

Разработка линейного двигателя для последовательных гибридных транспортных средств (часть 2).

*Linear Engine Development for
Series Hybrid Electric Vehicles
Csaba Toth-Nagy*

*Перевод Духанина В.И.
Сайт <http://centaurproject.com/>*

2 Гибридные электрические транспортные средства

Без вопросов транспортные средства с нулевым выбросом (zero emission vehicle – ZEV) окончательная цель и решение для проблем выбросов. Однако, технология, инфраструктура и реальная потребность для ZEV пока еще не разработаны. Гибридные электрические транспортные средства (Hybrid electric vehicle - HEV) появились в 1990-х годах, чтобы заполнить интервал между транспортными средствами того времени и транспортными средствами с нулевым выбросом. Тот факт, что каждый большой производитель работает над различными гибридными конструкциями, показывает, что HEV занимают место на рынке транспортных средств, привлекающее пользователей и показывающее потенциальную прибыль. Эта глава представляет немного истории гибридных электрических транспортных средств и объясняет как и почему они были изобретены и их роль в наши дни. Представлены основные конструкции, последовательные и параллельные гибриды, комбинированный гибрид с двумя системами вместе, планетарный гибрид и гибрид с топливными элементами. В главе также показаны некоторые гибридные конструкции основных производителей, заключающие в себе основное направление развития гибридных конструкций.

2.1 Немного истории

Концепция гибридного транспортного средства не нова. История приводит нас к 1790 году, когда Натан Рид сделал первые рисунки парового экипажа, а пятьюдесятью годами позже была изобретена самодвижущаяся повозка. После первых попыток изготовит самостоятельно приводимые транспортные средства, которые приводились в

движение паровыми двигателями, стали обычными два различных источника энергии. Одним из них был электрический мотор, а другой был двигателем внутреннего сгорания.

Первое электрическое транспортное средство было изготовлено профессором Стратингом из датского города Гронингена в 1835 году. Хотя несколько производителей электрических транспортных средств находились в Европе, в Америке также прежде двигателей внутреннего сгорания стало доступно электрическое транспортное средство, не ставшее жизнеспособной альтернативой до тех пор, пока французы, Гастон Планте и Камил Фауре изобрели (1865) и усовершенствовали (1881) аккумуляторные батареи. На исходе столетия (1899) компанией Бейкер Электрик в США было произведено электрическое транспортное средство, которое по общему мнению легким для управления и при полной зарядке могло пройти расстояние в 80 км. Ссылка [12] формулирует, что транспортное средство могло достигать максимальной скорости в 40 км/час. Оно приводилось мотором постоянного тока мощностью 1 л.с. Его рабочее напряжение было 20 В. Транспортное средство имело в качестве энергоаккумулирующего устройства перезаряжаемые батареи [12].

Различные страны заявляли претензии, чтобы быть первыми в производстве бензиновых автомобилей. Хотя это повод для споров, но немецкий Карл Бенц соответствует теперь этой популярности из-за трехколесного экипажа, который он выпустил в 1886 году. Двигатель, размещенный над задней осью, был горизонтальным, четырехтактным, одноцилиндрового типа с рабочим объемом 984 куб.см. Двигатель был способен развивать 0,9 л.с. при 400 об/мин и должен приводить в движение транспортное средство до скорости 15 миль/час. Это был первый автомобиль оборудованный дифференциальной передачей [12].

Электрические автомашины были более дорогие, чем бензиновые транспортные средства, в то время электрические транспортные средства считались более надежными, безопасными и более пригодными. Электрические транспортные средства были также тише и они не нуждались в запуске посредством заводной ручки в отличие от автомашин с двигателем внутреннего сгорания, таким образом не удивительно, что они предпочитались потребителями. Однако, электрические цепи были чувствительны к влажности, а батареи были чувствительны к температуре. Между 1890 и 1910 гг. были построены многие гибридные электрические автомобили. Целью гибридов было улучшение недостатки отдельных тяговых систем. Они были переходом между электрическими и бензиновыми автомобилями.

С разработкой стартерных моторов для бензиновых автомобилей, применения карбюратора и жидкого топлива и повышения пробега транспортных средств

общественный интерес повернулся от электрических к бензиновым автомобилям, а гибриды были надолго забыты. Хотя предприимчивые инженеры никогда не останавливались в создании электрических транспортных средств, отсутствие усовершенствованных батарей, недостаток эффективного управления и дешевая цена бензина вытолкнули электрические и гибридные электрические транспортные средства на задний план до настоящего времени. В наши дни снижение запасов сырой нефти и повышения внимания к окружающей среде оживило концепцию электрического транспортного средства. Гибриды уже возвратились на первую ступень перехода. Они полностью выполняют ту же самую роль, что и 100 лет назад. Гибриды в начале прошлого столетия были переходом от электрических к транспортным средствам с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), теперь они являются переходом от приводов с ДВС к электрическим транспортным средствам.

2.2 Гибридные схемы

За последние 100 лет было разработано несколько гибридных схем. Хотя число теоретических схем неограниченно, имеются некоторые практические ограничения такие, как стоимость, сложность и вес, которые выступают в качестве практических ограничений конструкции HEV. Гибридные транспортные средства основываются на компонентах транспортного средства, приводимом в движение обычным двигателем внутреннего сгорания (ДВС), и компонентах электрического транспортного средства. Двумя основными концепциями являются последовательный гибрид и параллельный гибрид. Исходя из базовой схемы, могут быть разработаны бесчисленные комбинации с различными схемами и размерами компонентов.

