



Создан по инициативе Diagnostов - активных Участников Форума
<http://forum.autodata.ru/> и Издательства "Легион - Автодата"
<http://autodata.ru/>, зарегистрирован в Едином государственном реестре
 юридических лиц Российской Федерации
 «23» октября 2007 г.



Поддерживается Издательством «Легион - Автодата»

PRIUS - идущий впереди!

Здравствуй, дорогой Приусовод! Если ты держишь в руках эту книгу, то тебя можно так назвать с большой уверенностью. Эта книга поможет тебе не только грамотно самостоятельно обслужить и отремонтировать свой автомобиль, но и понять сам принцип работы гибридной системы и всех основных компонентов: высоковольтной батареи, инвертора, мотор-генераторов и т.д. Многим владельцам Приусов книга покажется сложной, но не будем забывать, что часть людей не только ездит на Prius, но и хочет хотя бы в общих чертах знать, как устроен этот чудо-автомобиль.

Начнем с того, зачем и почему Вы купили именно этот автомобиль. В интернете на форумах, посвященных гибридным автомобилям, неоднократно проводился опрос на эту тему. Основной движущей силой, побудившей владельцев купить Prius, оказалось (и это не удивительно) желание сэкономить на бензине. В условиях нынешнего кризиса этот побудительный момент становится еще более актуальным. Но удивило другое: следующим доводом для приобретения данного автомобиля явилось не желание сэкономить на транспортном налоге и страховке (хотя экономия, по сравнению с "простым" авто, действительно очень существенная), а "желание быть на острие технического прогресса и управлять автомобилем будущего"!

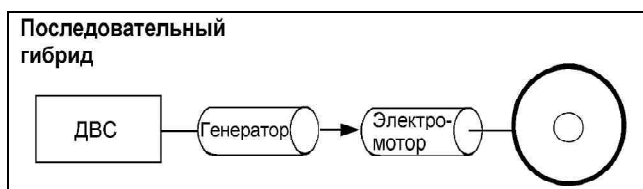
Чтобы понять этот автомобиль будущего и в полной мере почувствовать на себе всем знакомый слоган Toyota "управляй мечтой", Вам и пригодится эта книга.

Какие виды гибридных двигателей существуют

Все виды гибридов можно разделить на три группы:

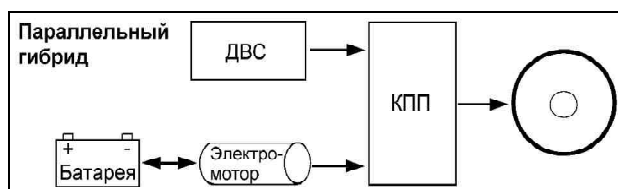
1. Последовательные гибриды
2. Параллельные гибриды
3. Последовательно-параллельные гибриды.

Последовательные гибриды. Принцип работы: колеса вращаются от электродвигателя, который питается от генератора, приводимого в движение ДВС. Т.е. упрощенно: ДВС приводит генератор, который вырабатывает электричество для тягового электромотора. При этой схеме используются ДВС маленького объема и небольшой мощности и мощные генераторы. Явный недостаток – зарядка аккумуляторов и движение машины происходит только при постоянно включенном ДВС.



Принцип последовательного гибрида нельзя привести ни на одном серийно выпускаемом легковом автомобиле. У него недостатков гораздо больше, чем достоинств.

Параллельные гибриды. Здесь колеса могут вращаться, как от привода ДВС, так и от аккумулятора. Но для этого двигателю уже необходима коробка передач и основной недостаток этой системы: двигатель не может одновременно крутить колеса и в то же время заряжать батарею. Хороший пример параллельного гибрида: Honda Insight. На ней имеется электромотор, который может приводить в движение автомобиль наряду с ДВС. Это позволяет использовать ДВС меньшей мощности, потому что электромотор выручит, когда потребуются большая мощность.



Все эти недостатки исключены в **последовательно-параллельном гибриде**. В нем в зависимости от условий движения используется тяга электродвигателя отдельно, тяга бензинового двигателя с возможностью одновременной зарядки батареи. Кроме этого возможен вариант, когда используется совместное усилие и бензинового, и электрического двигателя. Только таким образом можно достичь максимальной эффективности силовой установки.

Эта схема последовательно-параллельного гибрида и применена в Вашем автомобиле Toyota Prius. С латинского "Prius" переводится как "передовой", или "идущий впереди".

Скажу сразу, на сегодняшний день существует Toyota Prius в четырех кузовах: 10, 11, 20 и 30. Их сравнительные данные приведу в таблице "Сравнительные данные автомобилей Prius различных годов выпуска".

Когда буду рассказывать о Prius, то буду иметь в виду 20-й кузов, как наиболее распространенный, а все отличия от него 10-го и 11-го кузовов буду оговаривать специально.

Кроме Prius гибридная система применяется Toyota на следующих моделях: Alphard, Harrier, Highlander, Coaster, Crown, Camry и FCHV. На Lexus тойотовская гибридная система используется в моделях: RX400H (и его молодым братом RX450H), GS450H и LS600H.

В данной работе было использовано много выдержек с сайта американского инженера, специалиста в области микропроцессорной техники, Грэма Дэвиса.

Перевод осуществил участник форума АВТОДАТА Олег Альфредович Малеев (Burrdozel), за что ему огромное спасибо. Я попытаюсь Вам объяснить работу всех компонентов гибрида с практическими советами по ремонту и обслуживанию этих компонентов.

Компоненты гибридного привода

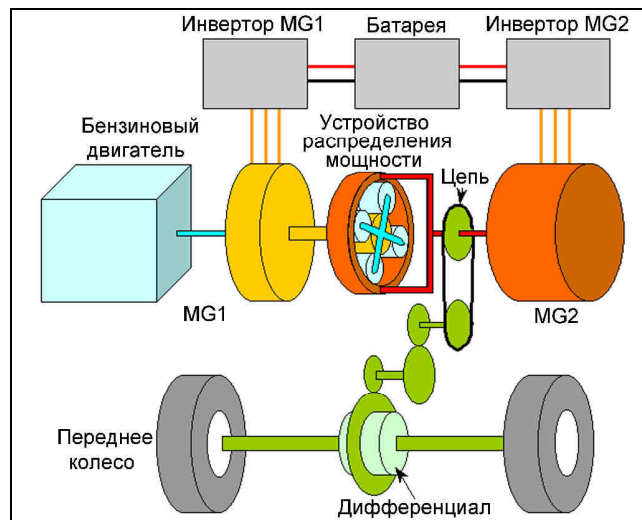


Схема гибридного привода автомобиля Prius.

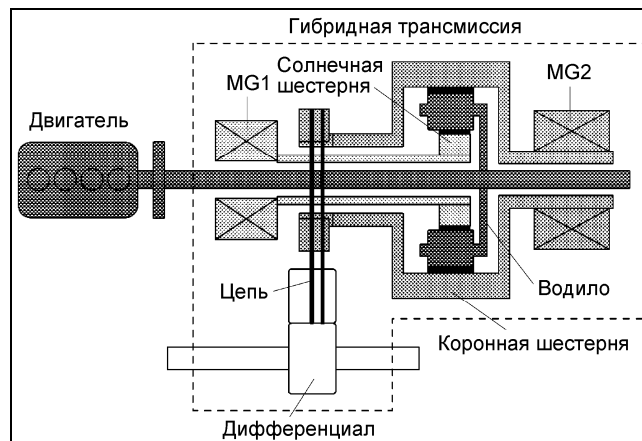


Таблица. Сравнительные данные автомобилей Prius различных годов выпуска.

		Prius (NHW10)	Prius (NHW11)	Prius (NHW20)	Prius (ZVW30)
Начало продаж		1997	2000	2003	2009
Коэффициент аэродинамического сопротивления		$C_x = 0,26$	$C_x = 0,29$	$C_x = 0,26$	
Батарея	Ёмкость, А·ч	6,0	6,5	6,5	6,5
	Масса, кг	57	50	45	45
	Число модулей (число сегментов в модуле)	40 (6)	38 (6)	28 (6)	28 (6)
	Всего сегментов	240	228	168	168
	Напряжение одного сегмента, В	1,2	1,2	1,2	1,2
Электродвигатель	Суммарное напряжение, В	288,0	273,6	201,6	201,6
	Мощность, кВт	30	33	50	60
Бензиновый двигатель	Мощность, при частоте вращения, кВт/об/мин	43/4000 (1NZ-FXE)	53/4500 (1NZ-FXE)	57/5000 (1NZ-FXE)	98/5200 (2ZR-FXE)
	Объем двигателя, л	1,5 (1NZ-FXE)	1,5 (1NZ-FXE)	1,5 (1NZ-FXE)	1,8 (2ZR-FXE)
Синергетический режим: мощность, кВт (л.с.)		58 (78,86)	73 (99,25)	82 (111,52)	100 (136)
Разгон от 0 до 100 км/ч, с		13,5	11,8	10,9	9,9
Максимальная скорость (на электродвигателе), км/ч		160 (40)	170 (60)	180 (60)	-

Двигатель внутреннего сгорания

Prius имеет необычно маленький для автомобиля весом 1300 кг двигатель внутреннего сгорания (ДВС), объемом 1497 см³. Это стало возможным из-за наличия электрических моторов и батареи, которые помогают ДВС, когда необходима большая мощность. На обычном автомобиле двигатель рассчитан на высокое ускорение и движение на крутой подъем, поэтому он почти всегда работает с низкой эффективностью (к.п.д.). На 30-м кузове применяется другой двигатель, 2ZR-FXE, объемом 1,8 литра. Так как автомобиль не может быть подключен к городской сети электроснабжения (что планируется осуществить японскими инженерами в недалеком будущем), нет никакого другого долгосрочного источника энергии и этот двигатель должен поставлять энергию для зарядки батареи, а также для перемещения автомобиля и питания дополнительных потребителей таких, как кондиционер воздуха, электрический нагреватель, аудио, и т.д. Обозначение Toyota для двигателя Prius - 1NZ-FXE.



Прототипом данного двигателя является двигатель 1NZ-FE, который устанавливался на автомобили Yaris, Bb, Fun Cargo, Platz. Конструкция многих деталей двигателей 1NZ-FE и 1NZ-FXE одинакова. Например, блоки цилиндров у Bb, Fun Cargo, Platz и Prius 11 одинаковые. Однако двигатель 1NZ-FXE использует другую схему смесеобразования, и соответственно с этим связаны конструктивные отличия.

