РЕФЕРАТ ПО ФИЗИКЕ

"ГИБРИДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ"

**Введение**

Главная задача гибридного автомобиля – снижение расхода топлива, а также снижение вредных выбросов в атмосферу. 78% выбросов углекислого газа за полный жизненный цикл обычного автомобиля приходятся на его эксплуатацию и лишь 22% – на все остальное. Поэтому 4% «добавки» на производство и переработку батареи, электромотора и генератора гибрида с лихвой компенсируются снижением выбросов на 30% во время езды. В последнее время, в связи с высокими ценами на нефть и постоянным повышением экологических требований, рыночный спрос на подобные автомобили возрос многократно. При этом, совершенствование технологий и налоговые льготы производителям гибридов снижают стоимость их производства, сравнимую в наше время со стоимостью производства обычного автомобиля. Владельцы таких транспортных средств во многих странах уже несколько лет имеют льготы при уплате дорожного налога и освобождены от платы на муниципальных парковках.

Первые разработки появились на рубеже 19 – 20 в.в. Первым автомобилем с гибридным приводом считается Lohner-Porsche. Автомобиль был разработан конструктором Фердинандом Порше в 1900–1901 годах. Начиная с 1897 года и на протяжении 10 последующих лет, французская Compagnie Parisienne des Voitures Electriques выпустила партию электромобилей и машин с гибридными двигателями. В 1900 году General Electric сконструировала гибридный автомобиль с 4-цилиндровым бензиновым мотором. А с конвейера Walker Vehicle Company of Chicago «гибридные» грузовики сходили до 1940 года. Стоит заметить, что ресурсные и экологические проблемы в те времена еще не рассматривались. Продвижению же гибрида «в массы» тогда помешала высокая цена комплектующих электроустановок, а также малые мощности и непомерный вес элементов питания (аккумуляторных батарей).

Гибридный автомобиль – это автомобиль, приводимый в движение системой «ДВС – накопитель энергии – привод».

В зависимости от задач, которые ставят перед собой конструкторы, используются разные схемы, у каждой из которых есть достоинства, недостатки и просто особенности.

1. По методу подключения двигателя и накопителя энергии к приводу схемы делятся на: последовательные, параллельные и параллельно-последовательные. Последовательная кинематическая схема энергетической установки исключает механическую связь колес с первичным источником энергии. ДВС является источником энергии для электрогенератора, который, в свою очередь, питает электродвигатели привода колес. Между генератором и двигателем (двигателями) привода расположен накопитель энергии (аккумуляторная батарея (АБ) или суперконденсаторы). Накопитель аккумулирует избытки вырабатываемой генератором электроэнергии, получает энергию рекуперации при торможении, обеспечивает пиковые нагрузки на колесах. Схема позволяет стабилизировать режим работы первичного двигателя в плане максимальной топливной эффективности и минимальных выбросов, исключить конструктивные элементы механической передачи: коробки передач, валы и т.д. При сохранении момента привода можно использовать двигатель меньшей мощности. Внедрить такую схему наиболее просто, т. к. можно обеспечить любую компоновку элементов привода (отсутствует передача энергии по механическому каналу). Электрическая схема также довольно проста, ее можно применить как с ДВС, так и с альтернативными источниками энергии (топливными элементами и т.д.). К недостаткам схемы относятся двойное преобразование энергии (теоретически – ниже КПД), необходимость применения электромашин и силового преобразователя на полную мощность привода, относительно высокая цена комплекта тягового оборудования. Параллельная схема обеспечивает передачу энергии на колеса как от ДВС, так и параллельно – от электродвигателя. При этом накопитель энергии работает так же, как в последовательной схеме. Электродвигатель компенсирует неравномерности работы ДВС и недостатки момента, обеспечивая плавность хода и экономию топлива за счет энергии накопителя, полученной при рекуперативном торможении. При малых оборотах движение транспортного средства может обеспечивать только электродвигатель, а ДВС включается в работу при наборе достаточной скорости движения. Схема имеет относительно высокий КПД и хорошие массогабаритные показатели, к тому же, она относительно недорогая (электрооборудование применяется только на часть полной мощности). К недостаткам схемы относятся сложность механического согласования работы ДВС и электропривода, ограничения в компоновке, необходимость применения устройств механического согласования (коробок передач специальной конструкции). Правда, от согласования работы ДВС и электропривода можно уйти, обеспечив передачу ими момента на разные оси (колеса), однако такой прием не всегда допустим по условиям размещения тягового оборудования и баланса масс транспортного средства. Существенным недостатком схемы является также нестабильность работы ДВС, соответственно, ухудшаются показатели выбросов по сравнению с последовательной схемой. Комбинированная схема сочетает преимущества последовательной и параллельной схем за счет специального устройства согласования работы ДВС и электродвигателя (например, несимметричный планетарный дифференциал). Устройство согласования позволяет перераспределять потоки мощности между двумя источниками энергии (тепловой двигатель и электрический накопитель) и двумя каналами передачи энергии на колеса (механическим и электромеханическим) и передавать мощность между ними в любом направлении. В такой схеме может работать как один источник энергии (ДВС или накопитель электроэнергии), так и сразу два (ДВС и накопитель), а вращение передается на колеса как механическим, так и электрическим двигателями, либо только одним из них (любым). Такая схема обеспечивает высокую экономичность, максимальную гибкость в режимах работы системы тягового привода, но является довольно сложной в разработке и реализации, требует создания сложных и дорогих механических элементов. 2. По типам накопителей схемы могут быть электрические (на основе электрохимических аккумуляторов); механические (на основе пневматических аккумуляторов); инерционные (маховик).

