

Электронные системы наземных транспортно- технологических средств

Лекция 3 Электронные тормозные системы

Автор:

Пузаков Андрей Владимирович, канд. техн. наук,
доцент кафедры технической эксплуатации и
ремонта автомобилей



План лекции:

1. Электромеханический стояночный тормоз
2. Электромеханический усилитель тормозов
3. Электронный клиновой тормоз
4. Электрогидравлический тормоз
5. Интегрированный усилитель тормозов
6. Электропневматический тормоз
7. Тормоз-замедлитель
8. Заключение
9. Вопросы для самоконтроля
10. Литература

Цель лекции: изучение принципов построения комбинированных тормозных систем; устройства и принципа работы электромеханических, электропневматических и электрогидравлических тормозных систем; устройства и принципа работы тормозов-замедлителей.

В результате изучения лекции обучающийся должен:

знать:

- принципы построения комбинированных тормозных систем;
- устройство и принцип работы электромеханических, электропневматических и электрогидравлических тормозных систем;
- устройства и принципа работы тормозов-замедлителей;

уметь:

- читать схемы электромеханических, электропневматических и электрогидравлических тормозных систем.

Тормозные системы с электронным управлением

Тормозная система предназначена для управляемого изменения скорости автомобиля, его остановки, а также удержания на месте длительное время за счет использования тормозной силы между колесом и дорогой.

Тормозная сила может создаваться колесным тормозным механизмом, двигателем автомобиля (торможение двигателем), гидравлическим или электрическим тормозом-замедлителем в трансмиссии.

Для ускорения торможения, сокращения тормозного пути и совершенствования процессов управления разработаны комбинированные тормозные системы:

- электрогидравлические;
- электропневматические;
- электромеханические.

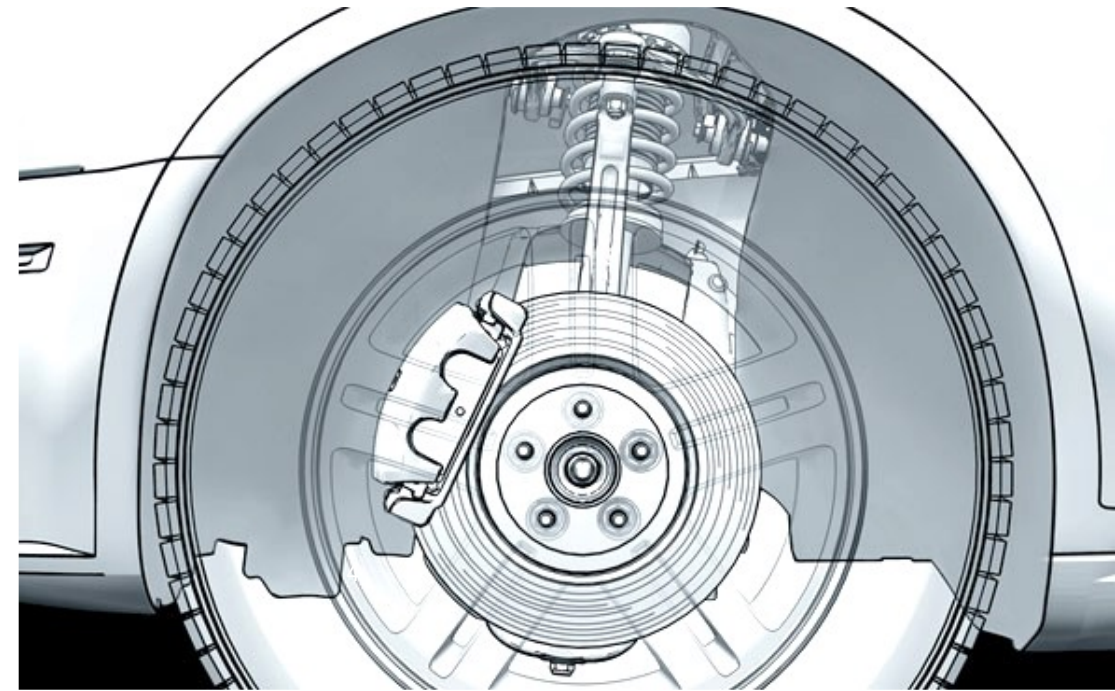
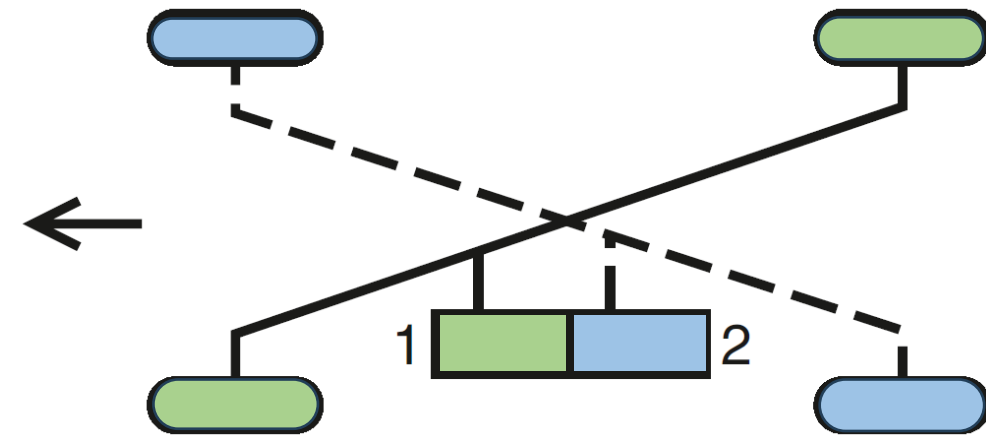
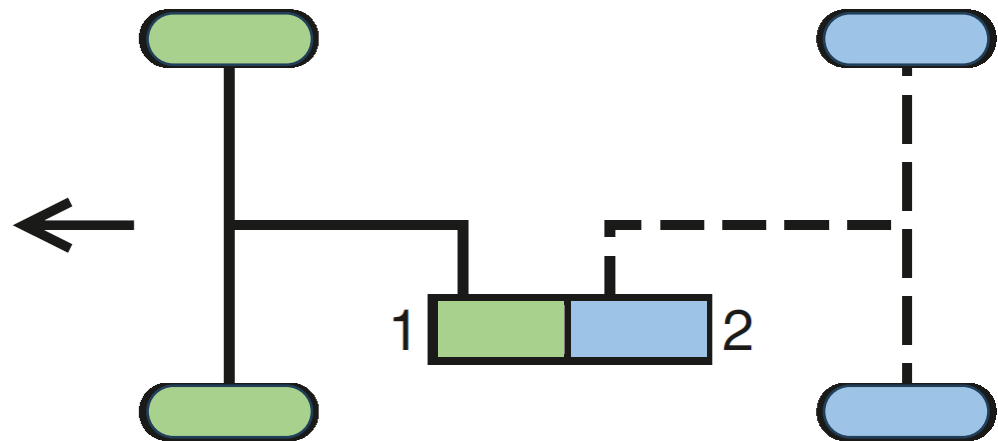


Схема тормозной системы

Усилие передается от устройства управления на колесные тормоза *механическим, гидравлическим, пневматическим* или *электрическим* способом.

Механическая передача усилия общепринята и предписана только для систем стояночного тормоза.

Передача усилия на рабочую тормозную систему осуществляется через **два отдельных** тормозных контура с помощью гидравлических или пневматических средств, так что в случае неисправности по крайней мере один тормозной контур остается в рабочем состоянии.



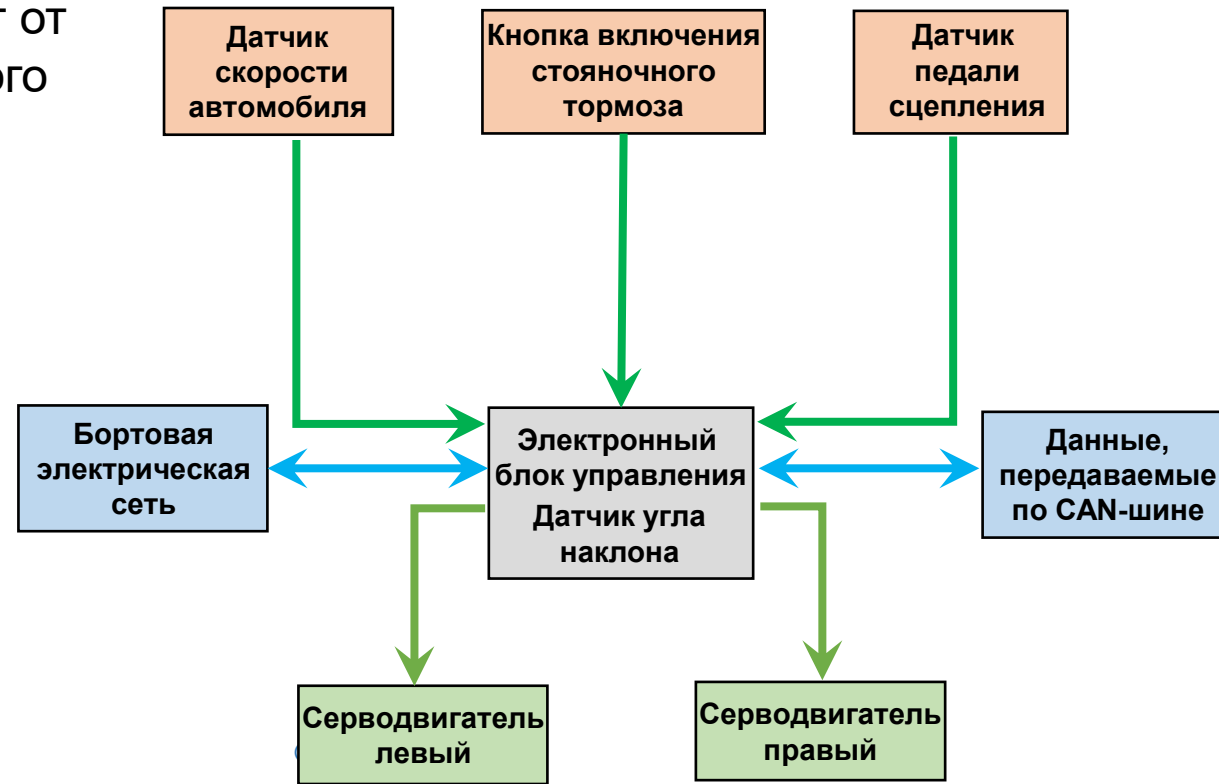
Электромеханический стояночный тормоз

В электромеханических стояночных тормозных системах управляющее (рабочее) усилие создается электроприводом. Работа и управление осуществляются электрически через переключатель или посредством логических команд управления от ЭБУ, которые обеспечивают автоматическое включение или выключение стояночного тормоза. Электромеханический стояночный тормоз можно использовать только при неподвижном автомобиле или на низкой скорости (обычно от 3 до 15 км/ч). Если системы стояночного тормоза с электроприводом используются на более высоких скоростях, система контроля динамики движения сначала выполняет операцию экстренного торможения.