В двигателе 1NZ-FXE реализован цикл Atkinson, тогда как в двигателе 1NZ-FE используется обычный цикл Отто. В двигателе цикла Отто, в процессе впуска, топливо-воздушная смесь поступает в цилиндр. Однако давление во впускном коллекторе ниже, чем в цилиндре (поскольку расход регулируется дроссельной заслонкой), и поэтому поршень совершает дополнительную работу по всасыванию топливовоздушной смеси, работая как компрессор. Около нижней мертвой точки закрывается впускной клапан. Смесь в цилиндре сжимается и поджигается в момент подачи искры. В отличие от этого, цикл Atkinson не закрывает впускной клапан в нижней мертвой точке, а оставляет его открытым, в то время как поршень начинает подниматься. Часть топливовоздушной смеси вытесняется во впускной коллектор, и используется в другом цилиндре. Таким образом, уменьшаются насосные потери, по сравнению с циклом Отто. Поскольку объем смеси, который сжимается и сгорает, уменьшен, то давление в процессе сжатия при такой схеме смесеобразования также уменьшается, что позволяет повысить степень сжатия до 13, без риска появления детонации. Увеличение степени сжатия способствует увеличению термического КПД. Все эти мероприятия способствуют улучшению топливной экономичности и экологичности двигателя. Расплатой является уменьшение мощности двигателя. Так двигатель 1NZ-FE имеет мощность 109 л.с., а двигатель 1NZ-FXE - 77 л.с.

Мотор/Генераторы

Prius имеет два электрических мотора/генератора. Они очень похожи по конструкции, но отличаются по размерам. Оба – трехфазные синхронные двигатели с постоянными магнитами. Название более сложно, чем сама конструкция. Ротор (часть, которая вращается) – представляет собой большой, мощный магнит и не имеет никаких электрических соединений. Статор (неподвижная часть, прикрепленная к корпусу автомобиля), содержит три набора обмоток. Когда ток проходит в некотором направлении через один комплект обмоток, ротор (магнит) взаимодействует с магнитным полем обмотки и устанавливается в некотором положении. Пропуская ток последовательно через каждый набор обмоток сначала в одном направлении, а затем в другом, можно перемещать ротор из одного положения к следующему и так заставить его вращаться. Конечно, это упрощенное объяснение, но показывает суть данного типа двигателя.

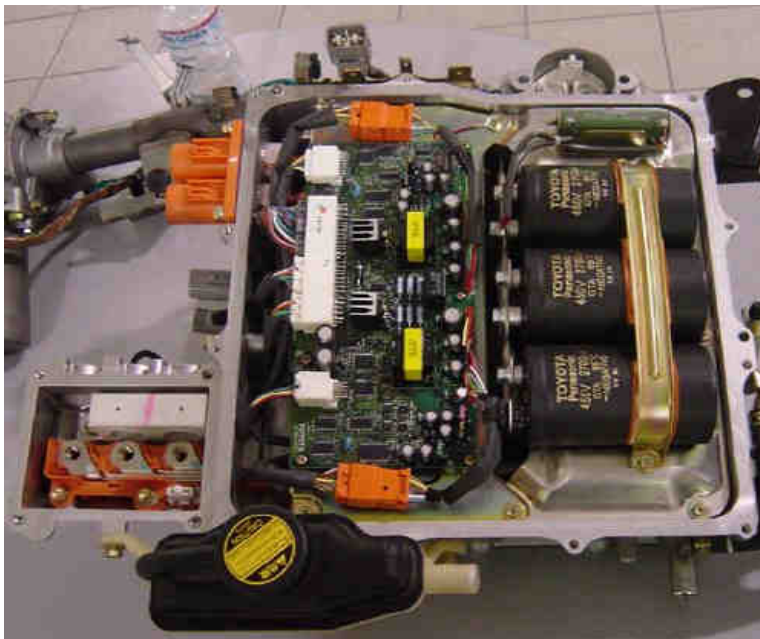


Если же ротор вращает внешняя сила, электрический ток течет в каждом наборе обмоток по очереди и может использоваться для заряда батареи или для питания другого двигателя. Таким образом, одно устройство может быть двигателем или генератором в зависимости от того, пропускается ли ток в обмотках, чтобы притягивать магниты ротора, или ток выходит, когда некая внешняя сила вращает ротор. Это еще более упрощено, но послужит глубине объяснений.

Мотор/генератор 1 (MG1) связан с солнечной шестерней устройства распределения мощности (PSD). Он - меньший из двух и имеет максимальную мощность около 18 кВт. Обычно он осуществляет запуск ДВС и регулирует обороты ДВС изменением производимого количества электроэнергии. Мотор/генератор 2 (MG2) связан с коронной шестерней планетарного механизма (устройства распределения мощности) и далее через редуктор на колеса. Поэтому он непосредственно приводит в движение автомобиль. Он - больший из двух моторов-генераторов и имеет максимальную мощность 33 кВт (50 кВт для Prius NHW-20). MG2 иногда называют "тяговый мотор", и его обычная роль - приводить автомобиль в движение как двигатель или возвращать энергию торможения как генератор. Оба мотора/генератора охлаждаются антифризом.

Инвертор

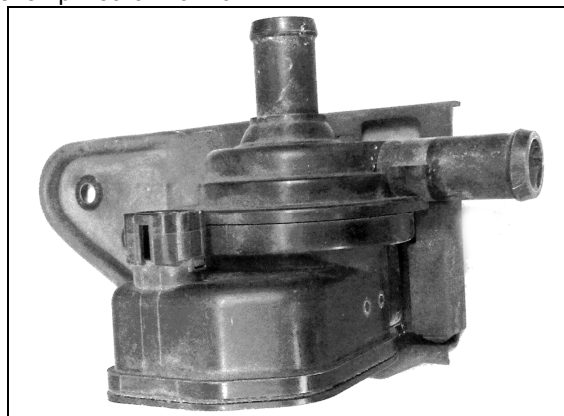
Поскольку моторы/генераторы работают от переменного трехфазного тока, а батарея, как и все батареи, производит постоянный ток, необходимо некое устройство, чтобы преобразовать один вид тока в другой. Каждый МГ имеет "инвертор", который выполняет эту функцию. Инвертор узнает положение ротора от датчика на валу МГ и управляет током в обмотках мотора так, чтобы поддерживать вращение мотора на требуемой скорости и с необходимым вращающим моментом. Инвертор изменяет ток в обмотке, когда магнитный полюс ротора проходит мимо этой обмотки и переходит к следующей. Кроме того, инвертор подключает напряжение батареи на обмотки и затем выключает снова очень быстро (с высокой частотой), чтобы изменить среднее значение тока и, следовательно, крутящий момент. Используя "самоиндуктивность" моторных обмоток (свойство электрических катушек, которые сопротивляются изменению тока), инвертор может фактически пропустить больший ток через обмотку, чем поступает от батареи. Он работает только когда напряжение на обмотках меньше напряжения батареи, следовательно, энергия сохраняется. Однако, поскольку значение тока через обмотку определяет крутящий момент, этот ток позволяет достигнуть очень большого крутящего момента на малых оборотах.



Приблизительно до 11 км/ч, МГ2 способен создать крутящий момент 350 Нм (400 Нм для Prius NHW-20) на редукторе. Именно поэтому автомобиль может начать движение с приемлемым ускорением без использования коробки передач, которая обычно увеличивает крутящий момент ДВС. При коротком замыкании или перегреве инвертор отключает высоковольтную часть машины. В одном блоке с инвертором расположен и конвертер, который предназначен для обратного преобразования переменного напряжения в постоянное - 13,8 вольт.

Чтобы немного отойти от теории, немного практики: инвертор, как и мотор-генераторы, охлаждаются от независимой системы охлаждения. Эта система охлаждения приводится в действие электрической помпой.

Если на 10 кузове эта помпа включается при достижении температуры в гибридном контуре охлаждения около 48°C, то на 11 и 20 кузовах применен другой алгоритм работы этой помпы: будь "за бортом" хоть -40 градусов, помпа все равно начнет свою работу уже при включении зажигания. Соответственно ресурс этих помп очень и очень ограничен. Что происходит при заклинивании или сгорании помпы: антифриз по законам физики под нагревом от МГ (особенно МГ2) поднимается вверх - в инвертор. А в инверторе он должен охлаждать силовые транзисторы, которые под нагрузкой значительно нагреваются. Итог - их выход из строя, т.е. самая распространенная ошибка на 11 кузове: P3125 - неисправность инвертора из-за сгоревшей помпы. Если в этом случае силовые транзисторы выдерживают такое испытание, то сгорает обмотка МГ2. Это другая распространенная ошибка на 11 кузове: P3109. На 20 кузове японские инженеры усовершенствовали помпу: теперь ротор (крыльчатка) вращается не в горизонтальной плоскости, где вся нагрузка идет на один опорный подшипник, а в вертикальной, где нагрузка распределяется равномерно на 2 подшипника. К сожалению, надежности от этого добавилось мало. Только за апрель-май 2009 года у нас в мастерской заменено 6 помп на 20-х кузовах. Практический совет для владельцев 11 и 20 Prius: возьмите за правило хоть раз в 2-3 дня приоткрывать капот на 15-20 с при включенном зажигании или заведенной машине. Вы сразу увидите движение антифриза в расширительном бачке гибридной системы. После этого можете ехать спокойно. Если же движения антифриза там нет - ехать на автомобиле нельзя!



Высоковольтная батарея

Высоковольтная батарея (сокращенно ВВБ) Prius в 10 кузове состоит из 240 элементов номинальным напряжением 1,2 В, очень похожих на батарейку для фонарика размера D, объединенных по 6 штук, в так называемые "бамбуки" (внешне есть небольшое сходство). "Бамбуки" установлены по 20 штук в 2 корпуса. Общее номинальное напряжение ВВБ составляет 288 В. Рабочее напряжение колеблется в режиме холостого хода от 320 до 340 В. При падении же напряжения до 288 В в ВВБ запуск ДВС становится невозможен. При этом на экране дисплея будет гореть символ батареи со значком "288" внутри. Чтобы запустить ДВС, японцы в 10-м кузове применили штатное зарядное устройство, доступ к которому осуществляется из багажника. Часто задают вопросы, как им пользоваться? Отвечаю: во-первых, повторюсь, что использовано оно может быть только когда на дисплее горит значок "288". В противном случае при нажатии на кнопку "START" Вы просто услышите противный писк, и загорится красная лампочка "ошибка". Во-вторых: к клеммам маленького аккумулятора нужно подцепить "донора", т.е. либо зарядное устройство, либо хорошо заряженный мощный аккумулятор (но ни в коем случае не пусковое устройство!). После этого при ВЫКЛЮЧЕННОМ



зажигании нажимаем кнопку "START" не менее чем на 3 секунды. Когда загорится зеленая лампочка – пойдет зарядка ВВБ. Закончится она автоматически через 1-5 минут. Этой зарядки вполне хватит для 2-3 пусков ДВС, после запуска которого ВВБ будет заряжаться от конвертера. Если 2-3 запуска не привели к запуску ДВС (а при этом "READY" ("Готов") на табло должно не мигать, а устойчиво гореть), то надо прекратить бесполезные запуски и искать причину неисправности. В 11 кузове ВВБ состоит из 228 элементов 1,2 В каждый, объединенных в 38 сборок по 6 элементов, с полным номинальным напряжением 273,6 В.