**Устройство и принцип работы гибридов**

Гибридная машина имеет: обычный бензиновый двигатель, либо турбодизель с непосредственным впрыском. Дизельные силовые агрегаты используют неохотно, так как их основные проблемы – выбросы сажи и окислов азота. Чтобы уложиться в перспективные жесткие нормы по токсичности, придется «вешать» на дизельные моторы очень дорогие фильтры и нейтрализаторы, которые вдобавок снижают мощность;

– топливный бак, где хранится топливо для ДВС;

– электромотор. Современная электроника делает его мотором и генератором одновременно. Он берёт энергию из электрических батарей для ускорения автомобиля, и восстанавливает энергию при торможении, переходя в режим генератора (так называемое «рекуперативное торможение»);

– генератор. Вырабатывает электроэнергию, которая запасается в аккумуляторе;

– батареи. Источник энергии для электромотора;

– трансмиссия. Передаёт крутящий момент на колёса.

**Гибридизация по-тойотовски**

Toyota лидирует по количеству гибридов и активно выпускает эти автомобили с 1997 года, причём в модификациях как обычных автомобилей серии Prius, паркетных внедорожников серии Lexus RX400h, так и автомобилей люкс-класса – Lexus LS 600h.

В августе 2009 года суммарное производство автомобилей Prius превысило 2 миллиона экземпляров. За четыре года было произведено около 150 тысяч гибридных кроссоверов. Доля версии 400h в общем объеме продаж машины достигла 69 процентов, а по Западной Европе этот показатель еще выше: 95%! Технологию гибридного привода Toyota Hybrid Synergy Drive лицензировали Ford (Escape Hybrid), Nissan (Altima Hybrid).

Рассмотрим принцип работы гибридного автомобиля на примере последовательно – параллельной гибридной силовой установки Hybrid Synergy Drive, которую устанавливает на свои автомобили компания Toyota. Термин «синергия» означает совместное действие нескольких компонентов. В силовой установке Hybrid Synergy Drive сочетаются бензиновый двигатель – и два электромотора. Вернее, их три, но о третьем, который обеспечивает задний привод, пока забудем. Бензиновый двигатель – это V-образная шестёрка, объемом 3,3 л, мощностью 150 кВт. Два электромотора, которые располагаются в передней и задней частях и приводят в движение, соответственно колёса переднего и заднего мостов, имеют суммарную мощность 200 кВт и рабочее напряжение 650В. Высоковольтная аккумуляторная батарея, которая питает оба электромотора и запасает энергию при рекуперативном торможении, также является неотъемлемой частью системы.

Устройство распределения энергии – это связующее звено между ДВС, электромоторами и генератором. В данном случае его роль играет компактная планетарная передача, обладающая малой массой и меньшим количеством движущихся частей, в сравнении с 5-ти или 6-ти ступенчатыми АКПП автомобилей премиум – класса, что в свою очередь, ведёт к повышению надёжности и увеличению срока службы этого узла.

