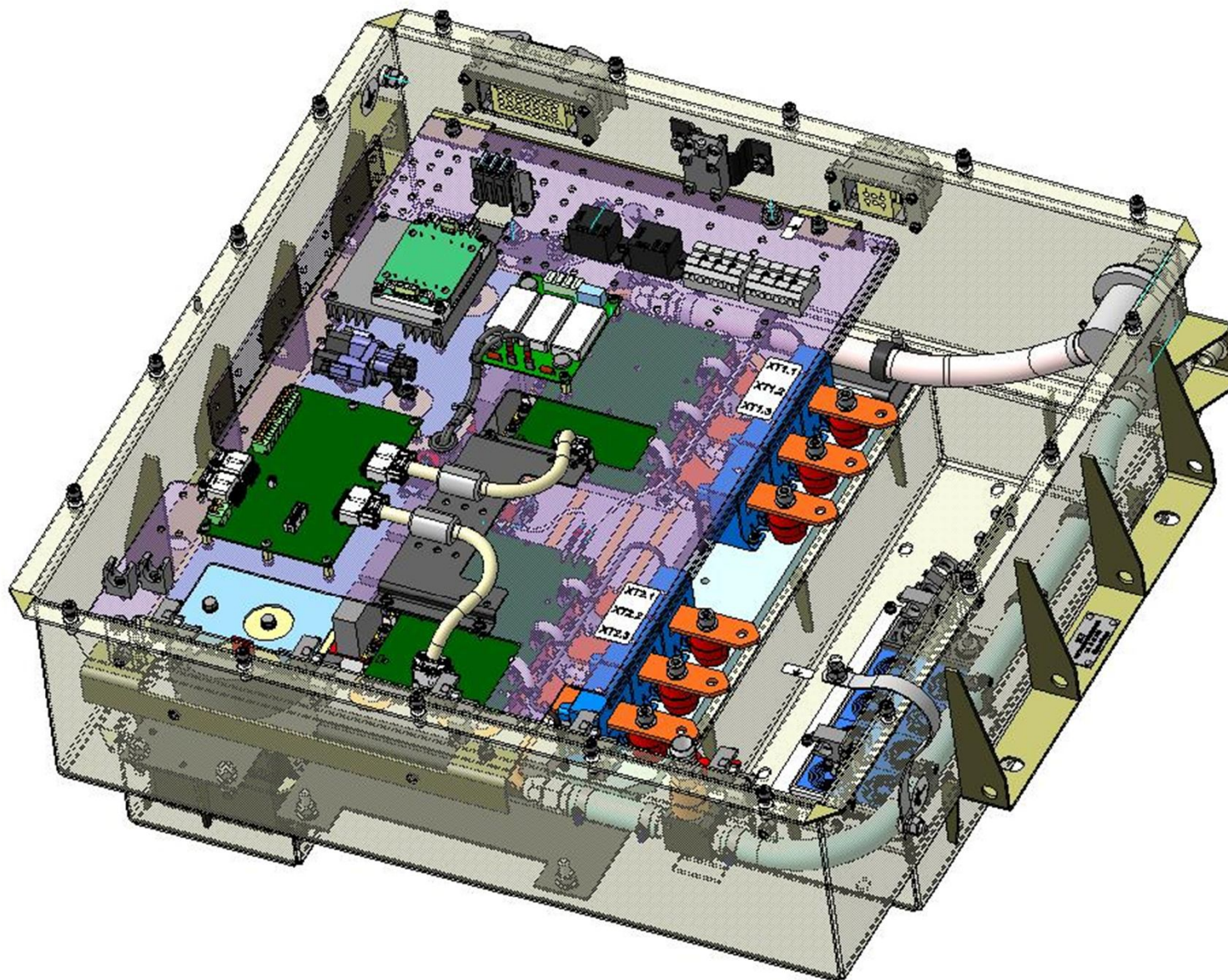
**БЛОК СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ КТЭО
300 Л.С. ТРАКТОРА (2X SKAI 1)**

(2x250kW, 72kg, 6.9 kW/kg; 805x760x288mm, 2.8 kW/l)



БЛОК СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ КТЭО 300 Л.С. ТРАКТОРА (2X SKAI 2)

(2x250kW, 62kg, 8 kW/kg; 805x760x288mm, 2.8 kW/l)



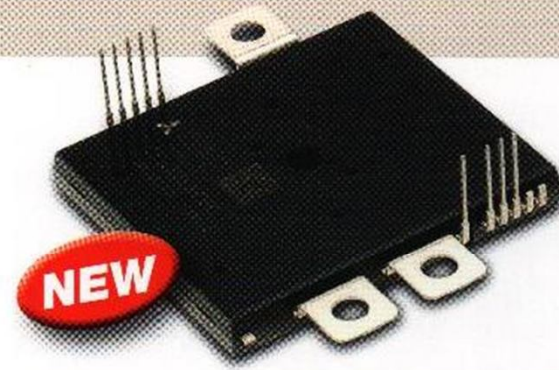
БЛОК СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ КТЭО 300 Л.С. ТРАКТОРА (2X SKiM93)

(2x250kW, 50kg, 10 kW/kg; 805x760x288mm, 2.8 kW/l)