2.1.1 Достоинства и недостатки обычных транспортных средств

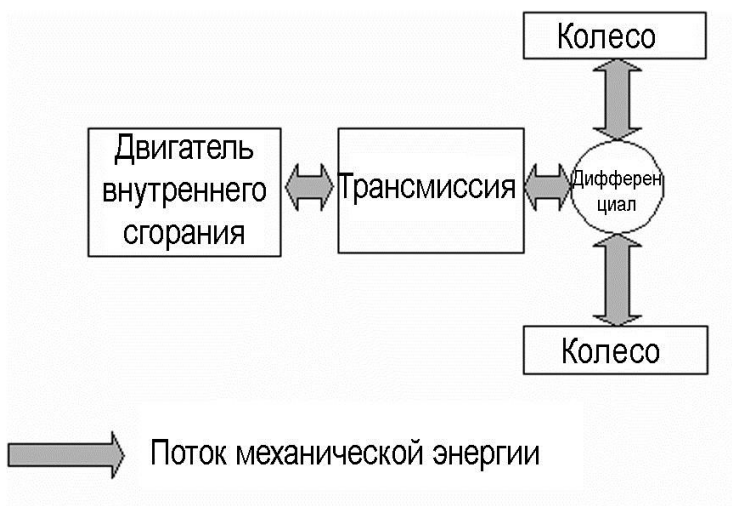


Рис.12 Схема потока энергии для обычного двигателя.

Хотя каждый хорошо знаком с обычными транспортными средствами, их характеристики здесь объединяются, чтобы сформировать основу для сравнения. На рис.12 показана схема обычного транспортного средства.

В обычных транспортных средствах источником энергии является топливо на основе углеводов. Двигатель внутреннего сгорания является разновидностью преобразователя энергии и приводит в действие колеса через трансмиссию и дифференциал. Двигатель может быть с искровым или с компрессионным зажиганием и может использовать различные виды топлива. Трансмиссия может быть ручной, автоматической или непрерывно изменяемой трансмиссией. Обычное транспортное средство относительно дешево и легкое в управлении. Оно не требует дополнительного управления, кроме устройства управления двигателем и устройства управления автоматической трансмиссией, если применена автоматическая трансмиссия. Обычные транспортные средства недороги, надежны и они имеют высокоразвитую инфраструктуру снабжения топливом. Как недостаток, они используют топливо на основе нефти и выделяют выхлопные выбросы.

2.2.2 Достоинства и недостатки электрических транспортных средств

В электрическом транспортном средстве источником энергии является электричество. Энергия хранится в устройстве хранения электрической энергии на борту. Хотя устройством хранения энергии может быть маховик, гидравлический аккумулятор или суперконденсатор, в современных электрических транспортных средствах это обычно блок батарей. Электрический мотор преобразует электрическую энергию в механическую энергию и приводит в движение колеса через дифференциал. Конструкция может включать или не включать трансмиссию. На рис.13 показана схема типичного электрического транспортного средства.

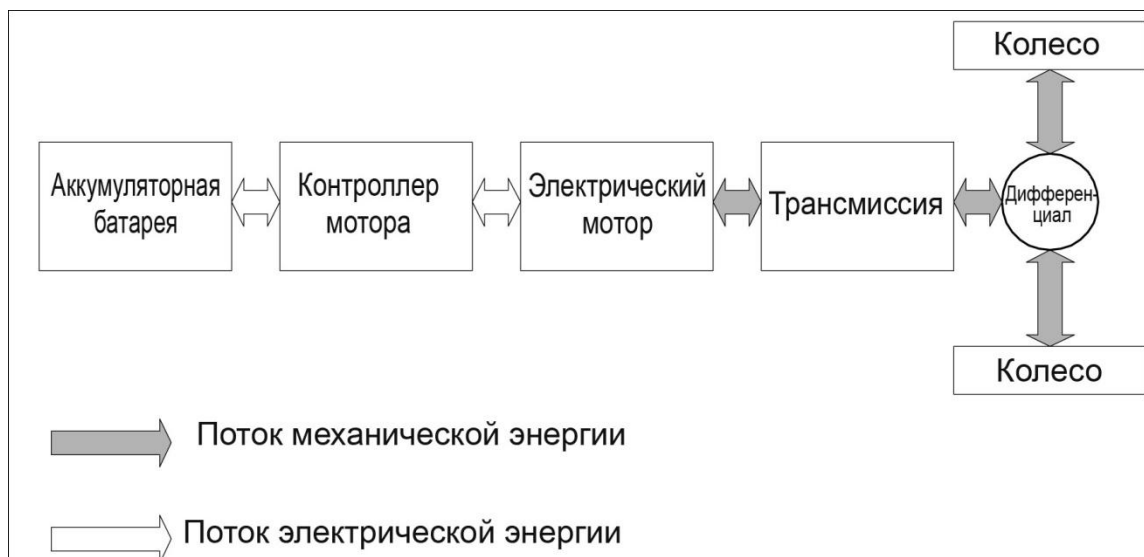


Рис.13 Схема потока энергии для электрического транспортного средства.

Главное преимущество электрических транспортных средств в том, что они не выделяют выхлопных газов на этапе работы. Хотя они называются транспортными средствами с нулевым выбросом, производство электрической энергии в наше время не свободно от выбросов. Соответственно концепции “wells to wheels”, выбросы транспортного средства должны быть увеличены на величину выбросов от любого рода связанных с транспортным средством или его топливом действий, таких как производство и транспортировка. В этом смысле электрические транспортные средства сегодня не являются транспортными средствами с истинным нулевым выбросом, так как они заряжаются от электрической сети, а большая часть электричества, получаемого от сети, производится путем сжигания ископаемых топлив [18].

Другим достоинством электрических транспортных средств является их бесшумная работа. Применение электрических транспортных средств будет значительно снижать уровень шума в городах. Электрические транспортные средства также имеют возможность регенеративного торможения. Они могут перехватывать кинетическую энергию, которая рассеивается в тормозных дисках обычных транспортных средств, и сохранять ее в батареях для дальнейшего использования.

Электрические транспортные средства, если они будут в массовом производстве, были бы конкурентны с обычными транспортными средствами по сложности и цене и даже менее сложны в управлении. Недостаток электрических транспортных средств заключается в их коротком пробеге, который ограничен емкостью батарейного блока. Современные батарейные технологии дают примерно 100 миль на одной зарядке, в

зависимости от размера транспортного средства, размера и емкости батареи и условий вождения [17]. Например, GM утверждает, что EV1 имел пробег 160 миль [19].