Вся батарея установлена за задним сиденьем. При этом элементы уже не оранжевые "бамбуки", а представляют собой плоские модули в пластмассовых корпусах серого цвета. Максимальный ток батареи - 80 А при разряде и 50 А при заряде. Номинальная емкость батареи - 6,5 Ач, однако, электроника автомобиля позволяет использовать только 40% этой емкости, чтобы продлить срок службы аккумулятора. Состояние заряда может изменяться только между 35% и 90% полного номинального заряда. Перемножив напряжение батареи и ее емкость, получим номинальный запас энергии - 6,4 МДж (мегаджоулей), а используемый запас - 2,56 МДж. Этой энергии достаточно, чтобы ускорить автомобиль, водителя и пассажира до 108 км/ч (без помощи ДВС)



Сегменты ВВБ: NHW-10, 20, 11.

четыре раза. Чтобы произвести такое количество энергии, ДВС потребовалось бы приблизительно 230 миллилитров бензина. (Эти цифры приводятся только для того, чтобы Вы представляли количество накопленной энергии в батарее.) Автомобилем нельзя управлять без топлива, даже если стартовать с 90% полного номинального заряда с длинного спуска. Большую часть времени у Вас есть приблизительно 1 МДж пригодной к употреблению энергии батареи. Очень много ВВБ попадает в ремонт именно после того, как у владельца заканчивается бензин (при этом на табло загорится пиктограмма "Check Engine" ("Проверь двигатель") и треугольник с восклицательным знаком), но владелец пытается "дотянуть" до заправки. После падения напряжения на элементах ниже 3 В – они "умирают". На 20 кузове японские инженеры для увеличения мощности пошли другим путем: они снизили количество элементов до 168, т.е. оставили 28 модулей. Но для использования в инверторе напряжение батареи повышается до 500 В с помощью специального устройства - booster. Увеличение номинального напряжения MG2 в кузове NHW-20 позволило повысить его мощность до 50 кВт без изменения габаритов.

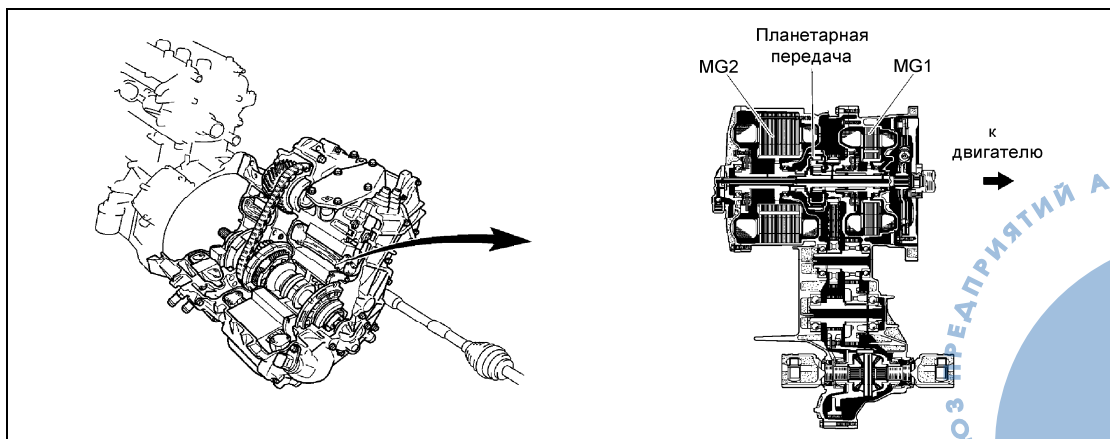
Prius также имеет вспомогательную аккумуляторную батарею. Это 12-вольтовая, емкостью 28 ампер-часов кислотнo-свинцовая батарея, которая находится в левой части багажника (в 20 кузове – в правой). Ее цель состоит в том, чтобы запитать электронику и дополнительные устройства, когда гибридная система выключена, и главное реле батареи высокого напряжения выключено. Когда гибридная система работает, 12-вольтовым источником служит преобразователь постоянного тока, поступающего от системы высокого напряжения в постоянный ток 12 В. Он также подзаряжает вспомогательную батарею в случае необходимости.

Основные блоки управления обмениваются данными по внутренней CAN-шине. Оставшиеся системы общаются по внутренней сети Body Electronics Area Network.

В ВВБ имеется и свой блок управления, который следит за температурой элементов, напряжением на них, внутренним сопротивлением, а также управляет встроенным в ВВБ вентилятором. На 10 кузове стоят 8 температурных датчиков, представляющих собой терморезисторы, на самих "бамбуках", и 1 – общий датчик контроля температуры воздуха ВВБ. На 11-м кузове – 4 +1, а на 20-м – 3+1.

Устройство распределения мощности

Крутящий момент и энергия ДВС и моторов/генераторов объединены и распределяются планетарным набором шестерен, названным Toyota "устройством распределения мощности" (PSD, Power Split Device). И хотя оно не сложно для производства, это устройство является весьма трудным для его понимания и еще более мудреным, чтобы рассмотреть в полном контексте все режимы работы привода. Поэтому посвятим несколько других тем обсуждению устройства распределения мощности. Короче говоря, это позволяет Prius работать и в последовательном-, и в параллельно-гибридных режимах работы одновременно и получать некоторые из преимуществ каждого режима. ДВС может крутить колеса непосредственно (механически) через PSD. В то же самое время переменное количество энергии может быть снято с ДВС и превращено в электричество. Оно может заряжать батарею или передаваться к одному из моторов/генераторов, чтобы помогать крутить колеса. Гибкость этого механического/электрического распределения энергии позволяет Prius улавливать показатели топливной экономичности и управлять выбросами во время движения, что невозможно при жесткой механической связи между ДВС и колесами, как в параллельном гибриде, но без потерь электрической энергии, как в последовательном гибриде.



Prius, как часто говорят, имеет CVT (Continue Variable Transmission) - бесступенчато-регулируемую или "постоянно-переменную" трансмиссию, это и есть устройство распределения мощности PSD. Однако обычная бесступенчато-регулируемая передача работает точно так же, как нормальная коробка передач за исключением того, что

передаточное отношение может меняться непрерывно (плавно), а не в небольшом диапазоне шагов (первая передача, вторая передача и т.д.). Немного позже мы рассмотрим, чем PSD отличается от обычной бесступенчато-регулируемой передачи, т.е. вариатора.

Обычно самый задаваемый вопрос по "коробке" автомобиля Prius: какое масло туда льется, сколько по объему и как часто его менять. Очень часто среди работников автосервиса бытует такое заблуждение: раз в коробке нет щупа – значит, масло там менять вообще не нужно. Это заблуждение привело к гибели уже не одной коробки.

10 кузов: рабочая жидкость T-4 – 3,8 литра.

11 кузов: рабочая жидкость T-4 – 4,6 литра.

20 кузов: рабочая жидкость ATF WS – 3,8 литра.

Срок замены: через 40 тыс. км. По японским срокам масло меняется раз в 80 тыс. км, но для особо тяжелых условий эксплуатации (а японцы относят эксплуатацию автомобилей в России как раз к этим особо тяжелым условиям – и мы с ними солидарны) масло положено менять в 2 раза чаще.

Расскажу об основных различиях в обслуживании коробок, т.е. о замене масла. Если в 20-м кузове, чтобы поменять масло, надо просто открутить сливную пробку и, слив старое, залить новое масло, то на 10-м и 11-м кузовах не все так просто. Конструкция масляного поддона на этих машинах выполнена таким образом, что если просто открутить сливную пробку, то сольется только часть масла, причем не самого грязного. А 300-400 грамм самого грязного масла с прочим мусором (кусочки герметика, продукты износа) остается в поддоне. Поэтому чтобы заменить масло, надо снять поддон коробки и, вылив грязь и почистив его, поставить на место. При съеме поддона мы получаем еще один дополнительный бонус – мы можем продиагностировать состояние коробки по продуктам износа, находящимся в поддоне. Самое страшное для владельца – это когда он на дне поддона увидит желтую (бронзовую) стружку. Такой коробке жить осталось недолго. Прокладка поддона пробковая, и если отверстия на ней не приобрели овальную форму – ее можно использовать повторно без всяких герметиков! Главное при установке поддона – не перетянуть болты, чтобы не разрезать прокладку поддоном.

Что еще интересного применено в трансмиссии:

Использование цепной передачи довольно необычно, но все обычные автомобили имеют шестеренчатые редукторы между двигателем и осями. Их цель состоит в том, чтобы позволить двигателю вращаться быстрее, чем колеса и также увеличивать произведенный двигателем крутящий момент к большему крутящему моменту на колесах. Отношения, с которыми скорость вращения уменьшена и крутящий момент увеличен – обязательно то же самое (пренебрежем трением) из-за закона сохранения энергии. Отношение называют "полным передаточным числом". Полное передаточное число Prius в 11-м кузове – 3,905. Оно получается так:

- Цепное колесо с 39 зубьями на выходном валу PSD приводит в движение цепное колесо с 36 зубьями на первом промежуточном валу через бесшумную цепь (так называемую цепь Морзе).

- Шестерня с 30 зубьями на первом промежуточном валу связана и приводит в движение шестерню с 44 зубьями на втором промежуточном валу.

- Шестерня с 26 зубьями на втором промежуточном валу связана и приводит в движение шестерню с 75 зубьями на входе дифференциала.

- Значение выхода дифференциала к двум колесам – такое же, как вход дифференциала (они, фактически, идентичны, кроме тех случаев, когда происходит движение в повороте).

Если мы выполним простое арифметическое действие: $(36/39) * (44/30) * (75/26)$, мы получим (с точностью до четырех значащих цифр) полное передаточное число 3,905.

Почему используется цепной привод? Потому что это позволяет избежать осевого усилия (сила, направленная вдоль оси вала), которая возникала бы при применении обычных косозубых шестерен, используемых в автомобильных трансмиссиях. Этого можно было бы также избежать при использовании прямозубых шестерен, но они производят шум. Осевое усилие не проблема на промежуточных валах и может быть уравновешено коническими роликовыми подшипниками. Однако, это не так просто с выходным валом PSD.

Нет ничего очень необычного в дифференциале, осях и колесах Prius. Как в обычном автомобиле, дифференциал позволяет внутренним и внешним колесам вращаться с разными скоростями, когда автомобиль поворачивает. Оси передают крутящий момент от дифференциала до ступицы колеса и включают сочленение, позволяющее колесам перемещаться вверх и вниз вслед за подвеской. Колеса – легкий алюминиевый сплав и оснащены шинами высокого давления с низким сопротивлением качения. Шины имеют катящийся радиус приблизительно 11,1 дюймов, что означает, что на каждый оборот колеса автомобиль перемещается на 1,77 м. Необычен только размер штатных покрышек на 10 и 11 кузовах: 165/65-15. Это довольно редкий размер резины в России. Многие продавцы даже в специализированных магазинах совершенно серьезно убеждают, что такой резины не существует в природе. Мои рекомендации: для российских условий наиболее подходящим размером является 185/60-15. В 20 Prius размер резины увеличен, что благотворно сказалось на ее долговечности.