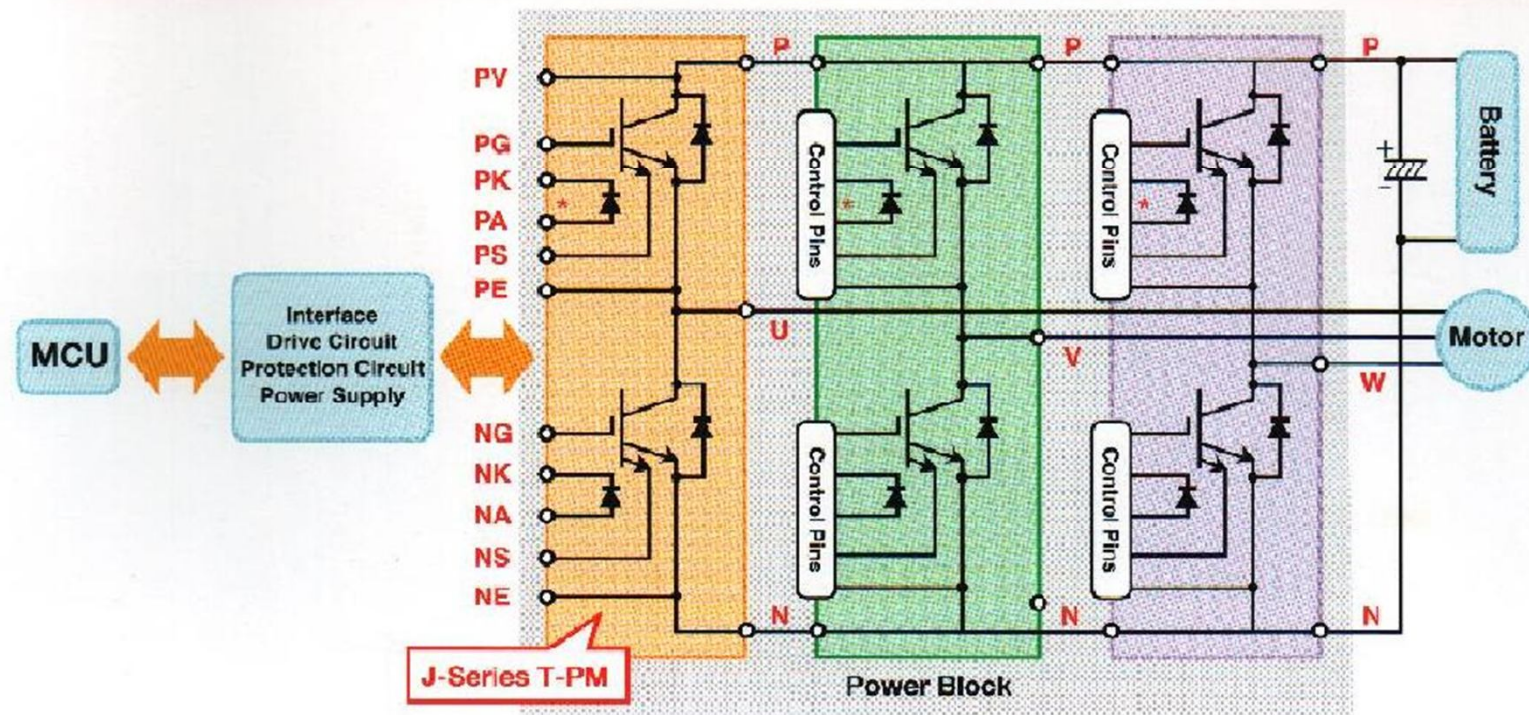


EV Transfer-Mold Power Modules (T-PM J-Series)

Line-up			
DC	Circuit Diagram	300A	600A
650V		CT300DJH060 ¹	CT600DJH060 ²
1200V		CT300DJH120 ²	



