

## ПРОКАЧИВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ НА ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

*Дадабаев Иброхим Исокжанович*  
стажёр-преподаватель

*Рахимкулов Фозилжон Собиржон ўгли*  
стажёр-преподаватель  
Наманганский инженерно-строительный институт

Работа тормозной системы гибридных автомобилей существенно отличается от работы тормозной системы обычных автомобилей, поясню в чём основная разница: в обычном автомобиле используется гидравлическая жидкость для создания давления в системе, чтобы придавить колодки к диску (или барабану), и с помощью силы трения остановить авто.

В гибридном же автомобиле же процессом торможения управляет электронная система торможения (ECB Electronically Controlled Brake») которая пытается сберечь энергию торможения и использовать её для подзарядки аккумуляторной батареи. При торможении гибридного авто первой задействуется как раз рекуперативная система, т.е. вместо обычных тормозных механизмов(суппорт-колодки-диск) работают компактные эл.генераторы, которые преобразует энергию вращения колес в электроэнергию и тем самым создают тормозное усилие на колесах. А основная, обычная гидравлическая тормозная система, вступает в работу второй, и замедляет авто вплоть до полной остановки.

В отличие тормозных систем, описанном выше, и кроется основная проблема, связанная с заменой тормозной жидкости в большинстве гибридных автомобилей. Дело в том, что система ECB, контролирует давление, в контурах тормозной системы, постоянно, вне зависимости включено зажигание или нет. И при попытке прокачать систему, обычным способом, происходит резкий сброс давления, в каком-то из контуров, и система уходит «аварийный» режим, зажигаются ошибки по ABS, VSC, и стояночному тормозу.

Практически все современные гибридные автомобили, такие как Toyota, Ford и General Motors все используют электрогидравлические тормозные системы, в которых передача тормозного усилия от педали тормоза полностью доверено электронике.

Каждый производитель автомобилей с гибридной установкой использует свои собственные разработки при создании рекуперативных

---

тормозов, но общие принципы функционирования этих тормозных систем остаются неизменными.

Давайте немного отклонимся от темы и вспомним, куда девается кинетическая энергия самого обычного автомобиля в момент торможения. В момент торможения металлические тормозные колодки прижимаются к металлическому тормозному диску, закрепленному на оси автомобиля, тем самым создавая трение, которое и приводит к замедлению вращения колеса. При этом вся кинетическая энергия полутоннажной машины несущейся со скоростью, допустим, в 100 км/ч превращается в тепло, то есть бесследно и безвозвратно теряется в атмосфере [нашей замечательной планеты](#).

Наличие мощной электрической подсистемы в гибридных, и тем более электромобилях, делает оправданными усилия по возврату и повторному использованию энергии торможения экипажа. В этих автомобилях используются очень емкие аккумуляторы, которые позволяют сохранять избыточную энергию и повторно ее использовать. Экономия получается настолько заметной, что на сегодняшний день трудно найти электромобиль, не использующий рекуперативные тормоза, рекуперативный тормоз используется в широком ряде современных электромобилей, таких как [Nissan Leaf](#), [Chevrolet Volt](#), [Mitsubishi i-MiEV](#) и других.

Итак, повторим, в привычном автомобиле используется гидравлическое давление для того, чтобы создать силу трения в барабанном или дисковом тормозе и превратить энергию кинетическую в энергию тепловую. Это давление создается водителем в момент нажатия педали тормоза, которое обычно усиливается вспомогательной системой для уменьшения прилагаемого усилия. Таким образом, ускорение замедления автомобиля пропорционально усилию давления ноги на педаль тормоза. Все просто и надежно.

Когда же мы пытаемся сберечь энергию торможения для дальнейшего использования, то нам приходится иметь дело с двумя системами торможения. Первой вступает в действие рекуперативная система, то есть вместо классического тормозного механизма в виде диска или барабана выступает компактный электрогенератор, который на первом этапе торможения, когда скорость вращения колес еще достаточно высока, преобразует энергию вращения колеса в электроэнергию и тем самым создает тормозное усилие на колесе. Вторым эшелон идет более эффективное, с точки зрения замедления автомобиля до нулевой скорости, торможение с использованием трения.