Теперь интересней: что отсутствует в Prius, что есть в любом другом автомобиле?

Это:

- нет никакой ступенчатой коробки передач, ни ручной, ни автоматической – Prius не использует ступенчатые передачи;

- нет никакого сцепления или трансформатора – колеса всегда жестко связаны с ДВС и моторами/генераторами;

- нет никакого стартера – запуск ДВС производится с помощью MG1 через шестерни в устройстве распределения мощности;

- нет никакого генератора переменного тока – электроэнергия производится моторами/генераторами при необходимости.

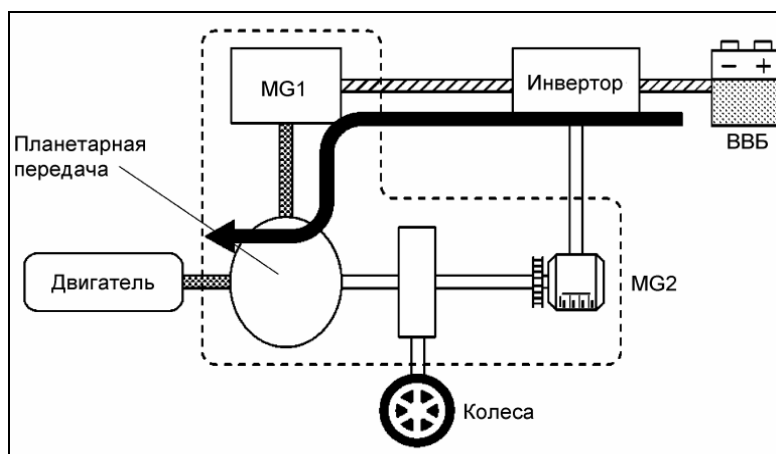
Поэтому конструктивная сложность гибридного привода Prius фактически не намного больше, чем у обычного автомобиля. Кроме того, новые и незнакомые части, такие, как моторы/генераторы и PSD, имеют более высокую надежность и более длительный срок службы, чем некоторые из частей, которые были устранены из конструкции.

Работа автомобиля в различных условиях движения

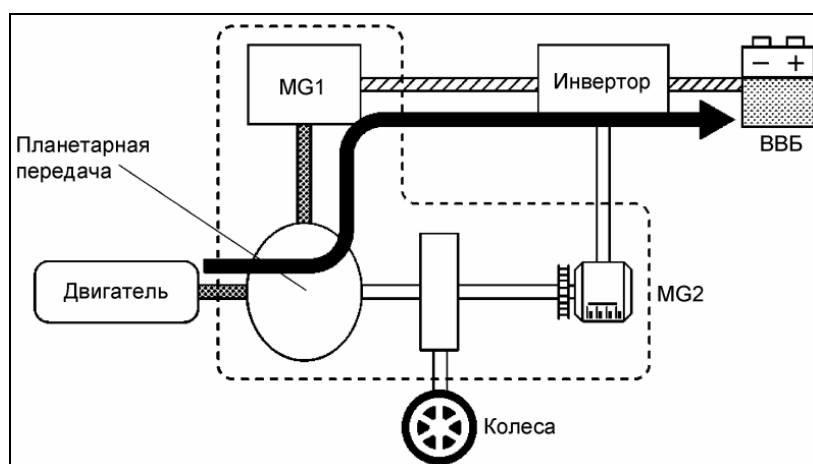
Запуск двигателя:

Чтобы запустить двигатель, MG1 (связанный с солнечной шестерней) вращается вперед, используя электроэнергию высоковольтной батареи. Если автомобиль стоит, то коронная шестерня планетарного механизма будет также оставаться неподвижной. Вращение солнечной шестерни поэтому вынуждает вращаться сателлиты. Оно связано с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и проворачивает его в 1/3,6 скорости вращения MG1. В отличие от обычного автомобиля, который подает топливо и зажигание в ДВС, как только стартер начинает его вращать, Prius ждет, пока MG1 не разгонит ДВС приблизительно до 1000 оборотов в минуту. Это случается меньше чем через секунду. MG1 значительно более мощный, чем обычный двигатель стартера. Чтобы вращать ДВС с этой скоростью, он сам должен вращаться со скоростью 3600 оборотов в минуту. Старт ДВС на 1000 оборотов в минуту не создает

почти никакого напряжения для него, потому что это - скорость, на которой ДВС был бы счастлив работать от своей собственной энергии. Кроме того, Prius запускается, зажигая только пару цилиндров. Результат - очень гладкий запуск, свободный от шума и дергания, который устраняет изнашивание, связанное с запусками двигателя обычных автомобилей. При этом сразу обращаю внимание на распространенную ошибку ремонтников и владельцев: часто мне звонят и спрашивают, что мешает ДВС продолжать работать, почему он заводится секунд на 40 и глохнет. На самом деле, пока мигает рамочка READY - ДВС НЕ РАБОТАЕТ! Это его крутит MG1! Хотя зрительно – полное ощущение запуска ДВС, т.е. ДВС шумит, из выхлопной трубы идет дым...



Как только ДВС начал работать от своей собственной энергии, компьютер управляет открытием дросселя, чтобы получить подходящие холостые обороты в течение разогрева. Электричество больше не питает MG1 и, фактически, если батарея разряжена, MG1 может производить электричество и заряжать батарею. Компьютер просто формирует MG1 как генератор вместо мотора, открывает дроссель ДВС немного больше, (примерно до 1200 оборотов) и получает электричество.



Холодный запуск

Когда Вы запускаете Prius с холодным двигателем, его главный приоритет состоит в том, чтобы нагреть двигатель и каталитический нейтрализатор, чтобы заработала система управления токсичностью выхлопа. Двигатель будет работать в течение нескольких минут, пока это не случится (как долго - зависит от фактической температуры двигателя и катализатора). В это время принимаются специальные меры, чтобы управлять выхлопом во время прогрева, включая сохранение выхлопных углеводородов в поглотителе, который будет очищен позже и работой двигателя в специальном режиме.

Теплый запуск

Когда Вы запускаете Prius с теплым двигателем, он будет работать в течение короткого времени и затем останавливаться. Холостые обороты будут в пределах 1000 об/мин.

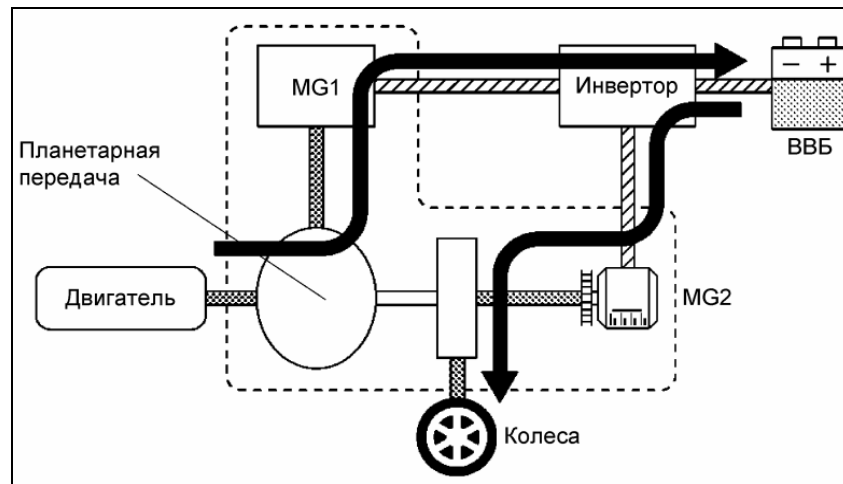
К сожалению, невозможно препятствовать запуску ДВС, когда Вы включаете автомобиль, даже если все, что Вы хотите сделать – переехать на соседний подъемник. Это относится только к 10 и 11 кузовам. На 20 кузове применен другой алгоритм запуска: нажимаете на тормоз и на кнопку "START". Если в ВВБ достаточно энергии, и Вы не включаете отопитель на обогрев салона или стекла – ДВС не запустится. Просто загорится надпись "READY" ("Готов"), т.е. автомобиль ПОЛНОСТЬЮ готов к движению. Достаточно переключить джойстик (а выбор режимов на 20 кузове производится именно джойстиком) в положение D или R и отпустить тормоз, Вы поедете!

Трогание с места

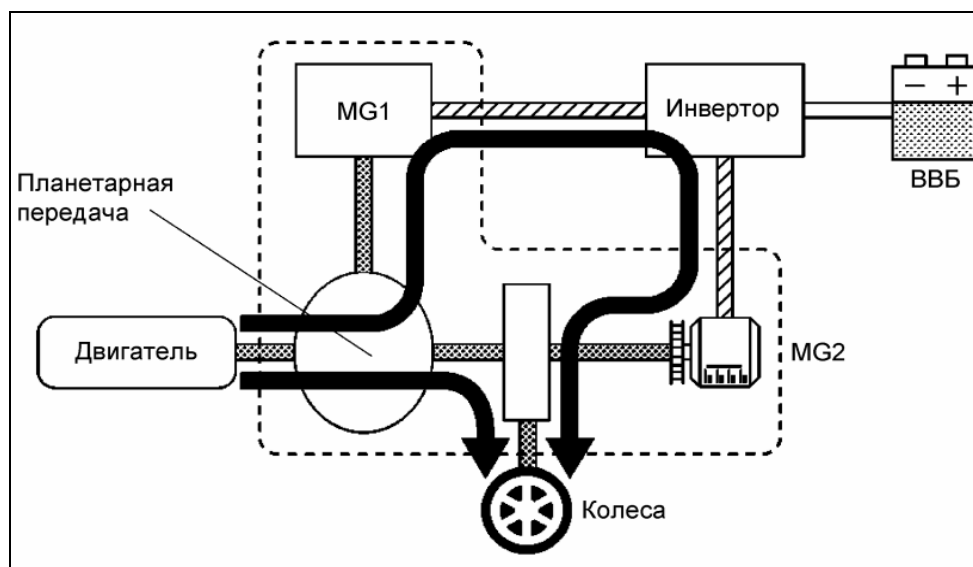
Prius находится всегда на прямой передаче. Это означает, что двигатель не может в одиночку выдать весь крутящий момент, чтобы автомобиль энергично тронулся с места. Крутящий момент для начального ускорения добавляется мотором MG2, вращающим непосредственно коронную шестерню планетарного механизма, связанную с входом редуктора, выход которого связан с колесами. Электрические двигатели развивают лучший крутящий момент на низкой скорости вращения, поэтому идеально подходят для начала движения автомобиля.