Block Diagram

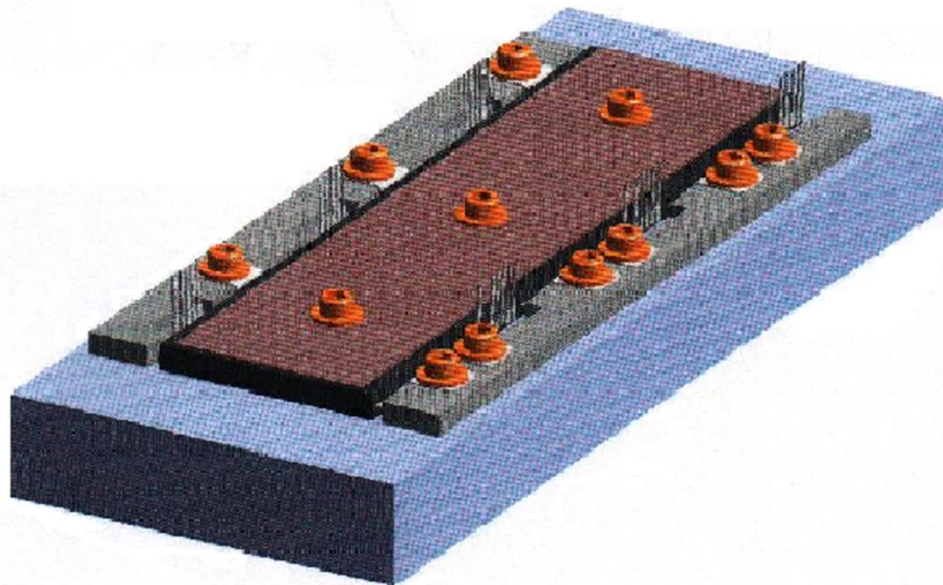
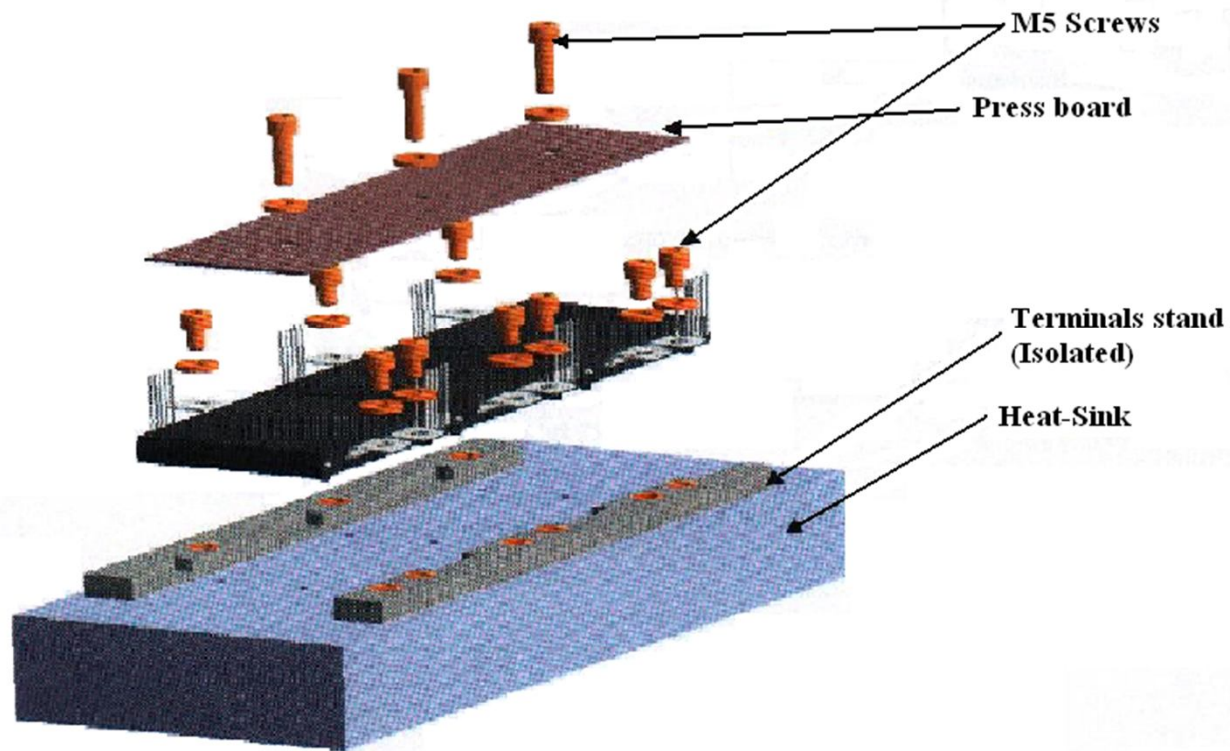


T-PM J-Series

~ 150 kW

~ 20 kW/kg

~ 20 kW/l)



(SKiM63)

Для тяговых приводов характерно требование оптимизации режимов его работы по минимуму потерь. Минимизация массы и габаритов электрических машин, устанавливаемых на борту транспортного средства, условия эксплуатации тягового привода приводят широкому диапазону изменения параметров двигателя:

индуктивности взаимоиндукции L_m

активного сопротивления статора и ротора R_s R_r

постоянной времени ротора T_r

Применяемые в векторных системах алгоритмы оптимизации потерь, а именно: оптимизация по условию равенства величин компонент

намагничивающего и активного тока $I_d = |I_q|$

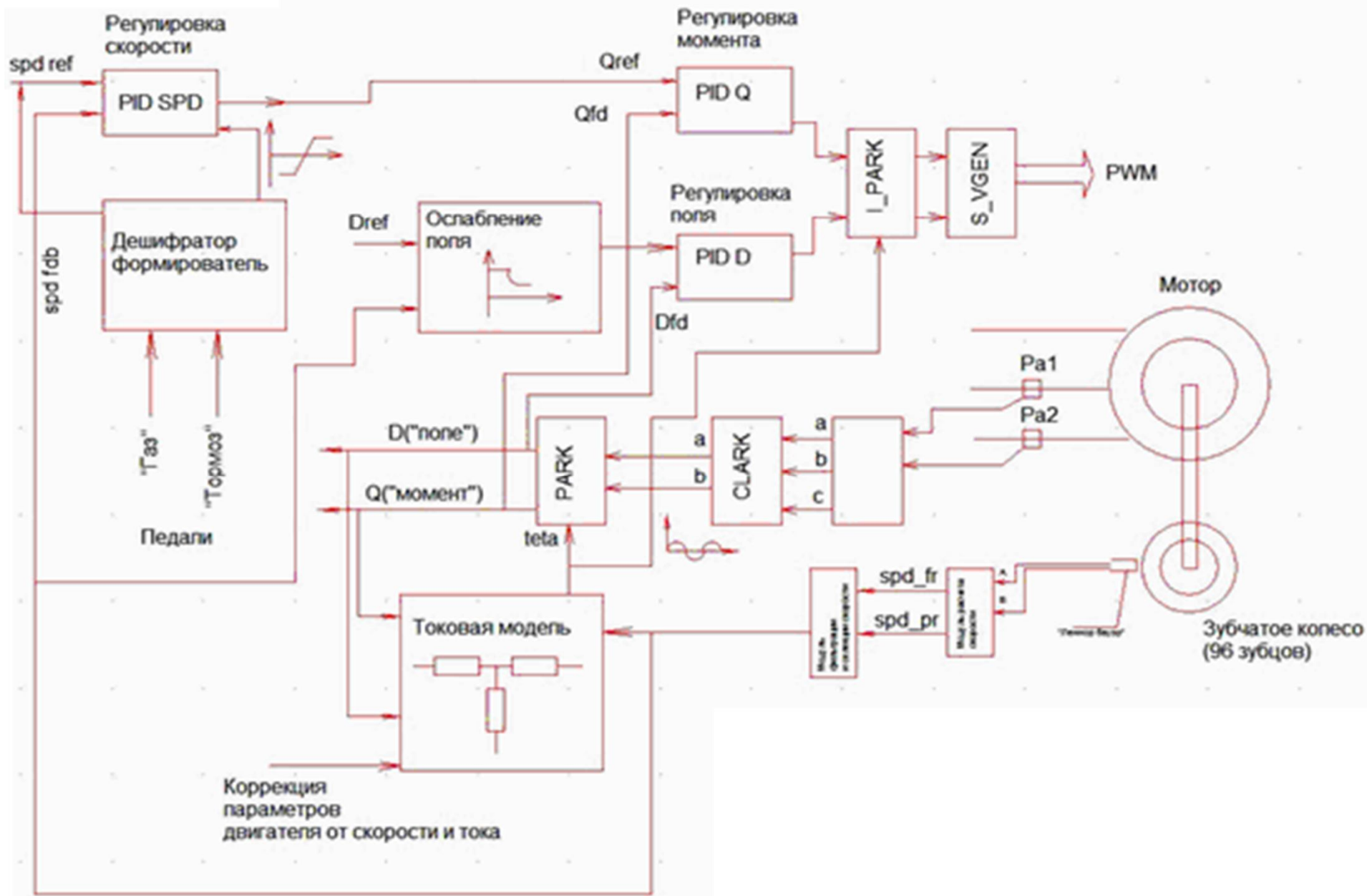
(в соответствии с уравнениями Парка условию $I_s = \min$)