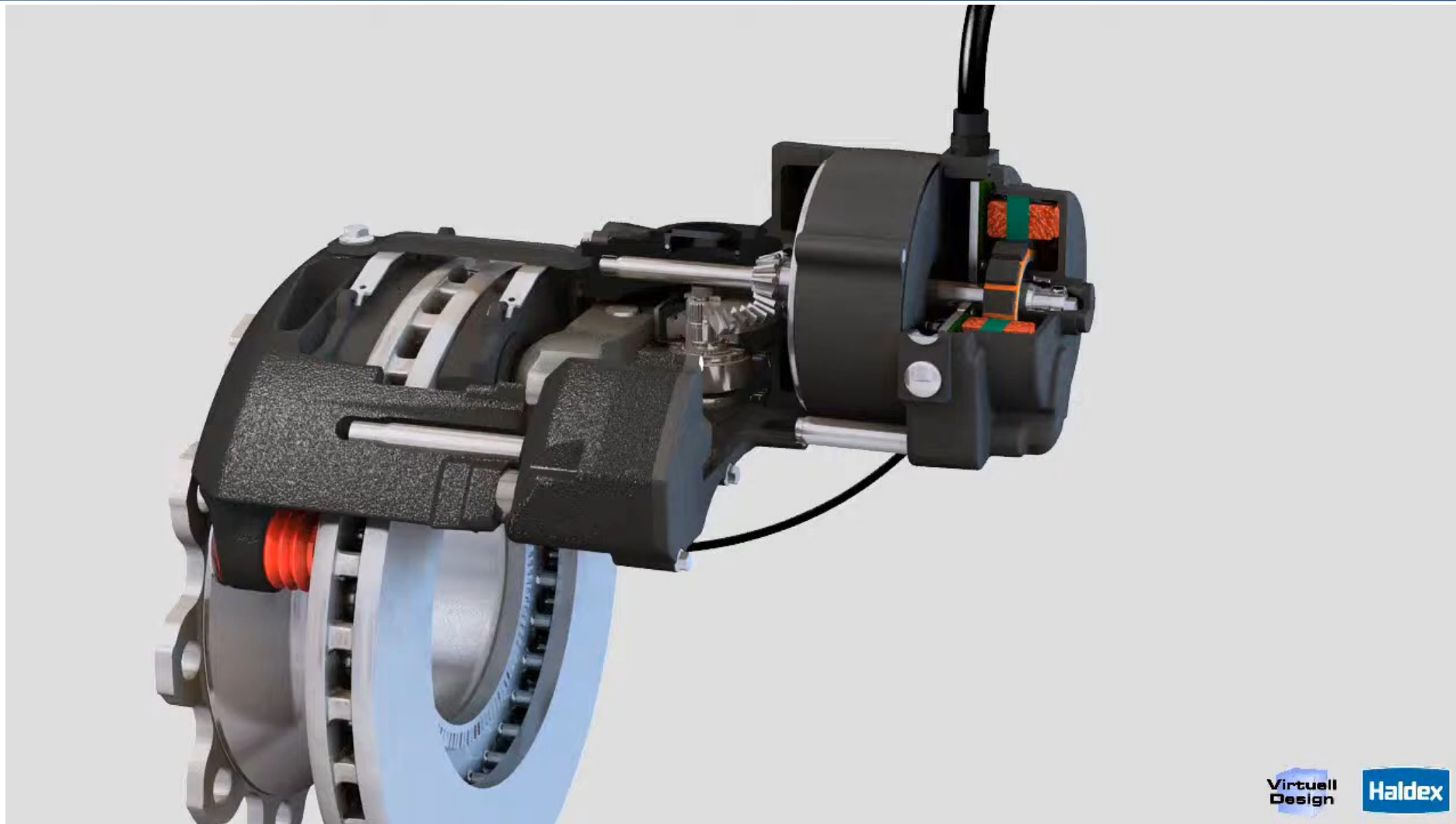
Усилие приложения в парковочном механизме зависит от уклона, на котором был припаркован автомобиль. Для этого устанавливается **датчик наклона** или используются соответствующие сигналы датчиков от других ЭБУ.

Водитель всегда предупреждается о заблокированной системе стояночного тормоза красной контрольной лампой.

Самодиагностика выявляет неисправности и сигнализирует о них контрольной лампой.



Электромеханический стояночный тормоз



Видеофрагмент (<https://youtu.be/LN3Bn6LDo5M>)

Электромеханический стояночный тормоз с червячным редуктором

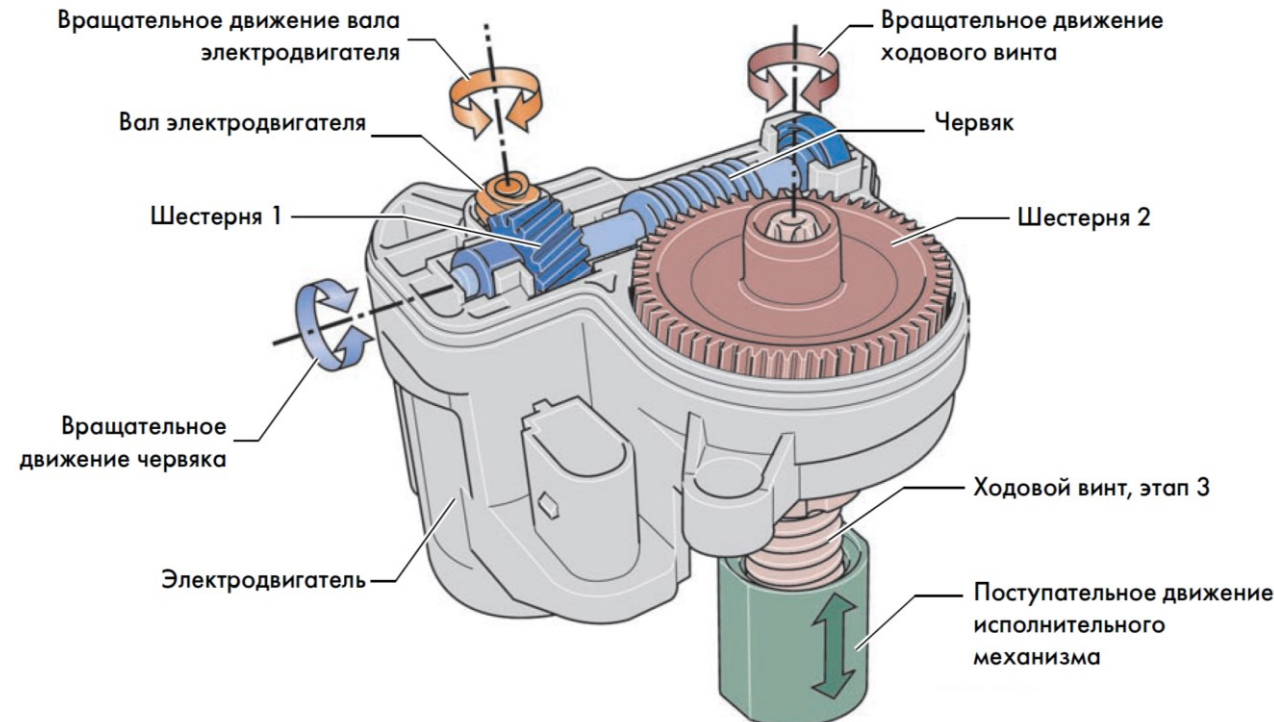
На момент выключения стояночного тормоза влияют следующие параметры:

- угол наклона автомобиля, определяемый с помощью датчика продольного ускорения, встроенного в блок управления стояночным тормозом;
- крутящий момент двигателя;
- положение педали акселератора;
- степень размыкания сцепления, определяемая у автомобилей с механической коробкой передач по сигналу датчика положения педали сцепления;
- желаемое направление движения автомобиля, определяемое по положению селектора АКП или по сигналу, получаемому с выключателя фонарей заднего хода.

Для срабатывания электромеханического стояночного тормоза требуется очень небольшое смещение поршня тормозного цилиндра.

Преобразование вращательного движения вала электродвигателя в поступательное движение происходит в несколько этапов.

- **Этап 1:** от вала электродвигателя к шестерне 1.
- **Этап 2:** от червяка к шестерне 2.
- **Этап 3:** ходовой винт, преобразует вращательное движение в поступательное.

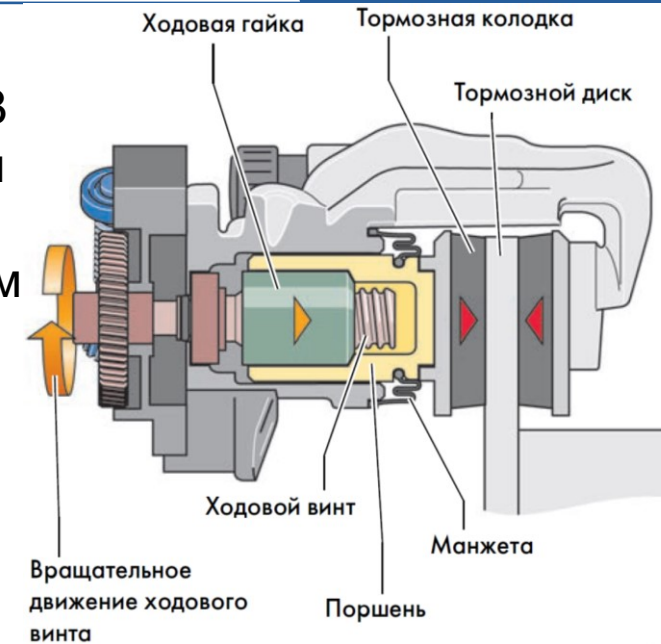


Электромеханический стояночный тормоз с червячным редуктором

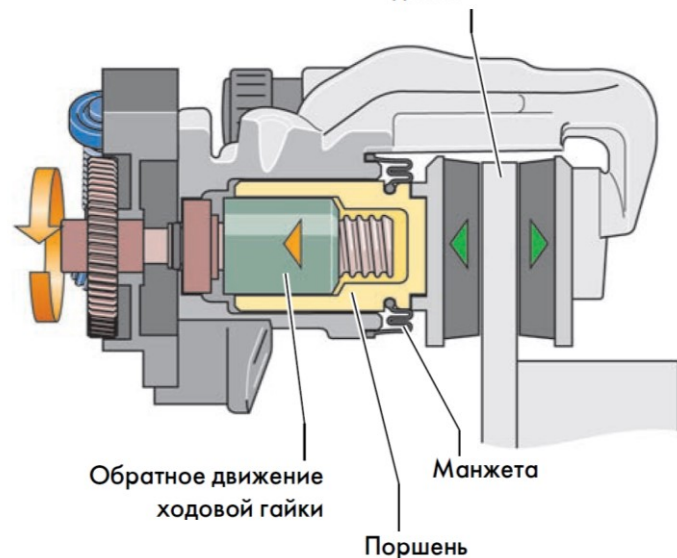
Включение стояночного тормоза

Вращение ходового винта вызывает смещение ходовой гайки вперёд по винту. В результате ходовая гайка упирается во внутреннюю торцевую поверхность поршня тормозного цилиндра, прижимая его к колодкам. Колодки прижимаются к тормозному диску. При этом манжета деформируется по направлению к тормозным колодкам.

В результате противодействия увеличивается ток, потребляемый электродвигателем. Блок управления измеряет потребляемый электродвигателем ток. При превышении определённого значения блок управления отключает подачу напряжения на электродвигатель.



Отпускание тормозного диска



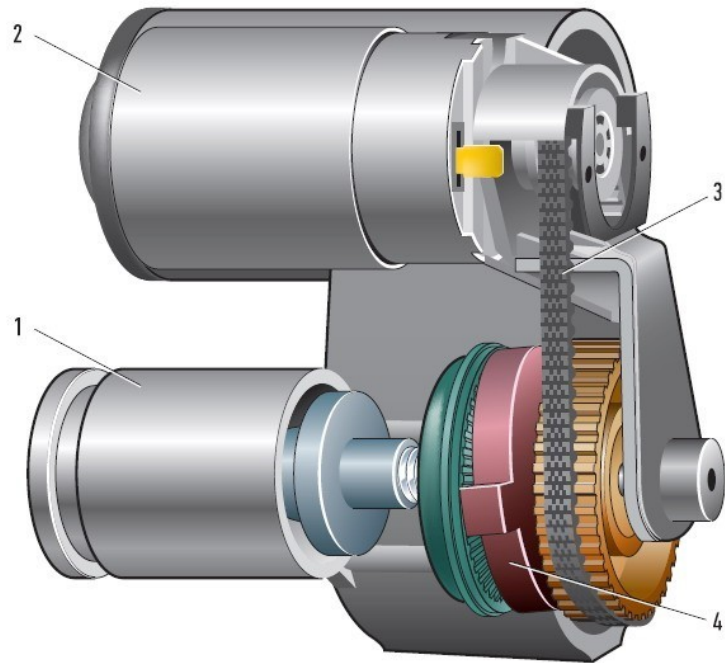
Выключение стояночного тормоза

Система управления включает электродвигатель в противоположном направлении. В результате ходовой винт вращается в противоположном направлении и ходовая гайка смещается по нему обратно.

Усилие на поршень тормозного цилиндра перестаёт действовать. Манжета, принимая свою первоначальную форму, отжимает поршень. Тормозные колодки отпускают диск.

Электромеханический стояночный тормоз с качающейся шестерней

Электромотор через зубчатоременную передачу связан с редуктором, понижающим в десятки раз скорость вращения выходного вала и позволяющим развить необходимое для работы тормозных механизмов усилие.