Представим, что ДВС работает и автомобиль неподвижен, значит, мотор MG1 вращается вперед. Управляющая электроника начинает отбирать энергию с генератора MG1 и передает ее на мотор MG2. Теперь, когда Вы отбираете энергию от генератора, эта энергия должна откуда-нибудь взяться. Появляется некоторая сила, которая замедляет

вращение вала и нечто, вращающее вал, должно сопротивляться этой силе, чтобы сохранить скорость. Сопротивляясь этой "генераторной нагрузке", компьютер увеличивает обороты ДВС, чтобы добавить дополнительной энергии. Итак, ДВС крутит водило сателлитов планетарного механизма более сильно, а генератор MG1 пытается замедлить вращение солнечной шестерни. Результат - сила на коронной шестерне, которая заставляет ее вращаться и начинать двигаться автомобиль.

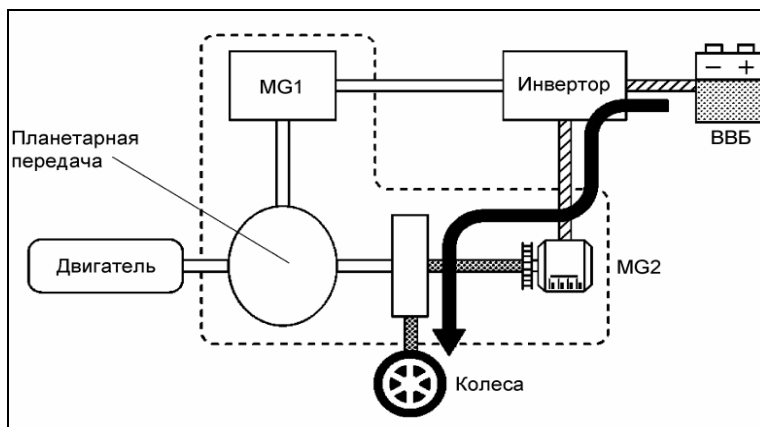


Вспомните, что в планетарном механизме крутящий момент ДВС делится в соотношении 72% к 28% между короной и солнцем. Пока мы не нажали педаль акселератора, ДВС только бездельничал и не производил никакого выходного крутящего момента. Теперь, однако, обороты добавились и 28% крутящего момента вращают MG1 как генератор. Другие 72% крутящего момента передаются механически на коронную шестерню и, следовательно, на колеса. Одновременно с тем, что большая часть крутящего момента поступает от мотора MG2, ДВС действительно передает крутящий момент к колесам таким образом.



Теперь мы должны выяснить, как 28% крутящего момента ДВС, который передается к генератору MG1, могут по возможности усилить старт автомобиля с помощью мотора MG2. Чтобы сделать это, мы должны ясно различать крутящий момент и энергию. Крутящий момент – это вращающая сила, и так же, как в случае с прямолинейной силой, не требуется расходовать энергию на поддержание силы. Предположим, что Вы тянете ведро воды с помощью лебедки. Она берет энергию. Если лебедка вращается электромотором, вы должны были бы снабдить его электроэнергией. Но, когда Вы подняли ведро вверх, Вы можете зацепить его каким-нибудь крюком или стержнем или чем-нибудь еще, чтобы удержать его наверху. Сила (вес ведра), которая приложена к веревке, и крутящий момент, передаваемый веревкой барабану лебедки, не исчезла. Но потому, что сила не перемещается, нет никакой передачи энергии, и ситуация устойчива без энергии. Аналогично, когда автомобиль неподвижен, даже при том, что 72% крутящего момента ДВС передают на колеса, нет никаких потоков энергии в этом направлении, так как коронная шестерня не вращается. Солнечная шестерня, однако, вращается быстро, и хотя она получает только 28% вращающего момента, это позволяет произвести много электроэнергии. Подобная цепь рассуждений показывает, что задача MG2 состоит в применении крутящего момента к входу механического редуктора, не требующего большой мощности. Много тока должно пройти через обмотку мотора, преодолевая электрическое сопротивление, и эта энергия теряется в виде тепла. Но, когда автомобиль перемещается медленно, эта энергия идет от MG1. Поскольку автомобиль начинает перемещаться и набирает скорость, генератор MG1 вращается медленнее и производит меньше энергии. Однако компьютер может немного прибавить обороты ДВС. Теперь больше крутящего момента прибывает от ДВС и, поскольку больше крутящего момента должно также пройти через солнечную шестерню, MG1 может поддерживать генерирование энергии на высоком уровне. Уменьшенная скорость вращения компенсируется увеличением момента.

Мы избегали упоминания о батарее до этого места, чтобы стало ясно, как она не обязательна для приведения автомобиля в движение. Однако, большинство троганий с места - результат действий компьютера, передающего энергию от батареи непосредственно к мотору MG2.



Существуют предельные обороты ДВС, когда автомобиль движется медленно. Они обусловлены необходимостью предотвратить повреждение MG1, которому придется вращаться очень быстро. Это ограничивает количество энергии, производимой ДВС. Кроме того, это было бы неприятным для водителя услышать, что ДВС слишком увеличивает обороты для плавного трогания. Чем сильнее Вы нажимаете акселератор, тем больше ДВС увеличит обороты, но также и больше энергии поступит от батареи. Если утопить педаль в пол, приблизительно 40% энергии поступают от батареи и 60% от ДВС при скорости около 40 км/ч. Поскольку автомобиль ускоряется и одновременно обороты ДВС растут, он дает большую часть энергии, достигая приблизительно 75% при 96 км/ч, если Вы все еще давите педаль в пол. Как мы помним, энергия ДВС включает и то, что снято генератором MG1 и передано в виде электричества к мотору MG2. При 96 км/ч MG2 фактически дает больше крутящего момента, и, следовательно, больше мощности к колесам, чем поставляется через планетарный механизм от ДВС. Но большая часть электроэнергии, которую он использует, идет от MG1 и, следовательно, косвенно от ДВС, а не от батареи.

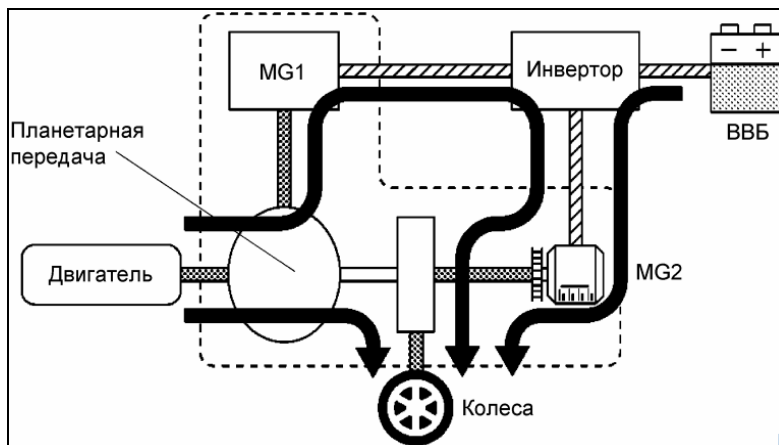
Ускорение и езда в гору

Когда требуется большая мощность, ДВС и MG2 совместно создают крутящий момент, чтобы вести автомобиль почти таким же способом, как описано выше для начала движения. Когда скорость автомобиля растет, уменьшается крутящий момент, который MG2 в состоянии выдать, так как он начинает работать на пределе своей мощности в 33 кВт. Чем быстрее он вращается, тем меньше крутящий момент он может выдать на этой мощности. К счастью, это совместимо с ожиданиями водителя. Когда обычный автомобиль ускоряется, ступенчатая коробка переключается на более высокую передачу и вращающий момент на оси уменьшается так, чтобы двигатель мог понизить свои обороты до безопасного значения. Хотя это делается с использованием абсолютно разных механизмов, Prius дает такое же общее ощущение, как и ускорение на обычном автомобиле. Главное различие - полное отсутствие "дерганий" при переключении передач, потому что просто нет никакой коробки передач.

Итак, ДВС вращает водило сателлитов планетарного механизма.

72% его крутящего момента поступает механически через коронную шестерню к колесам.

28% его крутящего момента поступают в генератор MG1 через солнечную шестерню, где он превращается в электричество. Эта электрическая энергия питает мотор MG2, который добавляет некоторый дополнительный крутящий момент на коронной шестерне. Чем больше Вы нажимаете акселератор, тем больше крутящего момента производит ДВС. Он увеличивает как механический крутящий момент через корону, так и количество электроэнергии, произведенной генератором MG1 для мотора MG2, используемой, чтобы добавить еще больше крутящего момента. В зависимости от различных факторов - таких, как состояние заряда батареи, уклона дороги и особенно от того, как сильно Вы нажимаете педаль, компьютер может направлять дополнительную энергию от батареи к MG2, чтобы повысить его вклад. Вот так достигается ускорение, достаточное для движения по шоссе такого большого автомобиля с ДВС мощностью всего 78 л. с.



С другой стороны, если необходимая мощность не так высока, то часть электричества, производимого MG1, может использоваться для зарядки батареи даже при наборе скорости! Важно помнить, что ДВС и крутит колеса механически и крутит генератор MG1, заставляя его производить электричество. Что происходит с этим электричеством и

добавляется ли еще электричество от батареи, зависит от комплекса причин, которые мы не можем все учесть. Этим занимается контроллер гибридной системы автомобиля.

Движение на умеренной скорости

Как только Вы достигли устойчивой скорости на плоской дороге, мощность, которая должна поставляться двигателем, расходуется на преодоление аэродинамического сопротивления и трения качения. Это намного меньше, чем мощность, необходимая для езды в гору или разгона автомобиля. Чтобы работать эффективно на низкой мощности (и также не создавать много шума), ДВС работает с низкими оборотами.

Следующая таблица показывает, какая мощность нужна для перемещения автомобиля на различных скоростях на горизонтальной дороге и приблизительные обороты.

Скорость автомобиля, км/ч	Необходимая для движения мощность, кВт	Обороты ДВС, об/мин	Обороты генератора MG1, об/мин
64	3,6	1300	-1470
80	5,9	1500	-2300
96	9,2	2250	-3600

Обратите внимание, что высокая скорость автомобиля и низкие обороты ДВС ставят устройство распределения мощности в интересное положение: генератор MG1 должен теперь вращаться назад, как видно из таблицы. Вращаясь назад, он заставляет сателлиты вращаться вперед. Вращение сателлитов складывается с вращением валика (от ДВС) и заставляет коронную шестерню вращаться намного быстрее. Еще раз отмечу, что различие состоит в том, что в более раннем случае мы были рады с помощью высоких оборотов ДВС получить большую мощность, даже передвигаясь с меньшей скоростью. В новом случае мы хотим, чтобы ДВС остался на низких оборотах, даже если мы разогнались до приличной скорости, чтобы установить более низкое потребление мощности с высокой эффективностью.