Согласованием действий двух тормозных подсистем гидравлической и электрической занимается специальный электронный блок, который выступает посредником между водителем, давящим на педаль тормоза, и электрогидравлической системой торможения. Таким образом, теряется прямая связь водителя с тормозами, и задача этой электронной системы сделать так чтобы водитель этого не заметил. Системе управления тормозами приходится постоянно определять, каково должно быть ускорение замедления в ответ на нажатие педали пользователем, и какую систему в какой пропорции задействовать, чтобы и энергию максимально сберечь и сделать замедление пропорциональным усилию, прилагаемому к педали тормоза. Например, водитель утапливает педаль тормоза на половину, у системы есть выбор: приложить тормозное усилие к тормозным дисками или создать тормозящий момент в генераторе и получить электроэнергию для подзарядки аккумуляторов.

Вот такие непростые задачи приходится решать «тормозному» компьютеру в сотые доли секунды, так как промедление здесь смерти подобно, как сказал бы классик. Для этой цели используется целый ряд датчиков и сенсоров, призванных быстро определять действия и предугадывать намерения водителя.

В то же время, система постоянно отслеживает скорость вращения колес, используя те же сенсоры, которые отвечают за работу антиблокировочной системы (ABS). Эта информация используется для определения типа поверхности, по которой движется автомобиль, будь-то снег, лед, гравий или сухой асфальт. Изменение скорости вращения колеса может снабдить бортовой компьютер массой полезной информации о природе дорожного покрытия, но, как это обычно бывает, этой информации не всегда достаточно. Именно о торможении на сложных участках и идет речь, так как намерения водителя могут не соответствовать реальной дорожной обстановке.

Например, если намерения водителя быстро затормозить на скользкой поверхности превышают физические возможности системы «автомобиль-дорожное покрытие», то «тормозной» компьютер должен уменьшить силу торможения до максимально допустимой дабы избежать скольжения. То есть, как только электронная система сопоставляет пожелания водителя и возможности для торможения дорожного покрытия, она выдает расчетное гидравлическое давление на фрикционные тормоза и необходимую нагрузку по зарядке батарей на рекуперативные.

Поскольку мы говорим о гибридных и электрических автомобилях, где экономия энергии является главным приоритетом, система торможения всегда старается вернуть максимум энергии в аккумуляторные батареи, если это возможно. Рекуперативное торможение имеет еще два существенных ограничения. Первое – особенность современных аккумуляторов такова, что их подзарядка может происходить только при определенных значениях тока и напряжения, что несколько ограничивает диапазон использования регенерации энергии с помощью рекуперации. Второе - невозможно заряжать полностью заряженную батарею. Второе замечание не так существенно для электромобилей, так как рекуперация для них – это единственный способ подзарядки на ходу, в отличие от гибридов, которые подзаряжаются от собственного двигателя внутреннего сгорания.

При этом при всей простоте и надежности фрикционных тормозов их характеристики могут со временем изменяться, часто они могут изменяться за короткий промежуток времени. Вся проблема в том, что эффективность фрикционного тормоза зависит от силы трения между двумя движущимися поверхностями, в случае дисковых тормозов, это тормозной диск и тормозные колодки. Сила трения может сильно меняться, например, из-за температуры тормозного диска, а он, как известно очень сильно нагревается при торможении. Не верите? Спуститесь на автомобиле с Ай-Петри и пощупайте (я щупал) колесные диски, но ни в коем случае не трогайте дисковые тормоза – получите ожог! Второй фактор, влияющий на эффективность фрикционного тормоза – влажность. Тонкая пленка воды на тормозном диске значительно уменьшает силу трения, и Вы можете это почувствовать, проехав по глубокой луже. Недаром опытные водители советуют несколько раз нажать тормоз для просушки после проезда водных преград. Третье – тормозные диски и колодки со временем изнашиваются и меняют свои тормозящие свойства.

#### **Список литературы**

1. Правила ЕЭК ООН №13 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения»
2. Ситовский О. Ф., Дембицкий В. М. Электродинамическое торможение гибридного транспортного средства на дорогах с низким коэффициентом сцепления // Автомобильный транспорт. - 2013. - №33. - С.13-18.