

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехнических комплексов

# Электромобиль с силовой гибридной установкой

ФАКУЛЬТЕТ: МА

ГРУППА: ЭММ-13

СТУДЕНТЫ: БАХОЛДИН П.А., ГРИБОЕДОВ А.С.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР ЩУРОВ Н.И

Новосибирск 2015

- ▶ Гибридным автомобилем называется транспортное средство, приводимое в движение с помощью гибридной силовой установки.
- ▶ Отличительной особенностью гибридной силовой установки является использование двух и более источников энергии и соответствующим им двигателей, преобразующих энергию в механическую работу.
- ▶ В промышленном масштабе на гибридных автомобилях используется комбинация двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя.



# Виды схем гибридных установок

2

В зависимости от характера взаимодействия двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя различают следующие схемы гибридных силовых установок:

- ▶ Последовательная схема
- ▶ Параллельная схема
- ▶ Последовательно-параллельная схема



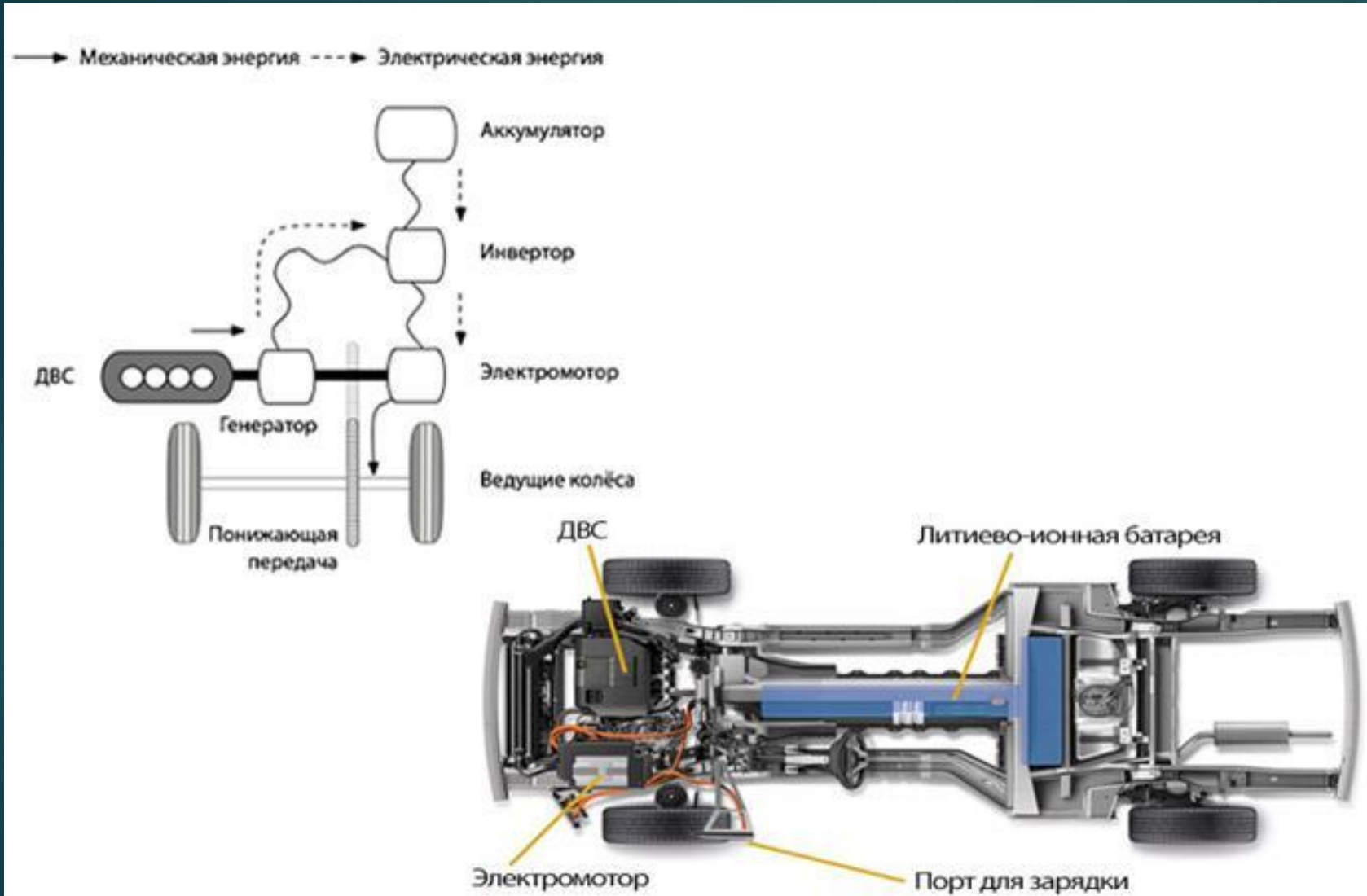
CARS

CARS



# Последовательная схема (Plug-in Hybrid)

3

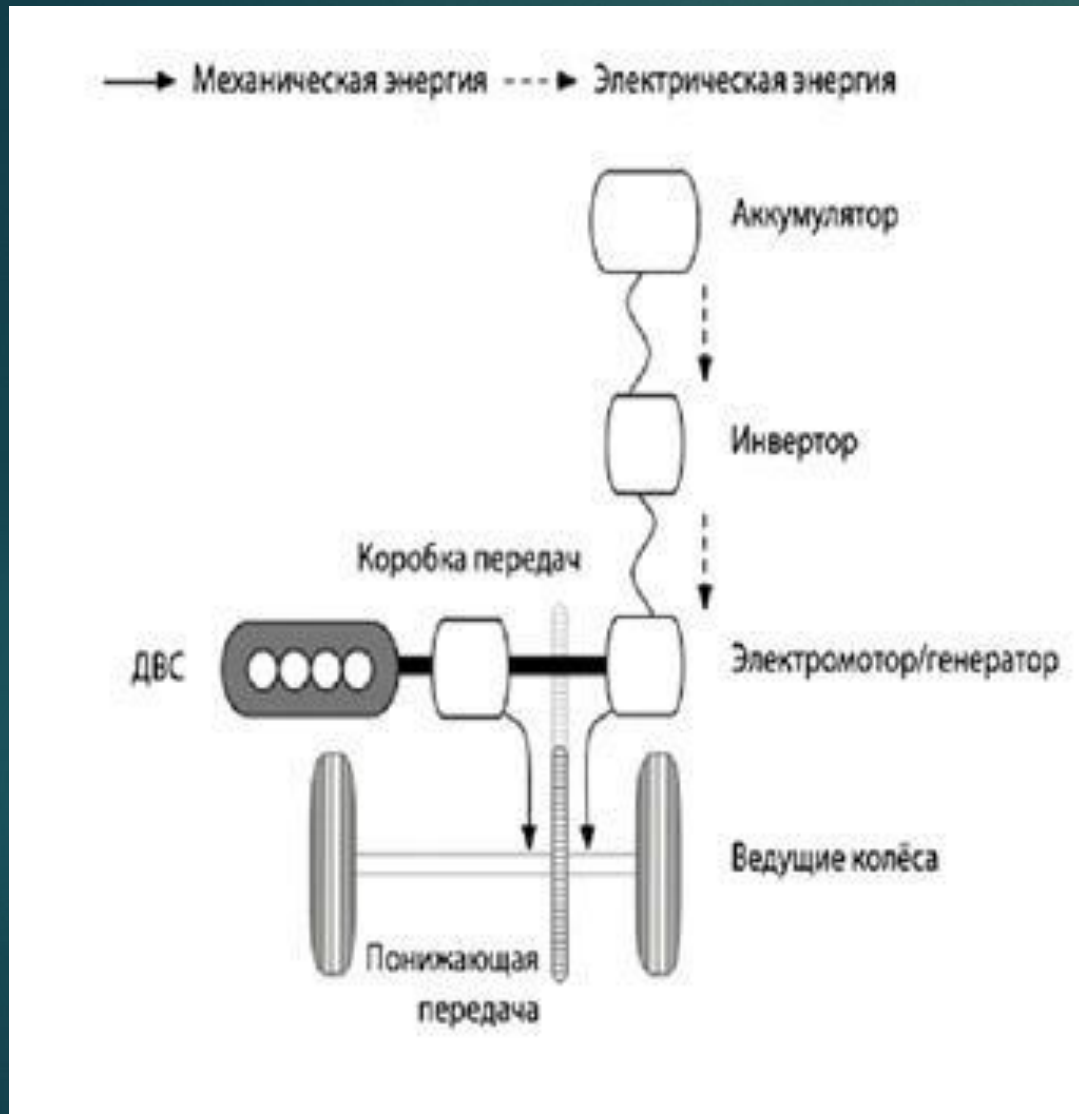


- ▶ Представителями Plug-in Hybrid являются автомобили Chevrolet Volt, Opel Ampera.
- ▶ Эти автомобили имеют возможность движения до 60 км на энергии аккумуляторов и до 500 км на энергии генератора, приводимого в действие ДВС.

Рисунок 1 - Последовательная схема подключения двигателей гибридного автомобиля

# Параллельная схема (Mild Hybrid)

4



- ▶ Известными гибридными автомобилями с параллельной схемой являются Honda Insight, Honda Civic Hybrid, BMW Active Hybrid 7, Volkswagen Touareg Hybrid, Hyundai Elantra Hybrid.
- ▶ используются электродвигатели малой мощности