существенно уступают реальной оптимизации по критерию минимума потерь (максимума КПД). Особенно это проявляется на больших частотах и при относительно небольших нагрузках, где потери в стали значительны относительно потерь в обмотках.

Векторное управление

Применение алгоритмов векторного управления в тяговых электроприводах асинхронных мотор - генераторов и тяговых двигателей ТС с ЭМТ по сравнению с системами, построенными на основе принципов частотного управления, имеет ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- Высокое быстродействие и динамическая точность регулирования тока, момента, напряжения. Типовые значения постоянных времени регулирования этих переменных в системе векторного управления составляет от долей до единиц миллисекунд. Для сравнения: в частотных приводах мощностью десятки и сотни кВт постоянные времена регулирования этих переменных измеряются в секундах и определяются довольно большой постоянной времени ротора.
- Более высокие качественные показатели практически всех основных режимов работы транспортного средства: пуска, разгона, торможения, позиционирования, движения на малой скорости и других.
- Более простое согласование динамики теплового двигателя (ДВС в транспортных средствах с электромеханической трансмиссией или в гибридных транспортных средствах), приводов мотор - генераторов и тяговых двигателей.
- Возможность минимизации величины емкости звена постоянного напряжения (ЗПТ).
- Более полное использование ресурса силовых ключей инверторов и повышение стабильности и надежности работы привода за счет более эффективного контроля фазных токов и напряжения ЗПТ в динамических режимах, возможности максимально приблизить уровень предельного тока к уровню срабатывания токовой защиты.



InstaSPIN™-FOC фирмы Texas Instruments

Реализован векторный алгоритм управления различными типами трехфазных двигателей – асинхронными, синхронными (с постоянными магнитами, индукторных).

Это ПО позволяет:

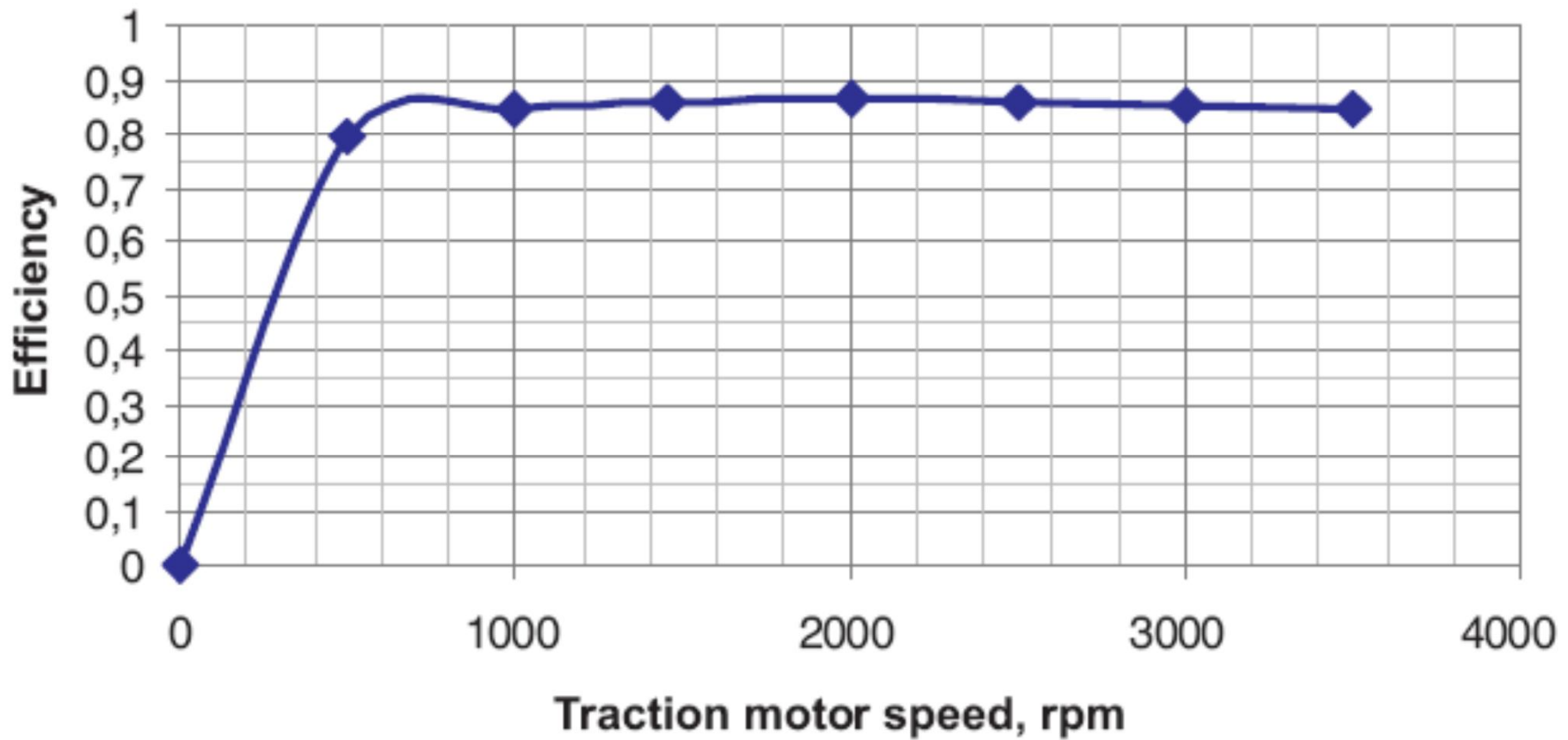
- автоматически определять параметры двигателей;
- автоматически настраивать токовые регуляторы;
- калибровать и измерять параметры двигателя в процессе работы;
- модернизированный регулятор скорости с более быстрым выходом на режим по сравнению с классическим;
- оптимизировать ток намагничивания (и скольжение) в зависимости от требуемого момента (оптимизация КПД).

