Brake Systems - Part II

عملکرد ترمز

معادله زیر یک رابطه کلی برای تعیین میزان کارایی ترمز است که از قوانین نیوتن بدست آمده است:

$$M a_x = - \frac{W}{g} D_x = - F_{xf} - F_{xr} - D_A - W \sin \Theta$$

W = Vehicle weight
g = Gravitational acceleration
$D_x = - a_x$ = Linear deceleration
F_{xf} = Front axle braking force
F_{xr} = Rear axle braking force
D_A = Aerodynamic drag
Θ = Uphill grade

- در رابطه بالا نیروی ترمزی محور جلو و عقب خودرو، با توجه به فاکتورهایی مانند میزان گشتاور ترمز چرخ‌ها، اصطکاک یاتاقان‌ها و ... به‌دست آمده است.

برای به‌دست آوردن دقیق‌ترین داده‌ها، آنالیز یک به یک اجزاء لازم است.

کاهش سرعت ثابت

در حالت ایده‌الی که تمام اجزای خودرو در بهینه ترین حالت و به‌طور ثابت به عملکرد خود در حین ترمزگیری ادامه دهند رابطه زیر برای کاهش سرعت خودرو صادق خواهد بود:

$$D_x = \frac{F_{xt}}{M} = - \frac{dV}{dt}$$

F_{xt} = The total of all longitudinal deceleration forces on the vehicle (+)
V = Forward velocity

می‌توان این رابطه را به فرم انتگرالی هم نوشت:

$$\int_{V_o}^{V_f} dV = - \frac{F_{xt}}{M} \int_0^{t_s} dt \longrightarrow V_o - V_f = \frac{F_{xt}}{M} t_s$$

t_s = Time for the velocity change

انرژی و توان ترمز

دو رابطه زیر میزان توان و انرژی که ترمزها جذب می‌کنند را نشان می‌دهند:

$$\text{Energy} = \frac{M}{2} (V_o^2 - V_f^2) \qquad \text{Power} = \frac{M}{2} \frac{V_o^2}{t_s}$$

تناسب ترمز(Brake Proportioning)

کاهش سرعت در خودرو با اعمال نیروی ترمزی امکان پذیر می‌شود ولی میزان اعمال نیروی ترمز تا جایی مؤثر خواهد بود که ترمز، چرخ‌ها قفل نکند، چراکه هنگام قفل شدن چرخ‌ها، قابلیت فرمان‌دهی از دست می‌رود و مسافت ترمزگیری به علت لیز خوردن تایرها روی سطح آسفالت، بیشتر می‌شود.

برای اینکه بتوانیم تا حدودی از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری کنیم، بایستی میزان نیروی ترمزی روی محور جلو و عقب به نحوی تنظیم شده باشد که چرخ‌ها در هنگام ترمزگیری بیشترین میزان Traction را داشته باشند.

بنابراین برای ترمزگیری و کاهش سرعت D_X داریم:

$$W_f = \frac{c}{L} W + \frac{h}{L} \frac{W}{g} D_x = W_{fs} + W_d$$

$$W_r = \frac{b}{L} W - \frac{h}{L} \frac{W}{g} D_x = W_{rs} - W_d$$

W_{fs} = Front axle static load

W_{rs} = Rear axle static load

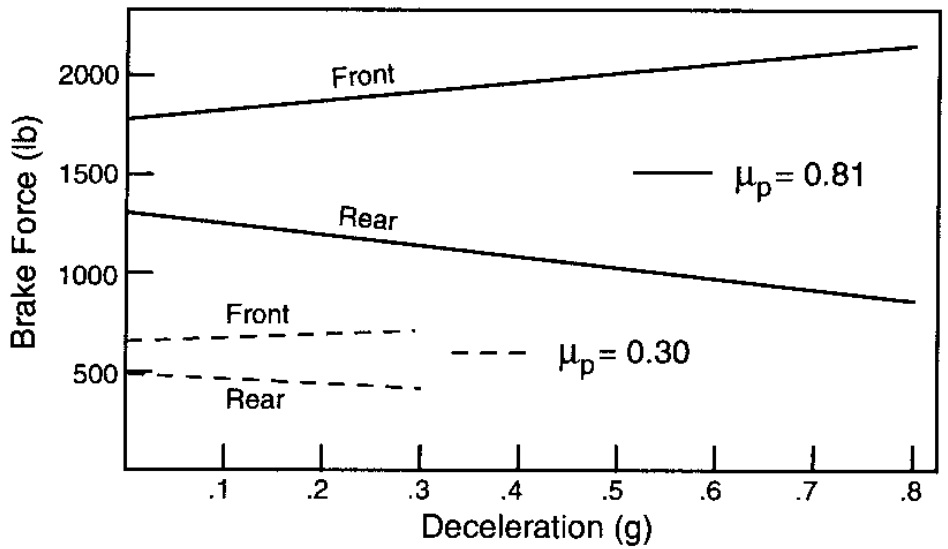
$W_d = (h/L)\,(W/g)\,D_x$ = Dynamic load transfer

میزان بیشترین نیروی ترمزی محور جلو و عقب از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_{xmf} = \mu_p W_f = \mu_p \left(W_{fs} + \frac{h}{L} \frac{W}{g} D_x\right) \rightarrow D_x = \frac{(F_{xmf} + F_{xr})}{M}$$

$$F_{xmr} = \mu_p W_r = \mu_p \left(W_{rs} - \frac{h}{L} \frac{W}{g} D_x\right) \rightarrow D_x = \frac{(F_{xmr} + F_{xf})}{M}$$

μ_p = Peak coefficient of friction

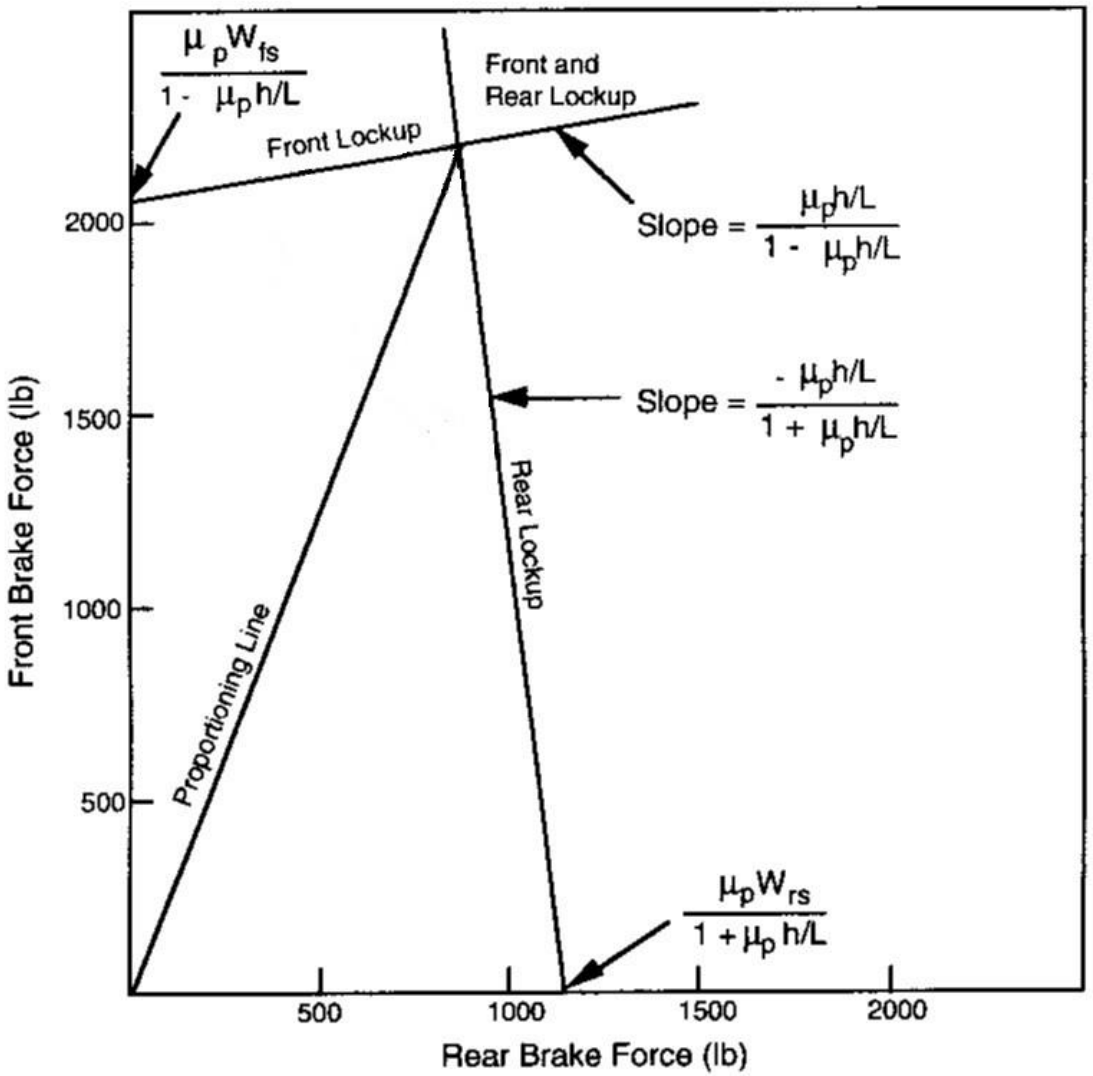


با جاگذاری کردن D_X در رابطه قبل:

$$F_{xmf} = \frac{\mu_p (W_{fs} + \frac{h}{L} F_{xr})}{1 - \mu_p \frac{h}{L}}$$

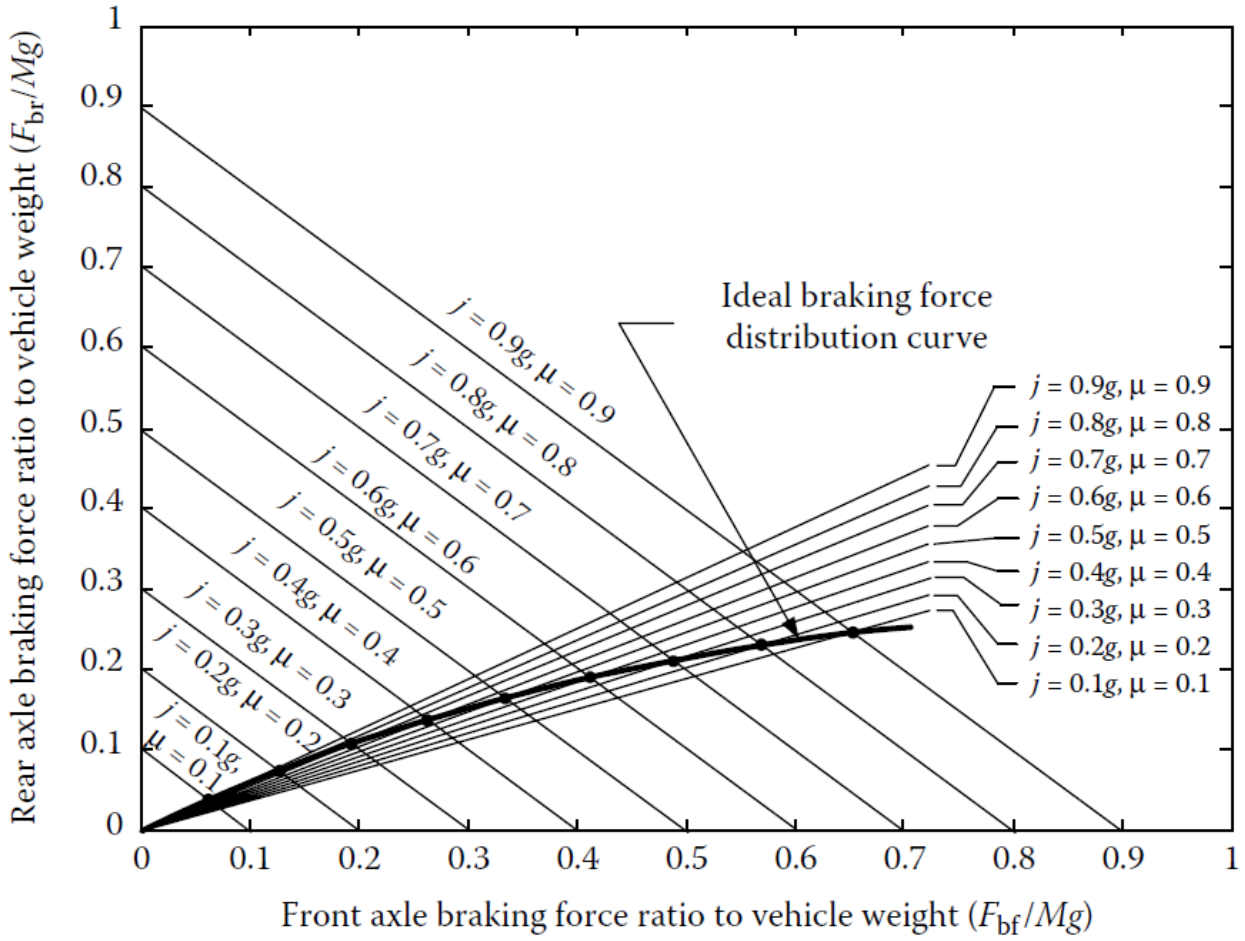
$$F_{xmr} = \frac{\mu_p (W_{rs} - \frac{h}{L} F_{xf})}{1 + \mu_p \frac{h}{L}}$$

در نمودار مقابل محور افقی نشان دهنده نیروی ترمز عقب و محور عمودی نشان دهنده نیروی ترمز جلو است و معمولاً نیروی ترمزی با میزان فشار ترمز متناسب است.



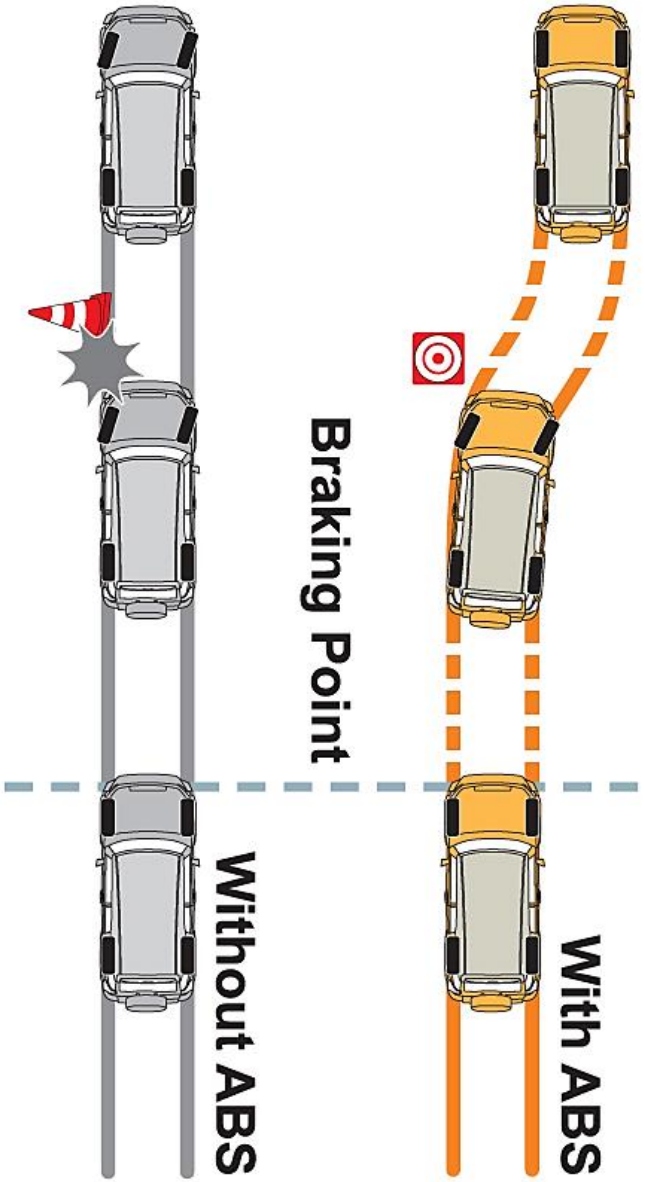
Maximum braking forces on the front and rear axles

$$|j_{\max}|_{\mu} = \frac{F_{\text{bf-max}} + F_{\text{br-max}}}{M} = \frac{(W_f + W_r)\mu}{M} = g\mu.$$



در نمودار مقابل، برای هر شتاب منفی j=a، و با فرض خطی بودن عملکرد ترمز، خطوط مورب با شیب منفی حاصل می‌شود. برای هر مقدار شتاب j، خطوط منحنی ایده ال توزیع نیروی ترمزی که از اتصال نقاط حاصل از تقاطع j با خطوط تناسب را می‌توان رسم نمود. تقاطع دو خط مورب نقطه بهینه طراحی برای آن مقدار شتاب است. با متصل نمودن نقاط بهینه طراحی، منحنی ایده‌آل توزع نیروی ترمزی حاصل می‌گردد.