Впрочем, короткий пробег электрических транспортных средств не главная проблема. В то время как обычные транспортные средства могут быть заправлены за пару минут, батареям электрического транспортного средства, если они разряжены, необходимо несколько часов зарядки.

2.2.3 Преимущества и недостатки последовательных электрических транспортных средств

Последовательные электрические транспортные средства имеют двойной источник энергии: топливо и электричество. Электрический мотор соединен либо напрямую с дифференциалом через зубчатую передачу или цепной привод, либо соединен через коробку передач для привода колес, как обычно в электрических транспортных средствах. В качестве «расширителя» пробега двигатель внутреннего сгорания (ДВС) присоединен к генератору переменного тока (преобразователю) для питания электрической энергией электрического мотора или для зарядки батарей. На рис.14 показана типичная схема последовательного электрического транспортного средства.

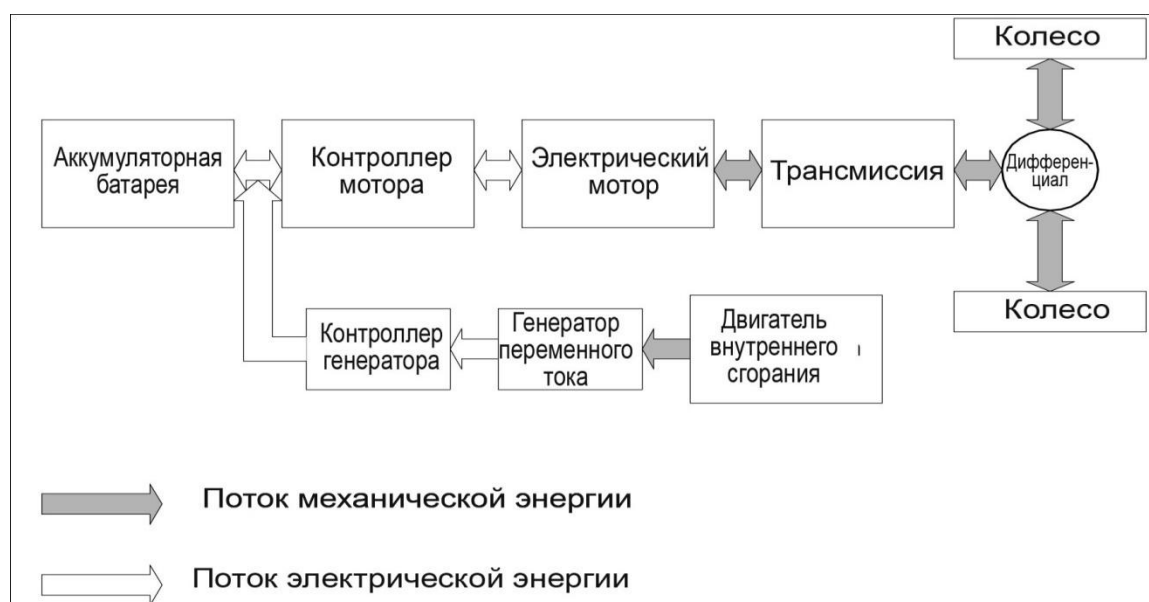


Рис. 14 Диаграмма потока энергии для типичного последовательного электрического транспортного средства [17].

В последовательных электрических транспортных средствах нет физического соединения между двигателем и ведущим мостом. Это сможет снизить переходную работу ДВС, что особенно полезно с точки зрения выбросов, позволяя оптимально

управлять подачей топлива и зажиганием. При высокой потребляемой мощности двигатель будет тяжело снабжаться топливом, чтобы предотвратить ситуацию с пропуском зажигания из-за одновременно высокого отношения воздуха к топливу. Недостаток последовательного электрического транспортного средства связан с потерями энергии на преобразование механической энергии в электрическую энергию и обратно. Однако, это делает возможным работу двигателя в наиболее оптимальной области. Тот факт, что двигатель может работать в его наиболее оптимальной области компенсирует потери энергии и в результате тем самым значительно улучшается топливная эффективность в городе и умеренно на скоростных шоссе. Когда батареи полностью заряжены и потребности энергии низки, двигатель может быть выключен. Конструкция также предлагает регенеративное торможение для возврата энергии торможения и сохранения ее в батареях вместо безвозвратной потери ее в форме тепла на тормозных дисках.

Последовательные гибриды могут быть поделены на две главных группы: с регулированием нагрузки и следующие за нагрузкой последовательные транспортные средства. В гибридах с регулированием нагрузки дополнительная энергетическая установка (auxiliary power unit – APU, устройство двигатель-генератор) имеет размеры, такие что она будет удовлетворять общим требованиям мощности рабочего цикла транспортного средства и будет работать на его наиболее эффективной точке, обеспечивая абсолютно устойчивое состояние работы. Батарея работает как энергетический буфер и питает энергией, необходимой при превышении возможности двигателя, когда транспортное средство требует больше энергии, или сохраняет излишнюю энергию, когда транспортное средство требует меньше энергии, та, что выдает двигатель, работающий в его наиболее эффективной точке. Хотя двигатель работает в его наиболее эффективной точке, излишнее применение батареи может дать в результате высокую общую неэффективность из-за того факта, что батареи могут быть весьма неэффективны, когда заряжены и разряжены до высокой степени. В то время как последовательные гибриды с регулированием нагрузки двигатель работает в стационарном режиме, в его наиболее эффективной точке, в следующем за нагрузкой гибриде выходная мощность двигателя больше или меньше следует требуемой мощности электрического мотора, имея в результате пониженную эффективность двигателя. Дизель-электрический железнодорожный двигатель был бы 100 % следующим за нагрузкой гибридом, когда он не имел бы устройства хранения энергии и выходная мощность дополнительной энергетической установки полностью следовала требуемой энергии электрического мотора. В реальной жизни последовательные гибриды работают как комбинированные с

регулируемым нагрузкой и следующие за нагрузкой последовательные электрические транспортные средства. Их работа оптимизирована природой и длиной их рабочих циклов, основанных на эффективности двигателя и батареи.