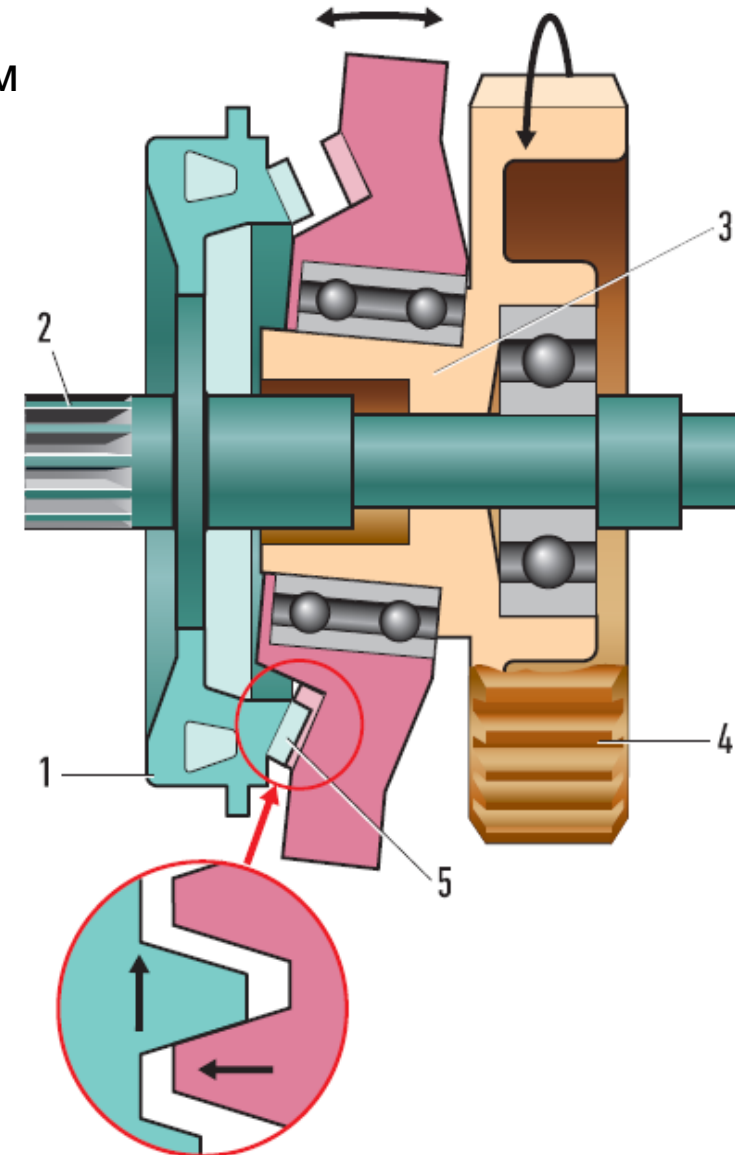


- 1 – поршень тормозного цилиндра;
- 2 – электромотор;
- 3 – приводной ремень;
- 4 – редуктор с качающейся шайбой

При вращении ведущего вала редуктора постоянно находятся в зацеплении два зуба качающейся шестерни с двумя зубьями ведомой шестерни.

При повороте ведущего вала на пол-оборота при каждом качании ведущей шестерни, ведомая шестерня и вместе с ней ходовой винт поворачиваются на очень маленький угол, соответствующий половине ширины зуба, что позволяет производить плавное торможение.

- 1 – ведомая шестерня;
- 2 – выходной вал;
- 3 – ступица зубчатого шкива;
- 4 – зубчатый шкив;
- 5 – находящиеся в зацеплении зубья качающейся и ведомой шестерен



Электромеханический усилитель тормозов

Электромеханический усилитель тормозов iBooster благодаря электронному управлению удовлетворяет новым требованиям, предъявляемым к тормозным системам. Эти требования включают:

- более низкий уровень вакуума или его отсутствие;
- снижение выбросов CO_2 ;
- резервирование для высокоавтоматизированного вождения.

iBooster можно использовать со всеми концепциями привода, включая гибридные и электромобили. Как и вакуумный усилитель тормозов, iBooster поддерживает водителя вспомогательной силой (электродвигатель через трансмиссию). iBooster обнаруживает запрос водителя на торможение через встроенный датчик дифференциального хода и отправляет информацию в ЭБУ.

ЭБУ активирует электродвигатель, который через редуктор преобразует его крутящий момент в требуемую вспомогательную силу.

Здесь электродвигатель активируется таким образом, что дифференциальный ход между входным стержнем, соединенным с педалью тормоза, и передающим элементом, соединенным с электродвигателем, компенсируется до нуля.

Сумма усилий, создаваемых усилителем и водителем, преобразуется в гидравлическое давление в главном тормозном цилиндре.

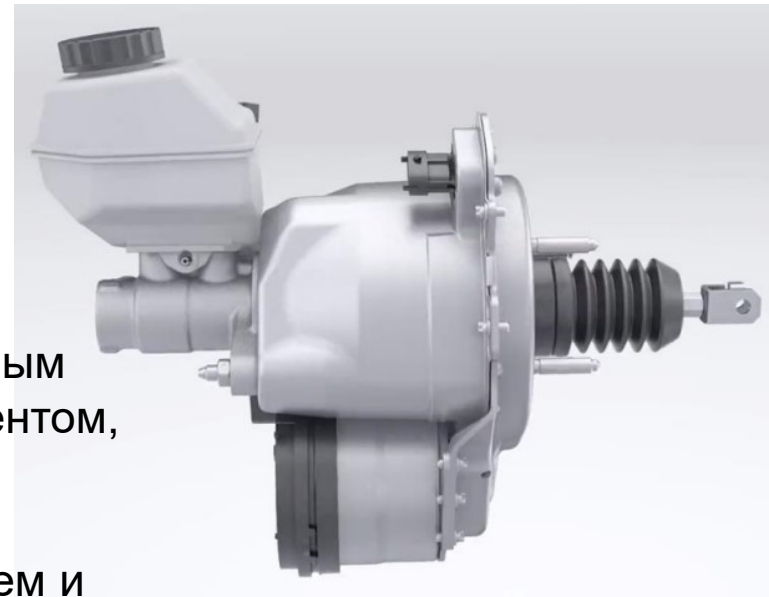


Figure 20. Bosch's 2nd gen iBooster used in Tesla vehicles.¹⁷

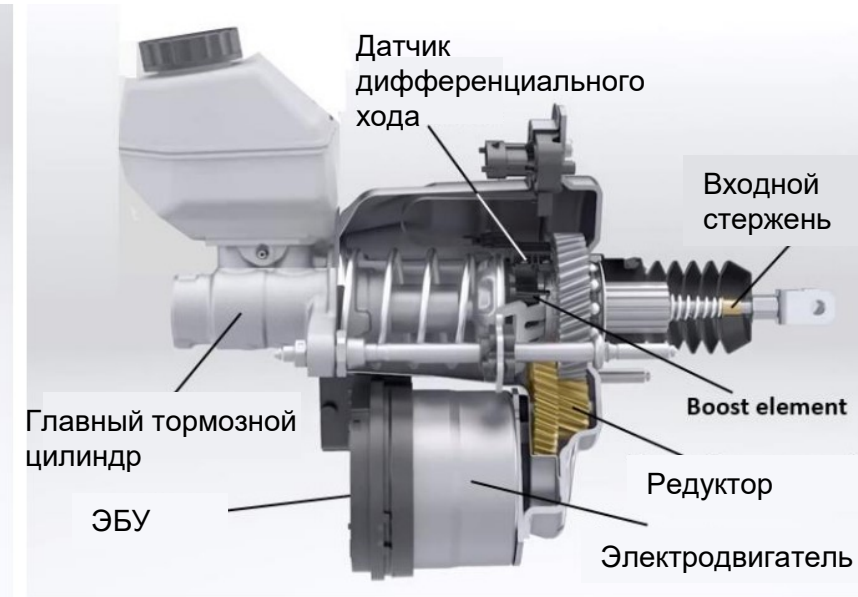


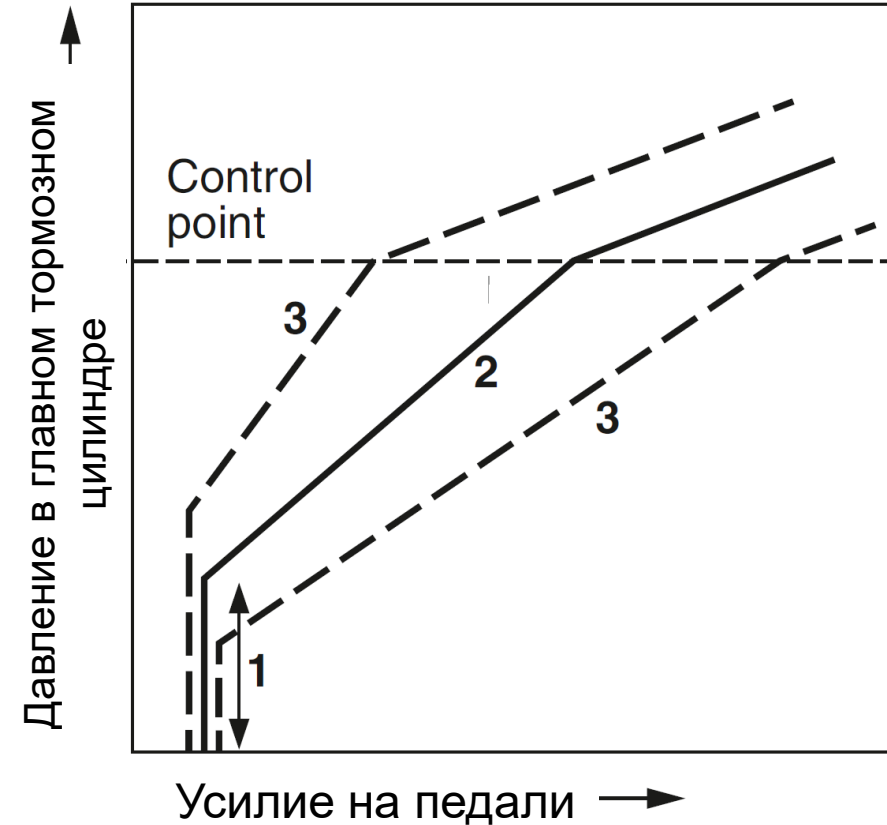
Figure 21. Cross section of Bosch's 2nd gen iBooster showing the three-stage gear unit.¹⁸

Электромеханический усилитель тормозов

Включение – это точка, в которой сила водителя пропорционально влияет на тормозную силу усилителя тормозов. Ниже *прыжка* тормозное усилие исходит исключительно от самого усилителя. Водителю необходимо сначала преодолеть силу пружины, прежде чем его/ее инициируемая сила повлияет на силу торможения.

В автомобилях с электрическим или гибридным приводом iBooster позволяет рекуперировать энергию торможения до замедления автомобиля на 0,3 g, не влияя при этом на ощущение торможения. Во процессе торможения замедления, вызванные колесным тормозом и электрической машиной, по-разному согласовываются друг с другом без дополнительных компонентов.

iBooster может автоматически создавать тормозное давление (без нажатия на педаль тормоза) с помощью блока двигателя/трансмиссии. В сочетании с контролем динамики движения iBooster обеспечивает резервирование тормозной системы, необходимое для автоматического вождения. Обе системы независимо друг от друга способны создавать тормозное давление и замедлять автомобиль.



1 прыжок, 2 Характеристики педали, обусловленные конструкцией, 3 Адаптация характеристик педали с помощью программного обеспечения (адаптация прыжка и адаптация вспомогательной силы iBooster).

Электромеханический усилитель тормозов



Видеофрагмент (<https://youtu.be/LN3Bn6LDo5M>)

Электронный клиновый тормоз

Электронный клиновый тормоз (Electronic wedge brake) – это самоусиливающаяся электромеханическая тормозная система. Тормозные колодки закреплены на специальных клиньях, расположенных между корпусом тормозного механизма и тормозным диском. Клинья опираются на систему роликов.