Anti-lock Braking System (ABS)



- ایده اصلی ترمز ضد قفل نخستین بار در سال ۱۹۰۵ برای سیستم ترمز قطارهای آمریکایی معرفی شد. در سال ۱۹۲۰ فرانسوی‌ها از این سیستم برای جلوگیری از ترکیدن تایر هواپیما به هنگام فرود آمدن استفاده کردند.
- سر انجام در سال ۱۹۲۸ کمپانی Bosch طرح اولیه و ثبت اختراع این سیستم را به نام خودش ثبت کرد ولی اقدامی برای ساخت آن نکرد.
- اولین سیستم کارآمد و آماده برای تولید در سال ۱۹۵۸ توسط کمپانی Dunlop تولید شد و در هر سه صنعت هواپیمایی و راه آهن و خودرو مورد استفاده قرار گرفت. این سیستم قادر بود مسافت ترمز را در یخ و باران تا ۳۰ درصد نسبت به سیستم‌های عادی کاهش دهد.
- ترمز ضد قفل (ABS) یک سیستم ایمنی برای ترمز در خودروها است که مانع قفل‌شدن چرخ‌های خودرو در هنگام ترمزگیری توسط راننده می‌شود.
- مزیت اصلی این سیستم این است که در خودروی فاقد این سیستم در هنگام ترمزگیری شدید، چرخ قفل شده و دچار لغزش در خط صافِ مماس بر مسیر شده و قابلیت فرماندپذیری ندارد ولی این سیستم با ۱۶ بار قطع و وصل کردن ترمز در ثانیه، به چرخ اجازه غلتش می‌دهد و همین قابلیت فرماندپذیری را به خودرو برمی‌گرداند.

اجزای ترمز ABS

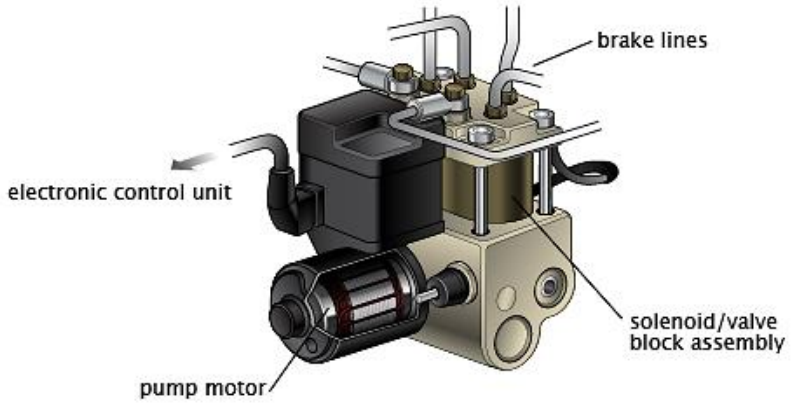
این سیستم ۴ عضو اصلی دارد:

Speed sensor

سنسور سرعت

برای هر چرخ یک سنسور مجزا تعبیه شده تا میزان افزایش یا کاهش سرعت هر چرخ سنجیده شود.

این سنسورها به این صورت کار می‌کنند که با چرخش چرخ‌ها، در آنها میدان مغناطیسی ایجاد شده و از این طریق سرعت هر چرخ را به واحد کنترل اعلام می‌کند.



شیر (وَلو) کنترل هر چرخ

برای لوله ترمز هر چرخ یک ولو تعبیه شده است. این ولوها معمولاً ۳ موقعیت دارند:

موقعیت اول: ولو باز است و تمام فشار از Master Cylinder به ترمز می‌رسد.

موقعیت دوم: ولو بسته است و ترمز مورد نظر به‌طور کامل ایزوله می‌شود، یعنی هیچ فشاری ندارد. (در این حالت، ABS جلوی خطای راننده را می‌گیرد.)

موقعیت سوم: ولو نیمه باز است و مقداری از فشار ترمز را رها می‌کند.

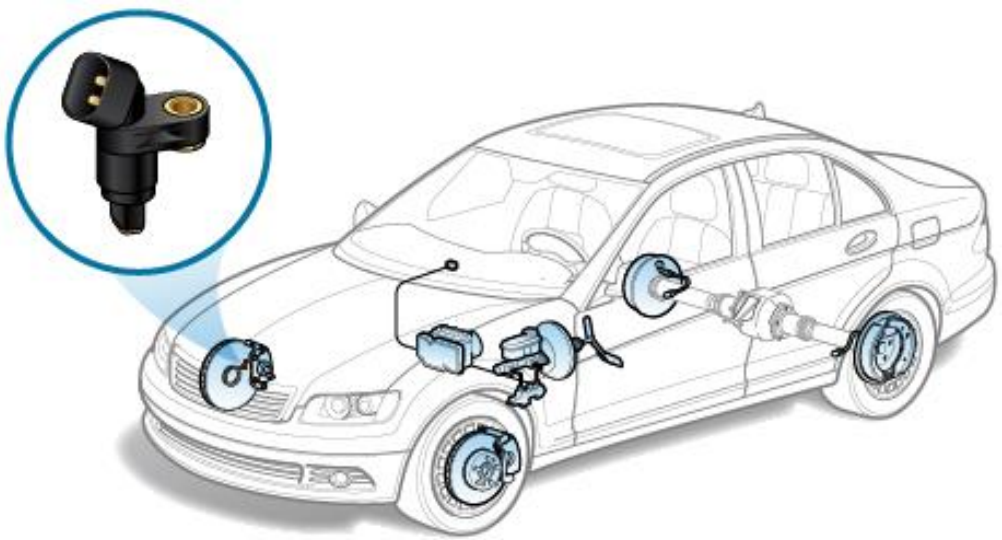
پمپ

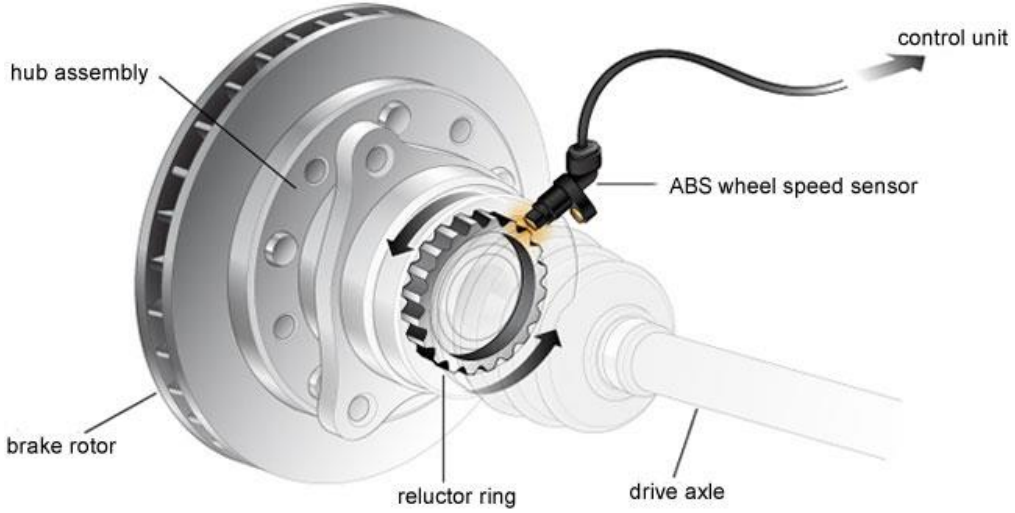
کار این پمپ در واقع بازیابی مقدار مورد نیاز فشار ترمز برای ترمزگیری هر چه قوی‌تر است. در واقع این پمپ ترمز چرخ را در آستانه لغزش نگه می‌دارد.

واحد کنترل

یا همان واحد ECU سرعت هر چرخ را مانیتور کرده و اگر چرخی تغییر سرعت ناگهانی داشته باشد، ماژول ABS را فعال کرده که باعث باز و بسته شدن ولوها می‌شود.

طرز کار ترمز ABS



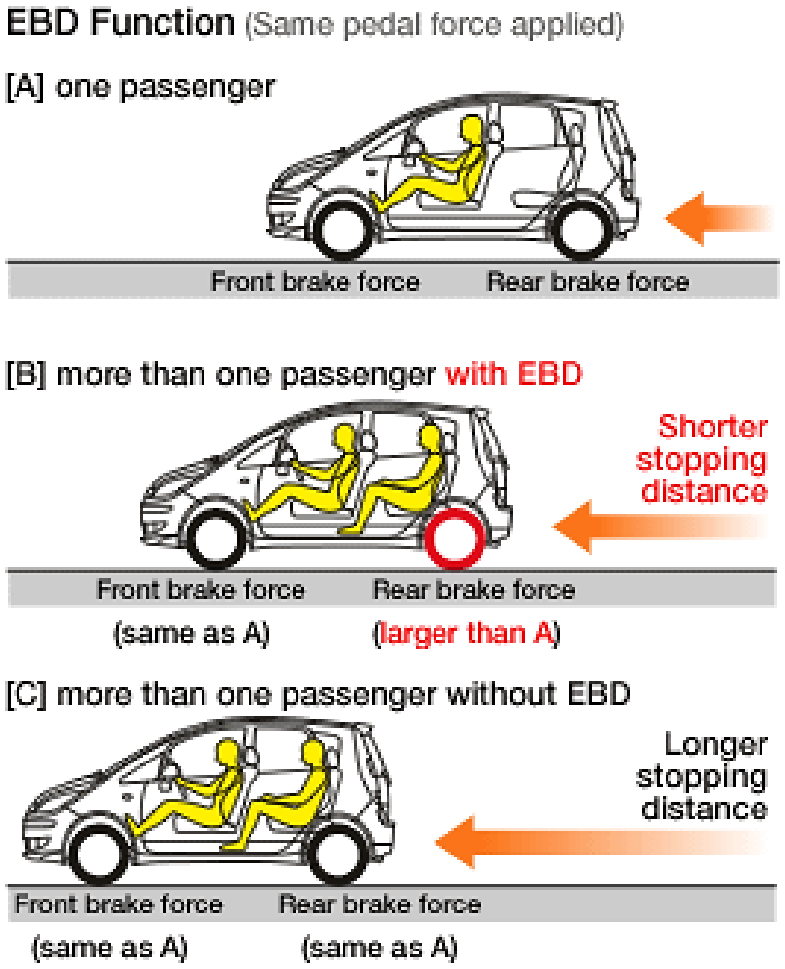


1. در سیستم ABS، چرخ‌ها به سنسورهایی جهت سنجش سرعت‌شان مجهز می‌شوند.
2. در حالت غلتش چرخ‌های خودرو، سرعت تقریباً مساوی دارند. (سرعت زاویه‌ای چرخ‌ها تنها هنگام حرکت مستقیم آن هم به شرطی که شعاع تایرها یکسان باشد مساوی خواهد بود.)
3. حال به هنگام ترمزگیری شدید، عموماً چرخ‌های جلو دچار لغزش کامل می‌شوند (به اصطلاح قفل می‌کنند) یعنی سرعت زاویه‌ای آنها به طور ناگهانی صفر می‌شود.
4. سنسورها نیز این تغییر سرعت ناگهانی در چرخ‌ها را به واحد کنترل ABS ارسال می‌کند.
5. واحد کنترل با بررسی سرعت چرخ‌ها، فرمان‌هایی را برای کم‌کردن فشار از روی سیلندر ترمزِ آن چرخ ارسال می‌کند تا چرخ بتواند دوباره به چرخش درآید.
6. با آزاد شدن چرخ فشار سیال ترمز دوباره به حالت عادی باز خواهد گشت.

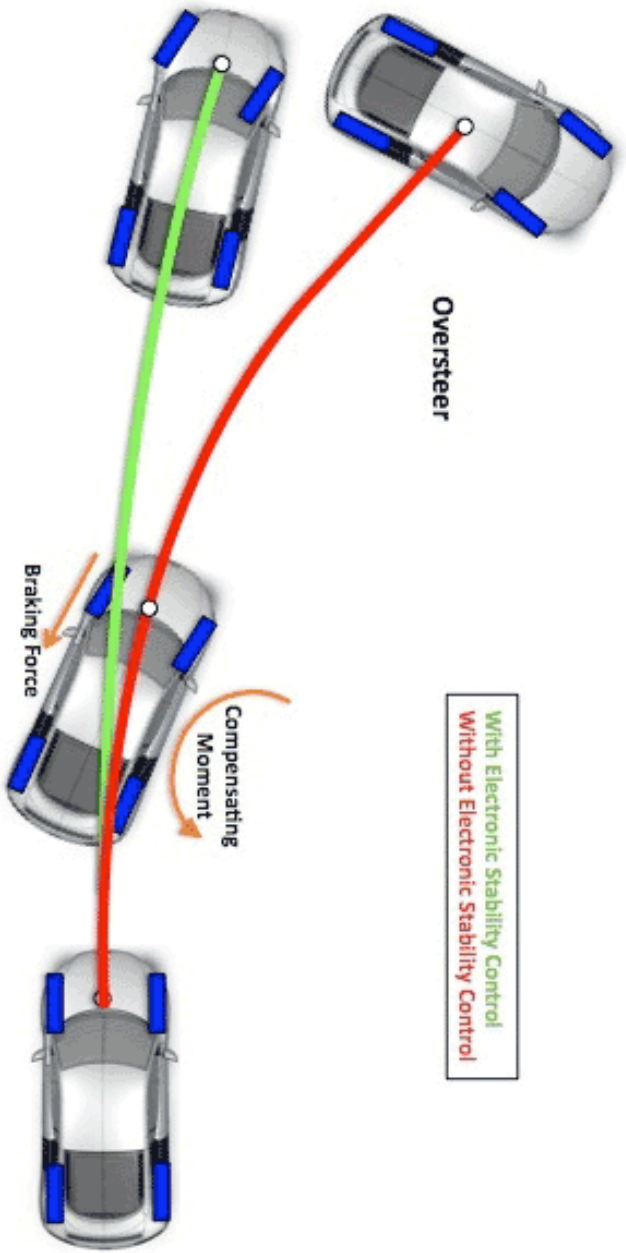
- اگر این سیستم در خودرویی نبود، راننده بایستی به هنگام قفل شدن چرخ‌ها، فشار روی پدال را به سرعت، کم و زیاد کند تا بتواند چرخ را از حالت قفل شدن خارج کند.
- راننده به هنگام به کار افتادن ABS، لرزش در زیر پای خود حس می‌کند که این به‌علت باز و بسته شدن سریع ولو پمپ ترمز است. این سیستم می‌تواند تا ۱۶ بار در ثانیه ، ولو را باز و بسته کند.

Electronic Brake-force Distribution (EBD)

- EBD در واقع تکنولوژی ترمز در خودرو است که میزان نیروی ترمزی روی هر چرخ را متناسب با شرایط و عوامل درگیر با آن چرخ تعیین می‌کند.
- نیروی ترمزی برای هر چرخ با توجه به سطح جاده، سرعت هرچرخ، بارگذاری روی هر چرخ ، میزان باد تایر و ... تعیین می‌شود.
- اگر خودرویی مجهز به این سیستم باشد، همیشه با سیستم ABS همراه می‌شود.
- این سیستم به مقدار زیادی مسافت ترمزگیری را کم می‌کند و همچنین گشتاور لازم بروی هر چرخ را برای اینکه خودرو بتواند در خط مستقیم و بدون انحراف ترمز بگیرد، فراهم می‌سازد.
- شاید بزرگترین نقش این سیستم هنگام بارگذاری سنگین خودرو نمایان شود.
- همانطور که در شکل مقابل می‌بینیم، خودرویی که بارگذاری کامل دارد، به هنگام ترمز گیری از آن جهت که تمام وزنش به سمت جلو تمایل پیدا می‌کند در نتیجه در همین حین بار روی چرخ‌های عقب کم می‌شود، این سیستم با بیشتر کردن نیروی ترمز چرخ‌های عقب و همچنین زودتر درگیر کردن آنها، باعث ایجاد تعادل وزن در تمامی چرخ‌های جلو و عقب خودرو شده و مسافت ترمزگیری را به شدت کاهش می‌دهد.