Хотя некоторые последовательные конструкции могут исключать необходимость трансмиссии и/или требовать меньшую емкость батареи, чем электрические транспортные средства, аппаратная часть последовательных гибридных электрических транспортных средств, в основном, более дорога, чем таковая в электрических транспортных средствах или обычных транспортных средствах, поскольку она требует две электрические машины и ДВС. Дополнительно к этому управление более сложно, чем управление электрическим или обычным двигателем [17].

2.2.4 Преимущества и недостатки параллельных гибридных электрических транспортных средств.

Параллельные гибридные электрические транспортные средства имеют энергию двух видов, хранящуюся на борту: топливо и электроэнергия, аналогично последовательным гибридным электрическим транспортным средствам. Однако, в параллельном гибридном электрическом транспортном средстве двигатель и электрический мотор соединены параллельно и связаны механически с колесами посредством некоторого вида трансмиссии и дифференциала. Это прямое соединение подразумевает, что ДВС находится в условиях значительных переходных режимов по скорости, но не по моменту, так как ему может помочь электрический мотор. Изменения скорости являются недостатком с точки зрения выбросов транспортного средства по сравнению с последовательной схемой. С другой стороны мотор может быть использован для того, чтобы установить определенную величину момента, делая работу ДВС в более эффективном диапазоне. Обычно двигатели внутреннего сгорания работают более эффективно на высоких нагрузках (при ограниченных скоростях). Когда требуется низкая нагрузка транспортного средства, двигатель может быть выключен, до тех пор пока мотор один приводит в движение транспортное средство, или мотор может увеличить нагрузку двигателя. При включении он питает дополнительной энергией батареи, чтобы запастись ее для дальнейшего использования. Наибольшее преимущество параллельного гибридного

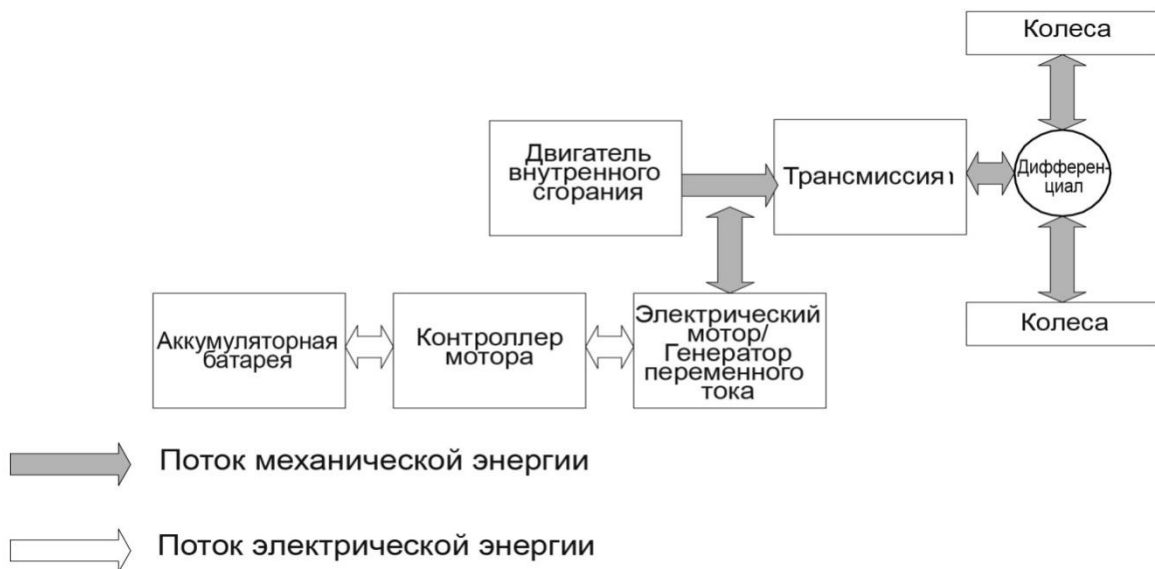


Рис.15 Схема потока энергии параллельного ГЭТС, когда электрический мотор установлен перед трансмиссией и помогает двигателю внутреннего сгорания. Электрический мотор может быть также установлен перед или после трансмиссии или на дифференциальной оси или в колесе.

электрического транспортного средства (ГЭТС) лежит в его производительности. Параллельные ГЭТС имеют потенциал для использования как их электрического мотора, так и ДВС как источников энергии одновременно для тяги транспортного средства, давая в результате превосходную производительность.