Частотное управление

Алгоритм частотного управления тяговыми электроприводами содержит следующие операции вычислений в цикле управления:

- Измерение тока. Преобразование в систему координат a, b . Нахождение квадрата модуля и модуля тока.
- Определение электрической мощности.
- Определение механической мощности. Определение мощности потерь и КПД.
- Измерение перемещения. Алгоритм наблюдателя состояния – оценка переменных механического движения.
- Ввод задания скорости / момента. Регулятор скорости (с ограничением интегральной составляющей). Измерение напряжения и температуры. Вычисление задания момента.
- Ввод задания напряжения. Регулятор напряжения (с ограничением интегральной составляющей). Вычисление задания момента.
- Функциональные ограничения момента.
- Вычисление задания тока (в функции задания момента и скольжения).
- Вычисление оптимального скольжения (в функции задания тока). Температурная компенсация.
- Регулятор тока. Вычисление амплитуды и скольжения (с коррекцией коэффициента усиления).
- Вычисление ограничения интегральной составляющей регуляторов скорости и напряжения, ограничения момента.
- Формирование напряжения питания (координатное преобразование вектора напряжения, нормировка, ограничение тока, компенсация мертвого времени, векторная нормировка).
- ШИМ, формирование заданий на ШИМ в следующем цикле вычисления управления.

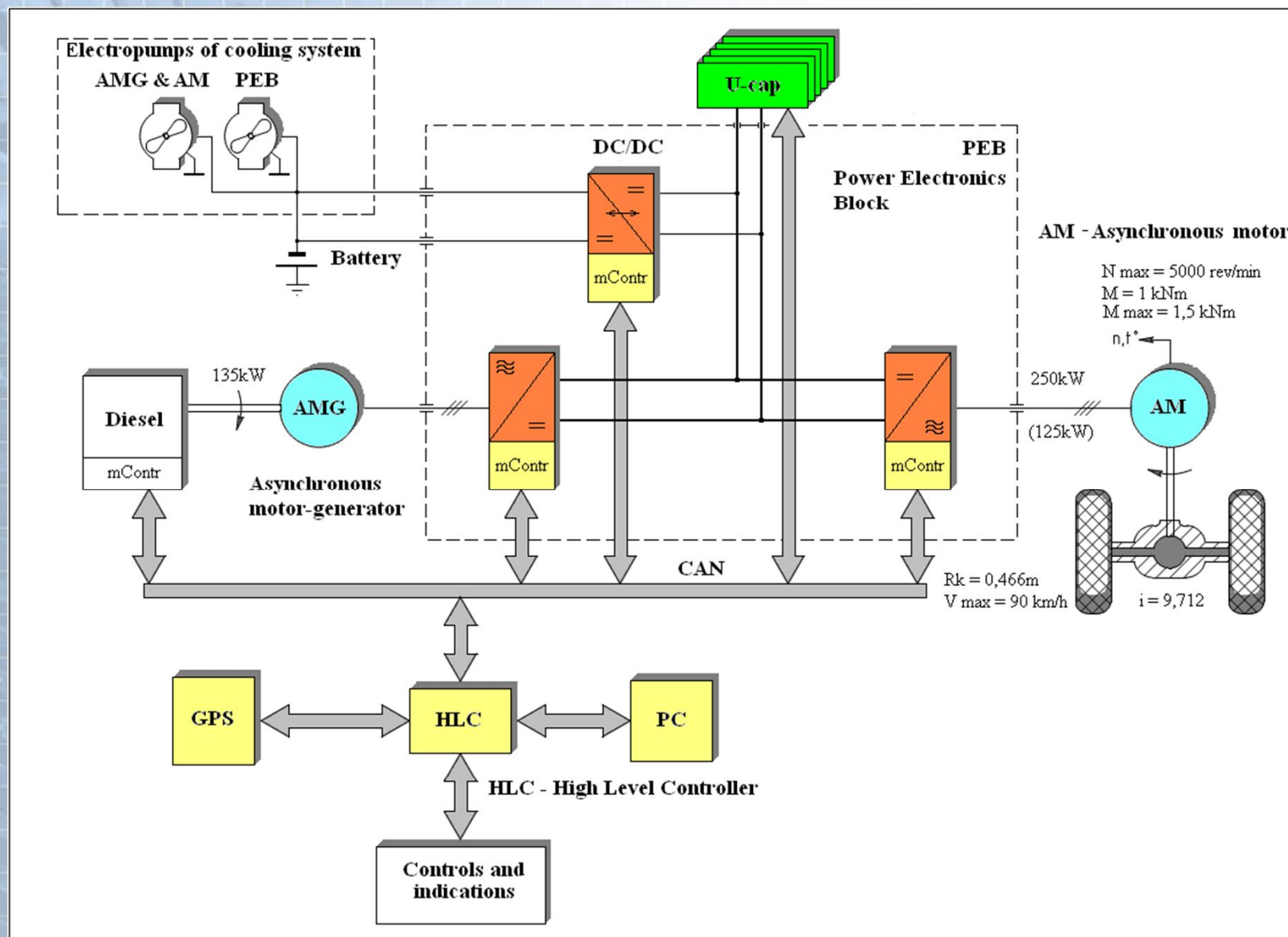
Efficiency characteristic dependant on rotation speed