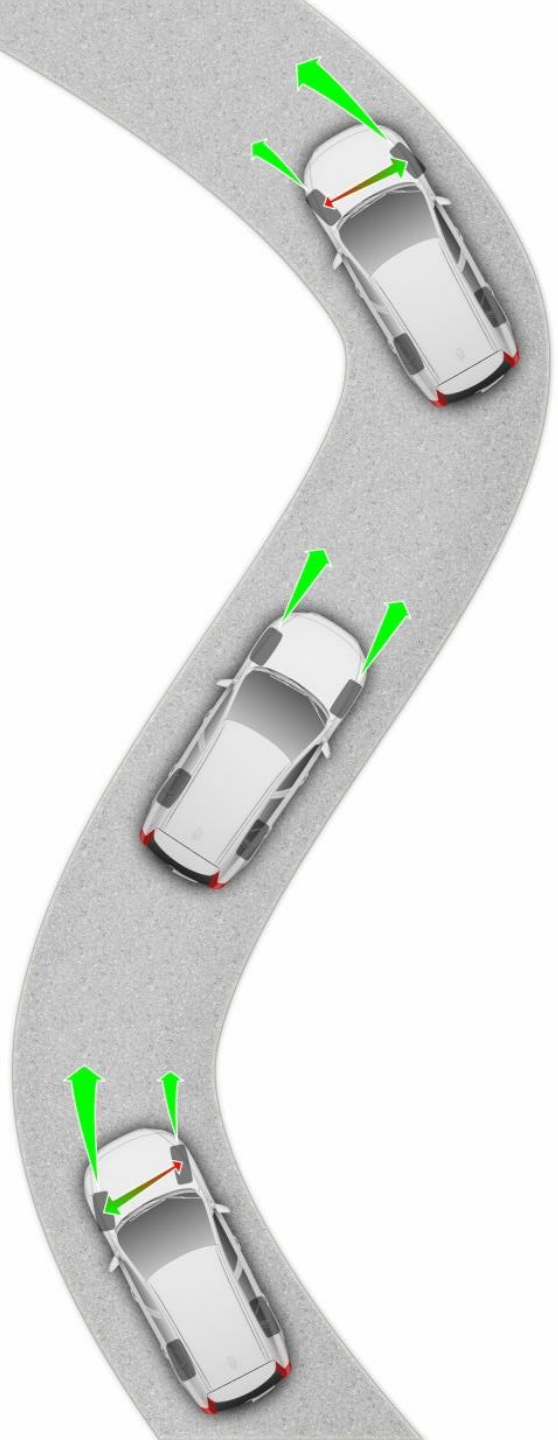


Electronic Stability Control



- این سیستم با نام‌های Electronic Stability Program (ESP) و Dynamic Stability Control (DSC) هم شناخته می‌شود که در واقع تکنولوژی کامپیوتری است که به حفظ تعادل طولی و عرضی خودرو کمک می‌کند.
- این سیستم کار خود را با تشخیص دادن و سپس کاهش دادن لغزش در هر یک چرخ‌ها انجام می‌دهد، به‌طور مثال سیستم ESC در هنگامی که فرمان دادن از دست می‌رود، با اعمال کردن نیروی ترمزی به هر یک از چرخ‌ها (به‌طور جداگانه)، قدرت فرمان‌دهی را به خودرو باز می‌گرداند.
- این سیستم به هنگام Oversteer چرخ بیرونی جلوئی و به هنگام Understeer چرخ داخلی عقبی را ترمز می‌زند.
- برخی سیستم‌ها با محدود کردن powertrain خودرو از لغزش اضافی چرخ‌ها جلوگیری می‌کنند.
- با توجه به آماری که IIHS و NHTSA اعلام کرده‌اند، این سیستم ۳۰ درصد از تصادفات مرگبار را کاهش داده است.
- ایده ساخت این سیستم در دهه ۸۰ توسط کمپانی‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفت و حتی چند سیستم ساخته شد ولی بهترین و کارآمد ترین سیستم در سال ۱۹۹۲ توسط کمپانی Bosch و BMW طراحی و ساخته شد که امروزه در بسیاری از خودروها استفاده می‌شوند.
- البته این نیز باید گفته شود که کمپانی Bosch از سال ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۲ با کمپانی Mercedes-Benz روی تعادل عرضی مطالعاتی را انجام داد که منجر به ساخت نمونه اولیه هم شد ولی اتمام کار با کمپانی BMW انجام شد.
- برای کارآمدی این سیستم آزمونی تحت عنوان Moose Test (تست گوزن) انجام می‌شود.

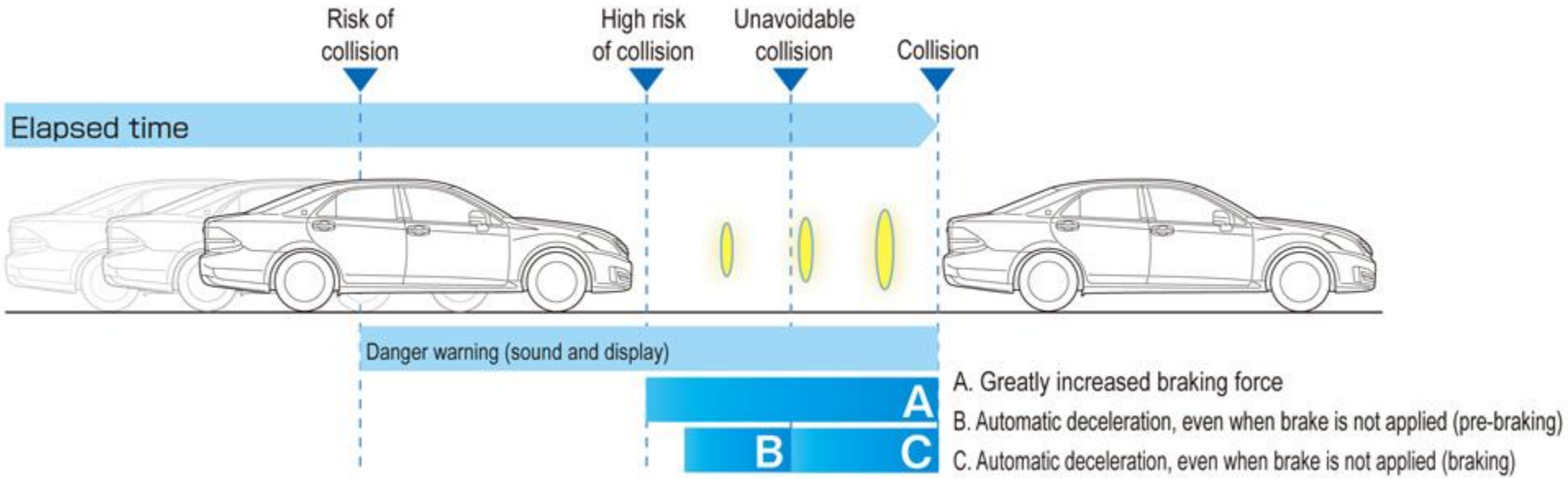
Traction Control System

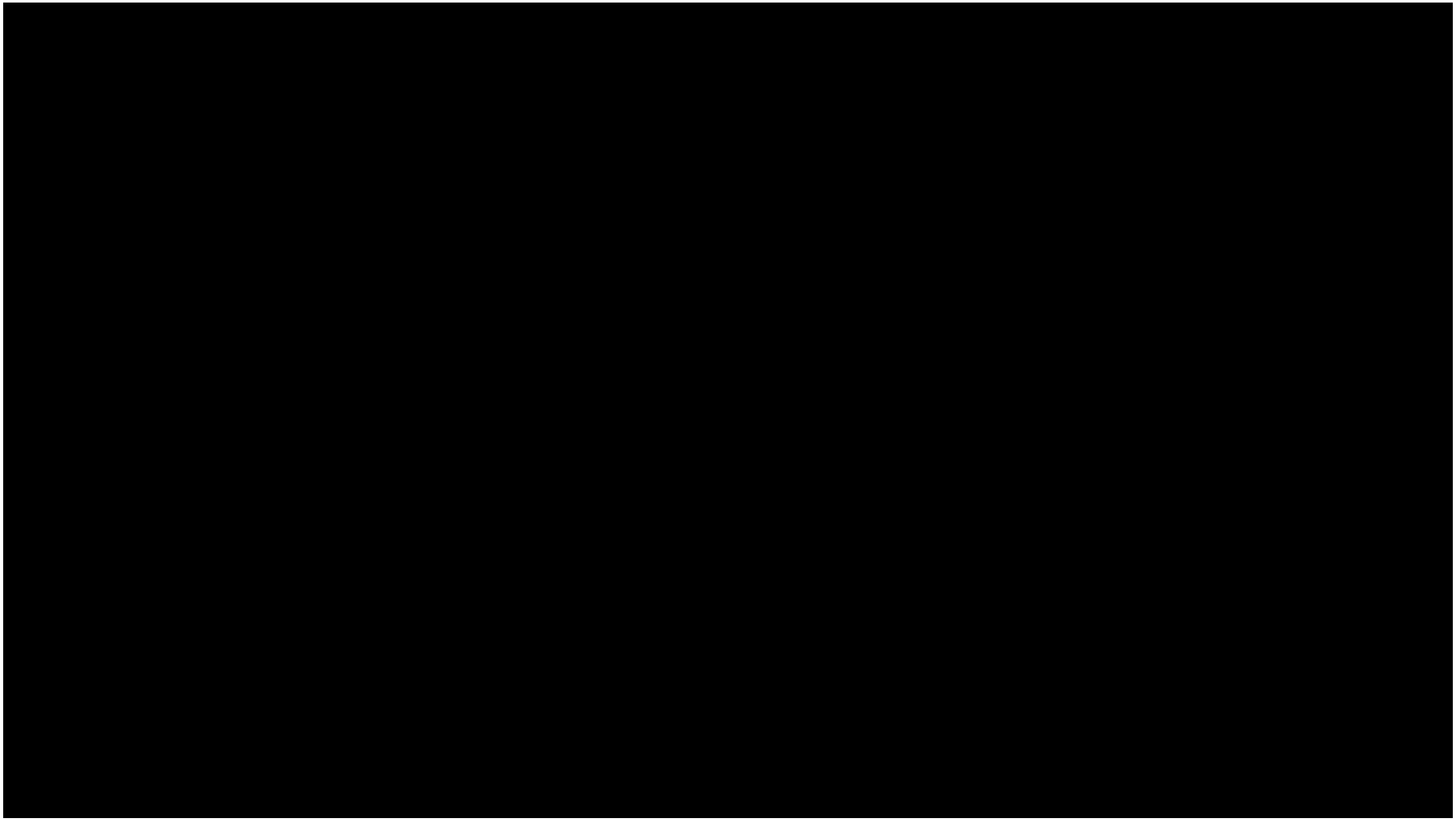


- سیستم TCS عموماً (نه لزوماً) به‌عنوان یک عملگر ثانویه در کنار سیستم ESC کاربرد دارد.البته این سیستم برای کارآمد بودن نیاز به سیستم ABS دارد.
- این سیستم طراحی شده تا بتواند از فقدان Traction جلوگیری کند.
- سیستم TCS هنگامی شروع به‌کار می‌کند که میزان گشتاور تولید شده توسط موتور با میزان گشتاور چرخ‌ها با سطح جاده متناسب نباشد.
- این سیستم کار خود را به یک یا چند حالت زیر انجام می‌دهد:
  - کاهش یا افزایش گشتاور با ترمز گرفتن یا افزایش گشتاور روی یک یا چند چرخ اعمال می‌شود.
  - میزان فعالیت شمع‌های روی یک یا چند سیلندر را محدود یا اضافه می‌کند.
  - میزان سوخت ورودی به یک یا چند سیلندر را کاهش یا افرایش می‌دهد.
  - دریچه گاز خودرو را کنترل می‌کند.
  - در خودروهایی که دارای Turbocharger یا Supercharger هستند، فشار Boost را کنترل می‌کند.
- ایده اولیه برای ساخت این سیستم با توجه به عملکرد سیستم Limited Slip Differential و ارتقاً آن بود که قبلاً تنها در خودروهای محرک عقب استفاده می‌شد.
- این سیستم در سال ۱۹۷۱ به‌طور انحصاری توسط کمپانی Buick اختراع و تولید شد و سپس در سال ۱۹۷۹ کمپانی Cadillac نیز سیستمی با عملکرد مشابه را به صنعت ارائه داد.

Collision Avoidance System

- همانطور که از نام این سیستم پیداست، کار آن جلوگیری از برخورد خودرو با موانع است و این سیستم لازمه خودروهای Autonomous است.
- سیستم CAS اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط تیم مهندسی Hughes در کالیفرنیای آمریکا طراحی شد و با کمک کمپانی Delco و GM به تولید انبوه رسید و از آن پس بسیاری از کمپانی‌ها نیز سیستم انحصاری خود را توسعه دادند.
- این سیستم طبق دستور دولت آمریکا و اتحادیه اروپا بایستی تا سال ۲۰۲۲ بر روی تمامی خودروهای سبک و سنگین نصب شود، چراکه این سیستم طبق آماری که NHTSA تهیه کرده، قادر است سالانه بیش از ۲۸ هزار تصادف و ۱۲ هزار جراحت مربوط به تصادفات رانندگی را جلوگیری کند.
- این سیستم کار خود را با استفاده از دوربین جلوی خودرو ، سنسورهای مادون قرمز و سونار و در نهایت پردازش کردن تصویر دریافتی انجام می‌دهد.
- در سال ۲۰۱۶ حمله تروریستی در برلین آلمان که با یک کامیون Scania مجهز به همین سیستم انجام شد، تنها ۱۲ کشته داد و با ترمز گرفتن کامیون ناکام ماند، ولی در حمله مشابهی که در شهر نیس فرانسه با یک کامیون Renault فاقد این سیستم انجام شد، ۸۶ نفر را کشت.



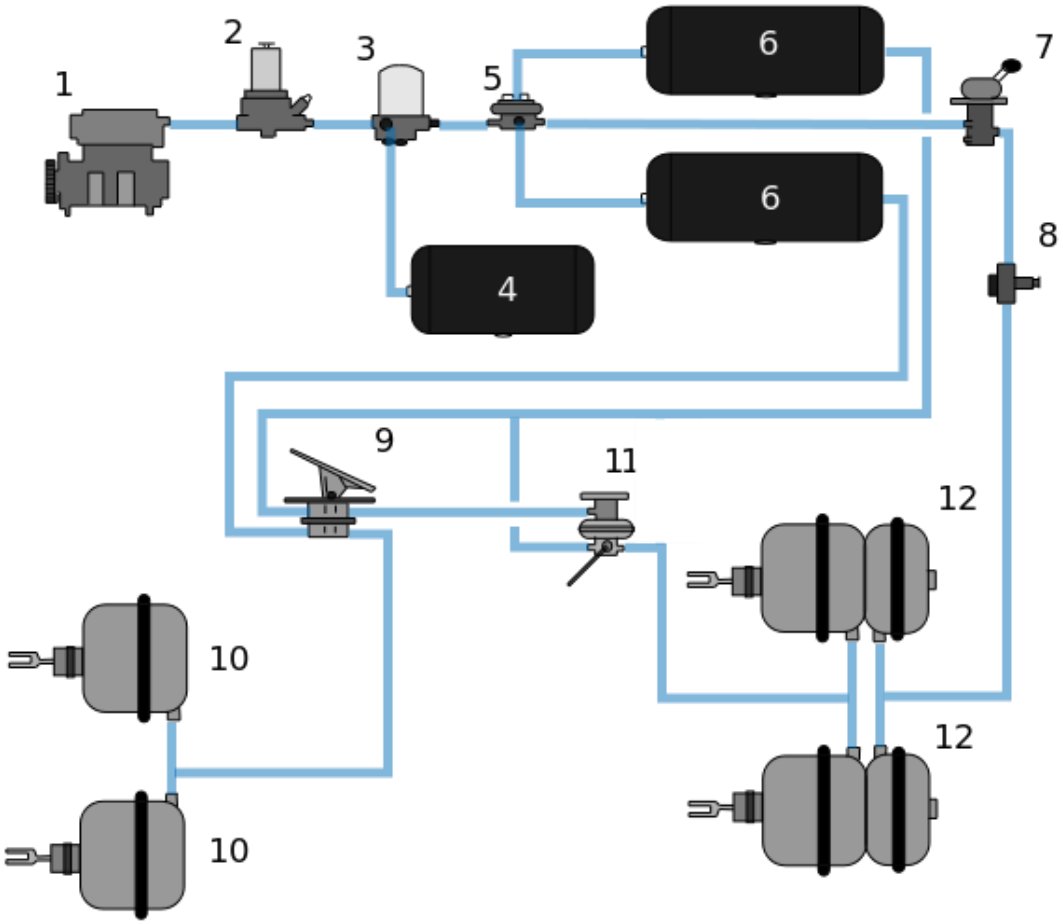


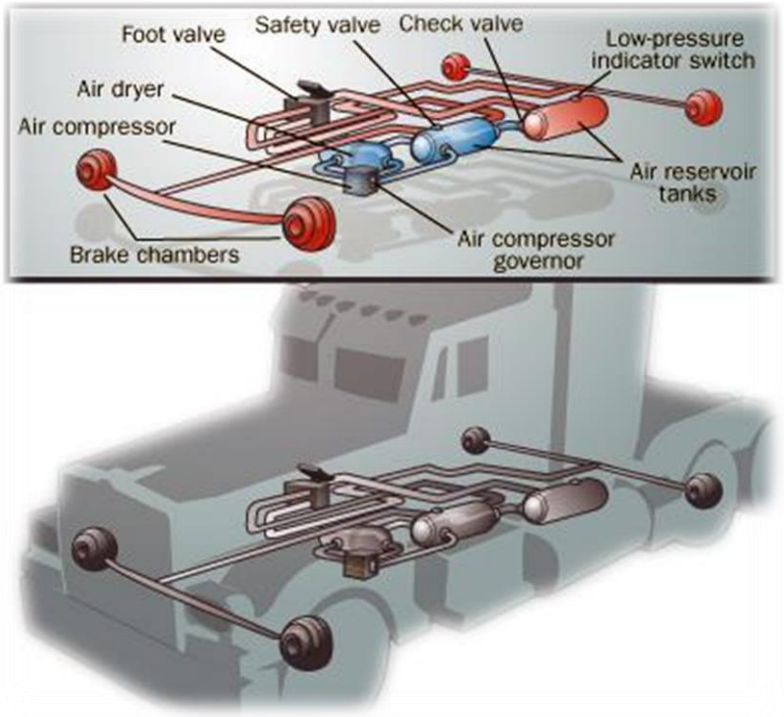
Compressed Air Brake System

- این سیستم اولین بار توسط کمپانی Westinghouse در سال ۱۸۷۲طراحی و ساخته شد.
- این سیستم ابتدا در قطارها استفاده می‌شد و سپس در ابتدای قرن بیستم راه خود را به خودروها و ماشین آلات سنگین پیدا کرد.
- تفاوت این سیستم با سیستم‌هایی که در خودروهای سبک استفاده می‌شود فقط در مکانیزم تولید فشار لازم برای ایجاد نیروی ترمزی است، که در خودروی سبک از مایع هیدرولیک استفاده شده ولی در این سیستم از هوا برای ایجاد فشار پشت Brake Pad استفاده می‌کند.
- این سیستم برای ترمز چرخ‌ها می‌تواند هم از سیستم دیسکی و هم از سیستم کاسه‌ای استفاده کند.
- مزایای انتخاب این سیستم برای خودروهای سنگین به شرح زیر است:

1. تامین هوا برای سیستم بی‌نهایت است و سیستم حتی در هنگام نشتی، عاری از سیال ترمزی نخواهد بود.
2. سیستم نیاز به هواگیری ندارد، بنابراین براحتی اسمبل می‌شود و تعمیرات راحتی دارد.
3. در این سیستم هوا نه تنها به عنوان سیال انتقال نیروی ترمزی استفاده شده بلکه به عنوان منبع ذخیره کننده نیروی پتانسیل است که به نوعی کنترل کننده نیروی ترمزی است که باعث می‌شود ترمزگیری بالغ‌تر انجام شود.
4. ترمز هوایی حتی با میزان قابل توجه نشتی، می‌تواند کار کند یعنی ضریب اطمینان بالاتری نسبت به سیستم‌های هیدرولیکی دارد و این اصلی‌ترین علت برتری این سیستم نسبت به سیستم هیدرولیکی است.