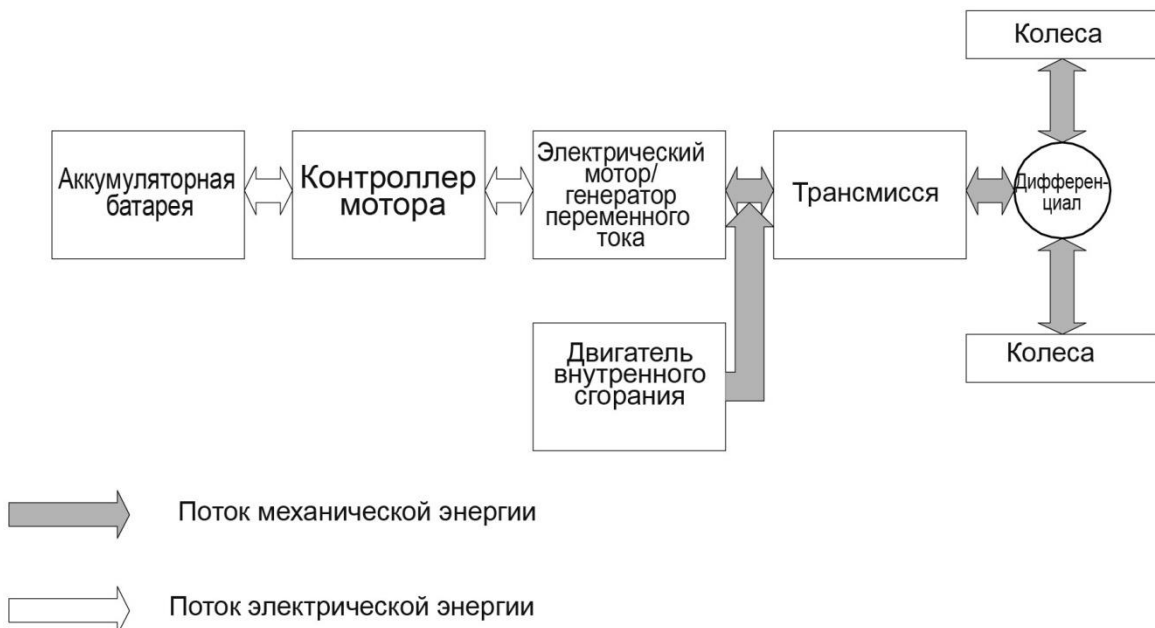


Рис.16 Схема потока энергии параллельного ГЭТС, когда ДВС помогает электрическому мотору. Другая версия параллельного ГЭТС - электрический мотор после трансмиссии. В другом случае неэффективность трансмиссии не влияет на мощность мотора.

Имеется два основных типа схем параллельных ГЭТС. В одном из них главный источник энергии является двигателем, а электрический мотор помогает. В другом электрический мотор является главным источником, а ДВС помогает. На рис.15 показана схема потока энергии параллельного ГЭТС, когда электрический мотор помогает двигателю внутреннего сгорания. На рис.16 показана схема потока энергии параллельного ГЭТС, когда ДВС помогает электрическому мотору.

Оборудование параллельного ГЭТС менее дорого, чем оборудование последовательного ГЭТС, поскольку достаточно одного электрического мотора, меньшего, чем мотор последовательного ГЭТС. С другой стороны, управление более сложно, поскольку имеется физическое соединение между двигателем и мотором.

2.2.5 Преимущества и недостатки комбинаций ГЭТС

Возможно построить транспортное средство, которое может работать либо как последовательное, либо как параллельное или даже как некоторая комбинация их обоих для различных условий привода. Оно могло бы использовать преимущества как последовательного, так параллельного типа привода колес. Например, в режиме старта и стопа транспортное средство (ТС) могло бы работать как электрическое ТС или как гибридное ТС, где последовательные транспортные средства наиболее эффективны, или он может работать как параллельное гибридное ТС, когда требуется полная мощность. Имеется несколько способов создать приводную трансмиссию, которая бы имела характеристики как последовательного гибридного электрического ТС и параллельного гибридного электрического ТС, однако двумя главными схемами являются последовательно-параллельная комбинация и планетарная комбинация гибридных электрических ТС.

Последовательно-параллельная комбинация имеет две электрические машины и двигатель внутреннего сгорания соединенные валом, различными приводами и муфтами сцепления. Эти соединяющие устройства могут переключать силовые источники таким образом, что в одном случае цепь привода работает как последовательное гибридное электрическое ТС, а в другом случае работает как параллельное гибридное электрическое ТС. В зависимости от условий привода будут выбираться различные режимы для использования наибольших преимуществ отдельного режима. Это, однако, будет приводить к гораздо большему количеству компонентов, чем для последовательного или параллельного, более того, увеличивая размер, вес и сложность силового привода и

сложность управления. На рис.17 показана последовательная комбинация гибридного электрического ТС.

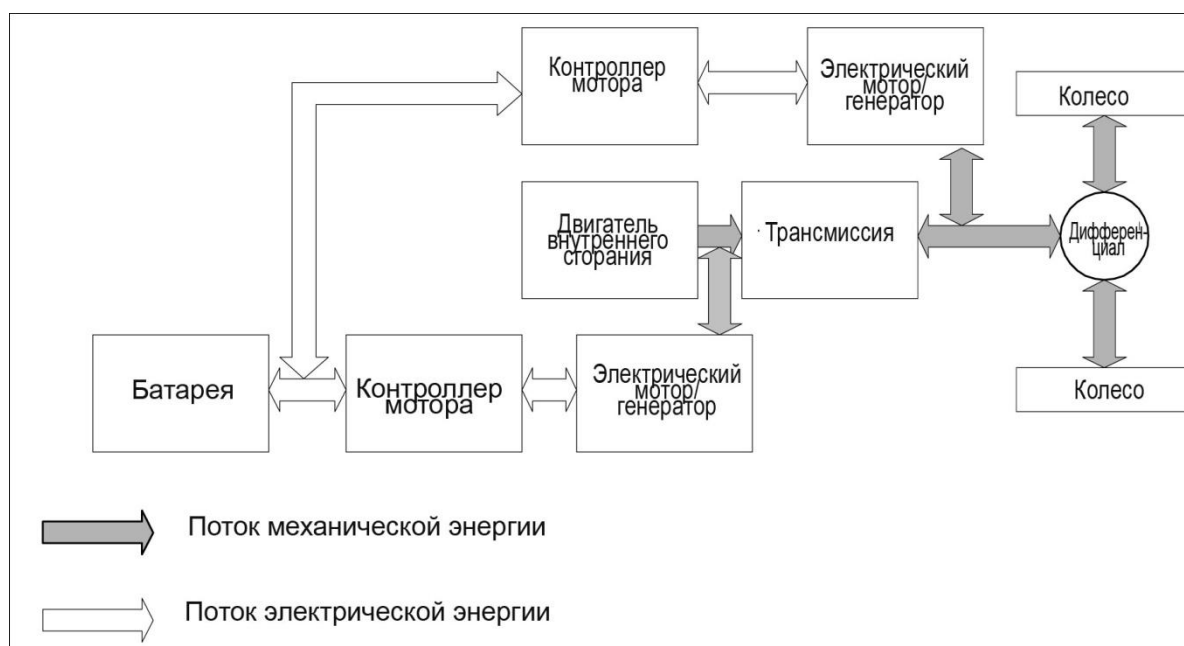


Рис.17 Схема потока энергии для последовательно-параллельного гибридного электрического транспортного средства [17].