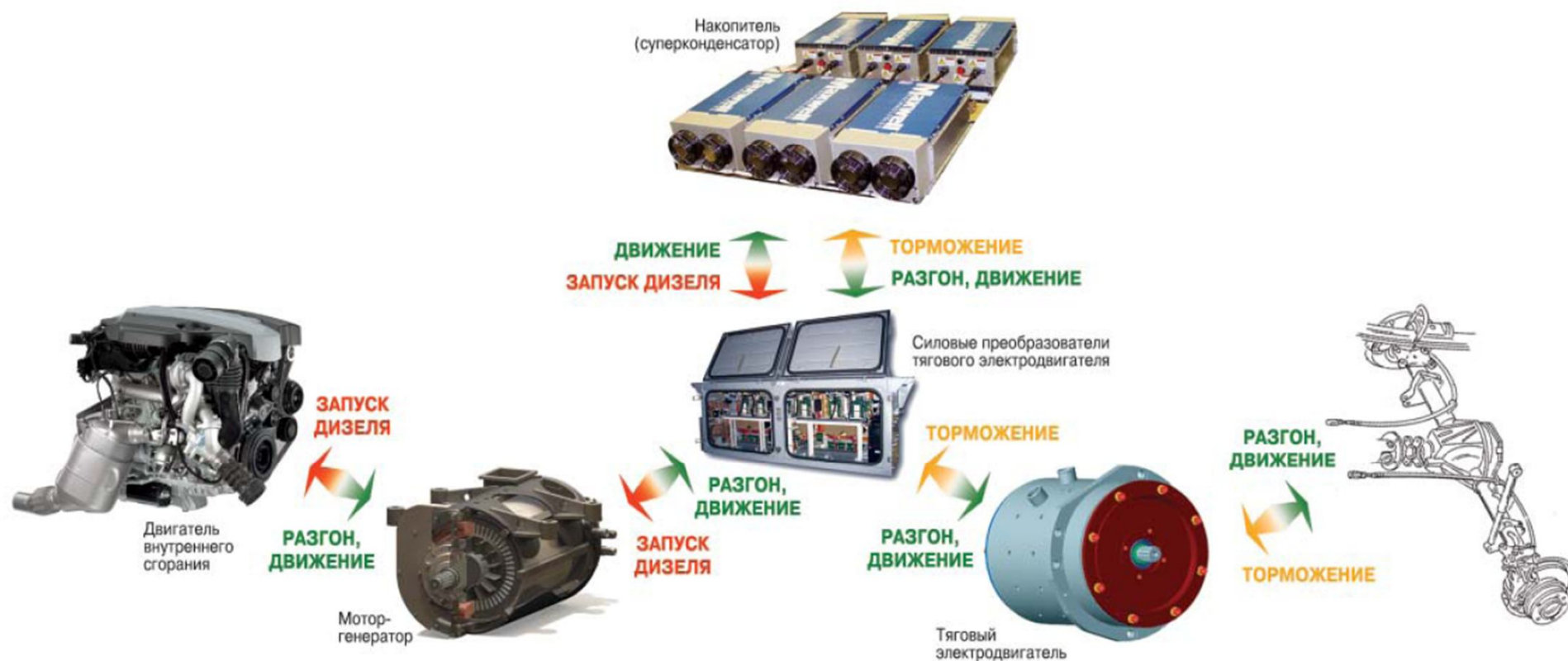
**HIGH DRIVETRAIN EFFICIENCY (~87%)
IN WIDE OPERATING RANGE !**

Комплекты тягового электрооборудования (КТЭО) городских гибридных автобусов (с комбинированной энергоустановкой)