Simplified air brake diagram



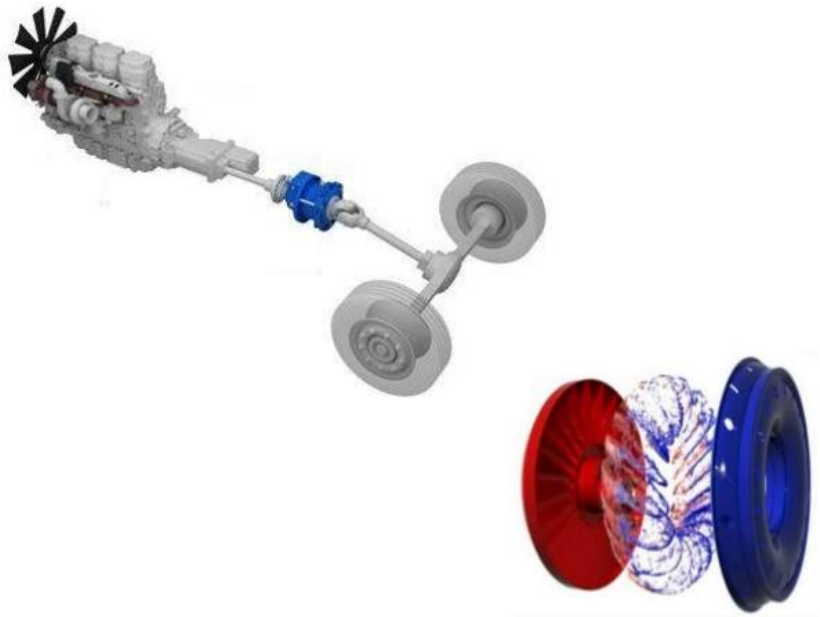


1. air compressor
2. pressure regulator/governor
3. air dryer
4. regeneration reservoir
5. four way protection valve
6. air reservoirs tank
7. park brake hand control valve
8. park brake safety release valve
9. brake foot valve
10. front air brake chambers
11. brake relay valve + load sensing valve
12. rear spring brake chambers

ریتاردر(Retarder)

- ریتاردر (کُند کننده) دستگاهی است که به عنوان ترمز بدون اصطکاک در کنار ترمز اصلی خودرو عمل می‌کند و باعث کاهش هر چه زودتر سرعت خودرو می‌شود. علت اصلی استفاده از ریتاردر، پدیده Brake Fade در ترمزهای اصطکاکی است.
- ریتاردر قابلیت توقف کامل خودروی سنگین را ندارد ولی می‌تواند در سرعت‌های بالا و یا سراشیبی به کمک ترمز اصطکاکی بیاید و حتی باعث کاهش ۲۰ درصدی مسافت ترمزگیری شود.
- ریتاردر در قطارها نیز استفاده می‌شوند چراکه در قطارها ترمز اصطکاکی به تنهایی نمی‌تواند باعث توقف شود چراکه پس از ترمزگیری، در ترمزهای قطار سریعاً پدیده Brake fade رخ می‌دهد و باعث ناکارآمدی این ترمزها حتی در سرعت‌های پایین می‌شود.

ریتاردر هیدرولیکی



- ریتاردر هیدرولیکی از پدیده viscous drag برای کند کردن خودرو استفاده می‌کند. این ریتاردر انواع مختلفی دارد و می‌تواند از آب، روغن یا ترکیبی از این دو برای کند کردن استفاده کند.
- طریقه کار این دستگاه بسیار ساده است. به این صورت که دستگاه ریتاردر هیدرولیک بر روی شفتی که از سیستم انتقال قدرت خارج شده (معمولاً بین کلاچ و چرخ‌ها) قرار گرفته و هنگامی که به Retardation نیاز باشد، محفظه دستگاه تحت فشار سیال قرار گرفته و صرفاً لزجت سیال تحت فشار حرکت شفت را دچار اختلال می‌کند و باعث کند شدن حرکت خودرو می‌شود.
- این سیستم بسیار کم صدا تر از سایر سیستم‌های ریتادر مانند Engine Brake است.

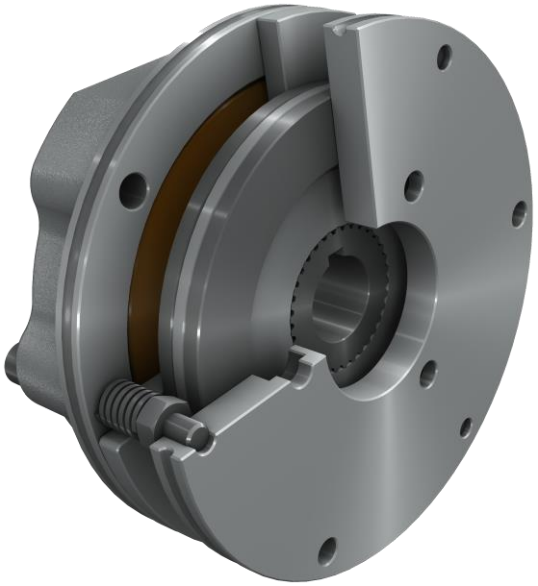
ریتاردر الکتریکی: ترمز فوکو (Electric Retarder: Eddy current brake)

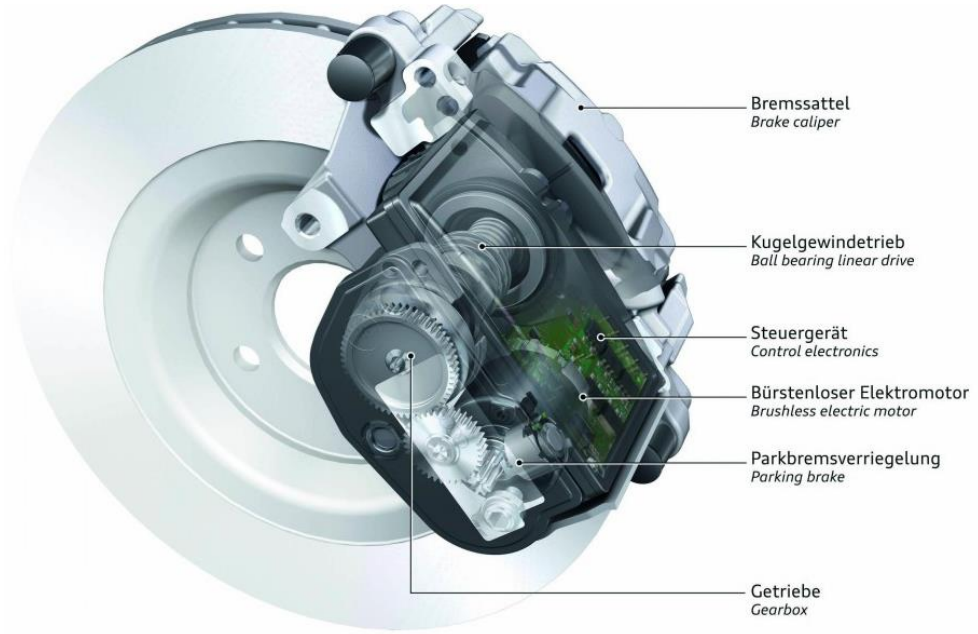
- ترمز جریان گردابی یا ترمز فوکو نوعی ترمز است که از تولید جریان‌های گردابی برای اتلاف انرژی جنبشی به‌صورت گرما بهره می‌برد. این ترمز معمولاً بروی ماشین آلات سنگین مانند قطار استفاده می‌شود.
- ترمزهای فوکو به علت نداشتن اصطکاک دچار سایش نمی‌شوند و حتی در سطوح خیس یا خاکی که دیسک کثیف شده نیز، از نیروی ترمزی آن‌ها کاسته نمی‌شود.
- گشتاور مخالف تولیدی این ترمزها در سرعت‌های پایین، ممکن است برای توقف کافی نباشد و به‌همین خاطر از چنین ترمزهایی به‌عنوان ترمز کمکی استفاده می‌شود.
- ساختار یک ترمز جریان گردابی رایج از دو بخش روتور و استاتور تشکیل شده است.
- روتور که معمولاً از جنس آهن خاص یا فلزات دارای هدایت مغناطیسی خوب و دارای پسماند مغناطیسی پایین (مثل فولاد با کربن پایین یا فولاد آلیاژی) ساخته شده است.
- استاتور روی بدنه دستگاه در حال حرکت سوار است و فاصله هوایی بین روتور و استاتور بین ۱ تا ۱.۵ میلیمتر است.
- با چرخش استاتور در میدان مغناطیسی‌ای که در روتور ایجاد کرده، مطابق قانون القای فارادی، جریان گردابی در روتور القا می‌شود. به علت اثر پوستی بیشتر این جریان در سطح روتور متمرکز است.
- جریان گردابی ایجادشده ، مطابق قانون لنز، موجب تولید جریان دیگری خواهد شد که با جریان اولیه مخالفت می‌کند و سبب تولید گشتاوری بر خلاف جهت گردش روتور خواهد شد که به توقف موتور کمک می‌کند.

برای انواع اتوبوس و تریلی
خشک کن باد کامیون
شرایط پذیرش نماینده درسایت :
www.Truck.AirDryer.ir
۰۹۱۰۲۲۲۶۶۹۳
aparat.com/airdryer

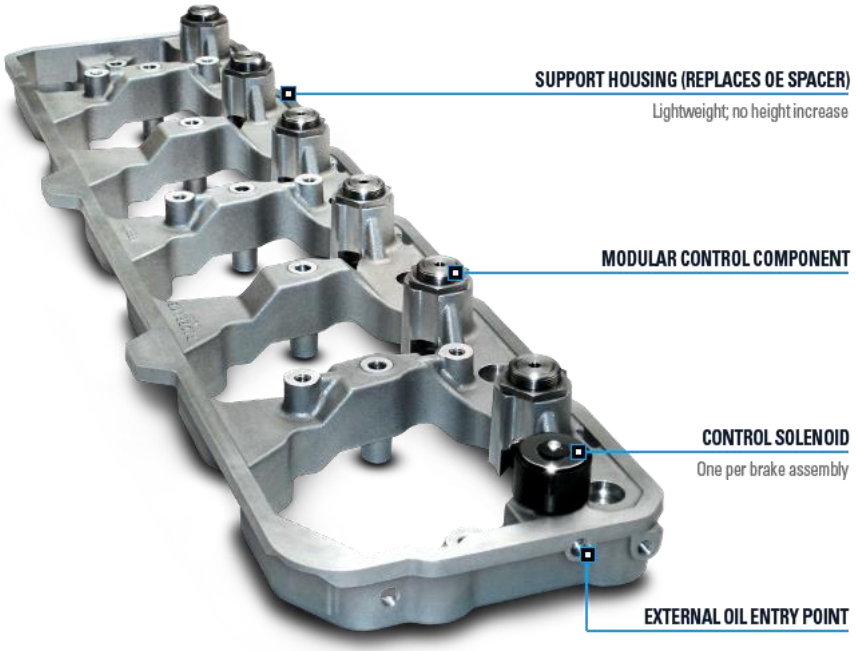
Electromagnetic brake

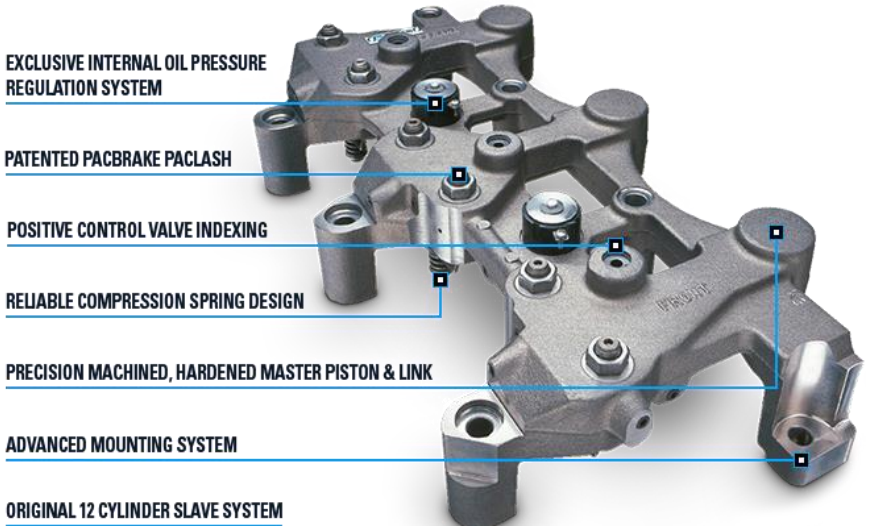
- یا Electro-Mechanical Brake کاهش سرعت و توقف کامل را با استفاده از اعمال نیروی الکترومغناطیسی برای ایجاد اصطکاک روی دیسک میسر می‌سازد.
- این سیستم بر روی قطارها و خودروهای سنگین صنعتی قابل نصب است.
- انواع این سیستم عبارتند از :
- Single Face : این سیستم مانند ترمز خودرو سبک تنها یک دیسک برای ایجاد اصطکاک دارد و تقریباً ۸۰ درصد از این نوع هستند.
- Power off: این سیستم مانند ترمز اضطراری عمل می‌کند یعنی هنگام قطع برق یا از دست رفتن ترمز اصلی، ترمز می‌گیرند.
- Particle: این سیستم از ذرات الکترومغناطیس، برای اعمال نیروی ترمزی بر روی دیسکی که در حال چرخش در این ذرات است استفاده می‌کند به این صورت که هنگامی که جریان الکتریسیته اعمال می‌شود این ذرات محکم‌تر می‌شود و بر روی دیسک ایجاد اصطکاک می‌کنند.
- Multiple disk : این سیستم از ۲ یا چند دیسک که به هنگام اعمال الکتریسیته به یکدیگر فشرده می‌شوند ایجاد نیروی ترمزی می‌کند.
- در سال ۲۰۱۲ کمپانی‌های Mercedes-Benz و Audi سیستم‌هایی بر همین اساس طراحی کردند ولی هیچکدام به بازار خودروهای سبک وارد نشده‌اند ولی منجر به ساخت و توسعه سیستم‌های ترمز Hydro-Electric شدند که توانایی اعمال بهینه‌تر نیروی هیدرولیک ترمزی را دارند.