Рисунок 2 - Параллельная схема подключения двигателей гибридного автомобиля

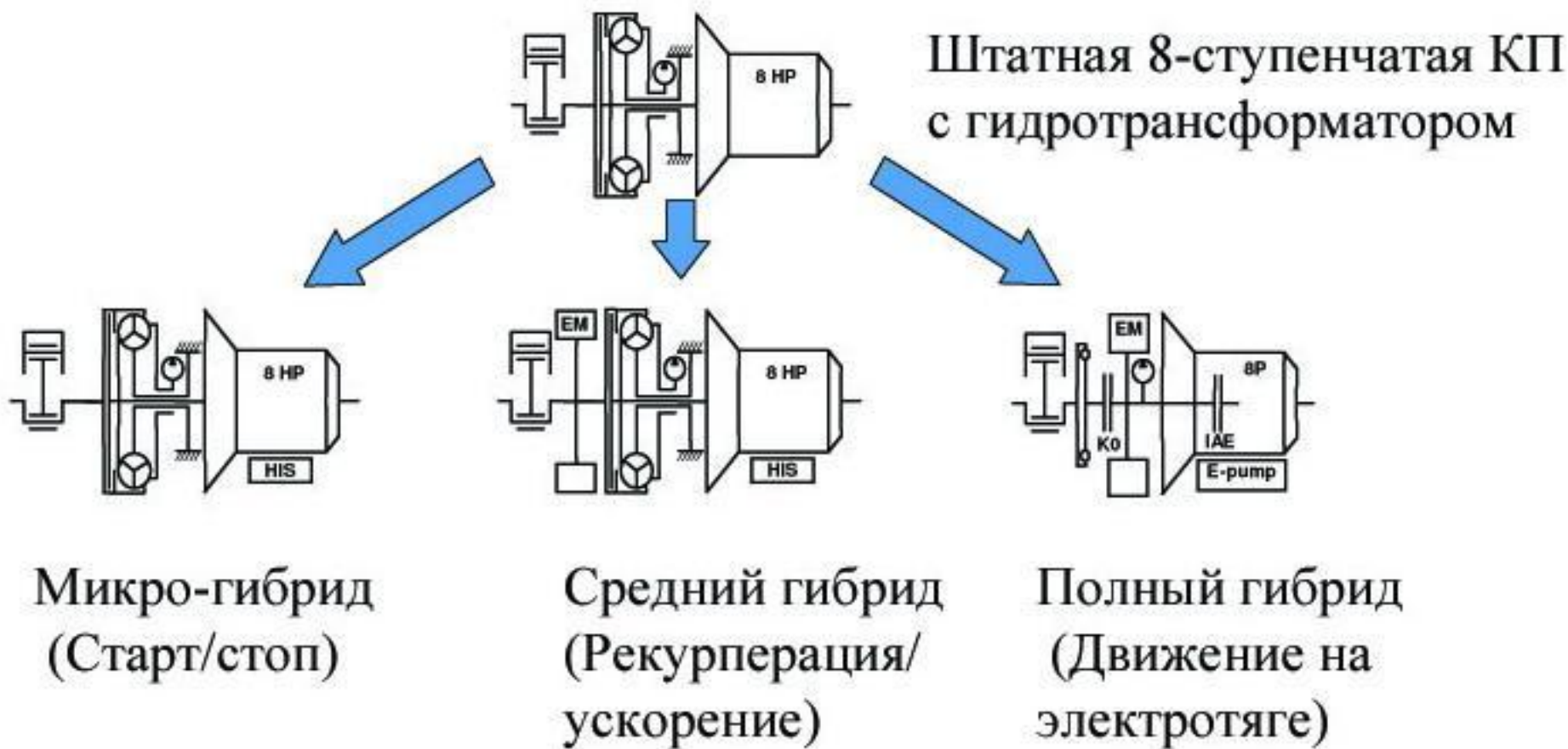
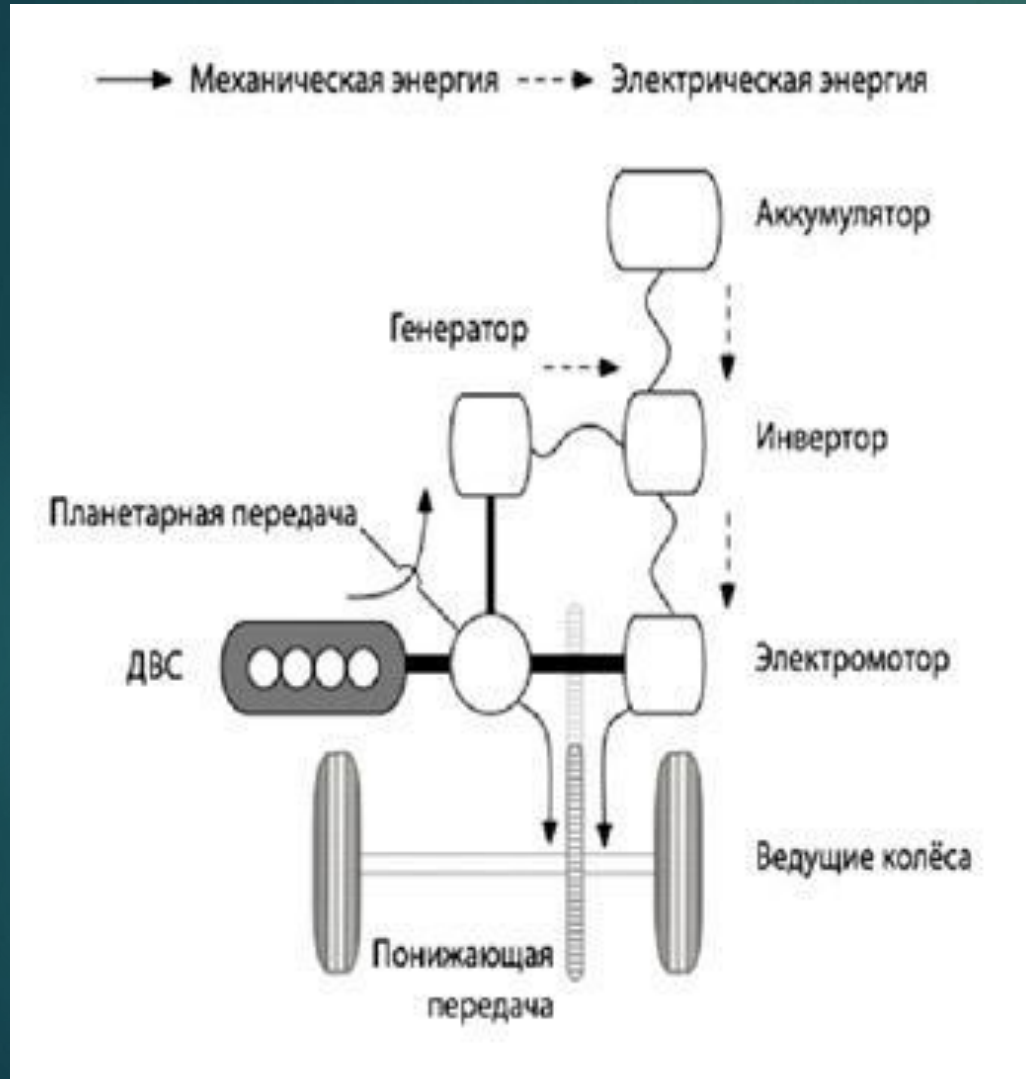