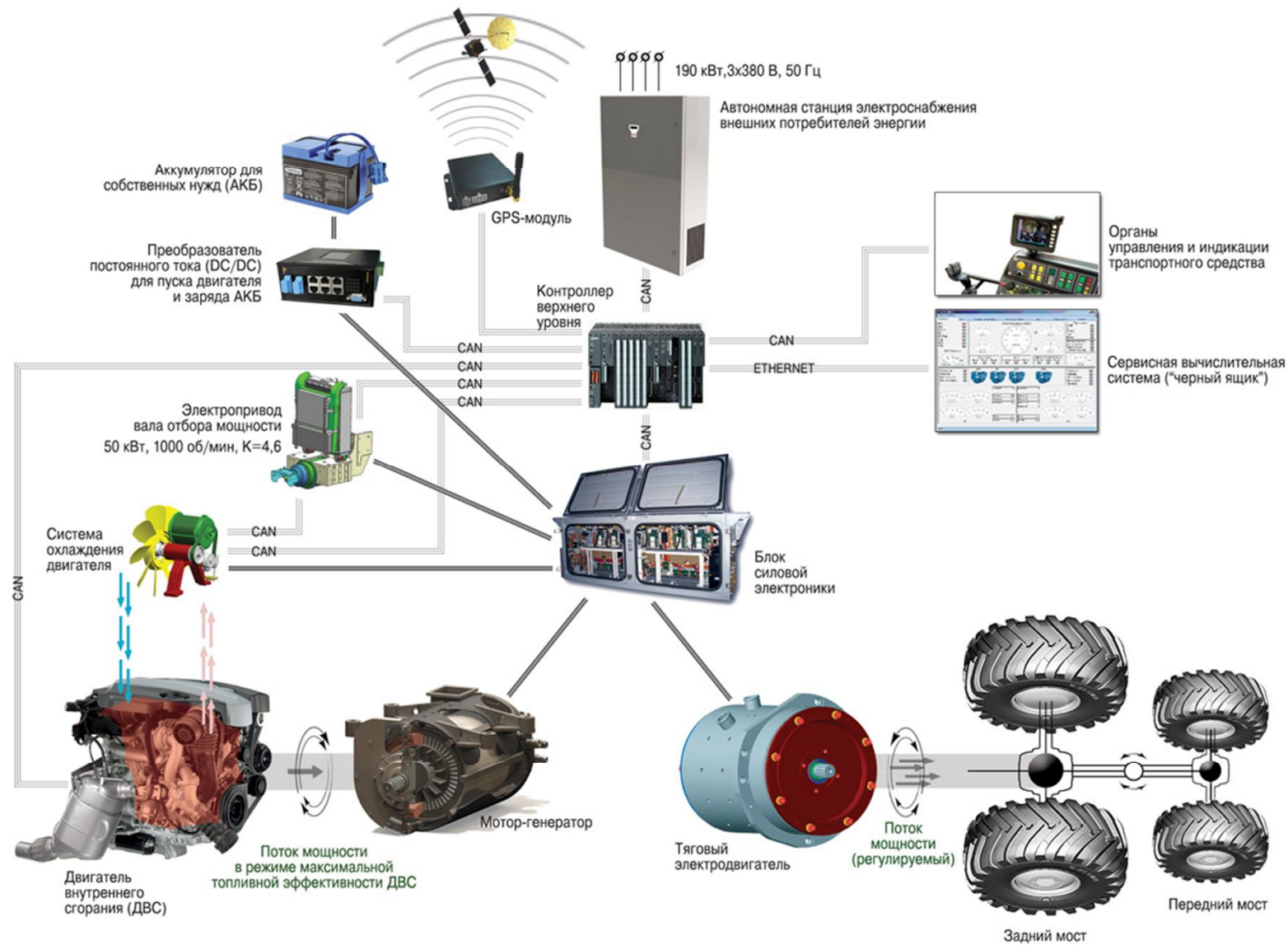
Функциональная схема взаимодействия составных частей комплекта гибридного тягового электрооборудования, выполненного по последовательной схеме:



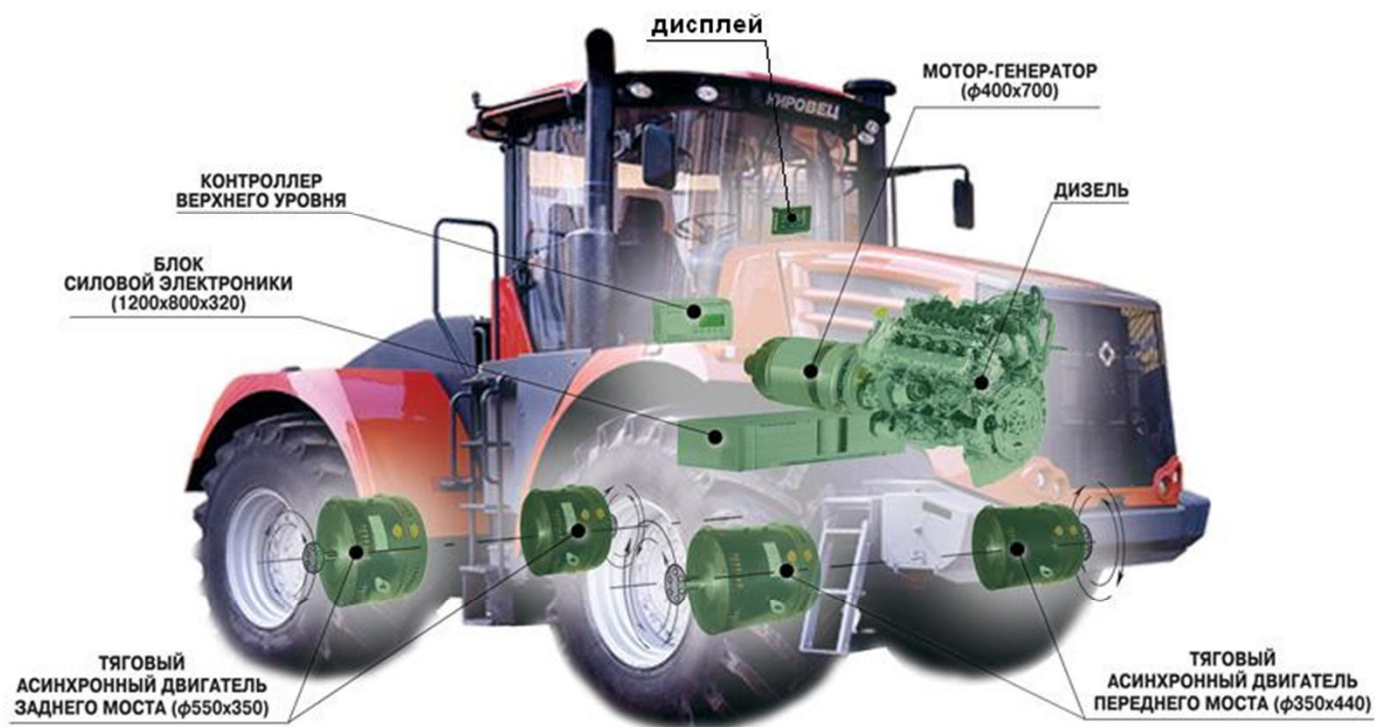
Зелеными стрелками показано направление потоков мощности при разгоне и движении транспорта, желтым цветом – при торможении, красным – при запуске ДВС от накопителя энергии при помощи мотор-генератора.