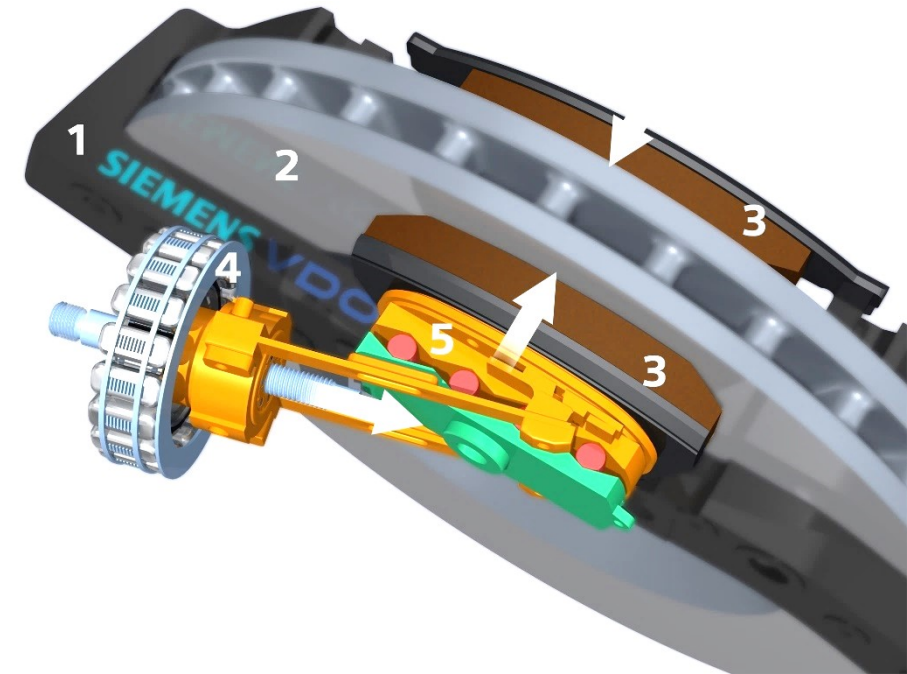
При первоначальном прижатии колодок к вращающемуся диску из-за трения возникает большое дополнительное усилие, увеличивающее прижим колодки и интенсивность торможения. Так что работа системы требует минимум энергии извне.

Передвигают колодки два электромотора, управляемых датчиками, определяющими силу прижатия и перемещение колодок, а также скорость вращения колеса. Таким образом, клин позиционируется с очень высокой точностью, и «заклинивания» колёс после начала торможения не происходит.

Система EWB устраняет необходимость не только в тормозной жидкости и трубках, главном тормозном цилиндре и вакуумном усилителе, но даже в централизованной электронной системе АБС.

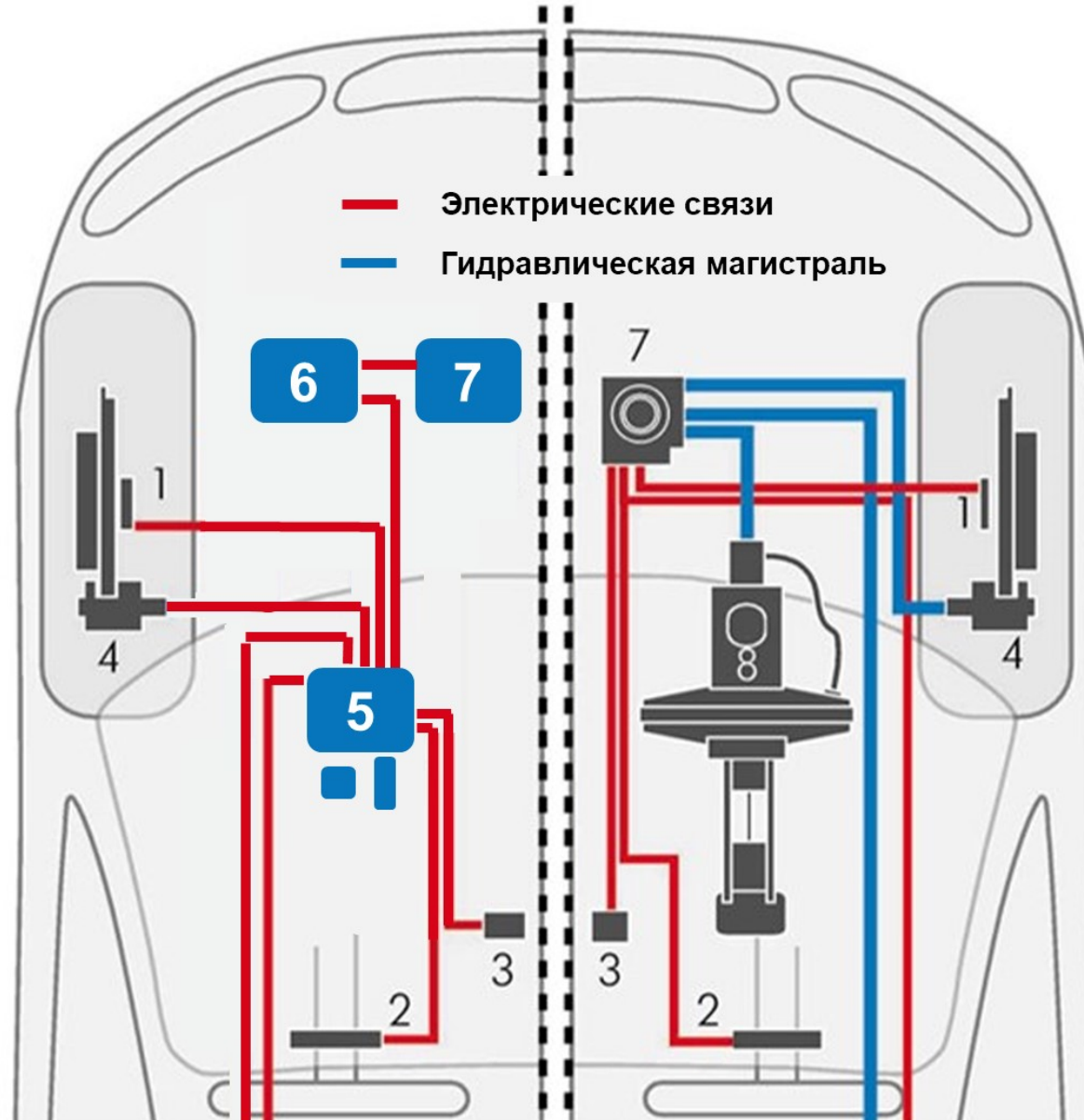
Дело в том, что тормозной механизм каждого колеса обладает встроенной электроникой, предотвращающей блокировку колеса.

Активируется каждый механизм по сигналу от ЭБУ, считывающего с помощью датчика положение педали тормоза.



Электронный клиновый тормоз

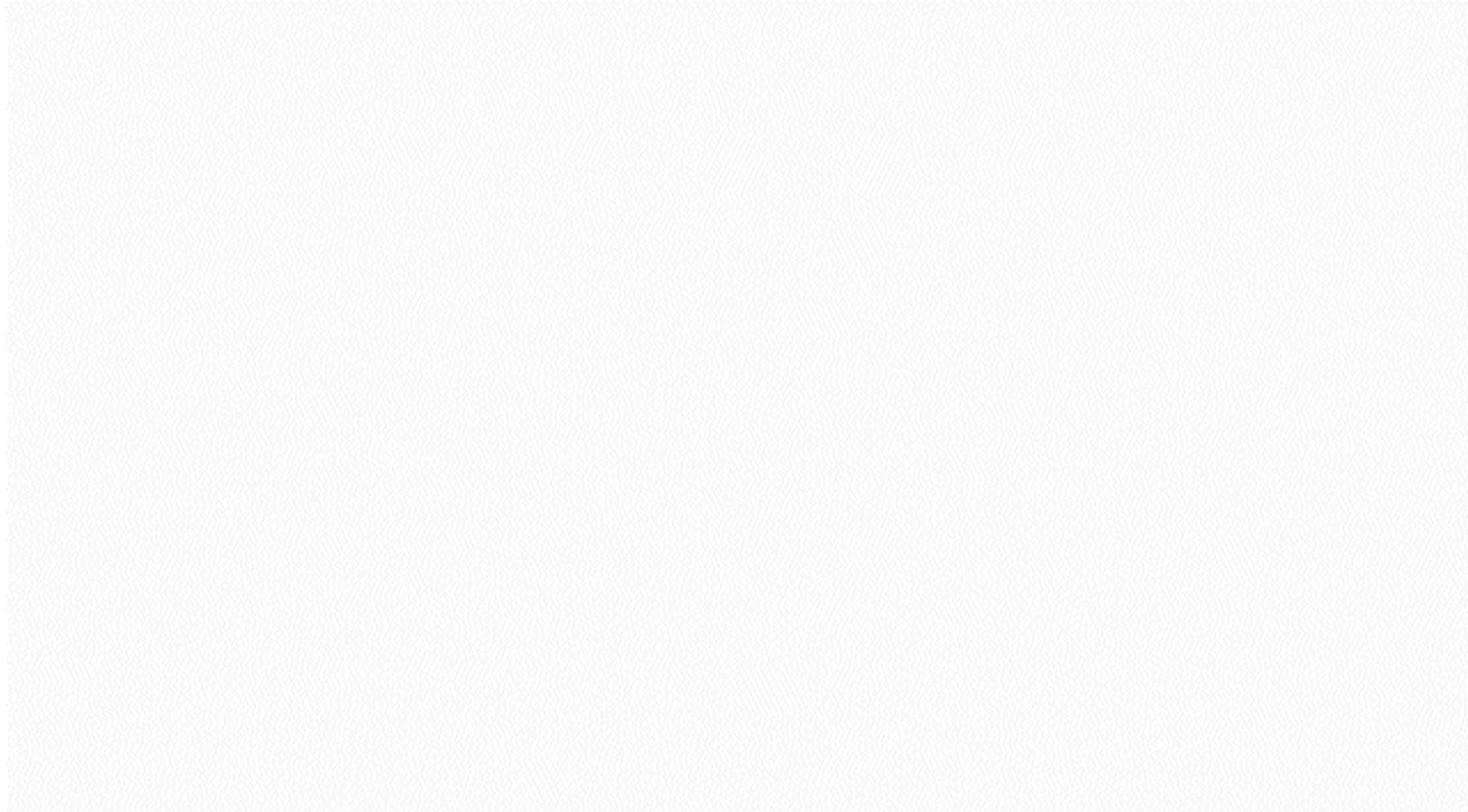
- 1 Датчик скорости колеса
- 2 Датчик угла поворота руля
- 3 Датчик поперечного ускорения
- 4 Тормозной модуль
- 5 Блок управления с педалями
- 6 Резервная батарея
- 7 Генератор автомобиля



Гидравлический тормоз

- 1 Датчик скорости колеса
- 2 Датчик угла поворота руля
- 3 Датчик поперечного ускорения
- 4 Тормозной суппорт
- 7 Блок управления ABS
- 8 Главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем

Электронный клиновым тормоз



Видеофрагмент (<https://youtu.be/TkGFIn2ItLs>)

Электрогидравлический тормоз

На автомобилях Mercedes устанавливалась **электрогидравлическая тормозная система (Sensotronic brake control, SBC)**.

Механическое действие педали тормоза измеряется исполнительным блоком и передается на блок управления. Из ЭБУ команды управления передаются в гидравлический модулятор, где они преобразуются в операции модуляции давления в тормозах. Если электроника выйдет из строя, автоматически активируется гидравлическая система аварийного отключения.

Распределение тормозного усилия осуществляется электронным способом на каждое колесо в зависимости от условий движения. Источник вакуума для функции усилителя тормозов больше не требуется. Возможность самодиагностики обеспечивает функцию раннего предупреждения для обнаружения возможных неисправностей системы.