Рисунок 3 - параллельные гибридные трансмиссии

# Последовательно-параллельная схема (Full Hybrid)

6



- Известными полными гибридами являются автомобили Toyota Prius, Lexus RX 450h, Ford Escape Hybrid.

Рисунок 4 - Последовательно-параллельная схема



# Hybrid Synergy Drive (HSD)

7

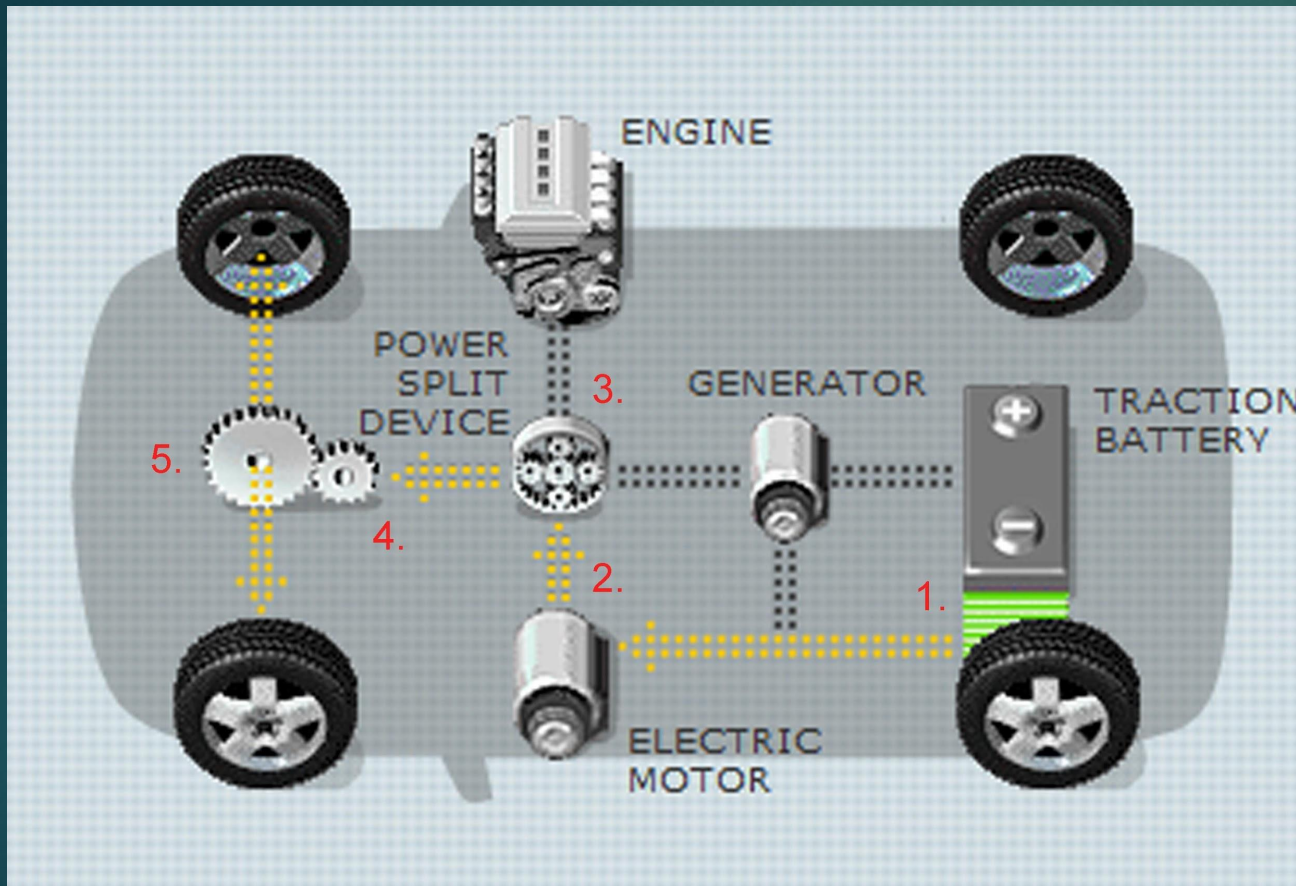


Рисунок 5 – Структура HSD

Основные режимы работы:

- Режим электромобиля, при котором ДВС выключен, а аккумуляторная батарея питает электродвигатель.
- Режим движения с постоянной скоростью, при котором мощность от ДВС распределяется между ведущими колесами и генератором. Генератор в свою очередь питает электродвигатель, мощность которого суммируется с мощностью ДВС.