Энергетический центр, управляющий созданием и распределением запасов энергии, состоит из высоковольтной никельметаллгидридной аккумуляторной батареи, блока управления энергией, полупроводникового коммутационного устройства и рекуперативной тормозной системы. Блок управления энергией и полупроводниковое устройство переключения управляют потоком энергии между генератором, батареей и электромоторами. Данные устройства осуществляют преобразование электроэнергии в соответствии с потребностями системы. Потребность в преобразовании продиктована следующими причинами: генератор и электромоторы – машины переменного тока, в то время как аккумуляторная батарея оперирует постоянным током, кроме того, выходное напряжение батареи не соответствует выходному напряжению генератора, а также входному напряжению электромоторов. Инвертор – блок, преобразующий постоянный ток, поступающий от аккумуляторной батареи, в переменный, используемый для питания электромоторов. В данной гибридной силовой установке предусмотрена высоковольтная схема преобразования постоянного тока одного напряжения в постоянный ток более высокого напряжения. При этом происходит равномерный рост электрической мощности при той же величине силы тока.

При рекуперативном торможении система переводит моторы в генераторный режим. Вырабатываемая при этом энергия поступает на хранение в аккумуляторную батарею. Особо эффективно сохраняет энергию при езде в городских условиях режим «старт – стоп», который позволяет автоматически глушить двигатель при остановках или даже во время замедления.

Для начала движения и на малых скоростях используется только электромотор. При плавном наборе скорости энергия, запасенная в батарее, поступает на блок управления электропитанием, который, в свою очередь, направляет энергию на электромоторы, что позволяет автомобилю плавно трогаться с места.

При движении в нормальном режиме момент на ведущие колёса поступает с ДВС и электромоторов. При необходимости генератор осуществляет заряд батареи, отдавая ей излишки энергии.

В целях обеспечения максимальной эффективности распределение энергии контролируется электронным блоком управления.

При разгоне бензиновый двигатель работает в нормальном режиме, а при необходимости, дополнительная энергия для улучшения динамики поступает от электромоторов.

Для оптимизации количества сохраняемой энергии, электроника принимает решение о том, когда следует использовать гидравлическую систему торможения, а когда – рекуперативное торможение.

Хотелось бы отдельно сказать несколько слов о высоковольтной аккумуляторной батарее. Компания Toyota уже долгое время использует никельметаллгидридные батареи, которые переносят низкие температуры без заметного снижения рабочих характеристик. Японцы проводили испытания при температуре около минус 30, и автомобиль заводился и нормально работал. Срок службы батареи – такой же, как и у всего автомобиля, 300–350 тысяч километров.

**Первый серийный гибридный «Мерседес»**

Это «Мерседес» S400 BlueHybrid, в котором 279 – сильному двигателю помогает электромотор, мощностью 15 кВт (20 л.с.). Конструкция гибрида проста – в маховик автомобиля встроен электрический мотор-генератор, отдающий ток аккумуляторной батарее при торможении и «подрабатывающий» тяговым двигателем при разгоне. И все. Никаких сцеплений, как у Infiniti или Porsche, уже не говоря про хитроумную планетарную схему тойотовского гибридного привода. Соответственно, Mercedes S 400 BlueHybrid не может бесшумно ехать на «чистой» электротяге, вообще не загрязняя воздух. Но мерседесовцы указывают на достоинства своей схемы. Расход топлива в смешанном цикле составляет до 7,9 литра на 100 км – это на 2,2 литра меньше, чем у бензинового Мерседеса S 350. Выбросы СО сокращаются на 21% – до рекордных в классе 190 г./км. Для сравнения: гибридный Lexus LS 600h выбрасывает 219 граммов углекислоты на километр пробега, но при этом суммарная мощность силовой установки с пятилитровым мотором V8 у него на 146 л.с. выше. Ещё один плюс этой конструкции – компактность и малая масса «гибридных» узлов. Кузов не потребовал доработок, салон и багажник остались нетронутыми. Прибавка в весе составила всего 75 килограммов. А гибридный Lexus стал тяжелее обычного бензинового на 200 кг. Обойтись «малой кровью» удалось благодаря применению маленькой литий-ионной батареи объемом всего 13 литров, вставшей на место обычного аккумулятора под капотом. Батарею, равно как и все остальные компоненты гибридного привода, поставляет концерн Continental – причем не только на Daimler, но и на BMW: точно такая же механика будет и у гибридной «семерки» BMW.