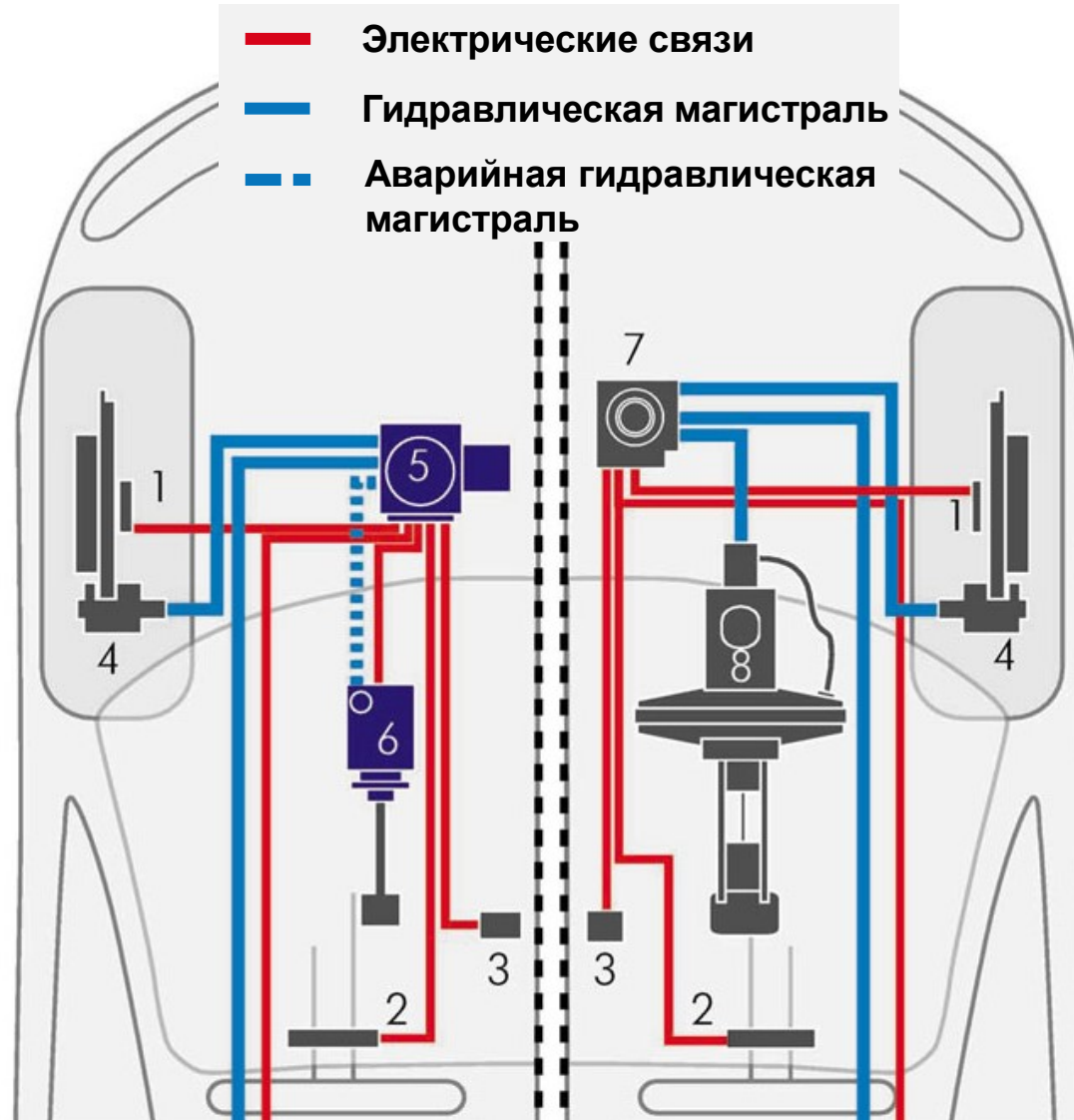
Имитатор хода педали позволяет реализовать подходящую кривую усилие-расстояние и соответствующее демпфирование педали тормоза. Таким образом, благодаря сенсорной системе управления тормозами водитель получает такое же «чувство торможения», как и при использовании хорошо спроектированной традиционной тормозной системы.

Четыре датчика давления измеряют давление индивидуально для каждого контура колеса. Датчик давления измеряет давление в аккумуляторе высокого давления. Запрос водителя на торможение рассчитывается **датчиком хода педали**, прикрепленным к исполнительному блоку, и **датчиком давления**, который определяет тормозное давление, применяемое водителем.

Электрогидравлический тормоз

Электрогидравлический тормоз

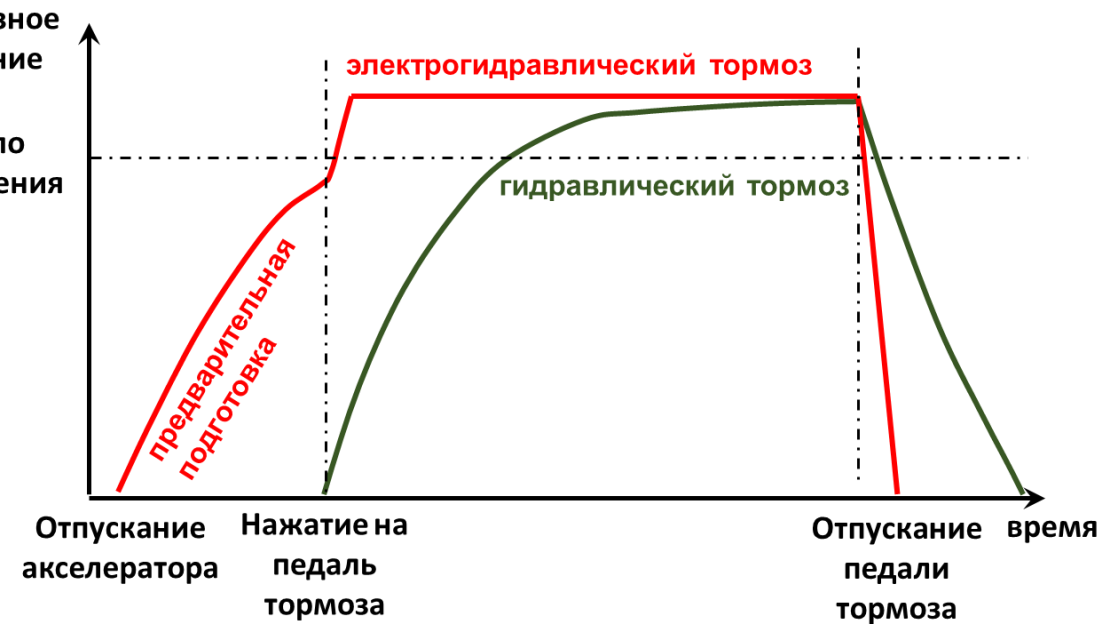
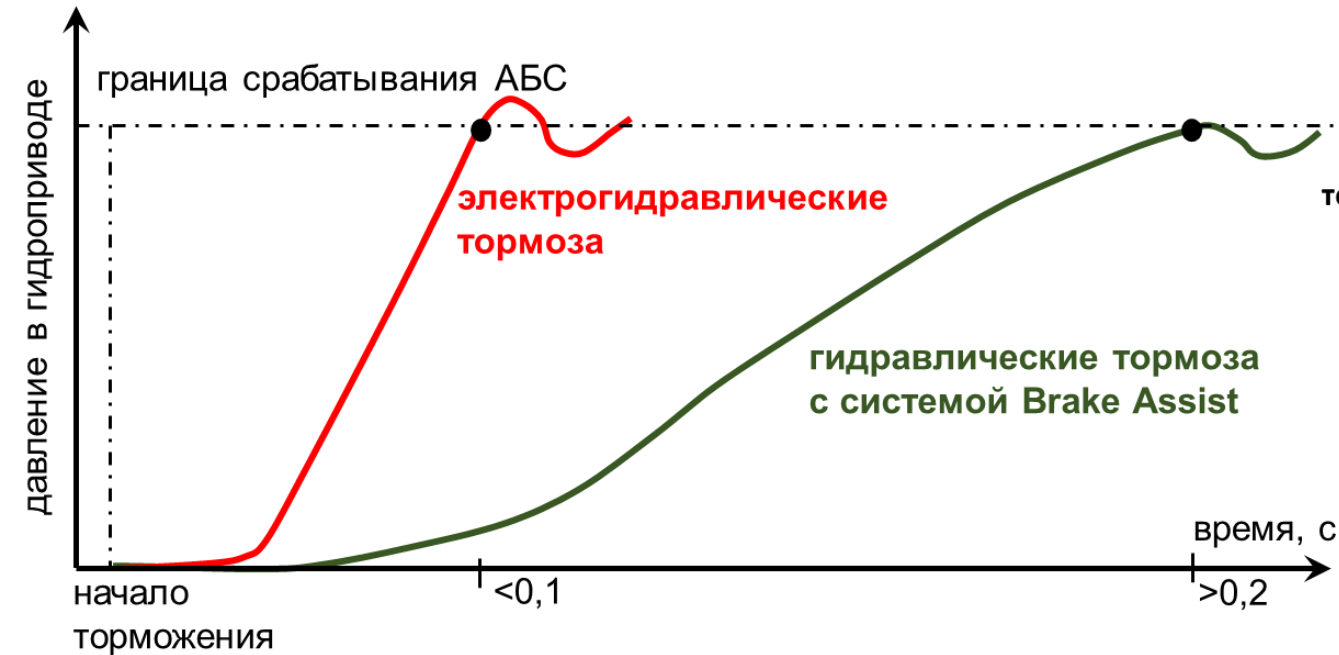
- 1 Датчик скорости колеса
- 2 Датчик угла поворота руля
- 3 Датчик поперечного ускорения
- 4 Тормозной суппорт
- 5 Электрогидравлический блок управления
- 6 Электронная педаль тормоза со вспомогательным гидроцилиндром



Гидравлический тормоз

- 1 Датчик скорости колеса
- 2 Датчик угла поворота руля
- 3 Датчик поперечного ускорения
- 4 Тормозной суппорт
- 7 Блок управления ABS
- 8 Главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем

Динамика срабатывания тормозов



Преимущества электрогидравлических тормозов:

1. Сокращение времени срабатывания.
2. Более точное распределение тормозных сил между колесами
3. Упрощение коммутации с ABS и различными системами стабилизации движения
4. Отсутствие пульсации на педали при срабатывании ABS
5. Отсутствие необходимости в вакуумном усилителе
6. Ход педали тормоза, усилие на ней, ее расположение и кинематику теперь можно выбирать только с точки зрения эргономики.

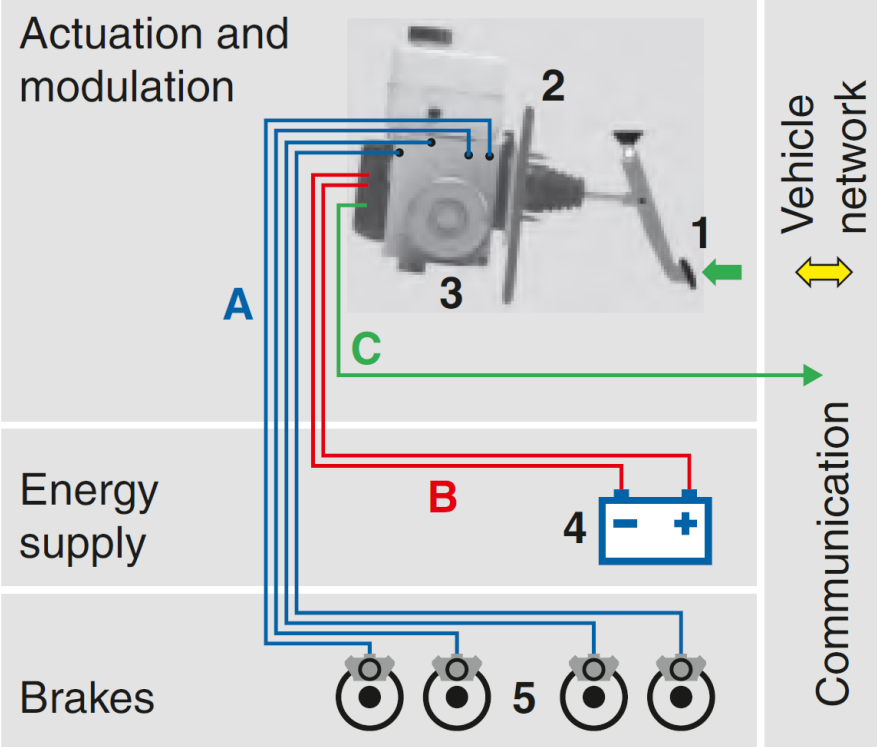
Электрогидравлический тормоз



Видеофрагмент (<https://youtu.be/LN3Bn6LDo5M>)

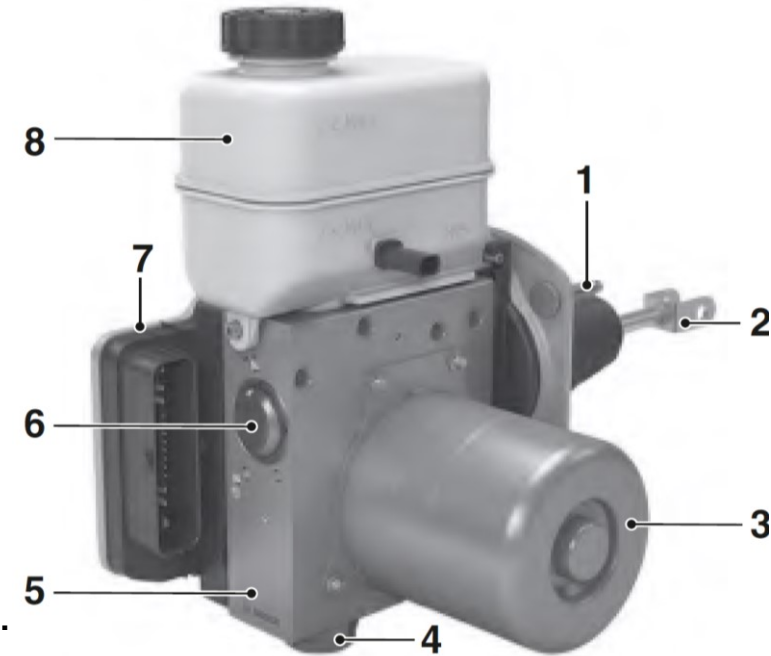
Интегрированный усилитель тормозов

Интегрированный усилитель тормозов не зависит от вакуума и объединяет в одном блоке следующие компоненты тормозной системы: подключение к педали тормоза, главный тормозной цилиндр, выключатель стоп-сигналов, усилитель тормоза, гидравлический блок.