КОМПЛЕКТ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАКТОРА 300 Л.С. С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПРИВОДОМ





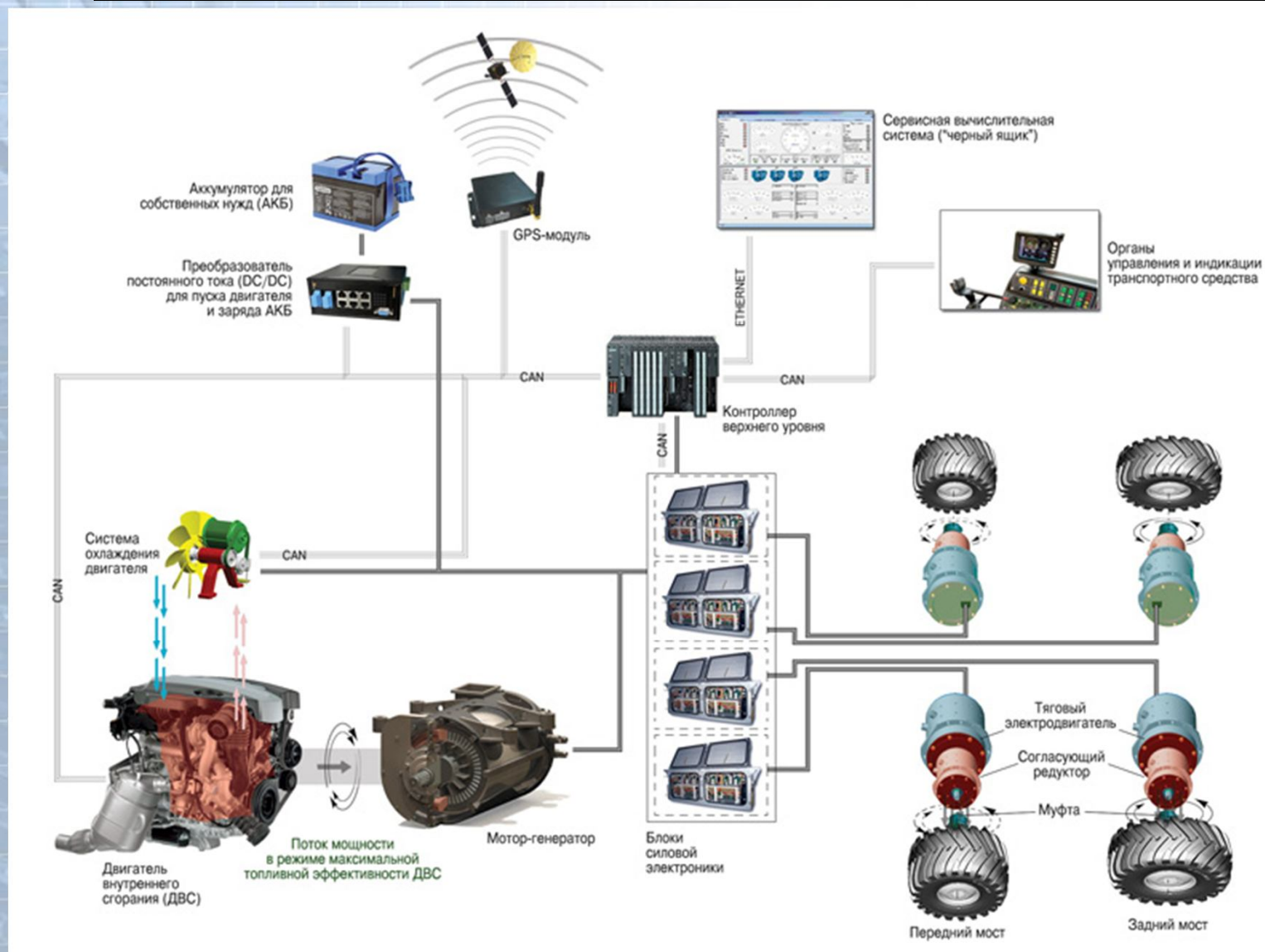
Проект «ЭТ-450-МК»



Цена полного КТЭО - менее 1,5 млн. рублей

При серийности более 200 комплектов в год -
менее 1,1 млн рублей

Проект «ЭТ-450-МК»



Концерн «Русэлпром»:

Москва, ул. Нижегородская, 32, корпус 15

т. (495) 600-42-53, ф. (495) 974-03-29

www.ruselprom.ru

office@ruselprom.ru

hybrid.ruselprom.ru

ФЛОРЕНЦЕВ СТАНИСЛАВ НИКОЛАЕВИЧ

Главный конструктор электропривода

транспортных средств ООО «Русэлпром»,

Генеральный директор ООО «Русэлпром – Электропривод»

+7 (499) 559-99-07, ф. (499) 559-99-05

florentsev@ruselprom.ru