- Форсированный режим, при котором к ДВС присоединяется электродвигатель, питающийся от аккумуляторной батареи, обеспечивая импульс мощности.
- Экономичный режим, при котором аккумуляторная батарея питает генератор. Генератор преобразует электрическую энергию в механическую, замедляя вращение ДВС.



# Увеличение крутящего момента при совместной работе ДВС и электродвигателя

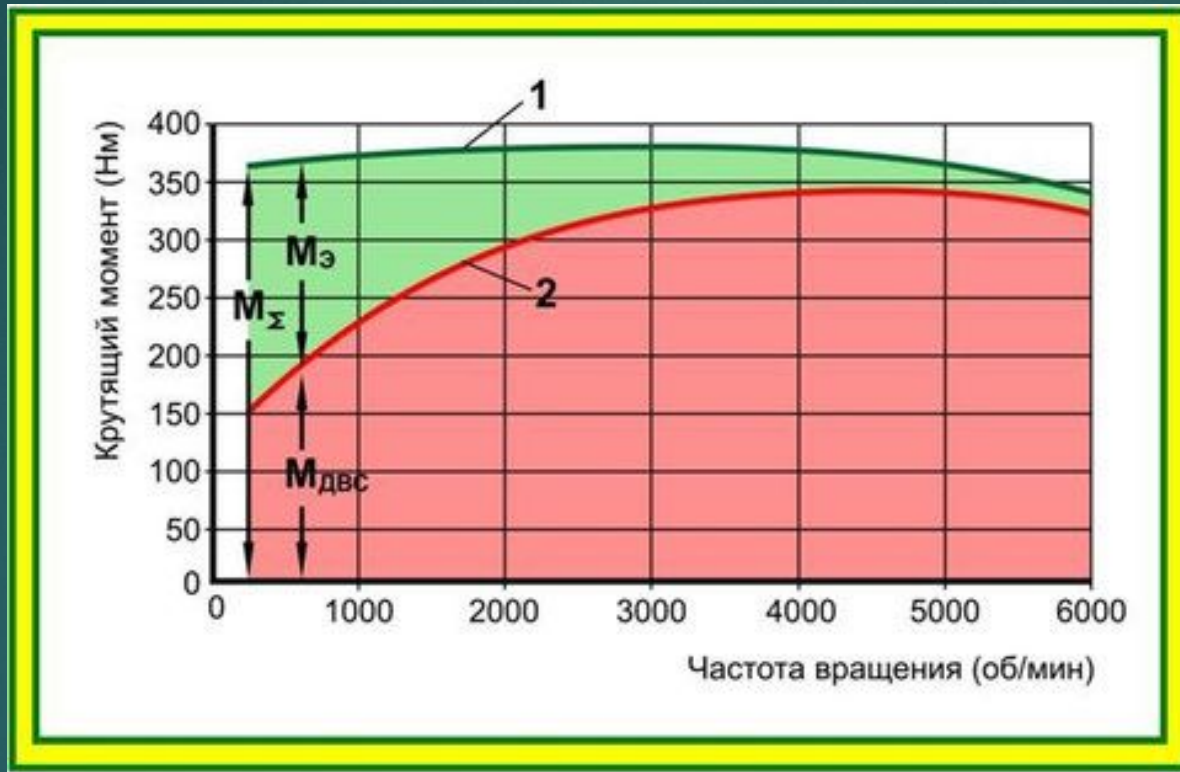


Рисунок 6 - Зависимость крутящего момента от частоты вращения

1 – кривая суммарного момента, 2 – кривая момента ДВС.