Интегрированный усилитель тормозов выполняет следующие функции:

- усиление тормозов,
- индивидуальная модуляция тормозного давления для каждого колеса,
- внешние запросы на замедление,
- высокودинамичное нарастание тормозного давления,
- контроль контуров гидравлического тормоза (контроль воздуха и утечек).



1 Педаль тормоза, 2 Переходная пластина,
3 Встроенный силовой тормоз (IPB),
4 Аккумулятор, 5 Колесные тормоза,
A Гидравлические линии,
B Электроснабжение, C Линия связи.

1 переходник для крепления, 2 Соединение с педалью тормоза, 3 Гидравлический модуль, 4 Имитатор сопротивления педали, 5 Корпус клапана, 6 Главный тормозной цилиндр, 7 Электронный блок управления (ЭБУ), 8 Бачок с тормозной жидкостью.

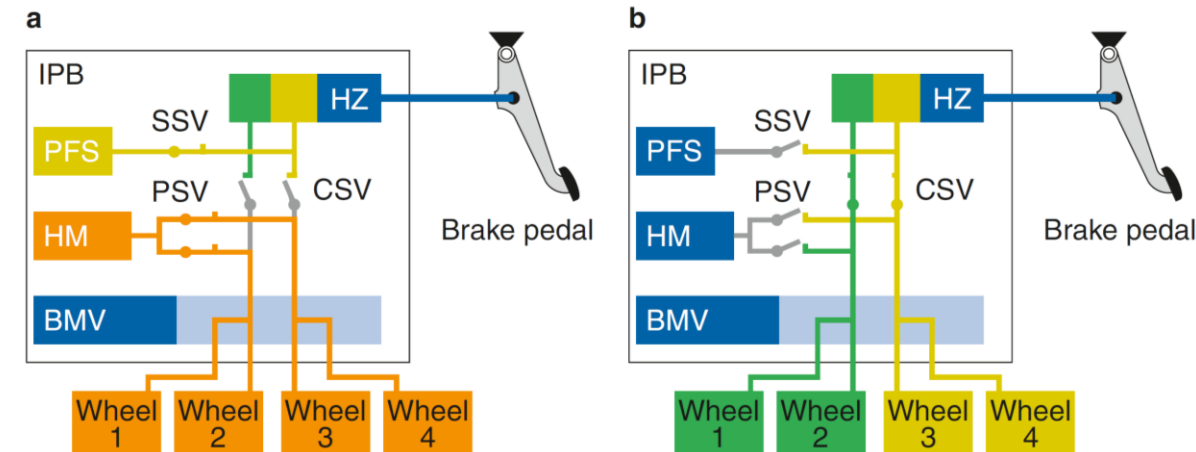
Интегрированный усилитель тормозов

Интегрированный усилитель тормозов устанавливается как обычный усилитель тормозов и соединяется с педалью тормоза. Первичный поршень главного тормозного цилиндра смещается при нажатии педали тормоза. Запрос водителя на торможение определяется встроенным **датчиком хода педали**. Активный режим активируется, как только блок обнаруживает, что водитель желает затормозить.

Главный тормозной цилиндр отсоединен клапанами от колесных тормозных цилиндров и соединен с **имитатором сопротивления педали**.

Поскольку педаль тормоза отделена от тормозов колес, ощущение педали не зависит от тормозного давления на колесах, что полезно для рекуперации. При этом плунжерная система (гидромодуль) связана через клапаны с колесными тормозами.

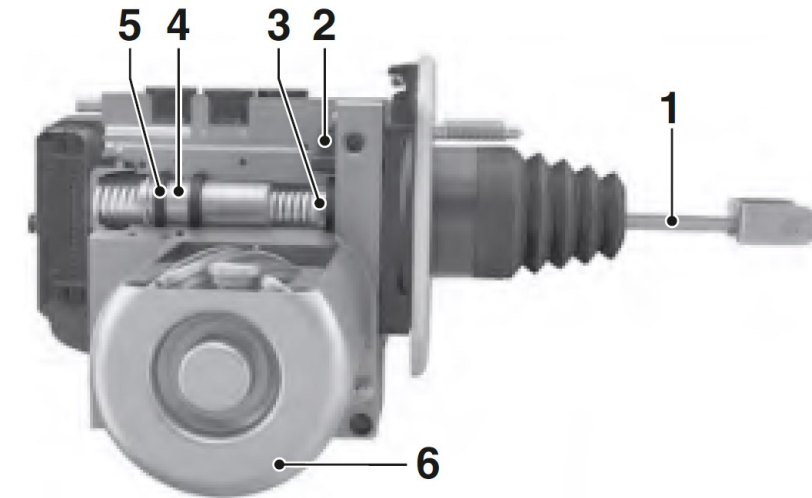
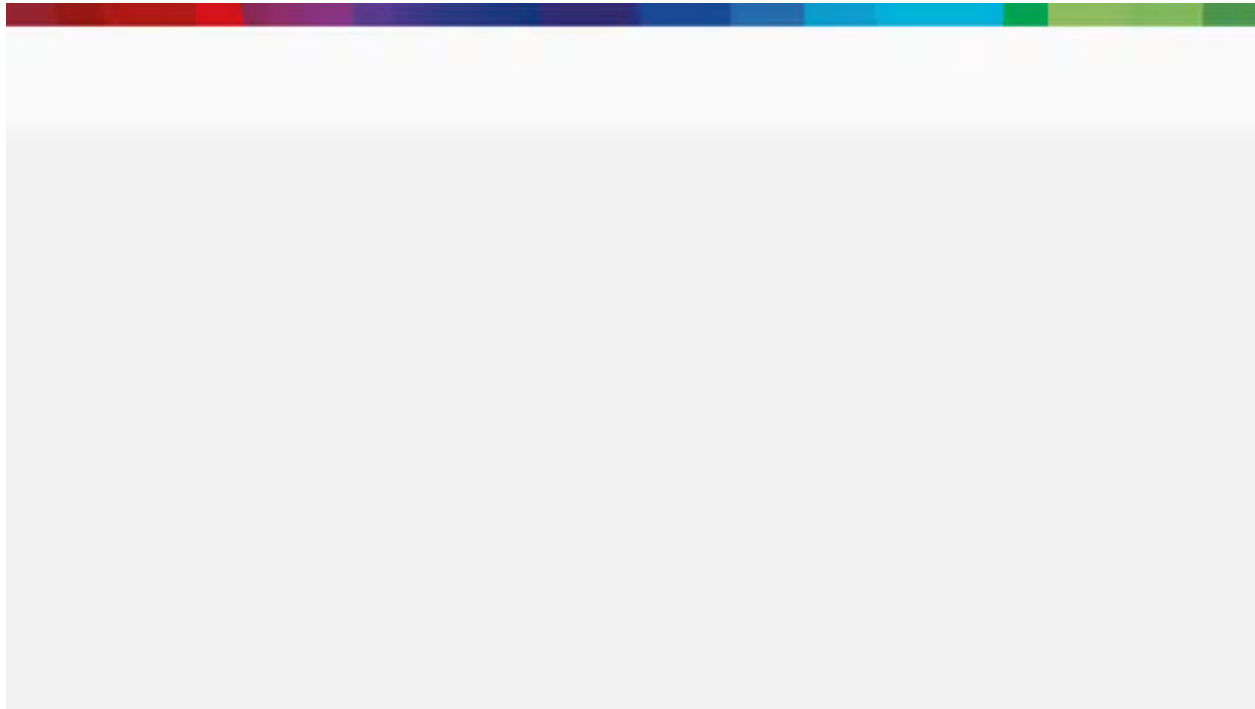
Плунжер гидромодуля приводится в действие электродвигателем точно в соответствии с запросом водителя на торможение. Он нагнетает тормозную жидкость из рабочей камеры гидромодуля в тормоза колес, в результате чего на колесах создается требуемое водителем тормозное давление.



А) Активный режим **Б) Аварийный режим**
 Главный тормозной цилиндр **HZ**, Имитатор сопротивления педали **PFS**, гидравлический модуль **HM**, клапаны модуляции тормозного давления **BMV**, клапан разделения тормозного контура **CSV**, плунжерный разделительный клапан гидравлического модуля **PSV**, разделительный клапан имитатора **SSV**.

Интегрированный усилитель тормозов

Из-за развязки педали тормоза и тормозного давления колес тормозное давление и крутящий момент генератора в гибридных и электромобилях **маскируются**. Другими словами, тормозное действие колесных тормозов может быть уменьшено за счет тормозного эффекта электрической машины, достигаемого за счет рекуперации. **Маскировка** происходит постоянно во время рекуперации и без заметного воздействия на педаль тормоза. В случае запросов на тормозное давление, инициированных не водителем, например, исходящих от системы АСС, давление на колесах создается таким же образом с помощью гидравлического модуля.



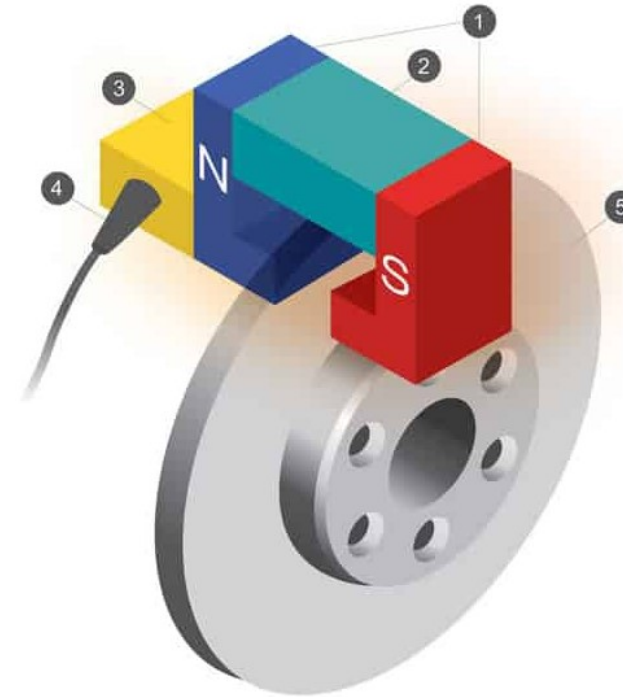
- 1 Входной стержень, 2 Датчик хода педали, 3 Первичный поршень, 4 Вторичный поршень, 5 Уплотнения, 6 Гидравлический модуль с электродвигателем и плунжером.

Видеофрагмент (<https://youtu.be/LN3Bn6LDo5M>)

Электромагнитные тормозные системы

Эти системы встречаются в электромобилях и гибридных автомобилях. Система имеет электромагниты с каждой стороны ротора, которые создают силу в направлении, противоположном вращающемуся колесу.

Поскольку в системе не используются колодки, нет необходимости в периодической замене, и система может выдерживать более тяжелые нагрузки и более высокие скорости. К сожалению, поскольку эта система зависит от заряда батареи, она разряжает батарею быстрее и не так эффективна на низких скоростях.