Другой важной конструкцией комбинированных гибридов является планетарная комбинация гибридного электрического транспортного средства (ПК-гибрид). ПК-гибрид объединяет ДВС, генератор переменного тока и мотор через планетарную зубчатую передачу. Несколько возможных систем силовых питающих компонентов могут быть построены, используя планетарную зубчатую передачу. Одна из таких вариантов применяется в Тойоте Приус. Двигатель связан с опорой планетарной шестерни; генератор переменного тока с «солнечной» шестерней, а выход – круг, который передает момент дифференциалу. Мотор также связан с кольцевой шестерней, так что она способна добавлять момент через выходной вал к дифференциалу. При этой схеме имеется три степени свободы, при этом генератор переменного тока будет использован для управления дополнительной степенью свободы «солнечной» шестерни. Изменения в работе генератора переменного тока влияют на работу двигателя, давая в результате полный контроль над двигателем при всех приводных условиях (в пределах установленных границ). Поскольку генератор управляет моментом двигателя, двигатель может работать в точке с наибольшим КПД на каждой скорости транспортного средства. Это не является преимуществом в применениях с дизельным двигателем, так как КПД дизеля незначительно меняется при работе с частичной нагрузкой. Однако уменьшенная переходная работа дает в результате пониженные выбросы выхлопного газа. Поскольку здесь нет коробки передач, изменения, связанные с ПК-гибрид, работа двигателя меньше

находится в переходных режимах, чем в параллельной конфигурации, давая в результате меньшие выбросы и повышенную тяговую эффективность, чем в параллельных транспортных средствах, дающих аналогичную производительность.

ПК-гибриды также называются гибридными электрическими транспортными средствами с расщеплением энергии, так как система планетарной зубчатой передачи расщепляет мощность двигателя. В основном постоянно расщепляется момент, и меньшая часть (приблизительно $1/3$ в Приусе) передается электронным способом через генератор, электрический мотор и дифференциал, а большая часть ($2/3$) момента передается механически через систему планетарной передачи и дифференциал. Это механическое звено дает в результате более высокий КПД, чем КПД в последовательном гибриде. В этой системе транспортное средство действует как последовательное ГЭТС, только когда транспортное средство неподвижно и только начинает двигаться. Вся мощность двигателя передается через генератор и электрический мотор. Как только транспортное средство начинает двигаться, кроме электрического пути, энергия передается механически через систему планетарной передачи. Что же касается его работы, транспортное средство работает как комбинация последовательного и параллельного ГЭТС, снова беря преимущества обеих конструкций. Если генератор будет работать постоянно, транспортное средство будет работать как параллельное транспортное средство. Конечно, генератор не может работать на скорости, меньшей, чем его наименьшая рабочая скорость, потому что, когда он теряет скорость, он теряет возможность генерировать электричество, форму момента и управления «солнечной» шестерней. Таким образом, транспортное средство никогда не будет работать как чистое параллельное ГЭТС, пока не применяется механическое торможение на «солнечной» шестерне.

Разумеется стоимость оборудования больше, чем стоимость оборудования у электрического или обычного транспортного средства. Необходимы два электрических мотора и меньший двигатель по сравнению с двигателем обычного транспортного средства подобных размеров, и исключается необходимость трансмиссии, которая делает ПК-гибрид одной из более дешевых и наиболее интегрированных конструкций из числа комбинированных гибридов и в основном конкурентной конструкцией среди гибридов. Управление ПК-гибридом более сложно, чем управление последовательным ГЭТС. на рис.18 основная схема ПК-гибрида.

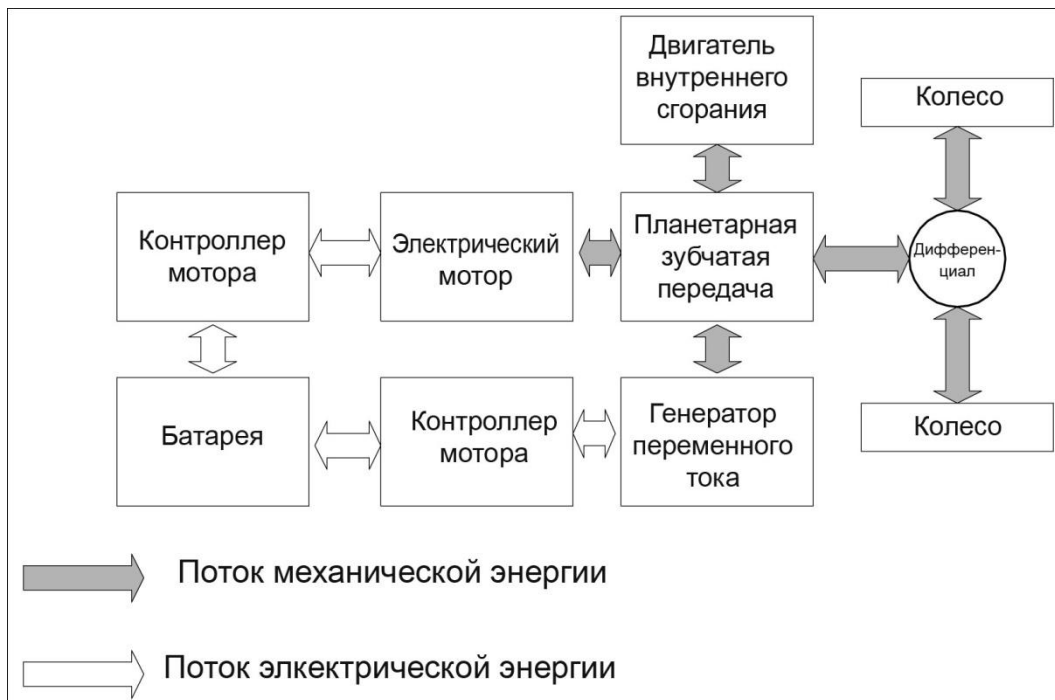


Рис.18 Схема потока энергии для планетарной комбинации гибридного электрического транспортного средства [17].