$M_{\Sigma}$  - суммарная величина момента ДВС ( $M_{\text{ДВС}}$ ) и момента электродвигателя ( $M_{\text{Э}}$ )

# Мотор колесо



# Сравнительные характеристики различных накопителей электроэнергии

Тип накопителя	Аккумуляторы			Электрохимические конденсаторы
	Кислотные	Щелочные	Литий-ионные	
Показатели				
Удельная энергия, Вт·ч/кг	20...40	15...80	80...220	2...10
Максимальная удельная мощность, Вт/кг	100...300	500...1300	800...3000	1500... 12000
Ресурс, цикл	100...400	300...2000	500...2500	>1 млн.
Срок службы, лет	2...10	2...15	5...10	>20
Рабочая температура, °С	-30...45	-40... 60	-30...60*	-50...70
КПД, %	70...85	65...80	80...95	>90
Обслуживание	Требуется		Нет	Нет
Цена, долл. /кВт·ч	50...200	500...1500	1000...2500	10000...20000**
Цена, долл. /кВт (номинальной мощности)	50...120	75...400	400... 670	50...100**

\*При ухудшении показателей при отрицательных температурах.

\*\*Перспективная цена (промышленное отечественное производство).



# . Примеры построения силовых схем гибридных автобусов

BAE Systems, Великобритания	Последовательная с синхронным генератором с постоянными магнитами (СГПМ), ТАД. Масляное охлаждение	АБ — Hawker Pb-кисл. (HybriDrive® I) и A123Systems Li-Ion (HybriDrive® II)
ISE/Siemens, США	Последовательная Elfa® от Siemens A & D (Германия). Два 3-фазных IGBT-инвертора (7/8 стоек полумостов) СГПМ или асинхронный генератор (АГ), ТАД	АБ — Zebra (Германия) NiNaCl <sub>2</sub> или Cobasys (США) Ni-MH и/или суперконденсаторы Maxwell, США
Voith, Австрия	Последовательная ELVO®. Идентичные синхронные генератор и двигатель специальной конструкции с постоянными магнитами на роторе, двумя статорами (внешним и внутренним) и поперечным (аксиальным) магнитным потоком. Жидкостное охлаждение	Суперконденсаторы Maxwell, США
GM/Allison, США	Параллельная. Схемы E <sup>P</sup> 40, E <sup>P</sup> 50. Сдвоенный трехфазный преобразователь (выпрямитель-инвертор), ТАД. Масляное охлаждение	АБ на основе Ni-MH или Li-Ion, Hyundai
Eaton, США	Параллельная со встроенным мотор-генератором, инвертором, накопителем на основе батареи Li-Ion	АБ на основе Li-Ion
General Motors; Volvo Bus Corporation; North America Bus Industries; Motor Coach Industries; New Flyer Industries и Nova Bus, Канада	Параллельная гибридная схема GM/Allison	
Enova, США	Комбинированная с IGBT-инвертором, ТАД. Жидкостное охлаждение	АБ UTS Power, США

# Достоинства и недостатки

К достоинствам можно отнести:

- ▶ сокращение расхода топлива
- ▶ уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу
- ▶ сохранение и повторное использование энергии
- ▶ значительно надежнее пуск двигателя (особенно зимой )

К недостатком можно отнести:

- ▶ Высокая сложность
- ▶ Высокая стоимость
- ▶ проблема утилизации аккумуляторов гибридных автомобилей

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехнических комплексов

# Электромобиль с силовой гибридной установкой

ФАКУЛЬТЕТ: МА

ГРУППА: ЭММ-13

СТУДЕНТЫ: БАХОЛДИН П.А., ГРИБОЕДОВ А.С.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР ЩУРОВ Н.И

Новосибирск 2015