1. Electromagnet
2. Casing (non magnetic)
3. Unit Control for Caliper brake
4. Wire, Connector
5. Disc of wheel

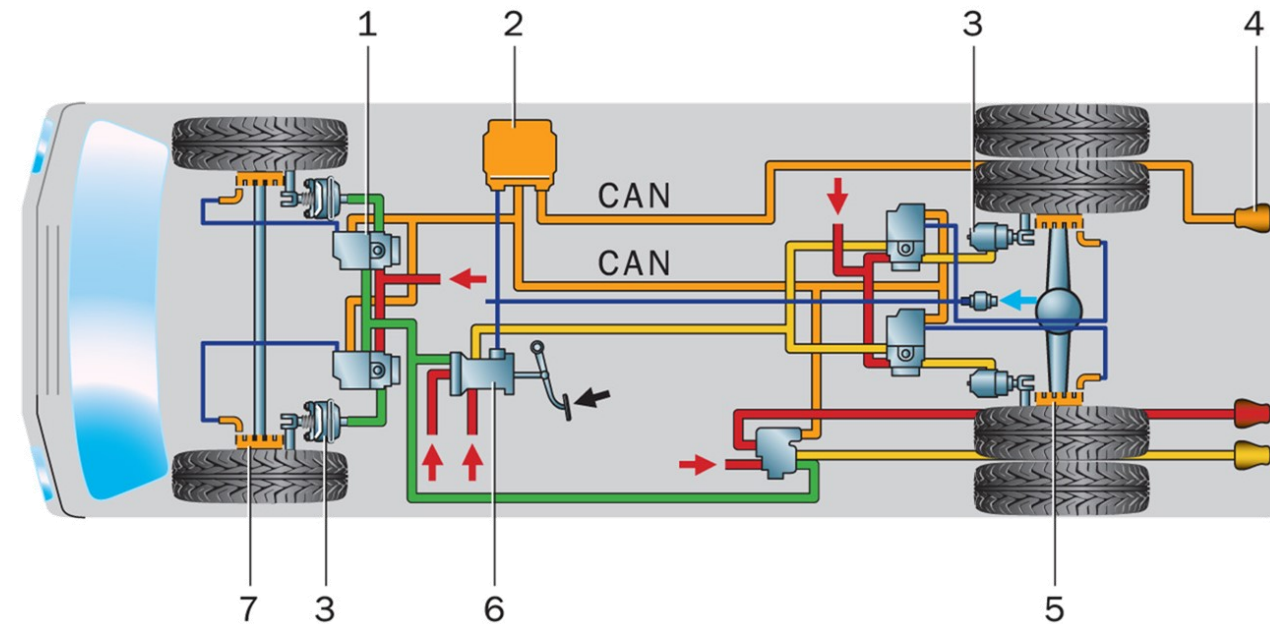


Электропневматический тормоз

Электропневматический тормозной привод (*Electronic Braking System*) получил распространение сравнительно недавно. Он представляет собой комбинацию электрического и пневматического приводов.

Если в пневмоприводе затормаживание колес и управление аппаратами осуществляется сжатым воздухом, то в ЭПП воздух используют только в первом случае. Управление всеми аппаратами осуществляется электрическим путем.

Схема управления определяется количеством осей, их расположением и требуемым набором функций и варьируется от 4S/4M до 8S/6M (датчик скорости колеса S, модулятор давления M). Электронная тормозная система, включает в себя систему подачи сжатого воздуха. В электронной тормозной системе энергия также накапливается в резервуарах со сжатым воздухом и оттуда передается **модуляторам давления** и **тормозному крану**.



1 модулятор с датчиком давления воздуха; **2** блок управления; **3** тормозная камера; **4** электрический разъем; **5** датчик ABS/ПБС; **6** комбинированный электропневматический тормозной кран; **7** датчик ABS

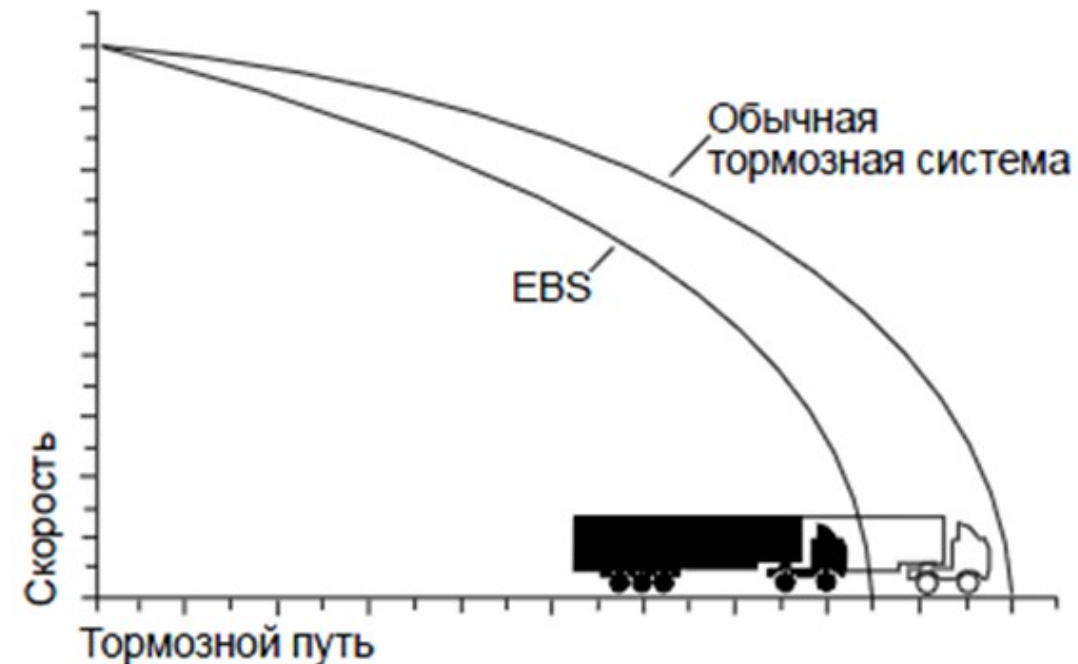
Электропневматический тормоз

При нажатии тормозной педали датчик перемещения подает в ЭБУ пропорциональный сигнал о необходимом давлении воздуха в тормозных камерах. ЭБУ обрабатывает этот сигнал, корректирует его в зависимости от степени загрузки передней и задней оси и подает команды на электроклапаны осевого модулятора и следящего электроклапана.

Электроклапаны открываются, и воздух из ресиверов заполняет тормозные камеры. Одновременно датчики давления аппаратов подают сигнал обратной связи в ЭБУ о величине давления воздуха на выходе аппаратов.

Когда требуемая величина давления будет достигнута, ЭБУ подаст команду электроклапанам на удержание данного давления.

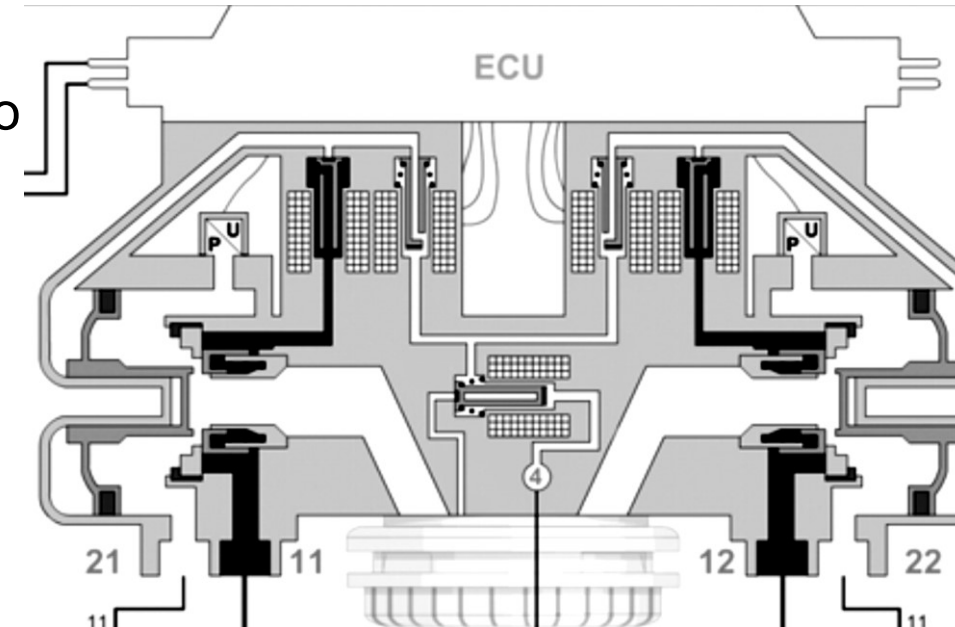
Если педаль будет отпущена, то с электроклапанов снимается напряжение, воздух из тормозных камер выходит в атмосферу и торможение прекращается.



Электропневматический тормоз

Преимуществами электропневматических тормозов являются:

- уменьшение времени срабатывания, особенно удаленных осей прицепа или полуприцепа;
- уменьшение тормозного пути;
- оптимальное распределение тормозных сил между передними и задними колесами автомобиля;
- уменьшение сжимающих усилий в сцепке автопоезда за счет одновременности срабатывания тормозов на всех звеньях автопоезда;
- увеличение устойчивости автопоезда (снижение риска складывания);
- непрерывный контроль за исправностью элементов привода, осуществляемый бортовой диагностикой;
- возможность дальнейшей автоматизации управления движением автомобиля за счет использования электронного управления тормозами;
- упрощение привода, по сравнению с пневматическим, за счет объединения функций нескольких аппаратов в одном.

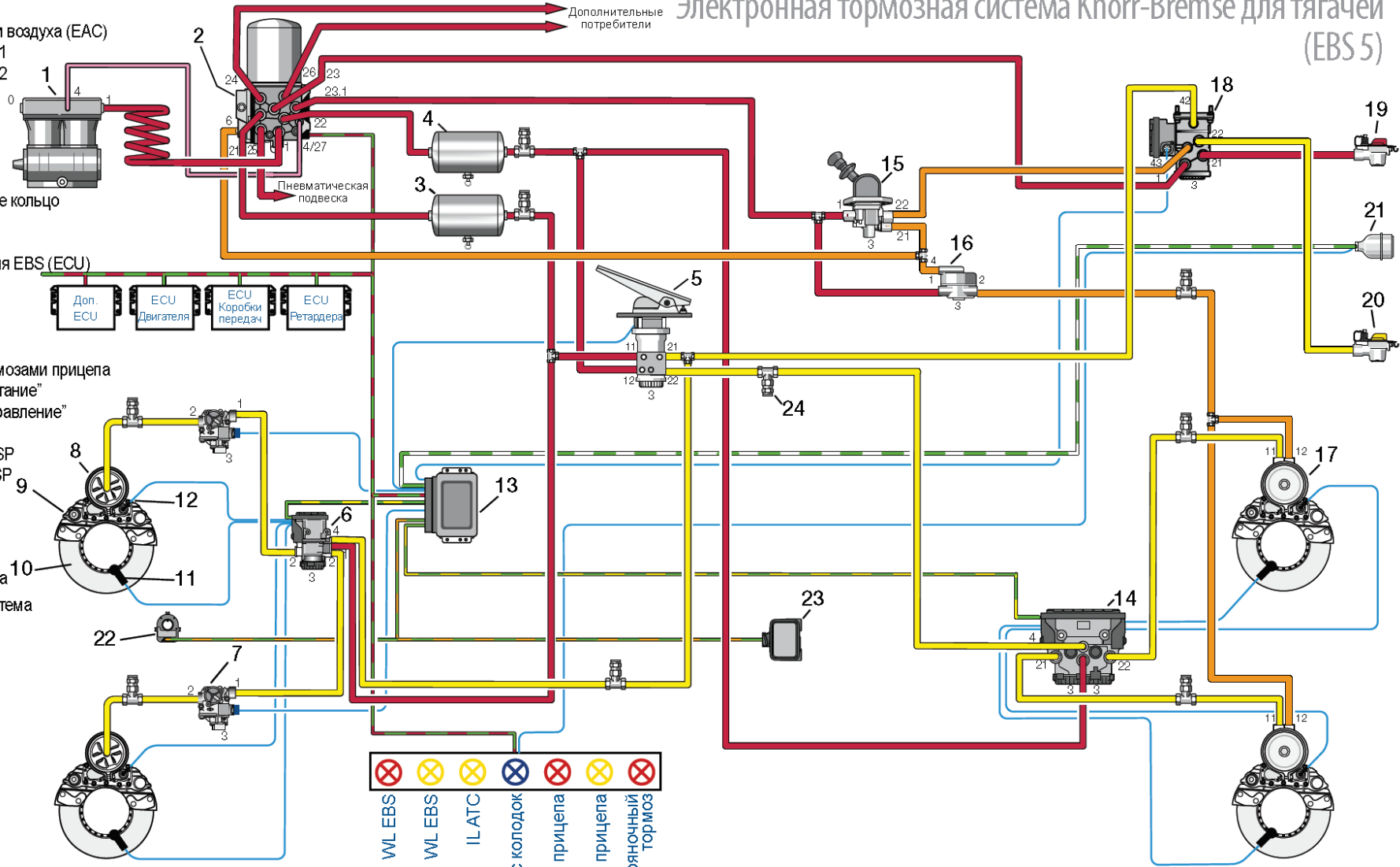


Электropневматический тормоз

Электронная тормозная система Knorr-Bremse для тягачей (EBS 5)