2.2.6 Преимущества и недостатки гибридов с топливными элементами

Гибриды с топливными элементами подобны по конструкции последовательным гибридам. Транспортное средства само по себе движется посредством электрического мотора, или мотора, однако АРУ является топливным элементом, вместо системы ДВС/генератор. В разработке имеются два вида топливных элементов: тип с протонной обменной мембраной (ПОМ) и сплошные оксидные топливные элементы (СОТЭ). Главным компонентом топливных элементов с протонной обменной мембраной является покрытая катализатором (платиной) мембрана, которая проводит только положительно заряженные ионы водорода. Когда кислород или водород поступает в топливный элемент на противоположные стороны мембраны, каталитическое покрытие разделяет валентные электроны от молекулы водорода, получая в результате положительно заряженные ионы водорода, которые могут проходить внутрь мембраны, чтобы присоединиться к кислороду на другой стороне и образовать воду. Электроны вынуждены двигаться вокруг мембраны, чтобы присоединиться к кислороду и закончить связь молекулы воды [24]. Ток,

получаемый в результате потока электронов, может быть использован для привода электрического мотора или может быть сохранен в батарее.

Сплошные оксидные топливные элементы работают на том же самом принципе. Различие лежит в материалах, принимающих участие в реакции. Мембрана проводит положительно заряженные ионы кислорода, только по этой причине есть ионы кислорода, которые проникают через мембрану. На другой стороне мембраны может быть использовано топливо любого вида на углеродной основе, чтобы притянуть кислород. Топливо окисляется кислородом и образуются CO_2 и H_2O . Электроны опять вынуждены протекать вокруг мембраны, давая в результате поток тока, которые может быть использован для привода транспортного средства [103, 104]. Сплошной оксидный топливный элемент в основном использует топливо на углеродной основе, становясь похожим на двигатель внутреннего сгорания. Он может использовать широкий диапазон топлив и потому он работает на ограниченных температурах, не производит NO_x и, так как исключает обычное сгорание, не производит твердых пылевых частиц. Он также тише и меньше вибрирует, чем двигатель внутреннего сгорания.

Топливные элементы с протонной обменной мембраной не используют топливо на углеродной основе. Они используют кислород, который существует на Земле в воде в больших количествах, поэтому они могут быть долгосрочным решением для прогнозируемого топливного кризиса. Они производят в виде выбросов из выхлопной трубы только воду. Однако, водород сложно хранить на борту и это кажется главной «накладкой» для топливных элементов с протонной обменной мембраной в наши дни. Водород не может храниться в больших достаточных количествах в газообразной форме, чтобы создать требуемый пробег транспортного средства. Чтобы хранить его в жидком виде, требуется низкотемпературные криогенные емкости (танки) высокого давления, что является очень дорогой формой хранения. До тех пор пока проблема хранения не будет решена, параллельное исследование было сделано в направлении получения водорода от так называемых носителей водорода, которыми обычно являются углеводороды от нефтяного производства [105]. Применяемые топлива на основе углеводородов сделали бы топливные элементы с протонной обменной мембраной не более выгодными, чем сплошные оксидные топливные элементы при использовании продуктов на основе нефти и выбрасываемого CO_2 .

2.3 Преимущества и недостатки гибридизации

Гибридизация создает два главных преимущества: пониженные выхлопные выбросы и повышенную топливную экономию [17]. Эти преимущества появляются в результате снижения размеров двигателя, уменьшения работы двигателя на переходных режимах и применения регенеративного торможения, которое снижает требование к общей мощности. В то время как в обычных транспортных средствах двигатель один удовлетворяет требование мгновенной мощности для движения транспортного средства, в гибридных электрических транспортных средствах достаточен меньший двигатель с дополнительной мощностью от электрического мотора для создания той же производительности. Электрический мотор прибавляет дополнительную мощность от электрического мотора, используя электрическую энергию, сохраненную в батареях. В то же время, дополнительная мощность от электрического мотора делает возможным уменьшение работы двигателя в переходных режимах. Это дает в результате улучшение топливной экономии, а также сниженные выхлопные выбросы. Вероятно наиболее выгодным свойством гибридов и электрических транспортных средств при движении в городе является регенеративное торможение. Во время регенеративного торможения контроллер переключает электрический мотор для работы в генераторном режиме, создавая тормозящий момент на колесах в то же время генерируя электричество. Генерируемое электричество сохраняется в батареях и может быть использовано для следующего ускорения.

Все-таки преимущества не приходят в гибридах просто так. Система интегрированного ДВС и привода с электрическим мотором делается более тяжелой и сложной силовой передачей, чем таковая в обычном транспортном средстве. Она стоит больше денег, включает в себя больше компонентов с возможностью поломки и повышает сложность управления, создавая повышение в цене. При современных ценах на нефть экономия топлива не возмещает убыток дополнительного снабжения, а эксплуатационные расходы связаны с гибридными транспортными средствами. Это означает, что цены на топливо будут значительно выше, прежде чем потребители решат платить высокую цену за гибриды.

2.4 Разработка гибрида

Хотя покупка и обслуживание гибрида пока еще более дороги, чем обычное транспортное средство, факт, что каждый значительный производитель автомобилей работает над гибридными конструкциями, полагая, здесь в ближайшем будущем они

будут представлять интерес на рынке этих транспортных средств. Исследовательские и внедренческие подразделения различных автопроизводителей имеют различные задачи, рыночные цели и различные виды конструкций гибридных электрических транспортных средств. В 1998 году, Хонда и Тойота начали массовое производство соответственно Инсайта и Приуса. Сегодня в сентябре 2004 они пока еще являются только двумя производителями, которые коммерчески выпускают гибридные транспортные средства, доступные на рынке. В этой части главы делается попытка показать некоторые попытки конструкций основных производителей и основные тенденции в разработке гибридных транспортных средств.