Мы знаем из раздела про устройства распределения мощности, что генератор MG1 должен проявить обратный крутящий момент на солнечной шестерне. Это как бы точка опоры рычага, с помощью которого ДВС вращает коронную шестерню (а значит, колеса). Без сопротивления MG1 ДВС просто вращал бы MG1 вместо того, чтобы приводить в движение автомобиль. Когда MG1 вращался вперед, было легко видеть, что этот обратный вращающий момент мог создаваться генераторной нагрузкой. Следовательно, электроника инвертора должна была забирать энергию от MG1, и тогда появлялся обратный крутящий момент. Но теперь MG1 вращается назад, и как же нам добиться, чтобы он создавал этот обратный крутящий момент? Хорошо, как мы сделали бы, чтобы MG1 вращался вперед и производил прямой крутящий момент? Если бы работал как мотор! Все наоборот: если MG1 вращается назад, и мы хотим получить крутящий момент в том же самом направлении, MG1 должен быть двигателем и вращаться, используя электроэнергию, поставляемую инвертором.

Это начинает выглядеть экзотически. ДВС толкает, MG1 толкает, MG2, что, толкает тоже? Нет никакой механической причины, почему это не может происходить. Это может выглядеть привлекательным с первого взгляда. Два двигателя и ДВС - все одновременно вносят свой вклад в создание движения. Но, мы должны напомнить, что мы попали в эту ситуацию, уменьшая обороты ДВС для эффективности работы. Это не было бы эффективным способом получить большую мощность на колесах; чтобы сделать это, мы должны увеличить обороты ДВС и возвратиться к более ранней ситуации, когда MG1 вращается вперед в режиме генератора. Есть еще одна проблема: мы должны придумать, откуда мы собираемся брать энергию для вращения MG1 в режиме мотора? Из батареи? На некоторое время мы можем сделать это, но вскоре будем вынуждены выйти из этого режима, оставшись без заряда батареи для ускорения или подъема на гору. Нет, мы должны получать эту энергию непрерывно, не допуская снижения заряда батареи. Таким образом, мы пришли к заключению, что энергия должна поступать от MG2, который должен работать как генератор.

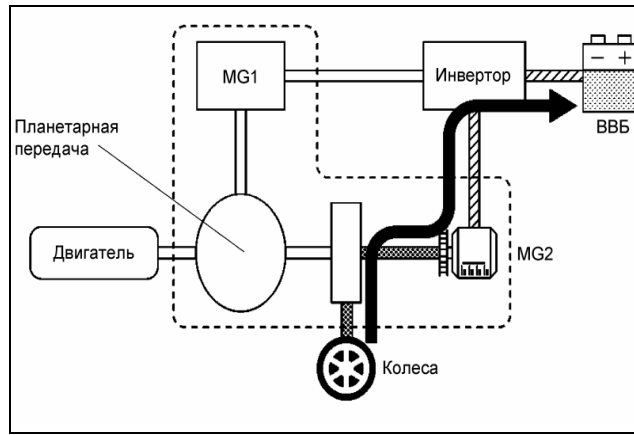
Генератор MG2 производит энергию для мотора MG1? Поскольку и ДВС и MG1 вносят мощность, которая объединена планетарным механизмом, предлагалось название "режим объединения мощности". Однако, идея относительно MG2, производящего энергию для мотора MG1, была в таком противоречии с представлениями людей о работе системы, что появилось название, которое стало общепринятым - "еретический режим".

Давайте снова "пробежимся" по нему и изменим точку зрения. ДВС вращает валик сателлитов с низкими оборотами. MG1 вращает солнечную шестерню назад. Это заставляет сателлиты вращаться вперед и добавляет больше вращения коронной шестерне. Коронная шестерня все еще получает только 72% крутящего момента ДВС, но скорость, с которой вращается кольцо, увеличена движением мотора MG1 назад. Вращение короны быстрее позволяет автомобилю ехать быстрее при низких оборотах ДВС. MG2, что невероятно, сопротивляется движению автомобиля как генератор, и производит электричество, которое питает мотор MG1. Автомобиль движется вперед остающимся механическим крутящим моментом от ДВС.

Вы можете определить, что Вы движетесь в таком режиме, если Вы хорошо определяете обороты ДВС на слух. Вы едете вперед на приличной скорости, и можете только едва слышать двигатель. Он может быть полностью замаскирован дорожным шумом. Дисплей Монитор Энергии показывает подачу энергии двигателя ДВС колесам и мотор/генератору, заряжающему батарею. Картинка может меняться – чередуются процессы заряда и разряда батареи на мотор, чтобы крутить колеса. Я интерпретирую это чередование как регулирование генераторной нагрузки MG2 для поддержания постоянной энергии движения.

Движение накатом

Когда Вы снимаете ногу с педали акселератора, можно сказать, что Вы движетесь "накатом". Двигатель не пытается толкать автомобиль вперед. Автомобиль постепенно замедляется вследствие трения качения и аэродинамического сопротивления. В обычном автомобиле двигатель все еще связан с колесами трансмиссией. Двигатель проворачивается без топлива и поэтому также замедляет автомобиль. Это называют "торможение двигателем". Хотя нет никакой причины для того, чтобы это происходило в Prius, Toyota решила дать автомобилю такие же ощущения, как на обычном автомобиле, имитируя торможение двигателем. Когда Вы движетесь накатом, автомобиль замедляется быстрее, чем если бы на него действовали только сопротивление качения и аэродинамическое сопротивление. Чтобы производить эту дополнительную замедляющую силу, MG2 включается как генератор и заряжает батарею. Его генераторная нагрузка имитирует торможение двигателем.



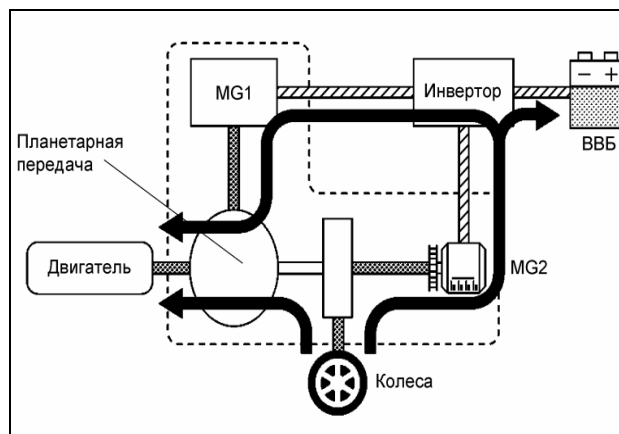
Поскольку двигатель не нужен, чтобы автомобиль ехал, он может остановиться. Водило сателлитов остановлено, а коронная шестерня все еще вращается. MG2, помните, соединен непосредственно с коронной шестерней. Сателлиты вращаются вперед, и MG1 вращается назад. Энергия не производится и не потребляется MG1; он просто свободно вращается.

Однако мы знаем, что MG1 вращается назад в 2,6 раза быстрее, чем коронная шестерня и MG2 вращаются вперед. Эта ситуация не безопасна, когда автомобиль едет на высокой скорости. При скорости 67 км/ч и выше, если оставить водило сателлитов неподвижным, то MG1 будет вращаться назад более 6500 об/мин. Поэтому, чтобы так не случилось, компьютер включает MG1 как генератор и начинает снимать энергию. Генераторная нагрузка предотвращает превышение оборотов MG1, и вместо этого водило сателлитов начинает вращаться вперед. При вращении водила сателлитов и ДВС на 1000 об/мин MG1 защищен на скоростях до 104 км/ч. На более высоких скоростях водило сателлитов и ДВС должны вращаться быстрее. Электроэнергия, произведенная MG1 в этом режиме, может использоваться, чтобы зарядить батарею.

Торможение

Когда Вы хотите замедлить автомобиль более быстро, чем при свободном выбеге (движении накатом) – от сопротивления качения, аэродинамического сопротивления и торможения двигателем, Вы нажимаете на педаль тормоза. В обычном автомобиле это давление передается гидравлическим контуром на фрикционные тормоза в колесах. Тормозные колодки прижимаются к металлическим дискам или барабанам, и энергия движения автомобиля преобразовывается в тепло и автомобиль замедляется. Prius имеет точно такие же тормоза, но он имеет кое-что еще – регенеративное торможение. Принимая во внимание, что во время движения накатом MG2 производит некоторую генераторную нагрузку, чтобы имитировать торможение двигателем, при нажатии на педаль тормоза увеличивается генерация электроэнергии MG2, и намного большая генераторная нагрузка вносит свой вклад в замедление автомобиля. В отличие от тормозов трения, которые тратят впустую кинетическую энергию автомобиля на производство тепла, электроэнергия, произведенная регенеративным торможением, сохраняется в батарее и будет использована позже. Компьютер вычисляет, какое замедление будет произведено регенеративным торможением и уменьшает на соответствующую величину гидравлическое давление, передаваемое тормозам трения.

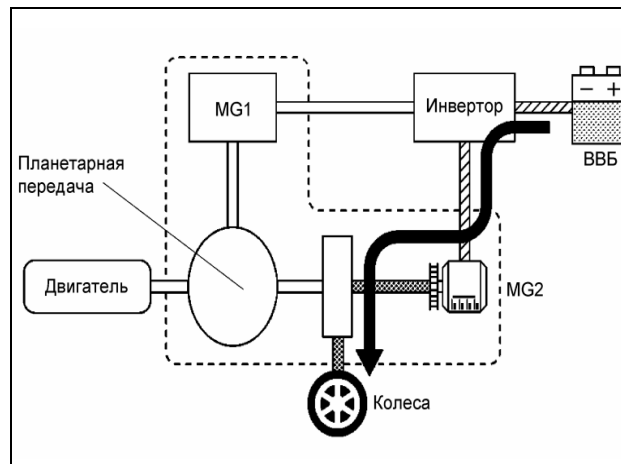
В обычном автомобиле на крутом спуске Вы могли бы решить переключиться на пониженную передачу, чтобы увеличить интенсивность торможения двигателем. Двигатель вращается более быстро и сдерживает автомобиль больше, помогая тормозам замедлить его. Тот же самый выбор доступен в Prius, если Вы решите использовать его. Если Вы переместите рычаг выбора режима в положение "B", то двигатель будет использоваться для торможения. Принимая во внимание, что обычно двигатель остановлен в режиме торможения, в режиме "B" компьютер и моторы/генераторы устроят так, чтобы вращать ДВС без топлива и с почти закрытым дросселем. Сопротивление, которое он создает, замедляет автомобиль, уменьшая нагрев тормозов, и позволяет Вам ослабить нажатие на педаль тормоза.



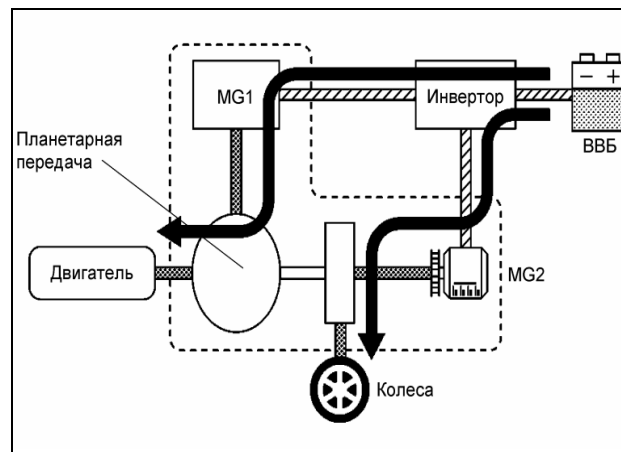
Как Prius "ползает" и стартует на электричестве

Обычный автомобиль с автоматической передачей тронется с места, если Вы снимете ногу с педали тормоза. Это побочный эффект работы гидротрансформатора, но он выгодно препятствует автомобилю катиться назад на подъеме, в то время как Вы переносите вашу ногу на педаль акселератора. Говорят, что машина "ползет". Как и с торможением двигателем, нет никакой причины, почему Prius должен вести себя таким образом, за исключением того, что Toyota хочет, чтобы водители испытывали знакомые ощущения. Поэтому "ползание" также имитируется. Небольшое количество энергии из батареи передается мотору MG2, когда Вы отпускаете тормоз. Она мягко отправляет

автомобиль вперед.