Engine Brake





- Engine Braking در واقع عبارتی ناطق برای یک ریتاردر است که بیان می‌کند، این نوع دستگاهِ ریتاردر، عمل کُند کنندگی خود را مستقیماً با درگیر کردنِ موتور خودرو انجام می‌دهد.
- Engine Braking در موتورهای بنزینی معمولاً به هنگامی که پدال گاز رها شده به طور اتوماتیک با محدود کردن میزان هوای ورودی موتورباعث ایجاد خلأ بسیار بالایی شده که سیلندرهای موتور بایستی بر ضد این کمبود فشار غلبه کنند و همین باعث کند شدن زود هنگام حرکت موتور می‌شود.(به‌طور کلی این سیستم هوای موتور را محدود می‌کند.)
- Engine Braking در موتورهای دیزلی به‌طور متفاوتی انجام می‌شود و سه نوع عملکرد دارد:

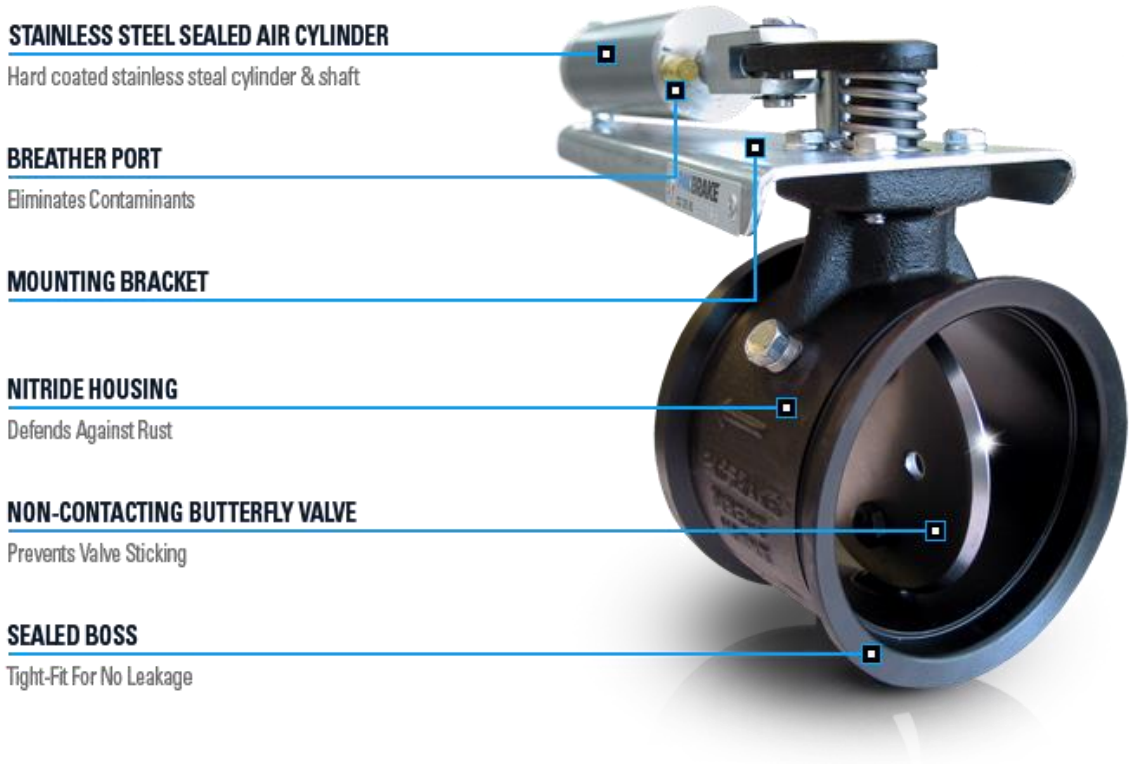
Compression Release Brake: به این صورت است که موتورهای دیزل (بر عکس موتور بنزینی) برای کارکرد مناسب، دائماً در حال تغییر دادن نسبت میزان هوای ورودی به مقدار سوخت هستند و به این علت که این موتورها به اندازه موتور بنزینی خلأ ایجاد نمی‌کنند، برای Retardation باید نسبت تراکم را بالاتر ببرند و این به معنای کار بیشتر برای موتور است که در نهایت باعث کند شدن آن می‌شود.

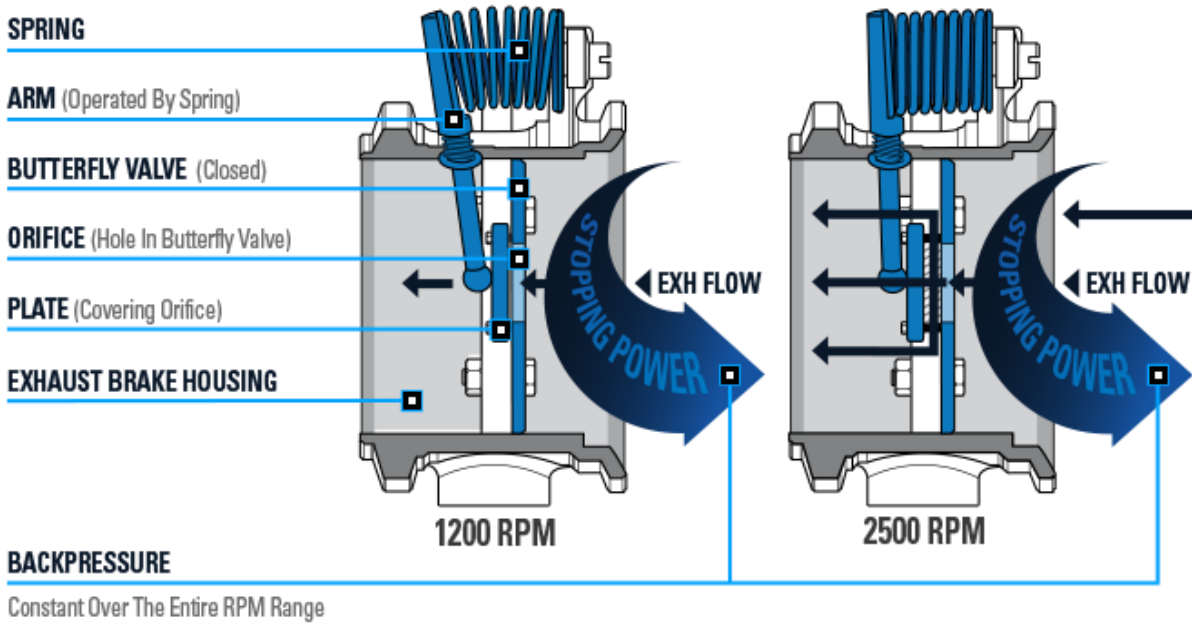
این سیستم در یک موتور 565 hp می‌تواند تا 600 hp ایجاد نیروی ترمزی کند ولی برای انجام این کار صدای بسیار بسیار زیادی مانند صدای مسلسل تولید می‌کند و همین باعث ممنوعیت استفاده این سیستم در بیشتر مناطق مسکونی و شهری می‌شود.

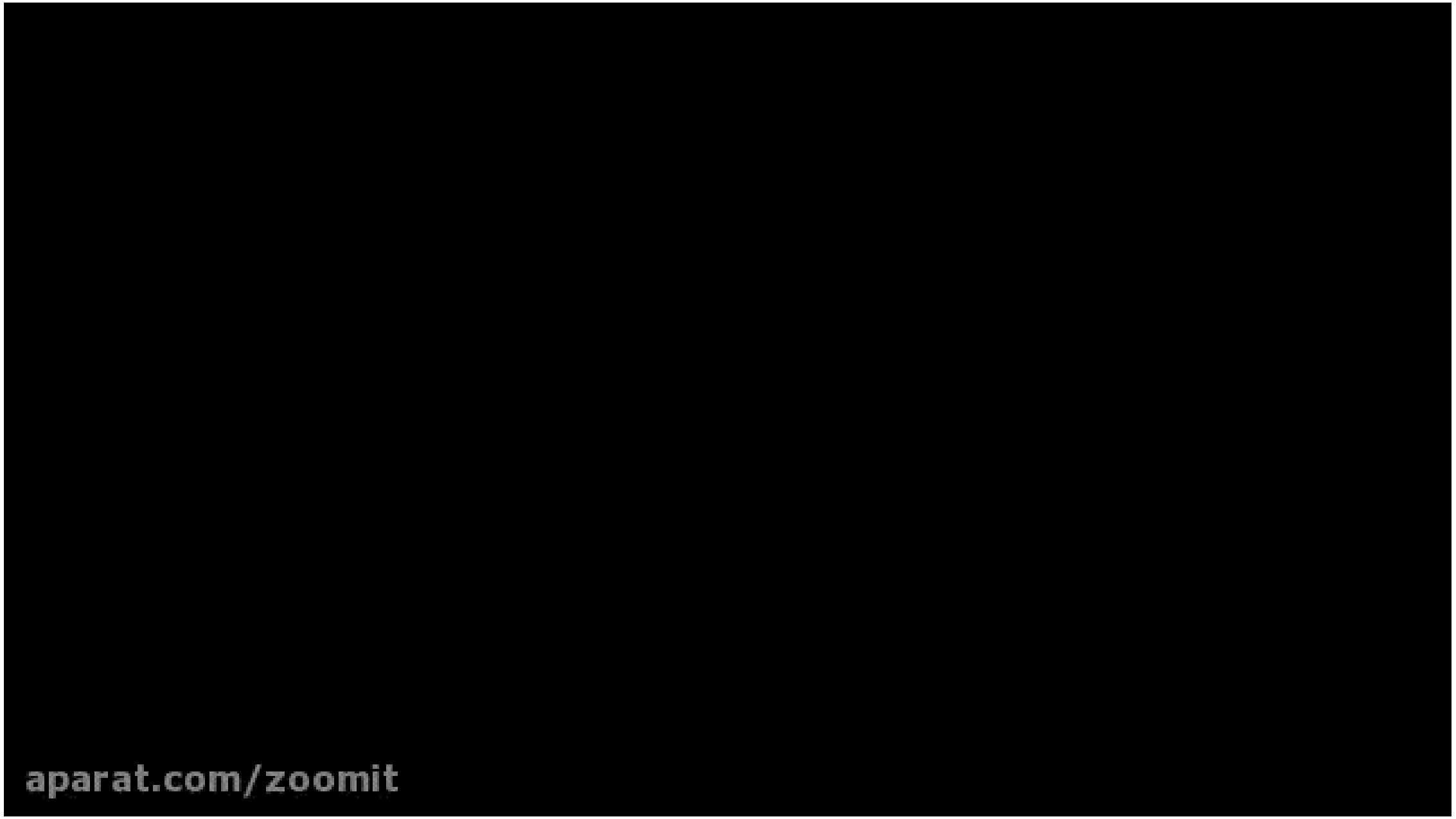
Exhaust Brake: همانطور که از نام این سیستم پیداست این سیستم با ایجاد محدودیت برای هوای خروجی اگزوز، برای موتور ایجاد اختلال می‌کند که موتور باید برای خارج کردن دود حاصل از احتراق، بیشتر کار کند و همین باعث کند شدن موتور می‌شود.

Exhaust Obstructions: در موتورهای دیزل امروزی برای کم کردن آلایندگی هوا و صوت (همانند موتور بنزینی) از ۳ روش استفاده می‌شود:

- قطع کردن Turbocharger
- سیرکوله کردن مستقیم اگزوز موتور به‌جای هوای موتور
- فیلتر کردن ذرات معلق حاصل از اگزوز که باعث گرفتگی نسبتاً زیادی می‌شود.





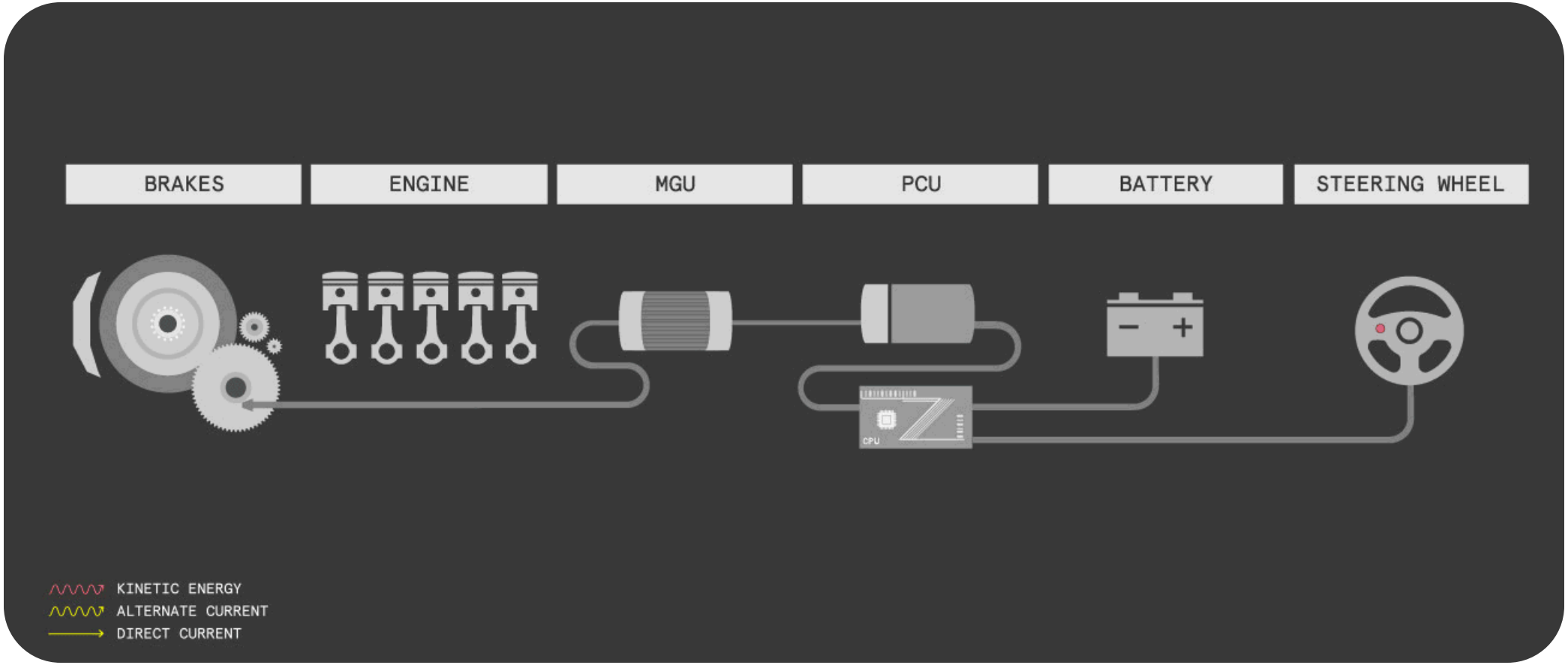

aparat.com/zoomit

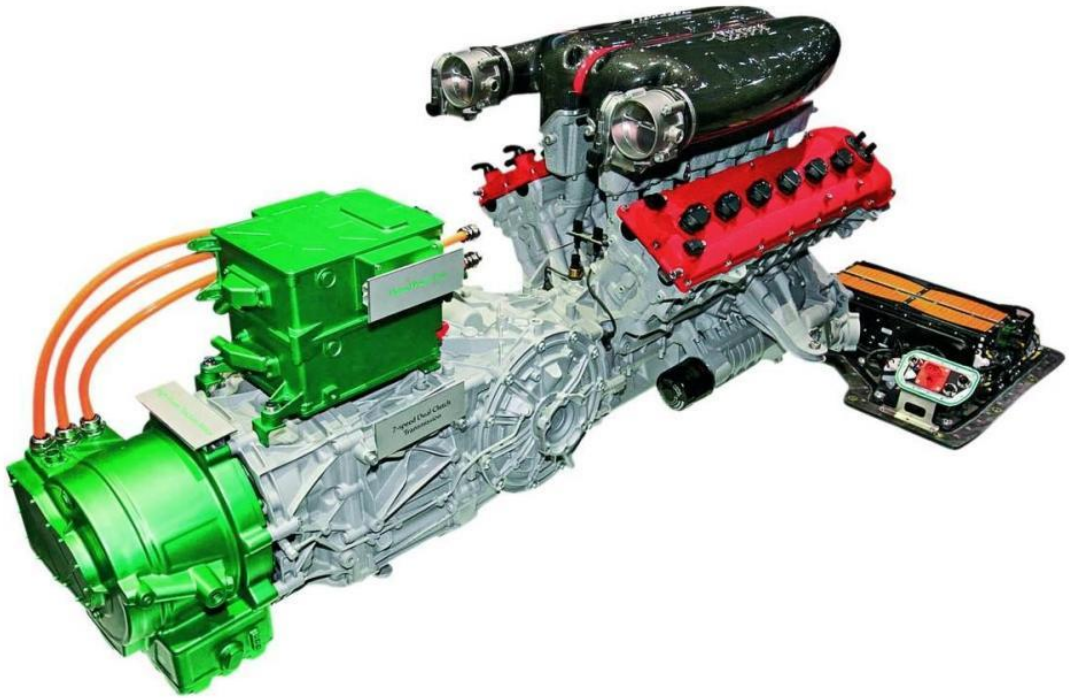
Regenerative Brake

- ترمز بازیاب یک زیر سیستم بین، Powertrain خودرو و سیستم ترمز است که برای بازیابی بخشی از انرژی هدر رفته و برگرداندن آن به سیستم به صورت اتوماتیک و غیر اتوماتیک است.
- انرژی هدر رفته‌ای که این سیستم بازیابی می‌کند در واقع همان انرژی جنبشی اضافی است که با ایجاد اصطکاک به صورت گرما، هدر می‌رود.
- ترمز Regen علاوه بر بالا بردن میزان بازده خودرو، معمولاً عمر بیشتری نسبت ترمزهای معمولی دارد چراکه قطعات آن کمتر دچار فرسایش می‌شوند.
- معمول‌ترین نوع این سیستم دارای یک موتور الکتریکی است که به عنوان یک ژنراتور الکتریکی نیز عمل می‌کند.
- در خودروهای Battery electric یا Hybrid Electric، انرژی هدر رفته به صورت‌های زیر ذخیره می‌شود :
  - به صورت انرژی شیمیایی در باتری
  - به صورت انرژی الکتریکی در خازن‌ها
  - به صورت انرژی مکانیکی در یک Flywheel