2.4.1 Хонда

В 1998 году Хонда была одной из первых двух компаний на гибридном рынке. Их транспортным средством был Инсайт, который являлся так называемым «мягким» гибридным параллельным электрическим транспортным средством. В качестве «мягкого» гибрида Хонда Инсайт имела низкую степень гибридизации, означающую, что ее электрический мотор был достаточно малым (10 кВт, постоянные магниты) по сравнению с его топливным преобразователем (49 кВт, 995 см³ бензин). Эта конструкция давала повышенную топливную экономию, по сравнению с обычной версией, при использованном регенеративном торможении и смягченной работе двигателя. Однако, транспортное средство будет пока еще работать как обычное транспортное средство, если что-нибудь сломается в электрической системе. Это направление «мягкой гибридизации», означающее производство транспортных средств типа milbrid (mild hybrid – мягкий гибрид), можно было бы увидеть в случае будущей конструкции нескольких производителей. Инсайт имел Ni-MH (никель-металл-гидрид) батареи в качестве устройства аккумулялирования энергии при номинальном напряжении 144 В и емкости 6,5 Ач. Электрический мотор занимает пространство маховика, выполняя роль маховика, кроме того, когда необходимо, работая как мотор и как регенераторная установка. Расход топлива EPA транспортного средства составляет 61/70 миль/галлон город/шоссе. Автомобиль весит 1856 фунтов [45]. Хонда также сделала гибридную версию Цивика (Civic), основанную на высококачественной версии гибридной системы Инсайта.

2.4.2 Тойота

Тойота также в 1998 году вышла на рынок с гибридным транспортным средством: Приус. Гибридная система Тойоты (Toyota Hybrid System - THS) в Приусе включала в себя бензиновый двигатель с высокой степенью расширения (51 кВт, 1497 см³), электрический мотор с постоянными магнитами (30 кВт) и генератор переменного тока на постоянных магнитах (14 кВт) через планетарную зубчатую передачу, чтобы образовать планетарный комбинированный гибрид. Аккумулятором энергии является блок Ni-MH батарей с номинальным напряжением 273,6 В и емкостью 6,5 Ач. Расход топлива EPA транспортного средства составляет 52/45 миль/галлон город/шоссе. Приус весит 2765 фунтов [46]. Тойота также разработала минивэн с приводом на четыре колеса, основанный на улучшенной версии THS, включающий в свой состав бесступенчато-регулируемую передачу для ситуаций, требующих высокий момент [46], а Лексус выходит роскошным внедорожником на основе гибридной системы Тойоты (THS). Другой разработкой Тойоты является 32-вольтовая стартер-генераторная система для опции в других «мягких» гибридных продуктах Тойоты [46].

2.4.3 Форд

Шесть лет спустя Тойота и Хонда начали массовое производство их гибридов, Форд планирует выход на рынок с гибридом Эскейп в 2004 году, как первым коммерчески доступным гибридным внедорожником. Он является гибридом планетарной комбинации, включающим четырехцилиндровый двигатель высокой степени сжатия, 65-киловаттный электрический мотор с постоянными магнитами и генератор мощностью 28 кВт. Блок Ni-MH батарей работает 300 В. Форд утверждает, что гибридный Эскейп будет пробегать 40 миль на одном галлоне бензина при городской езде [47].

2.4.4 Дженерал моторз (GM)

Дженерал моторз разработал систему ParadiGM для рынка внедорожников. Система ParadiGM является «мягким» параллельным гибридом, включающим два электрических мотора. Один из них установлен перед, а другой после трансмиссии с ручной коробкой передач между ними. GM будет предлагать четырехцилиндровый рядный двигатель и двигатель V-6 с тяговой системой ParadiGM. Электрический мотор работает при 42 В [48].

2.4.5 Многоцелевое колесное высококомобильное гибридное электрическое транспортное средство (ННММWV)

Гибридное электрическое высококомобильное многоцелевое колесное транспортное средство, известное как гибрид Humvee, является применением последовательной конструкцией, использующей 1,9-литровый двигатель Volkswagen TDI, генератор на постоянных магнитах UQM мощностью 55 кВт, в качестве ее вспомогательной силовой установки, и четыре 75 кВт электрических мотора, по одному на каждом колесе, чтобы двигать транспортное средство. Блок батарей построен на усовершенствованных свинцово-кислотных батареях с емкостью 85 Ач и номинальным напряжением 288 В [43]. Humvee обладает преимуществом в виде низкого шума, низкого теплового профиля и отсутствия видимых выхлопных газов, которое создает режим электрического транспортного средства в скрытных ситуациях. Транспортное средство ускоряется с 0 до 50 миль/час за 7 секунд и преодолевает подъем в 60% на скорости 7 миль/час. Кажется простым бонусом то, что гибрид Humvee удвоил топливную экономию по отношению к той, которая была в его обычной версии, до 16 миль/галлон.

2.4.6 Тяжелый сектор

Несколько гибридных электрических тяговых систем был разработан в тяжелом грузовом секторе [100-102]. Автобусы Nova и Orion уже служат в городских областях с гибридными тяговыми системами Allison и Lockheed-Martin соответственно. Оба автобуса являются последовательными гибридами. Allison предлагает тот же самый тяговый привод для тяжелых грузовиков, а Lockheed-Martin предлагает тяговый привод для военных транспортных средств. Allison также работал над вторым поколением гибридных тяговых привод, который является планетарным комбинированным гибридом для автобусов.

2.5 Заключение

После рассмотрения базовых схем гибридных транспортных средств и их применения в транспортных средствах можно заключить, что имеются только три конструкции, которые предпочтительны производителями или будут предложены для производства в ближайшем будущем. Этими тремя конструкциями являются «мягкая»

гибридная параллельная, планетарная комбинированная гибридная и последовательная гибридная конструкция. Последовательная схема была использована только для тяжелого грузового применения. Мягкий гибридный концепт обходится дороже, эффективным и полагающимся на двигатель большую часть времени. Он рыночно безопасен для экспериментирования, приобретая ограниченное преимущество и риск гибридного концепта. Планетарный комбинированный гибрид предлагает многостороннее использование транспортного средства и хорошо показывает себя как в городском режиме, так в режиме движения по шоссе. У него лучший КПД, чем у последовательного гибрида, даже в условиях старт-стопного режима городского движения. Ясно, что это конструкция с наибольшим КПД. Хотя последовательный гибрид не обладает таким КПД, как у планетарного комбинированного гибрида, у него есть преимущество, которое состоит в простоте и относительной легкости управления. Кроме того, последовательный гибрид может быть легко преобразован в гибрид с топливными элементами, когда топливные элементы и водородный бак будут готовы для рынка.