Литий-ионные батареи привлекают инженеров давно. Но «хочется, да колется» – компактные и эффективные батареи… взрывоопасны. Велика вероятность неконтролируемой «разгонной» реакции, когда перегрев провоцирует резкое ускорение химической активности, в свою очередь вызывающее выделение тепла и лавинообразный эффект. Немецкая батарея состоит из 35 аккумуляторов цилиндрической формы, хотя, например, Nissan уверяет, что более эффективны плоские «конвертные» ячейки. От взрыва батарею предохраняют система охлаждения, поддерживающая температуру от 15 до 35 градусов, и электронная система управления и диагностики, питающаяся от маленького резервного 12-вольтового аккумулятора в багажнике. А если все же рванет? Тогда поможет корпус, сделанный с помощью лазерной сварки из высокопрочной стали, – он призван защитить батарею и от разрушения при аварии. Есть у литий-ионной батареи еще один коварный недостаток. После разрядки «в ноль» ее придется выбросить – между тем как никельметаллгидридные аккумуляторы, которые используются на нынешних гибридомобилях Toyota, Lexus и Honda, после «опустошения» восстанавливаются полностью. Хорошо, что темп саморазряда у литий-ионных аккумуляторов невелик – по 5 процентов в месяц. На ходу Mercedes S 400 BlueHybrid ничем особенным не выделяется. Двигатель запускается, лишь при отпускании педали тормоза, – это работает система «старт-стоп». Маленький аккумулятор используется «по полной». Да и заряжается быстро – на спусках, длиной 3–4 километра запас электроэнергии пополняется с минимально допустимых 30 процентов до максимальных 90 с лишним. А стоит коснуться тормоза – и заряд растет прямо на глазах. Плавное торможение с замедлением до 0,2 g обеспечивает только генератор, причем от режима «автомата» эффективность рекуперации не зависит. По данным компании Continental, в реальной жизни четыре из пяти торможений производятся с замедлением не более 0,3 g – так что помимо получения дармовой рекуперированной энергии можно здорово сэкономить и на износе тормозов. А они срабатывают только при большем нажатии на педаль. Правда, тормоза у S-класса традиционные, а не электрогидравлические, как на гибридных седанах Lexus, и для гибрида мерседесовцам пришлось конструировать оригинальный педальный узел. Перед полной остановкой, как только скорость падает ниже 15 км/ч, двигатель для экономии топлива глушится – значит, останавливается и мотор-генератор. Снова он заведется, как только водитель снимет ногу с педали тормоза. Запуск от 15-киловаттного электромотора, раскручивающего мотор сразу до 500–600 об/мин происходит быстрее, чем от обычного 12-вольтового стартера мощностью 1–1,5 кВт. Правда, в самых медленных пробках система «старт-стоп» не работает: электроника допускает только четыре цикла «старт-стоп» подряд. Не глушится двигатель и при прогреве, на морозе (если температура в системе охлаждения упала ниже 60 градусов), при заряде батареи менее 30 процентов и в парковочных режимах после включения заднего хода. Мерседесовцы уверяют, что уже в этом поколении S-класса появится дизельная гибридная установка, но проблема более шумного и вибронагруженного перезапуска дизельного двигателя пока не решена – дело даже не дошло до ходовых испытаний. Новые гибридные модели немцы обещают показывать не реже, чем раз в год. Причем следующим будет двухрежимный «полный» гибрид на базе внедорожника М-класса с планетарной трансмиссией по образцу тойотовской! Японских патентов мерседесовцы не покупали – они уверяют, что усовершенствовали непревзойденную на сегодняшний день тойотовской схему: в частности, избавились от больших потерь при высоких оборотах, вызванных тем, что электродвигатель и мотор-генератор вращаются постоянно. Мощность электротяги гибридного М-класса – около 50 кВт, тяговая батарея разместится в багажнике. Причем она будет никельметаллгидридной. Видимо, пока не удается решить проблемы с охлаждением большой литий-ионной батареи. Кстати, «кондиционер» для никельметаллгидридного аккумулятора гибрида Lexus LS 600h потребляет столько энергии, что в некоторых режимах сводит на нет эффективность всей гибридной установки!