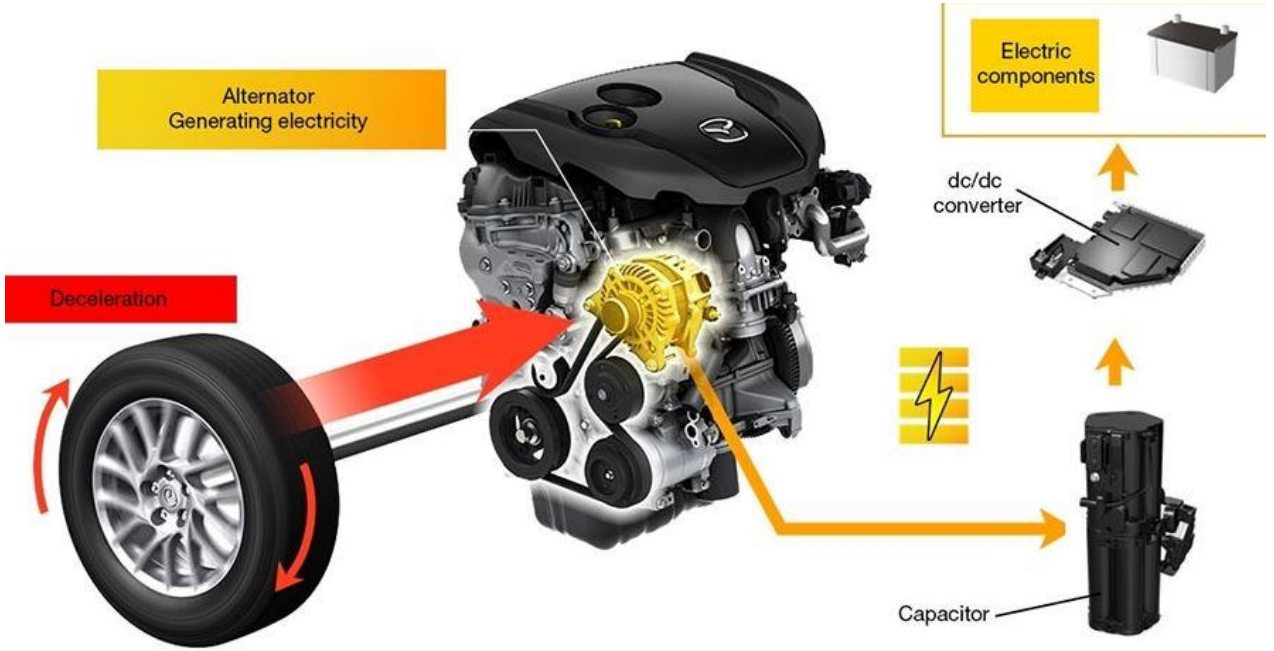
- خودروهای Hydraulic Hybrid از موتورهای هیدرولیکی برای ذخیره سازی انرژی به صورت هوای فشرده استفاده می‌کنند.
- این سیستم از ابتدا در قطارها استفاده می‌شد ولی در خودروهای سبک و سنگین نیز در حال توسعه بود.
- تنها بعد از اینکه کارایی این سیستم‌ها در مسابقات *F1* و *LMP1* به عنوان سیستم‌های قابل اطمینان اثبات شد، این سیستم راه خود را به بازار خودروهای عادی پیدا کرد. برای مثال *LaFerrari* از سیستم KERS برای ذخیره سازی انرژی به صورت مکانیکی استفاده می‌کند.
- سیستم‌های Regen در سرعت‌های پایین قادر به جذب انرژی نیستند چراکه در سرعت‌های پایین، گرما یا اینرسی قابل توجهی تولید نمی‌شود.

Kinetic Energy Recovery System





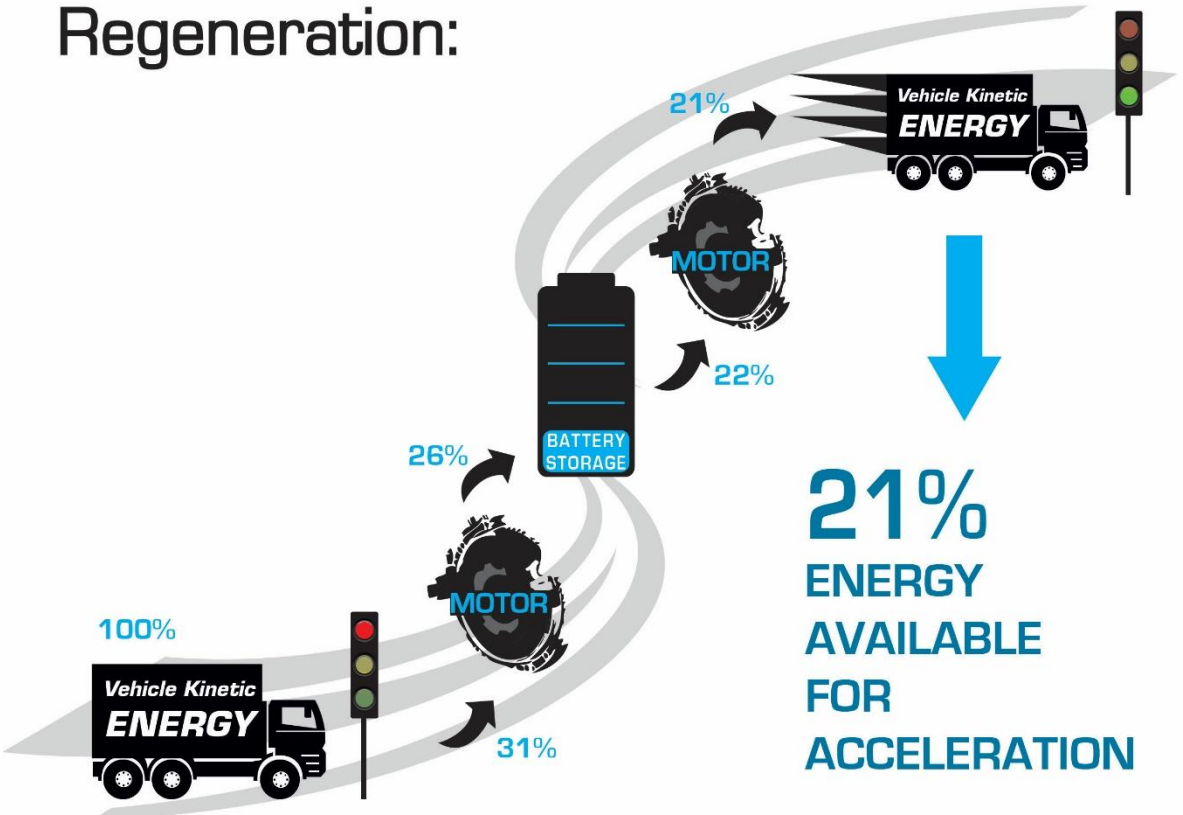
Kinetic Energy Recovery System



Mild Hybrid system using Capacitor

Electric

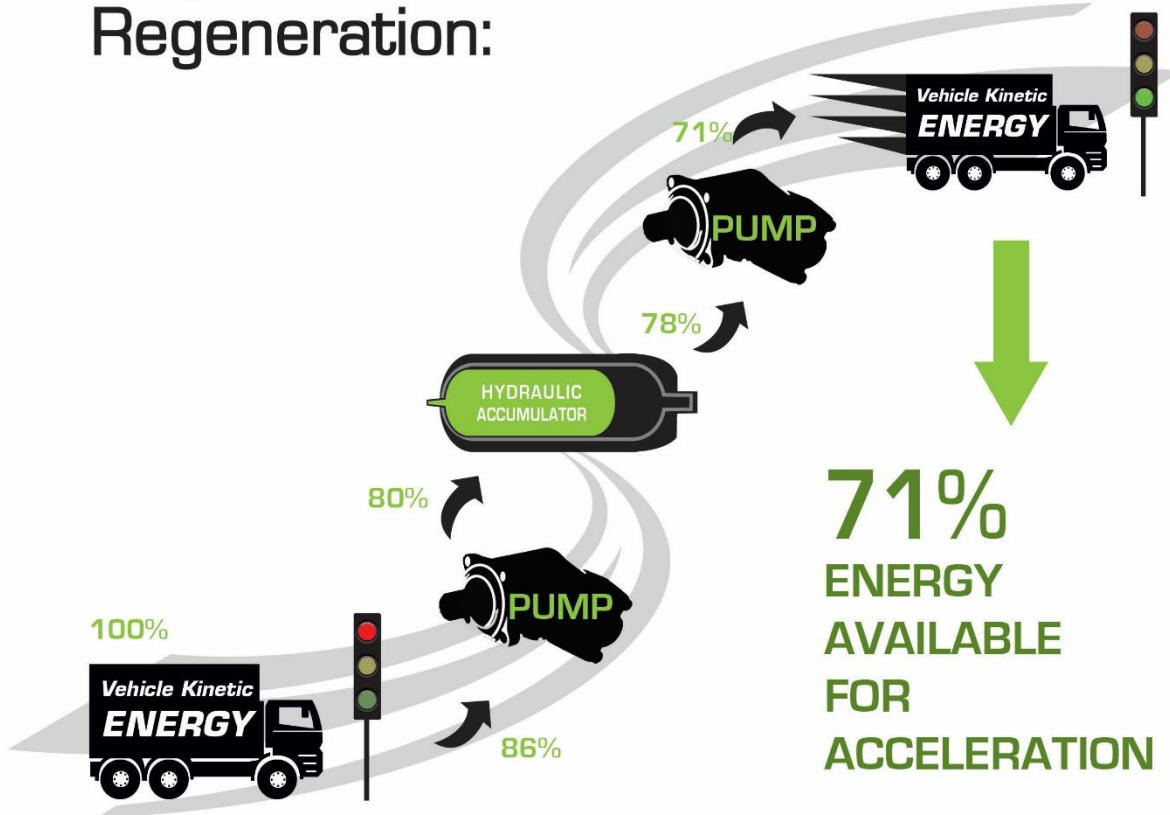
Regeneration:



21%
ENERGY AVAILABLE FOR ACCELERATION

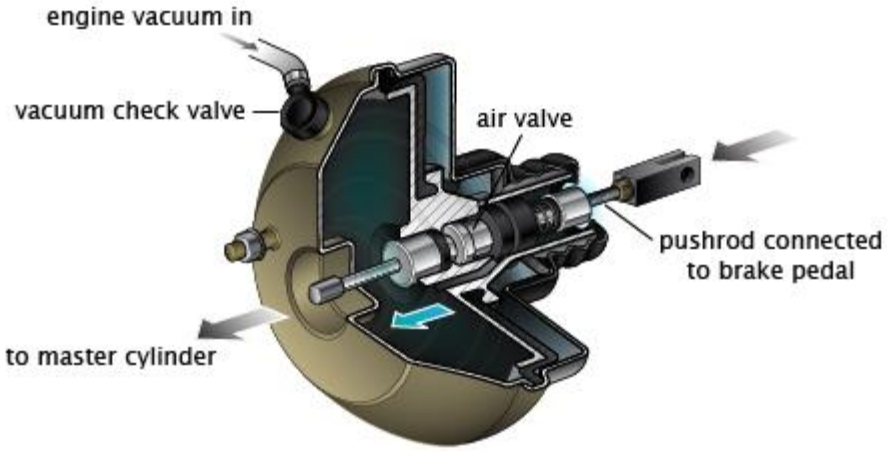
Hydraulic

Regeneration:



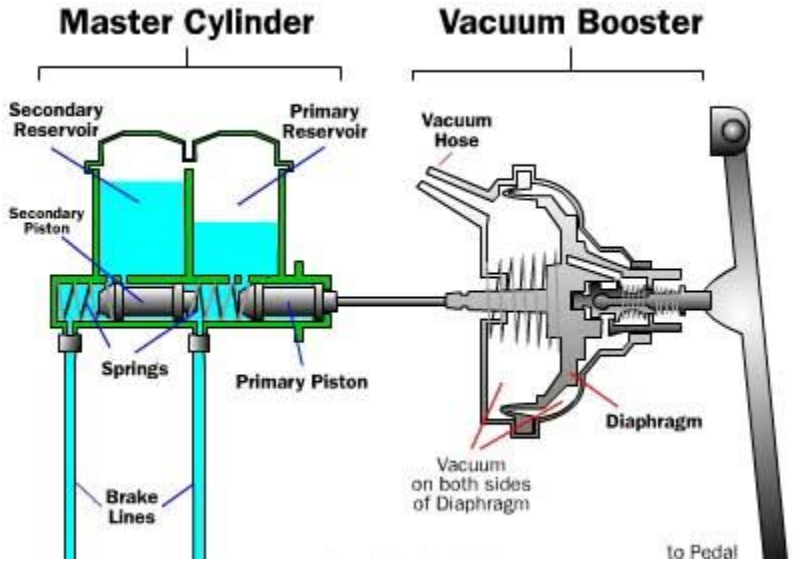
71%
ENERGY AVAILABLE FOR ACCELERATION

Brake Booster/Vacuum Servo



- بوستر خلأ سیستمی است که به راننده کمک می‌کند که نیروی کمتری را روی پدال وارد کرده و در عوض بتواند نیروی ترمزی بیشتری را روی چرخ‌ها وارد کند.
- این سیستم در اروپا با نام Vacuum Servo و در آمریکا با نام Brake Booster شناخته می‌شود.
- این سیستم اولین بار در سال ۱۹۲۷ توسط آلبرت دیواندره که مهندسی از بلژیک بود، طراحی شد ولی چند سال بعد توسط کمپانی Bosch به تولید انبوه رسید.
- این سیستم تقریباً در تمامی خودروهای امروزی به صورت استاندارد استفاده می‌شود.

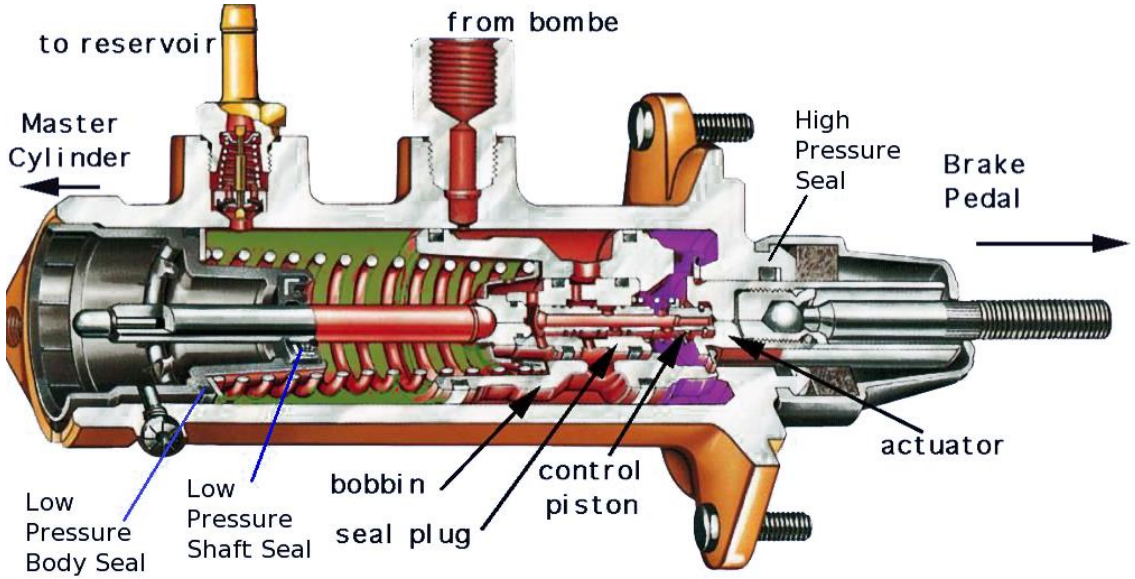
طرز کارکرد

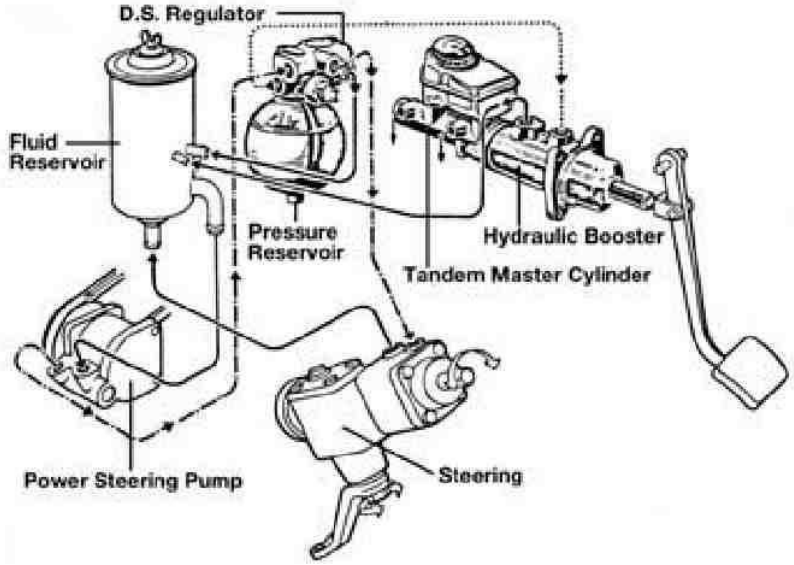


- این سیستم از یک محفظه بزرگ توخالی تشکیل شده که به عنوان منبع خلأ عمل می‌کند.
- هنگامی گه موتور خودرو روشن باشد می‌تواند یک خلأ نسبی را ایجاد کند، بنابراین یک لوله برای ایجاد خلأ از سوی موتور به محفظه بوستر وصل شده تا بتواند این خلأ نسبی را ایجاد کند.
- هنگامی که پدال ترمز فشرده می‌شود، خلأای که در محفظه بوستر ایجاد شده میزان زیادی از کار فشار دادن پدال ترمز را برای راننده انجام می‌دهد.
- بعد از این که ترمز فشار داده شد برای اینکه ترمز به حالت اول برگردد در پشت دیافراگم یک فنر قرار دارد که دیافراگم را به حالت اول برمی‌گرداند.