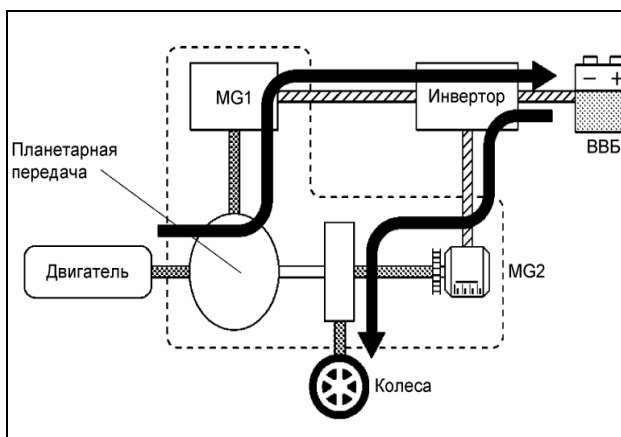
Если Вы немного нажмете на акселератор, поступающая к мотору MG2 энергия будет увеличена, и автомобиль продвинется более резко. Так как MG2 весьма силен и имеет высокий крутящий момент, Вы можете стартовать только на электроэнергии до порядочной скорости, пока дорожное движение позволяет Вам мягко ускоряться. Чем больше Вы придавливаете акселератор, тем скорее ДВС запустится и начнет помогать Вам своим крутящим моментом и электричеством, произведенным генератором MG1.



Если Вы нажмете педаль до пола, то ДВС заведется сразу же, хотя Вы покинете линию прежде, чем он поможет ускорению и внесет большую энергию. Но, для большинства стартов внутри города, Вы отъедете от линии почти в полной тишине, используя только мотор MG2, запитанный от батареи. ДВС остается выключенным, и MG1 свободно вращается назад.

Медленное движение и "режим электромобиля" ("режим EV")

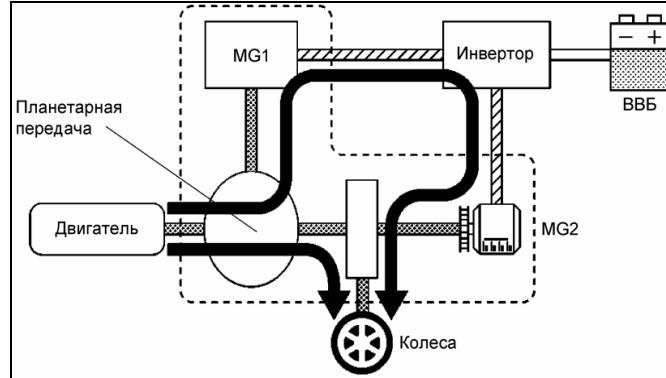
Выше я описал, как автомобиль поедет с использованием только электроэнергии и мотора MG2, если Вы не будете нажимать сильно на педаль акселератора. Если Вы достигаете желаемой скорости прежде, чем ДВС заведется, можете продолжить езду, используя только электроэнергию. Это называют "режимом электромобиля" ("EV mode"), так как автомобиль питается точно тем же самым способом, как настоящий электромобиль EV. Вращается коронная шестерня, поскольку MG2 приводит автомобиль в действие, водило сателлитов и ДВС остановились, солнечная шестерня и MG1 свободно вращаются назад.



Даже если ДВС запустился во время ускорения, когда Вы достигли скорости и уменьшили давление на педаль, энергия, необходимая для поддержания движения, может упасть до уровня, который может легко обеспечить мотор

MG2. ДВС тогда выключится, и Вы окажетесь в режиме электромобиля. Трудно предсказать, когда это случится, поскольку это зависит от различных факторов - насколько заряжена батарея и других обстоятельств движения. Однако после некоторого времени движения в режиме электромобиля уровень заряда батареи обязательно уменьшится и увеличится вероятность, что ДВС запустится, чтобы двигаться на большой скорости и перезарядить батарею.

Способ, которым ДВС запускается в режиме электромобиля, когда это становится необходимым, подобен теплomu запуску, но корона и солнечная шестерня в этом случае не неподвижны. Солнечная шестерня вращается назад и должна сначала замедлиться. Этого может быть достаточно, чтобы разогнать ДВС до стартовой скорости в зависимости от скорости автомобиля, а солнцу, возможно, придется изменить направление и начать вращаться вперед. Чтобы замедлить солнечную шестерню, MG1 сначала работает в режиме генератора, и энергия снимается. Однако, поскольку скорость MG1 понижается близко к нулю, он должен быть включен как мотор для вращения вперед и запитан энергией так, чтобы быстро сменить направление вращения, пройти нулевую точку и начать вращаться вперед. В результате, как и в случае старта двигателя в стоящем автомобиле, водило сателлитов, а с ним и ДВС, вращаются вперед. Коронная шестерня планетарного механизма, вращающаяся вперед в автомобиле, получающем энергию от MG2, помогает разогнать ДВС до стартовой скорости при более низкой скорости MG1. Однако старт ДВС создает сопротивление свободному вращению коронной шестерни. Чтобы этот рывок не почувствовали водитель и пассажиры, не говоря уже о кофе в держателе чашки, на MG2 подается дополнительный импульс энергии для получения дополнительного крутящего момента, необходимого для запуска ДВС.



В 20-м кузове (на японских и европейских версиях) в стандартную комплектацию входит кнопка "EV", т.е. кнопка включения принудительно функции "электромобиль". На американские модификации эту кнопку можно установить дополнительно.

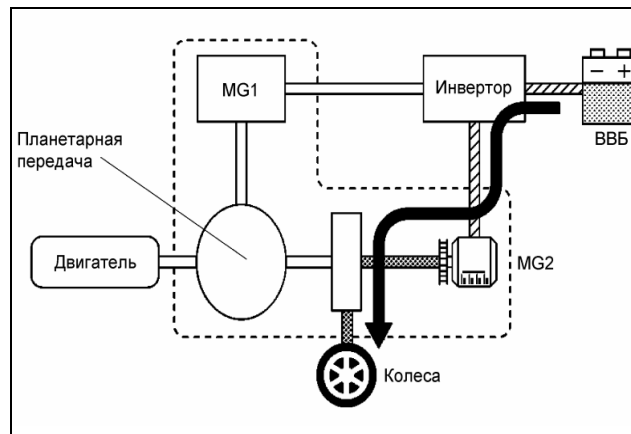
Замедление и движение под уклон

Когда Вы мягко замедляетесь или спускаетесь под уклон, необходимая для движения энергия уменьшается, потому что инерция или гравитация помогает Вам двигаться вперед. Поэтому Вы немного уменьшаете давление на педаль акселератора. Если Вы немного замедляетесь или быстро спускаетесь с небольшой горки, мощность ДВС и обороты несколько уменьшаются, но это трудно заметить. Для большего замедления или на более крутом спуске, в зависимости от скорости, ДВС может прекратить давать энергию вообще, если MG2 может поставлять то, что необходимо.

Я уже описывал, как при медленном движении мотор MG2 может поставлять всю необходимую энергию при остановленном ДВС. Ускоряясь и двигаясь на постоянной скорости горизонтально, режим электромобиля вряд ли возможен на скоростях выше 64 км/ч, потому что потребности в мощности, необходимой для преодоления аэродинамического сопротивления, достаточно, чтобы заставить ДВС включиться. Режим EV на более высоких скоростях может произойти, однако, при некоторых условиях и, весьма вероятно, произойдет при замедлении или быстрого спуска под гору. Чтобы работать в режиме электромобиля на скорости 67 км/ч и выше, автомобиль должен защитить MG1 от очень высоких оборотов так же, как при движении накатом. Единственное различие состоит в том, что коронная шестерня приводится в движение не движением автомобиля, а мотором MG2. Генератор MG1 все еще производит энергию для сопротивления чрезмерному вращению, так что в итоге ДВС проворачивается. Топливо и зажигание не подается. Конечно, делая это, MG1 снимает энергию, которая иначе разогнала бы автомобиль. Некоторые потери идут на вращение ДВС, но некоторая часть обнаруживается как электроэнергия, произведенная MG1. Она просто возвращается в высоковольтный источник, чтобы частично пополнить энергию, расходуемую MG2.

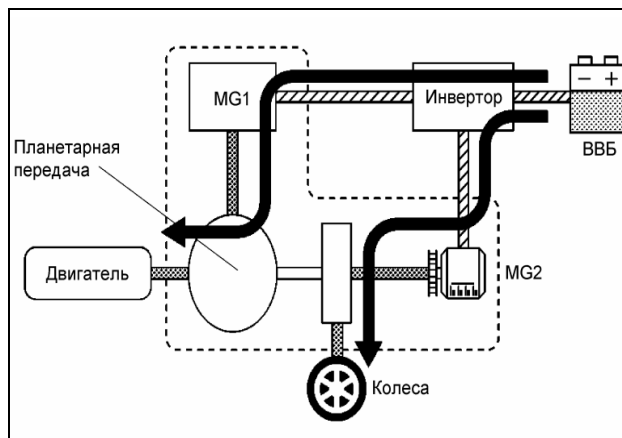
Задний ход

Prius не имеет никаких шестерен заднего хода, который позволил бы автомобилю двигаться задним ходом с помощью ДВС. Поэтому он может перемещаться назад только с помощью электромотора MG2.

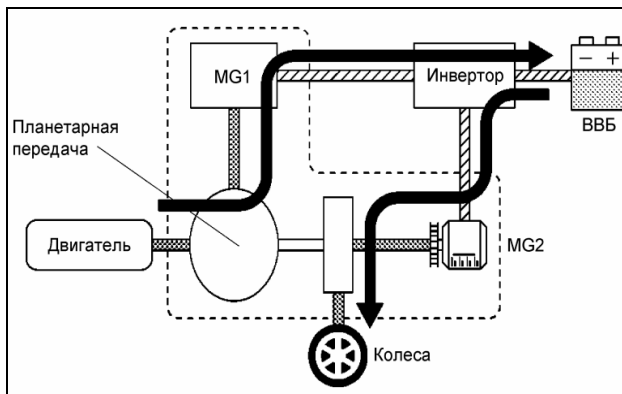


ДВС не может помочь напрямую. В большинстве случаев автомобиль остановит ДВС, когда Вы установите рычаг

выбора режима в положение "R". Поскольку MG2 вращает вход редуктора назад, коронная шестерня планетарного механизма также будет вращаться назад. ДВС неподвижен, значит, и водило сателлитов также неподвижно. Это просто означает, что MG1 будет вращаться вперед. Он вращается свободно, не потребляя или не производя энергию. Это похоже на режим EV, но наоборот. Компьютер не позволит ехать назад с такой скоростью, чтобы MG1 вращался слишком быстро.