**Российский гибридомобиль**

Холдинг Яровит совместно с Группой ОНЭКСИМ создает компанию по разработке и выпуску легковых гибридомобилей – финансирование проекта в обмен на 51% акций обеспечит компания Михаила Прохорова. Компаньоны уверяют, что за 150 миллионов евро уже в июле 2012 года будет запущен завод по выпуску серийных гибридомобилей! Правда, объемы производства невелики – всего 10 тысяч машин в год. Гибридомобиль, снаряженной массой всего 700 кг и розничной ценой 300–450 тысяч рублей, будет способен с комфортом перемещать в пространстве четверых седоков при среднем расходе топлива не более 3,5 л/100 км. В основе машины должна лежать пространственная алюминиевая рама массой всего 110 кг, а навесные элементы кузова планируется сделать базальтоволоконными. Габаритная длина гибридомобиля – 3,8 метра. Силовая установка будет выполнена по «последовательной» схеме, в которой двигатель внутреннего сгорания лишь приводит генератор и не связан с ведущими колесами. Пока Яровит экспериментирует с зарубежным 48-сильным бензиновым двигателем объемом 600 см³, но рассматриваются проекты российского роторно-поршневого мотора и даже малогабаритной газовой турбины, которую мог бы поставлять один из отечественных заводов авиакосмического сектора. Вместо тяжелых аккумуляторных батарей – более легкий и компактный блок суперконденсаторов: он быстро заряжается, при этом запас «конденсаторного» хода – не меньше пяти километров. Тягу обеспечивают два электромотора суммарной мощностью 50 кВт и массой 17 кг каждый, смонтированные непосредственно у ведущих колес. Планируемый запас хода на одной заправке – 400 км: это примерно 14 литров бензина при среднем расходе не более 3,5 л/100 км. Впрочем, инженеры Яровита делают ставку не на обычное жидкое топливо, а на природный газ метан, причем не на сжатый, как на нынешних АГНКС (автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях), а сжиженный, что влечет за собой необходимость применения криобака. Еще одна идеологическая особенность проекта – ограничение скорости на уровне 120 км/ч: городскому жителю быстрее разгоняться нет надобности. Разработчики предпочитают говорить о «модульной транспортной платформе городского автомобиля» и хотят на основе разработанного шасси делать и компактный кроссовер, и развозной грузовичок… Причем за счет модульной архитектуры гибридомобили будут отличаться простотой сборки, которую могли бы вести не только специализированные заводы, но и сами дилеры. авторы «городского автомобиля» полны оптимизма и обещают уже к декабрю нынешнего года познакомить журналистов с ходовыми образцами, а в начале следующего начать строительство небольшого завода «в чистом поле». По словам генерального директора группы ОНЭКСИМ Дмитрия Разумова, совместный проект с Яровитом станет операционно-окупаемым сразу после начала производства, а вернуть все затраты удастся уже через пять лет.

**Заключение**

Тратятся миллионы долларов, десятки и сотни тысяч человек продолжают работу над новыми батареями, электромоторами, топливными элементами. Можно сказать, что именно сейчас происходит рождение транспортных средств будущего. Всё большее количество автопроизводителей обращают своё внимание на разработку и серийный выпуск транспортных средств с гибридными силовыми агрегатами. Заставляют их это делать несколько факторов, среди которых – ужесточающиеся с каждым годом экологические требования к выбросам вредных веществ, а также реальная угроза того, что запасы нефти рано или поздно иссякнут.

С каждым годом гибридные автомобили совершенствуются. По количеству вредных выбросов и по экономичности они все больше приближаются к электромобилям, в то же время, по разгонной динамике, управляемости и ездовому комфорту ничем не отличаются от своих собратьев, потребляющих бензин или солярку. Главным минусом гибридов на сегодняшний день, таким образом, является высокая стоимость производства. Конечная цена такого транспортного средства также будет выше. У разных производителей разница стоимости между версиями с ДВС и гибридом одной и той же модели варьируется от 15 до 50 процентов. Тем не менее владельцев гибридных авто становится всё больше и больше. Правительства большинства развитых и развивающихся государств разрабатывают и принимают законы, стимулирующие как производство, так и приобретение экологически чистого транспорта. Например, в Америке применяют «нематериальные методы стимулирования» экосознания владельцев машин: у некоторых офисных зданий парковки разделены на зоны. Места поближе к входу – для электромобилей и гибридов, а подальше – для обычных автомобилей. Разве самолюбие позволит боссу топать с дальнего паркинга, когда приезжающие на «Приусах» подчиненные встают прямо у дверей?

Для поршневого ДВС включен обратный отсчет, и, скорее всего, немощные и тихоходные сегодняшние электромобили означают для миллионов наших любимых пожирателей бензина и солярки то же, что значили маленькие теплокровные крысы для несметного числа динозавров, когда-то населявших Землю.