Hydraulic Brake Booster

- بوستر هیدرولیکی برعکس بوستر خلأ، از فشار هیدرولیک برای کمک کردن به راننده استفاده می‌کند.
- این فشار معمولاً توسط یک پمپ جداگانه که با تسمه موتور به سایر تجهیزات موتور متصل است، تأمین می‌شود.
- بوستر هیدرولیکی نیز همانند بوستر خلأ به Master Cylinder متصل شده و اساس کار این سیستم هم مشابه بوستر خلأ است ولی بجای آنکه یک لوله خلأ را تامین کند، دو لوله دارد که یکی به پمپ متصل شده و دیگری به مخزن هیدرولیک.
- همانند سیستم خلأ، این سیستم هم بر اساس اختلاف فشار ایجاد شده کار می‌کند.
- این سیستم عموماً روی خودروهای دیزلی و خودروهای سنگین نصب شده، چرا که موتورهای دیزل نمی‌توانند خلأ خوبی را برای این سیستم ایجاد کنند.
- از مزایای این سیستم می‌توان به کوچک بودن آن اشاره کرد.
- تنها و بزرگترین ایراد این سیستم هنگامی رخ می‌دهد که تسمه موتور یا برق خودرو دچار مشکل شود و این باعث از دست رفتن کامل بوستر می‌شود. این ایراد در سیستم خلأ وجود ندارد، مگر اینکه موتور به هر علتی خاموش شود.

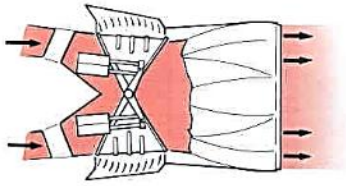




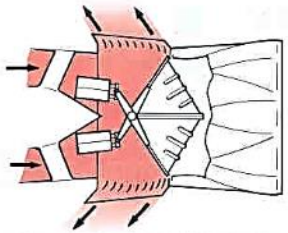
Line Lock

- کار این سیستم آزاد کردن ترمز محور عقب یا جلو و قفل کردن ترمز محور جلو یا عقب تنها در هنگام شروع حرکت است.
- این سیستم به راننده اجازه می‌دهد تایرهای عقب را بدون اینکه خودرو حرکتی رو به جلو داشته باشد، بچرخاند.
- Line Lock تقریباً روی هر سیستم ترمزی که سیستم ABS دارد براحتی قابل نصب است.
- توجه داشته باشید در خودروهای :
  - FWD ترمز محور عقب قفل شده و محور جلو آزاد است.
  - RWD ترمز محور جلو قفل شده و محور عقب آزاد است.
  - AWD ترمز و دیفرانسیل محور جلو قفل شده و ترمز و دیفرانسیل محور عقب آزاد است.
  - 4WD ترمز و دیفرانسیل محور عقب قفل شده و ترمز و دیفرانسیل محور جلو آزاد است.
- این سیستم در ابتدا تنها در مسابقات Drag استفاده می‌شد ولی امروزه بدون ممانعت قانونی بر روی بسیاری از خودروهای اسپرت، حتی توسط کارخانه سازنده نصب شده است.
- تنها علت استفاده از این سیستم گرم کردن تایر تا دمای ۱۰۰ الی ۱۷۰ برای بیشتر کردن Traction است ولی اگر بیش از اندازه از این سیستم استفده شود منجر به ترکیدن یا پاره شدن تایر می‌شود.

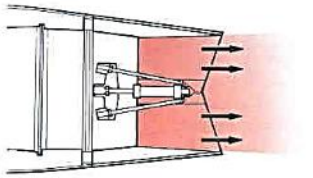
Reverse Thrust



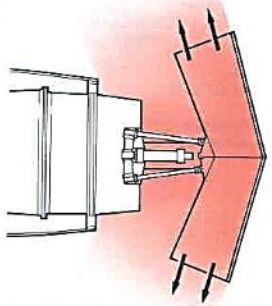
CLAMSHELL DOORS IN FORWARD THRUST POSITION



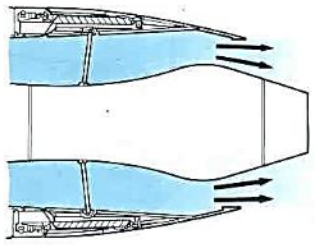
CLAMSHELL DOORS IN REVERSE THRUST POSITION



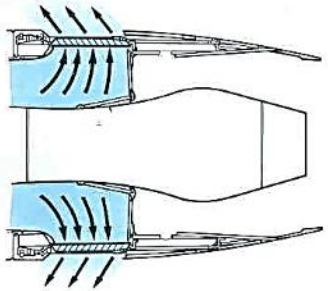
ACTUATOR EXTENDED AND BUCKET DOORS IN FORWARD THRUST POSITION



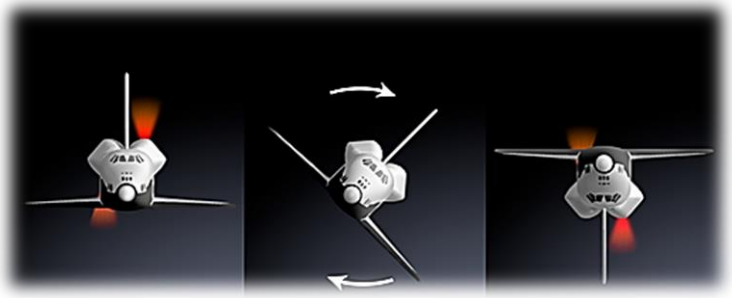
ACTUATOR AND BUCKET DOORS IN REVERSE THRUST POSITION



COLD STREAM REVERSER IN FORWARD THRUST POSITION



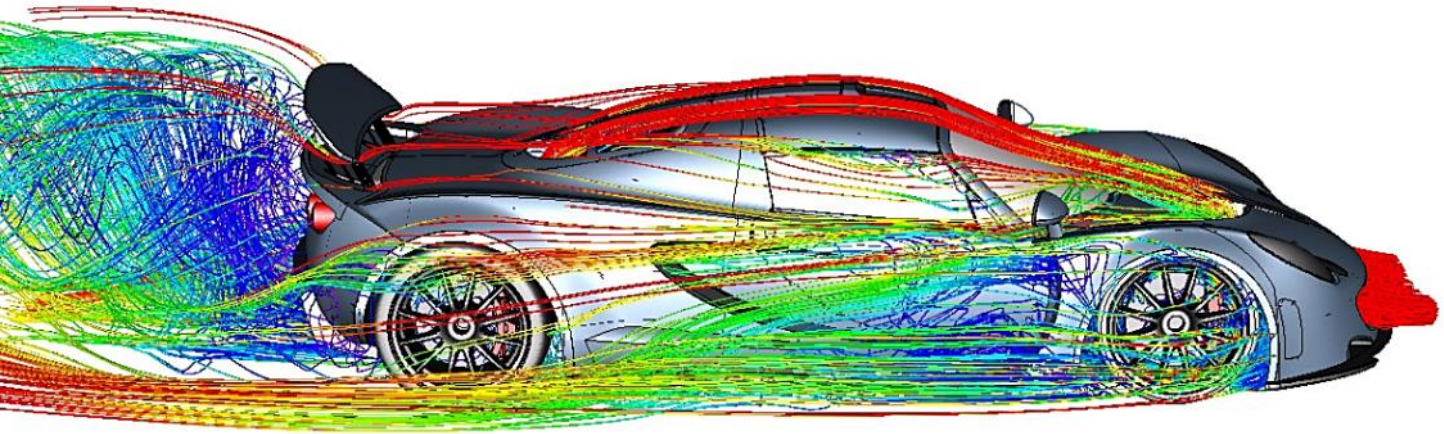
COLD STREAM REVERSER IN REVERSE THRUST POSITION

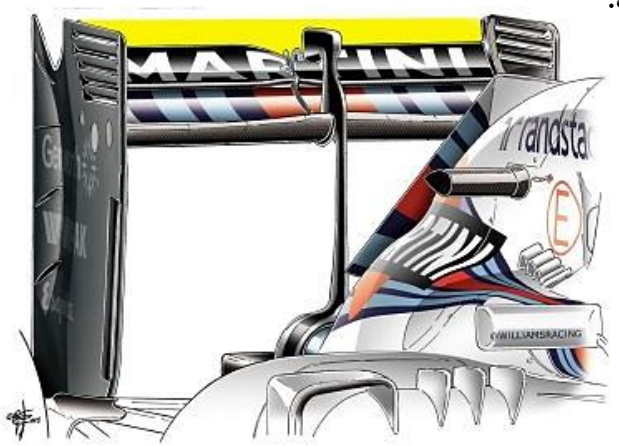


- Reverse Thrust یا Thrust Reversal منحرف کردن موقت فشار موتور جت یا نیروی رانش پروانه، به سمت مخالف حرکت هواپیما، کشتی، یا هر وسیله دیگری است که با پیشرانه سیال کار می‌کند.
- Reverse Thrust به این علت که خلاف جهت حرکت نیرو را اعمال می‌کند باعث کاهش سرعت می‌شود.
- سیستم Thrust Reverser بر روی بسیاری از هواپیماهای با موتور جت نصب شده تا در هنگام فرود، بعد از لحظه‌ای که تایرها به زمین می‌خورد، سرعت هواپیما را کاهش دهد تا از فرسایش تایرها و ترمزها جلوگیری کند.
- این سیستم در سناریوهای برفی، بارانی و... که سطح باند فرود لغزنده است بسیار کارآمد بوده چراکه این سیستم از از اصطکاک سیال با سیال برای کاهش سرعت استفاده کرده که هیچ رابطه‌ای با تایرها و سطح تماس آنها ندارد.
- این سیستم در فضاپیماها و لباس فضانوردها، هم به طرق مختلفی برای ترمزگیری و جهت دهی استفاده می‌شود، البته فضاپیماها و لباس فضانوردی در فضا از Exuast موتور استفاده نمی‌کنند بلکه از کپسول‌های نیتروژن مایع به همراه ولو تخلیه فشار سیال استفاده می‌کنند.
- در کشتی‌ها و قایق‌ها این سیستم برای کم کردن سرعت به هنگام لنگرگیری، صرفاً با معکوس کردن جهت چرخش پروانه، Reverse Thrust را ایجاد میکند.

Aero brake

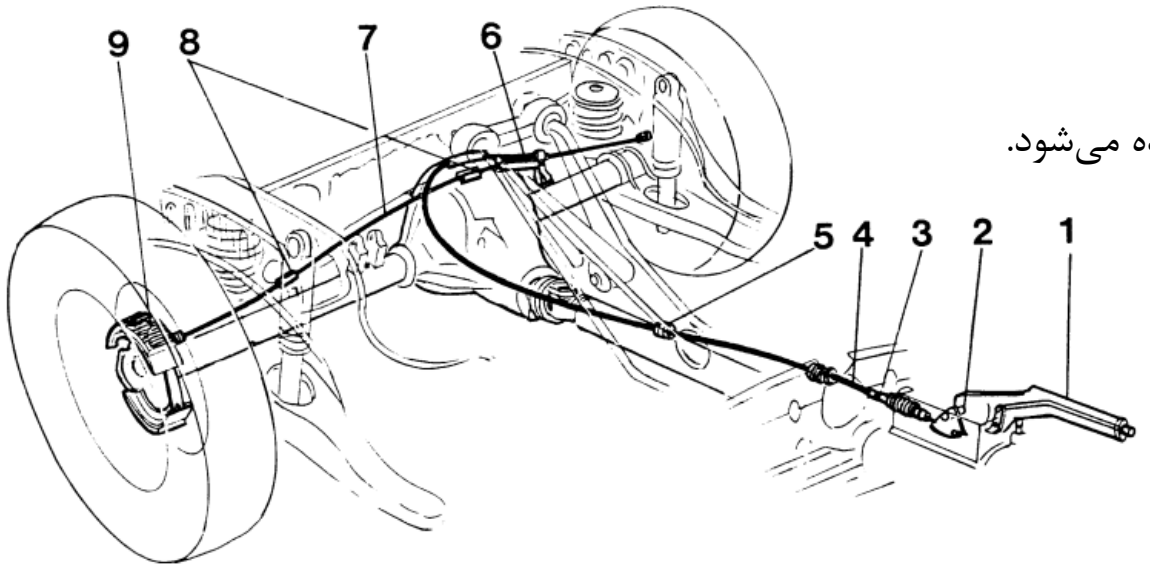
- Aero brake یا Air brake یا Spoiler brake یا Drag Brake نوعی ترمزی آیرودینامیکی است که اولین با در مسابقات F1 استفاده شد و سپس برای اولین بار در سال ۲۰۰۰ توسط کمپانی Bugatti روی Veyron که خودروی جاده‌ای بود نصب شد.
- امروزه بسیاری از کمپانی‌ها از این نوع ترمز هم برای ترمزگیری و هم برای ایجاد تعادل عرضی و طولی در خودرو استفاده می‌کنند.
- این سیستم بهترین کارایی خود را در سرعت‌های بالای 80 kph نشان می‌دهد چرا که هر چه سرعت بالاتر باشد خودرو تحت تأثیر نیروی drag بیشتری قرار خواهد گرفت (که نیروی Drag همانند ترمز عمل می‌کند) و به هنگام ترمزگیری با تغییر زاویه spoiler نیروی Drag را بسیار افزایش می‌دهد.
- این ترمز در سرعت‌های پایین کاملاً ناکارآمد است.
- در خودروهای F1 برای ایجاد Grip ، این سیستم تقریباً دائماً درگیر است و تنها در هنگامی که خودرو در مسیر صاف به بالاترین سرعت‌ها می‌رسد، به انتخاب راننده غیرفعال می‌شود.
- این نکته را در نظر داشته باشید که Spoiler brake تنها در Max Drag Position نقش ترمز را ایفا می‌کند و در بقیه حالات صرفاً تعادل طولی و عرضی ایجاد می‌کند.





Parking Brake

- Parking brake با نام‌های Hand Brake و Emergency Brake هم شناخته می‌شود.
- این سیستم برای ایجاد توقف کامل وسیله‌ی نقلیه برای مدت زمان طولانی برای انواع خودروها، قطارها، هواپیماها و ... تعبیه شده.
- در بیشتر خودروهای غیر لوکس این سیستم با نیروی دست انسان باعث ایجاد درگیری می‌شود و از همین، بسیاری این سیستم را با نام Hand Brake می‌شناسند. ولی در بسیاری از خودروهای آمریکایی یا شاسی بلند، این سیستم با فشار پا ایجاد درگیری می‌کند و به آن ترمز پارکینگ گفته می‌شود.
- این سیستم کاملاً به صورت غیر اتوماتیک و از طریق کابل با نیروی که راننده ایجاد می‌کند، کار می‌کند.
- البته بسیاری از خودروهای امروزی از ترمز پارکینگ هیدرولیکی (و مجهز به سیستم عادی) استفاده می‌کنند.
- مکانیزم این سیستم‌ها به این صورت است که بایستی یک دفعه آنها را با فشار دادن ترمز پارکینگ یا بالا کشیدن ترمز دستی درگیر کرد و برای آزاد کردن سیستم بایستی ترمز پارکینگ را دوباره فشار داد و ترمز دستی را با فشار دادن سوئیچ روی آن رها کرد و به موقعیت اولیه برگرداند.
- اگر از این سیستم برای کاهش سرعت خودروی در حال حرکت استفاده شود، باعث از دست رفتن تعادل خودرو می‌شود چراکه باعث قفل شدن چرخ‌های عقب شده و این شدیداً تعادل دینامیکی طولی و عرضی خودرو را بهم می‌ریزد.
- از این نوع ترمز در بسیاری از انواع مسابقات اتومبیلرانی برای مانووردهی بهتر استفاده می‌شود.