Если ДВС продолжает работать, когда рычаг выбора режима находится в положении R, например, если величина заряда батареи низка, то MG2 все еще просто ведет автомобиль назад как прежде. Единственное различие – водило сателлитов вращается вперед, солнечная шестерня и MG1 вращаются более быстро вперед, и компьютер должен ограничить заднюю скорость автомобиля на более низком значении, чтобы защитить MG1 от слишком большой скорости вращения. Энергия может быть взята от генератора MG1, чтобы питать MG2 и заряжать батарею.



Опасности, подстерегающие при ремонте гибридов

Со всеми новыми технологиями появляются опасности, реальные и выдуманные. Использование сотового телефона ежедневно часами, в конечном счете, поджарит ваш мозг? Радиальная кератотомия улучшит ваше зрение или разрушит его? Может быть удивительно, как новые технологии становятся привычными и считаются само собой разумеющимся. Мы забываем даже о самой реальной опасности. Мы спокойно несемся с полутоннами стали, стекла и резины вдоль шоссе со скоростью 90 км/час, в нескольких метрах от подобных объектов, едущих на такой же скорости в противоположную сторону, постоянно имея десять или больше литров легковоспламеняющейся жидкости в тонком стальном резервуаре под днищем автомобиля. Но когда кто-то поставил мощную электрическую систему в автомобиль, мы внезапно становимся нервными. В этом разделе я хотел бы говорить об опасностях обслуживания и ремонта Prius.

Высокое напряжение

Домашний электрический обогреватель работает на 220 вольт и потребляет до 30 А. Высоковольтная система Prius работает приблизительно при напряжении 273 В - немного больше, чем обогреватель. Токи могут превысить 30 А, но в случае удара током имеет значение ток, проходящий через ваше тело, который и наносит электротравму. Любая электрическая система, которая может производить ампер или больше, столь же опасна, как всякая другая. Степень повреждений, которые наступят от удара электричеством напряжением 273 В, зависит от электрического сопротивления тела и пути тока через тело. Бывает, что человек испытывает удар от 220 В от одной руки до другой, прямо поперек сердца, с немного более чем временным дискомфортом. Если Вы не глупы, Вы можете управлять обогревателем и ремонтировать его, не волнуясь об ударах током. Точно так же, и по той же самой причине, Вы можете ремонтировать и обслуживать Prius.

Есть только одно различие. Уже длительное время я не слышал о домашних электроприборах, врезавшихся друг в друга в гостиной Вашего дома. Но Вы слышите об автомобильных авариях постоянно. Предположим, что кто-то ворвался в Ваш дом и напал на Ваш обогреватель с кувалдой. Вы приходите домой и видите болтающиеся провода. Вы касаетесь их? Нет, конечно, нет. Именно это имеет в виду Toyota, когда рекомендует Вам не касаться проводов, висящих из Вашего автомобиля после аварии. В Prius провода высокого напряжения окружены металлической защитой, чтобы предотвратить их обрыв. Они покрашены в оранжевый цвет. Я сказал бы, что опасность поражения электрическим током является нулевой.

Проливание электролита батареи

Автомобили имеют батареи. Батареи содержат кислоту. Кислота опасна. Автомобиль с мощными батареями должен

содержать много кислоты и быть очень опасным, верно?

Электролит в никель-металлогидридных батареях Prius - гидроокись калия. Это не кислота, это - щелочь, полная противоположность. Конечно, концентрированная щелочь может быть столь же едкой и опасной как кислота, поэтому документация содержит предупреждения о пролитиях. Это не должно пугать, так как местоположение батареи в автомобиле хорошо защищает ее, и каждая ячейка батареи содержит очень небольшое количество электролита. Безусловно, самый большой вторичный риск при аварии, по моему мнению, принадлежит бензину, как и у любого нормального автомобиля.

Движение в режиме "Стелс"

Смысл его в том, что Вы можете бесшумно двигаться. Этот термин является неудачным, поскольку очевидно, что это не всегда хорошая идея.

Кроме того, люди говорят о "режиме стелс". В 20-м кузове режим "стелс" можно включить принудительно кнопкой "EV". Вы можете также влиять на автомобиль манерой своей езды, но Вы должны, вероятно, сначала овладеть этой "передовой возможностью Prius". Фактически, философия Prius – "просто управляй мечтой" позволяет оставить решение проблем на усмотрение автомобиля. Те из нас, кто ищет чрезвычайную экономичность и более полное понимание устройства автомобиля - те говорят больше всего о "режиме стелс" или режиме "EV" (электромобиля).

Разряд вспомогательной батареи

Первая предосторожность при обращении с Prius - предотвратить разряд вспомогательной батареи. В отличие от обычного автомобиля, когда 12-вольтовая батарея должна отдать энергию стартеру, 12В батарея Prius не имеет никаких больших требований к запасенной энергии и поэтому она небольшой емкости - 28 Ач. Она может быть разряжена за весьма короткое время, если оставить внутренний свет включенным, приоткрытые двери или вентилятор салона работающим, когда автомобиль не включен. Она также может быть разряжена, даже если все огни и другие потребители выключены. Ток от вспомогательной батареи был измерен и зарегистрирован. Я воспроизвожу данные здесь: (для 11-го кузова)

Сразу после того, как двери закрыты		0,54 А
Через 20 секунд после запираания дверей		0,075 А
После дополнительной минуты и неопределенно после того	Выключатель фар включен	0,047 А
	Выключатель фар выключен	0,036 А

Очевидно, если Вы оставляете автомобиль на некоторое время, Вы должны удостовериться, что выключатель фар и габаритных огней ВЫКЛЮЧЕН. Оставить выключатель в положении "включено" и позволить автомобилю выключить фары самостоятельно было бы хорошо на неделю или две. 0,036 А израсходуют емкость 28 Ач в батарее за $28 / 0,036 = 778$ часов или 32 дня. Итак, срок меньше месяца должен быть безопасным, но не дольше.

Если Prius не эксплуатируется месяц и более (например, поставлен на зиму в гараж) на месяц и более (например, ожидание запчастей), вот некоторые методы, чтобы препятствовать разряду вспомогательной батареи:

- сделать так, чтобы кто-нибудь включал автомобиль каждые несколько недель и позволил ему зарядить вспомогательную батарею,
- отключить вспомогательную батарею (Вы потеряете установки радио и настройку часов),
- подключить зарядное устройство к вспомогательной батарее.

Если Вы не принимаете эти меры, худшее, что может случиться - разряженная батарея. Вы можете "прикурить" и запустить Prius обычным способом от другого автомобиля (хотя запускать другие автомобили от Prius не рекомендуется). Нет необходимости включать двигатель на другом автомобиле из-за низкого потребления энергии. Вы можете также запуститься от другой батареи. Легкие вспомогательные провода будут работать так же, как толстые кабели пускового устройства. Единственная вещь, которую надо знать - то, что каждый раз, когда свинцово-кислотный аккумулятор разряжается полностью, сокращается его жизнь.

Разряд высоковольтной батареи

Второе беспокойство – разряд батареи высокого напряжения. Он не будет происходить так быстро, как разряд вспомогательной 12-вольтовой батареи, но когда это действительно случается, может произойти более серьезная неприятность. Если уровень заряда становится ниже запрограммированного уровня, то автомобиль не будет заводиться. На 10-м кузове ВВБ можно подзарядить, как я уже рассказывал раньше, с помощью штатного зарядного устройства. На 11-м и 20-м кузовах придется заряжать ВВБ принудительно. Это довольно трудоемко и требует определенной квалификации при выполнении работ. Высоковольтная батарея полностью отсоединена, когда в автомобиле выключено "зажигание". Никакой ток не утекает с батареи. К сожалению, никель-металлогидридные (NiMH) батареи имеют особенность, названную "саморазрядом", при котором они теряют заряд, даже когда к батарее ничего не подключено. 2% потери заряда в день часто указывается в характеристиках батарей NiMH (используемых в домашних условиях при комнатной температуре), но это, возможно, неправильно для батарей Prius.

Рекомендация Toyota, которая появилась на ее Web-сайте в разделе ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫХ ВОПРОСОВ, состоит в том, что надо заводить ДВС Prius каждые два месяца и позволять ей поработать в течение 30 минут. Конечно, надо будет повторно подключить вспомогательную батарею, если до этого Вы ее отключали. Вы можете быть более спокойными, например, зимой, так как величина саморазряда при низких температурах уменьшается. Надо быть более осторожным при высокой температуре, когда саморазряд увеличивается.

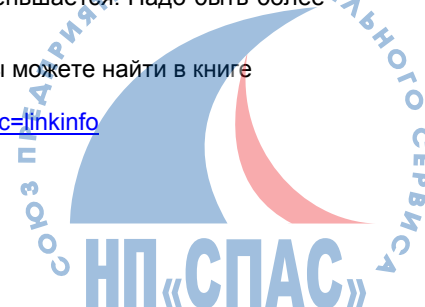
Описание процедур ремонта, диагностики и обслуживания автомобиля Toyota Prius Вы можете найти в книге "Toyota Prius 2003-2009 г. выпуска" по адресу:

<http://www.autodata.ru/goodsinfo.osg?idc=434&page=1&idg=4160&stype=2&c=linkinfo>

Отдельные статьи по многим элементам гибридной установки Вы можете найти на сайте Легион-Автодата

Гордеев Сергей Николаевич

(FERMER на форуме www.autodata.ru)



Информация для читателей

Новую литературу по вопросам Диагностики и ремонта автомобилей Вы можете заказать в Интернет-магазине издательства «Легион-Автодата» по адресу: <http://www.autodata.ru/>

Новые Авторские статьи участников Союза автомобильных Diagnostов, регулярно обновляемые, Вы можете прочитать по адресу: <http://www.autodata.ru/item.osg>

Форум Союза автомобильных Diagnostов, где регулярно идет обсуждение «автомобильных» вопросов располагается по адресу: <http://forum.autodata.ru/index.php>

Приходите, регистрируйтесь, участвуйте. У Нас доброжелательная обстановка.

ВАЖНО – прочтите Внимательно

Материал (статья) носит общепознавательный характер, не является инструкцией по ремонту или эксплуатации автомобиля. Не подлежит копированию, редактированию и компилированию. Автор и редакционная коллегия не несут ответственность за неверную трактовку материала и другие последствия, вызванные прочтением данного материала. С предложениями, замечаниями и пожеланиями обращайтесь по адресу: efidata@yandex.ru