1. Компрессор
2. Электронный блок подготовки воздуха (EAC)
3. Воздушный ресивер контура 1
4. Воздушный ресивер контура 2
5. Модуль ножного тормоза
6. 1-канальный модуль EBS
7. Модулятор
8. Тормозная камера
9. Дисковый тормоз
10. Тормозной диск и Импульсное кольцо
11. Датчик скорости колеса
12. Датчик износа
13. Электронный блок управления EBS (ECU)
14. 2-канальный модуль EBS
15. Клапан ручного тормоза
16. Ускорительный клапан
17. Энергоаккумулятор
18. Модуль EBS управления тормозами прицепа
19. Соединительная головка "Питание"
20. Соединительная головка "Управление"
21. EBS подключение ISO 7638
22. Датчик угла поворота руля ESP
23. Датчик момента рыскания ESP
24. Контрольный вывод

- Питание
- Сигнал ESS
- Рабочая тормозная система
- Стояночная тормозная система
- Сигнал CAN "Управление"
- Сигнал CAN "Прицеп"
- Сигнал CAN "ESP"
- Сигнал CAN "J1939"
- Электрический сигнал
- WL Аварийная лампа
- IL Информационная лампа



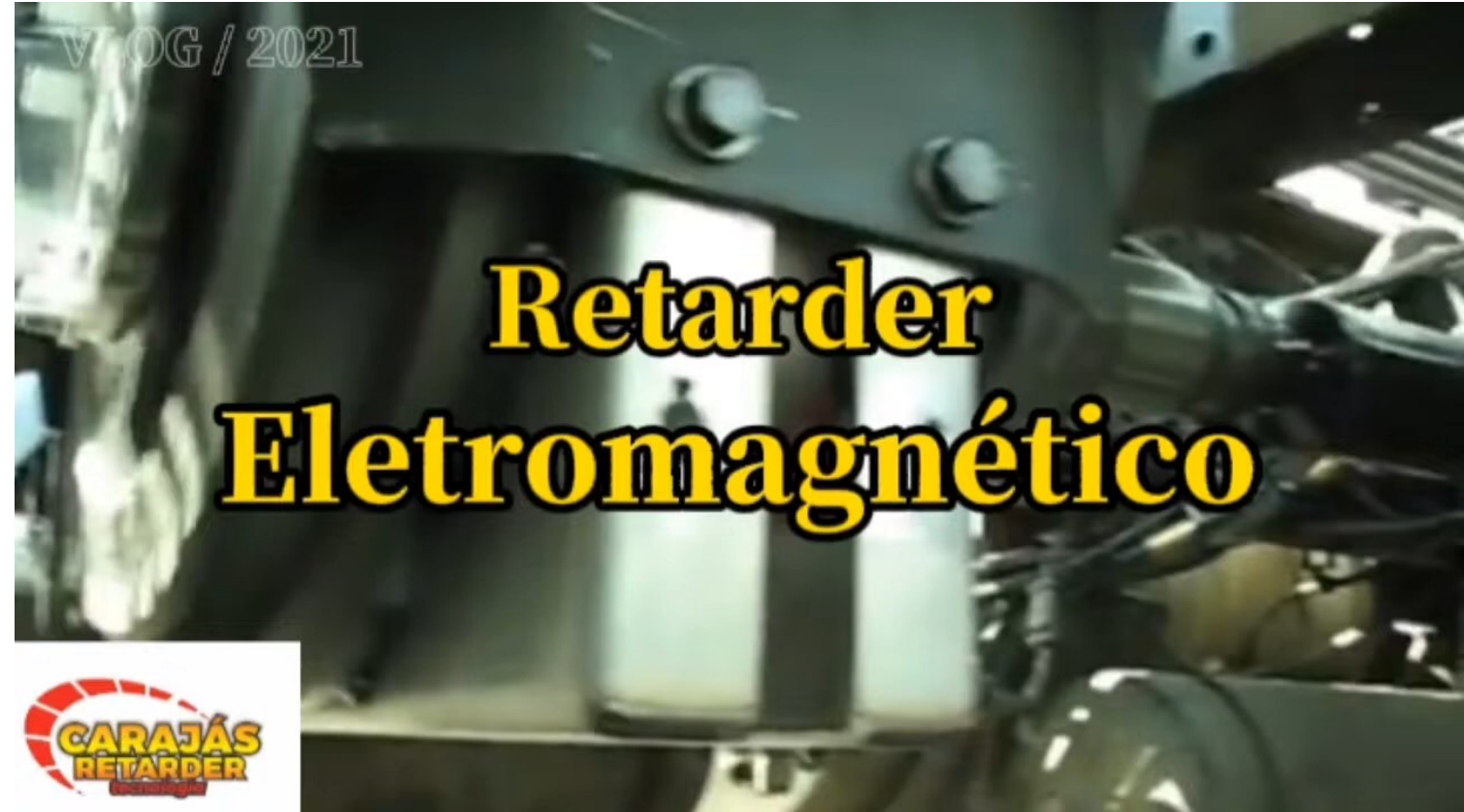
Тормоз-замедлитель, **ретардер** (англ. retarder) – устройство, предназначенное для снижения скорости транспортного средства без задействования основной тормозной системы. Использование тормоза-замедлителя необходимо для эксплуатации транспортных средств (преимущественно грузовых автомобилей и автобусов) в горных условиях на длительных спусках. Из большого количества схем чаще всего применяются **электромагнитная** и **гидравлическая**.

Преимущество **гидравлического** тормоза-замедлителя – в стабильности тормозного усилия по мере повышения температуры, в то время как **электродинамический ретардер** способен выдавать большее тормозное усилие. Кроме того, существуют тормоза-замедлители, способные к рекуперации энергии при торможении с дальнейшим возвращением её при разгоне.

Электродинамический замедлитель (вихретоковый тормоз) содержит два ненамагничивающихся стальных диска (**ротора**), которые с крутильным усилием соединены с входным и выходным валами, и **статор**, оснащенный 8 или 16 катушками. Как только электрический ток (от генератора или аккумулятора) протекает через катушки, создаются магнитные поля.

Эти магнитные поля индуцируют вихревые токи в роторах при их вращении. Эти вихревые токи, в свою очередь, создают магнитные поля в роторах, которые противодействуют возбуждающим магнитным полям и, таким образом, создают эффект торможения. Тормозной момент определяется силой поля возбуждения, скоростью вращения и воздушным зазором между статором и роторами.

Тормоз-замедлитель



Тормоз-замедлитель

Видеофрагмент (<https://youtu.be/LN3Bn6LDo5M>)

Для ускорения торможения, сокращения тормозного пути и совершенствования процессов управления разработаны комбинированные тормозные системы: электрогидравлические, электропневматические, электромеханические

В электромеханических стояночных тормозных системах управляющее (рабочее) усилие создается электроприводом. Работа и управление осуществляются электрически через переключатель или посредством логических команд управления от ЭБУ, которые обеспечивают автоматическое включение или выключение стояночного тормоза.

Электромеханический усилитель тормозов обнаруживает запрос водителя на торможение через встроенный датчик дифференциального хода и отправляет информацию в ЭБУ. Сумма усилий, создаваемых усилителем и водителем, преобразуется в гидравлическое давление в главном тормозном цилиндре.

Электронный клиновый тормоз – это самоусиливающаяся электромеханическая тормозная система. Тормозные колодки закреплены на специальных клиньях, расположенных между корпусом тормозного механизма и тормозным диском. Клинья опираются на систему роликов. Передвигают колодки два электромотора, управляемых датчиками, определяющими силу прижатия и перемещение колодок, а также скорость вращения колеса.

На автомобилях Mercedes устанавливалась электрогидравлическая тормозная система. Механическое действие педали тормоза измеряется исполнительным блоком и передается на блок управления. Из ЭБУ команды управления передаются в гидравлический модулятор, где они преобразуются в операции модуляции давления в тормозах. Если электроника выйдет из строя, автоматически активируется гидравлическая система аварийного отключения.

Интегрированный усилитель тормозов не зависит от вакуума и объединяет в одном блоке следующие компоненты тормозной системы: подключение к педали тормоза, главный тормозной цилиндр, выключатель стоп-сигналов, усилитель тормоза, гидравлический блок. Интегрированный усилитель тормозов устанавливается как обычный усилитель тормозов и соединяется с педалью тормоза. Первичный поршень главного тормозного цилиндра смещается при нажатии педали тормоза. Запрос водителя на торможение определяется встроенным датчиком хода педали.

Электропневматический тормозной привод (Electronic Braking System) представляет собой комбинацию электрического и пневматического приводов. Если в пневмоприводе затормаживание колес и управление аппаратами осуществляется сжатым воздухом, то в ЭПП воздух используют только в первом случае. Управление всеми аппаратами осуществляется электрическим путем.

Тормоз-замедлитель, ретардер – устройство, предназначенное для снижения скорости транспортного средства без задействования основной тормозной системы. Использование тормоза-замедлителя необходимо для эксплуатации транспортных средств (преимущественно грузовых автомобилей и автобусов) в горных условиях на длительных спусках. Из большого количества схем чаще всего применяются электромагнитная и гидравлическая.

Преимущество гидравлического тормоза-замедлителя – в стабильности тормозного усилия по мере повышения температуры, в то время как электродинамический ретардер способен выдавать большее тормозное усилие. Кроме того, существуют тормоза-замедлители, способные к рекуперации энергии при торможении с дальнейшим возвращением её при разгоне.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими причинами вызвана разработка электронных тормозных систем?
2. Опишите устройство и принцип работы электронного клинового тормоза.
3. Какими достоинствами обладает электронный клиновой тормоз?
4. Какими факторами сдерживается внедрение электронного клинового тормоза на современных автомобилях?
5. Опишите устройство и принцип работы электромеханической стояночной тормозной системы.
6. Какая информация необходима для функционирования электромеханического стояночного тормоза?
7. Укажите достоинства и недостатки электромеханического стояночного тормоза.
8. Опишите устройство и принцип работы электрогидравлической тормозной системы.
9. Каково назначения имитатора сопротивления педали тормоза?
10. Какими достоинствами обладает электрогидравлический тормоз?
11. Назначение и преимущества электропневматической тормозной системы.
12. Опишите устройство и принцип работы электропневматической тормозной системы.
13. Опишите устройство и назначение электромеханического усилителя тормозов.
14. Опишите устройство и назначение интегрированного усилителя тормозов.
15. Каково назначение тормозов-замедлителей? В чем их преимущество?

1. **Автомобильная техника: введение в специальность:** учебник / Пер. с немецкого. – Астана: Фолиант, 2017. – 720 с.
2. **Автомобильный справочник.** Пер. с англ. ООО «СтарСПб» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
3. **Системы управления бензиновыми двигателями.** Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.
4. **Смирнов Ю.А., Муханов В.В.** Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 624 с.
5. **Соснин Д.А.** Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей (Автотроника-4): учебник для вузов /Д.А. Соснин. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015. – 416 с.
6. **Техническая эксплуатация, диагностирование и ремонт двигателей внутреннего сгорания:** учебник (с электронными приложениями / А.В Александров, С.В. Алексахин, И.А. Долгов, В.А. Тармин, М.Г. Шатров . – М.: РИОР, 2020. – 448 с.
7. **Ютт В.Е.** Электрооборудование автомобилей и электромобилей: учебник для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 480 с.