1. Parking brake lever
2. Spindle
3. Adjuster
4. Cable
5. Rubber clip
6. Sleeve bracket
7. Cable
8. Guide rail
9. Brake shoe

Electric Parking Brake (EPB)

- در واقع همان ترمزپارکینگ است که عملکرد آن به صورت اتوماتیک و به کمک زیر سیستم‌های الکتریک یا هیدروالکتریک انجام می‌شود.
- EPB معمولاً از ۲ نوع مکانیزم استفاده می‌کند:۱- سیستم کشش کابل ۲-سیستم کالیبری
- این سیستم اولین بار در سال ۲۰۰۲ بر روی BMW 7 Series نصب شد.
- این سیستم دارای زیر سیستم ترمز پارکینگ غیر اتوماتیک نیز هست که حتی در شرایطی که برق خودرو نیز از کار افتاده بتواند، عمل کند.

- سیستم Auto Hold که یک سیستم برای ایجاد راحتی راننده ساخته تعبیه شده با وجود EPB قادر به انجام کارش می‌باشد.
- سیستم Auto Hold یا Hill Hold به این صورت کار می‌کند:

۱- خودرو ابتدا با استفاده از یک شتاب سنج تشخیص می‌دهد، روی سطح شیبدار قرار دارد.

۲- در هر لحظه که سرعت خودرو به صفر رسید، درگیر می‌شود.

۳- سپس موقعی که راننده خودرو را به حرکت درآورد، به طور اتوماتیک ترمز را آزاد می‌کند.

Brake wear indicator

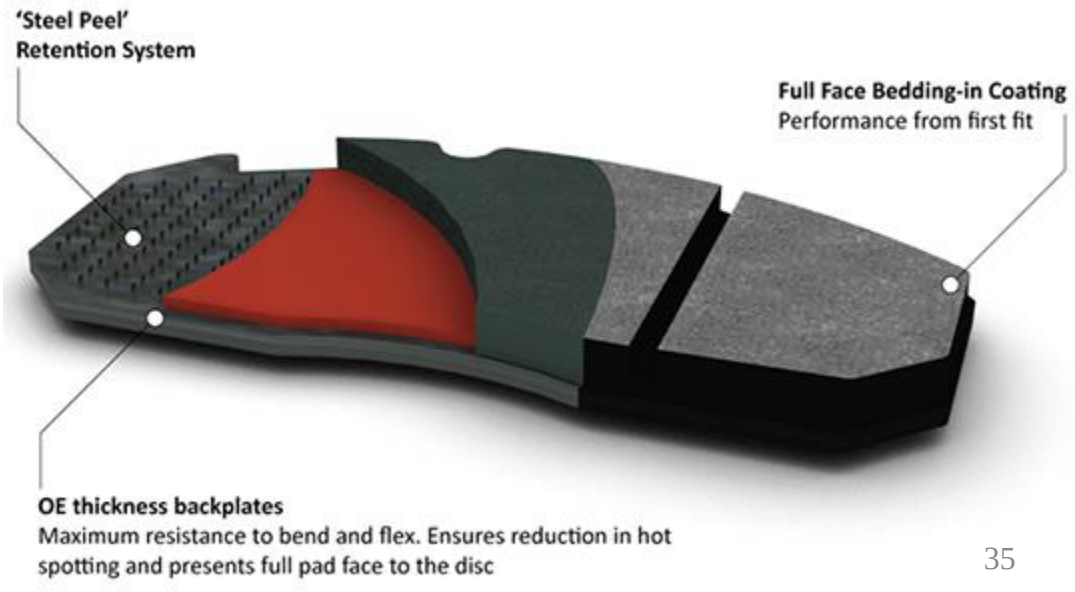
- سیستم نمایان‌گر سایش ترمز وظیفه اطلاع رسانی به راننده را به هنگام نیاز به تعویض لنت ترمز دارد.
- این سیستم بر روی خودروها، توربین‌های بادی، هواپیماها و بسیاری از وسایلی که نیاز به ترمزهای اصطکاکی سالم دارند، نصب می‌شود.
- این سیستم بر اساس نوع عملکرد، چهار نوع مختلف دارد که به ترتیب قیمت آنها مرتب شده‌اند:

  نمایانگر عمقی: که صرفاً با ایجاد یک شکاف با عمقی که نشان دهد ترمز چه موقع نیاز به تعویض دارد.

  مکانیکی: در پشت لنت، یک قطعه فلزی قرار دارد که به هنگام تمام شدن ماده لنت و اصطکاک آن با دیسک، ایجاد صدا می‌کند.

  الکتریکی: یک قطعه فلز در میان ماده لنت قرار گرفته و هنگامی که با دیسک اتصال پیدا می‌کند، باعث روشن شدن چراغ هشدار می‌شود.

  سنسور موقعیت: که صرفاً میزان سایش را با توجه به موقعیت لنت می‌سنجد و زمان هشدار دادن آن قابل تنظیم است.
- این را نیز باید گفت که معمول‌ترین راه برای تشخیص کم شدن لنت، نگاه کردن به سطح مایع ترمز (با توجه به نشانگر روی مخزن مایع ترمز) است.



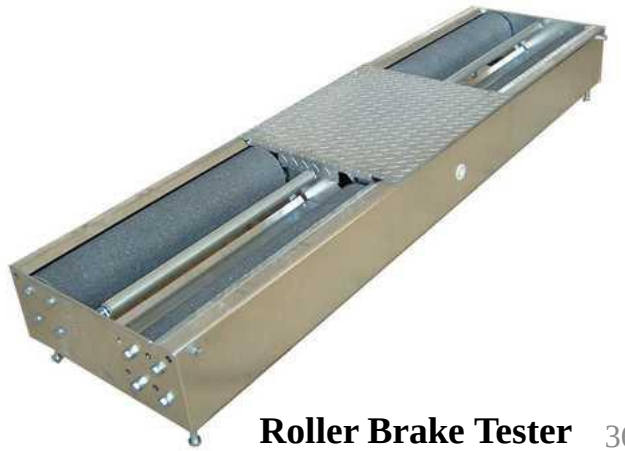
Brake Tester

حداقل سه نوع سیستم برای محاسبه میزان توان و کارآمدی ترمزگیری وجود دارد که به آنها Brake tester گفته می‌شود :

- **Roller Brake Tester**: این سیستم از موتورهای الکتریکی، ۲ سِت مجزای تشکیل شده از ۳ غلتک اندازه‌گیری، مبدل‌ها و سنسورهای مربوطه تشکیل شده است. همچنین غلتک‌ها برای سرعت‌های مختلف، مجهز به سیستم انتقال قدرت هستند که در حین ترمزگیری شدید صدمه نبینند و بتوانند میزان نیروی ترمزی روی هر یک از چرخ‌ها را به دقت اندازه‌گیری کنند. این سیستم میزان تناسبات نیروی ترمزی را با توجه به وزن خودرو اندازه‌گیری می‌کند.
- **Plate Brake Tester**: دستگاه از صفحات موازی که حرکت اسلایدی دارند برای اندازه‌گیری نیروی ترمزی استفاده می‌کند. طرز کار این سیستم به این صورت است که خودروی در حال حرکت به هنگامی که از روی صفحه عبور می‌کند، ترمز می‌گیرد و صفحات بطور مجزا در زیر تایرها حرکت می‌کنند که همانند یک دینام باعث تولید ولتاژ متفاوت می‌شود و سیستم می‌تواند علاوه بر نیروی ترمزی، میزان تناسبات نیروی ترمزی را نیز معلوم کند.
- **Decelerometer**: در واقع همان Accelerometer است که با توجه به سرعت خودرو، زمان ترمزگیری و زمان توقف خودرو با کمک روابط دینامیکی، میزان نیروی ترمزی را اندازه می‌گیرد. این سیستم قادر به اندازه‌گیری تناسبات ترمزی نیست، چرا که حرکت خودرو را برای اندازه‌گیری استفاده می‌کند.

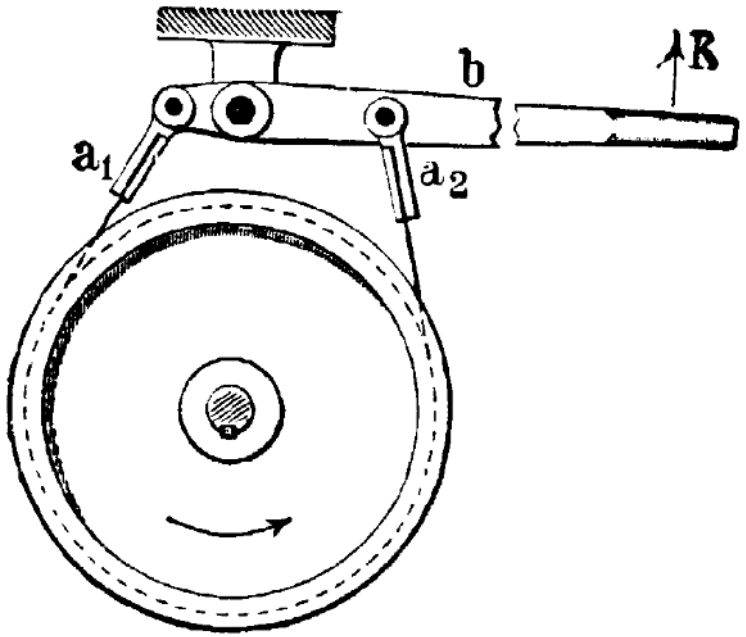
Decelerometer

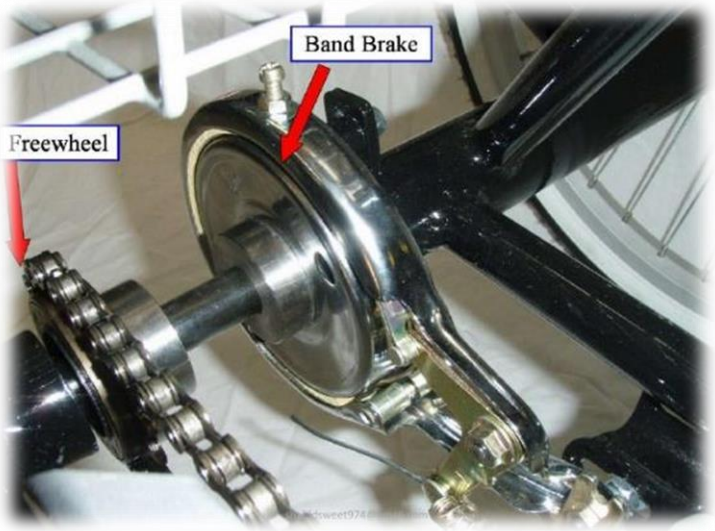
Plate Brake Tester



Roller Brake Tester

Band Brake





- Band Brake یا همان ترمز نواری که امروزه در بسیاری از وسایل مانند چرخ خیاطی‌ها و ... استفاده می‌شود، قبلاً در درشکه‌ها و دوچرخه‌ها استفاده می‌شد.
- این نوع ترمز از یک نوار یا کابل که به دور یک کاسه (که همراه چرخ می‌چرخد) پیچیده شده و صرفاً با سفت کردن نوار، میزان اصطکاک بین نوار و کاسه زیاد شده و همین باعث کاهش سرعت می‌شود.
- این نوع ترمز در سال‌های ۱۸۸۰ بر روی سه چرخ‌ها استفاده می‌شد و برای اولین بار در سال ۱۹۰۲ دوچرخه‌ها نیز از این نوع ترمز استفاده کردند.
- از مزایای این ترمز می‌توان به این موارد اشاره کرد:
  - طراحی و تعمیرات بسیار ساده‌ای دارد.
  - این سیستم براحتی قابل جاگذاری است چرا که ابعاد کوچکی دارد.
  - نیروی بسیارکمی، قدرت ترمزی زیادی را تولید می‌کند.
- این سیستم بزرگترین ایرادی که دارد، زود گرم شدن آن است که بعضاً باعث پاره شدن نوار می‌شود، به معنای دیگر، ترمز از بین می‌رود.
- این سیستم برای سیستم‌هایی که نیاز به قدرت ترمزگیری زیاد ندارند بهترین گزینه است.

Bicycle Brake

Brake Lever

Rim Brake

Drum Brake

Disc Brake

Band Brake

- ترمز دوچرخه نیز مانند همه ترمزها برای کاهش سرعت دوچرخه استفاده می‌شود.
- دوچرخه از چندین نوع سیستم ترمز استفاده می‌کند:

  Band Brake-Disc Brake-Drum Brake-Spoon Brake-Rim Brake-Duck Brake-Rim Brake
- سیستم ترمز دوچرخه از سه عضو اصلی تشکیل شده:

  ۱- مکانیزمی که برای دوچرخه سوار تعبیه شده تا بتواند ترمز را درگیر کند، مانند دسته ترمز و پدال

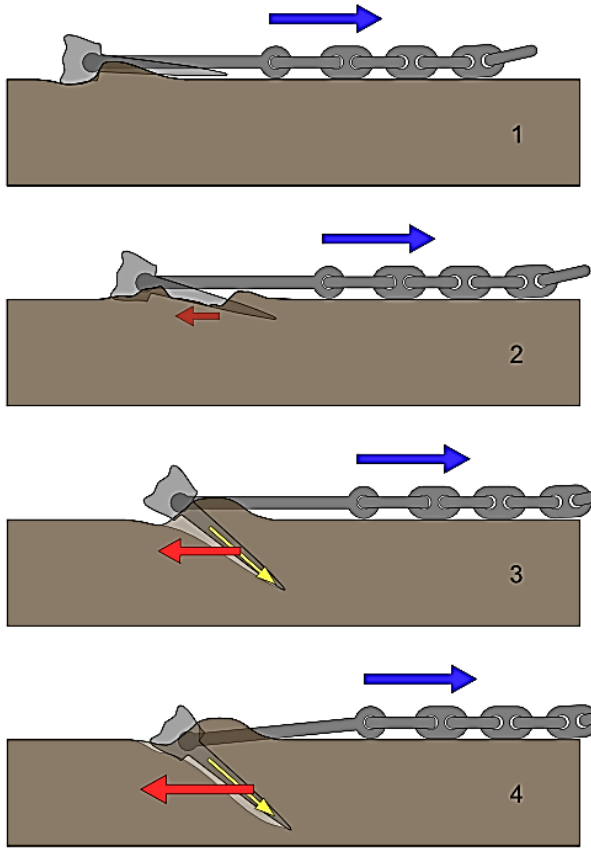
  ۲- مکانیزمی که بتواند نیروی دست دوچرخه‌سوار را انتقال دهد، مانند سیم ترمز، میله، زنجیر و ...

  ۳- مکانیزم ترمزی که اصطکاک را بر روی چرخ اعمال می‌کند مانند کالیپر یا کاسه یا رینگ
- در میان تمام این سیستم‌ها ترمز دیسکی و کاسه‌ای بهتر از بقیه عمل می‌کنند، بخصوص ترمز کاسه‌ای در شرایط خیس یا گِلی بهترین عملکرد را دارد ولی قیمت این ترمزها چند برابر سایر سیستم‌ها است.
- ترمزهای رینگی و قاشقی بدترین عملکرد را در شرایط خیس و گِلی دارند ولی به علت اینکه قیمت آنها بسیار پایین‌تر از سایر سیستم‌ها بوده، بطور وسیعی استفاده می‌شوند.
- دوچرخه‌های BMX و Track فاقد سیستم ترمز هستند.

Track Bike

BMX Bike

Anchor



- Anchor یا همان لنگر برای توقف کامل کشتی‌ها استفاده می‌شود.
- خود بدنه کشتی به تنهایی نقش ترمز را دارد، یعنی هنگامی که پروانه چرخش نداشته باشد، از سرعت کشتی سریعاً کاسته می‌شود ولی توقف کامل نخواهد داشت.
- برای ایجاد توقف کامل کشتی ۲ روش وجود دارد: ۱- اتصال به بندر ۲- لنگر انداختن
- برای توقف کامل در هر ۲ حالت بایستی سرعت کشتی بسیار پایین باشد(کمتر از 10 knot)
- برای کم کردن سرعت کشتی ابتدا باید موتور را از پروانه جدا کرد و اگر این عمل کافی نبود بایستی دور معکوس هم اعمال شود(Reverse Thrust) و سپس کشتی به یک سمت سکانش را منحرف کند.
- در قدیم لنگرها و زنجیر اتصال آنها بسیار سنگین بودند ولی امروزه لنگرها بسیار سبک‌تر شده و شکل آنها به گونه‌ای طراحی شده که بتوانند به راحتی در خاک کف دریا نفوذ کنند.
- در لنگرهای امروزی به جای استفاده از زنجیر به تنهایی، از زنجیر به همراه طناب‌های نایلونی و پلی‌استری استفاده می‌شود چراکه هم دوام بیشتری دارند، هم اینکه رفتار الاستیک بهتری برای متوقف کردن کشتی نشان می‌دهند.
- طول طناب و زنجیر بایستی حداقل ۱۰ تا ۱۵ برابر طول کشتی یا قایق باشد.
- بیشتر کشتی‌های بزرگ از چندین لنگر برای توقف کردن استفاده می‌کنند.