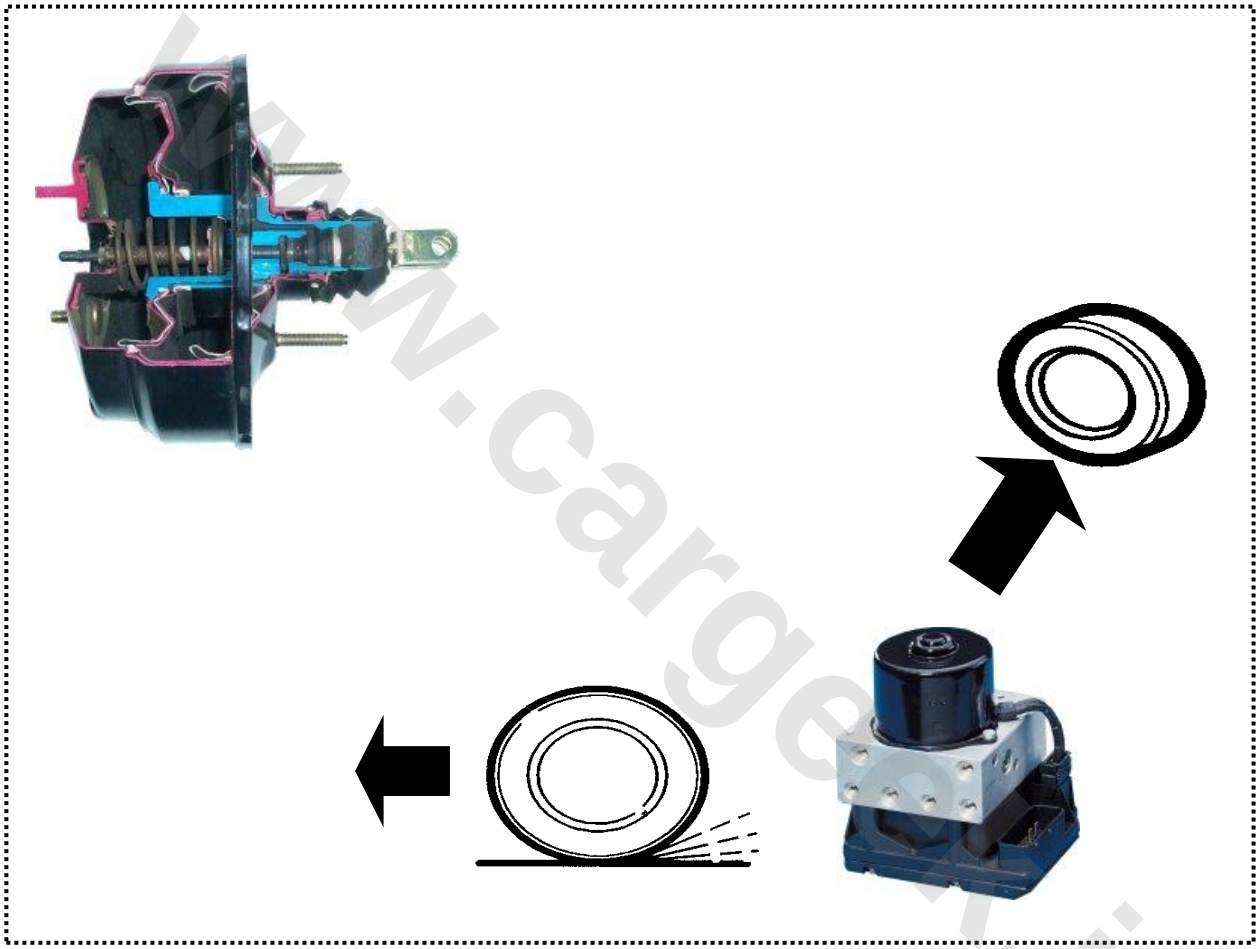
www.cargeek.ir

سیستم ترمز

بر اساس استاندارد H-STEP 2

AMC-T13-V00



ترجمه و تدوین

سیامک مهداوی

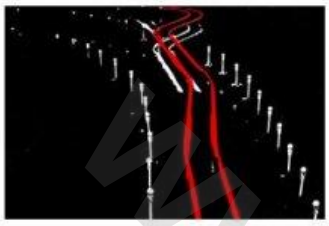
واحد آموزش آسان‌موتور

زمستان ۱۳۹۰

Copyright by Hyundai Motor Company. All rights reserved.

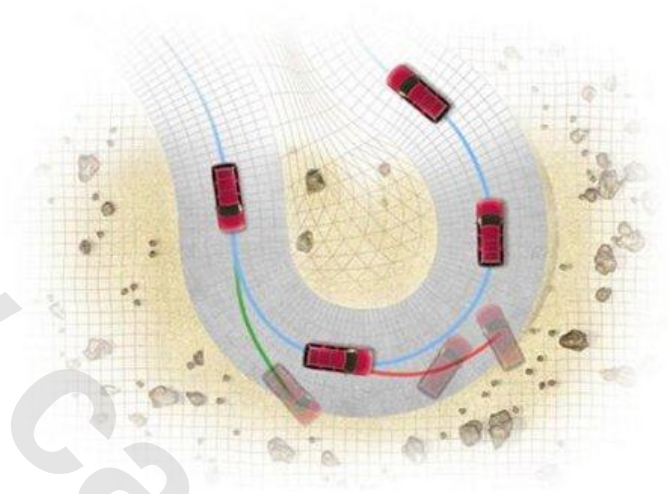
www.cargeek.ir

مزایای ABS



Vehicle without ABS

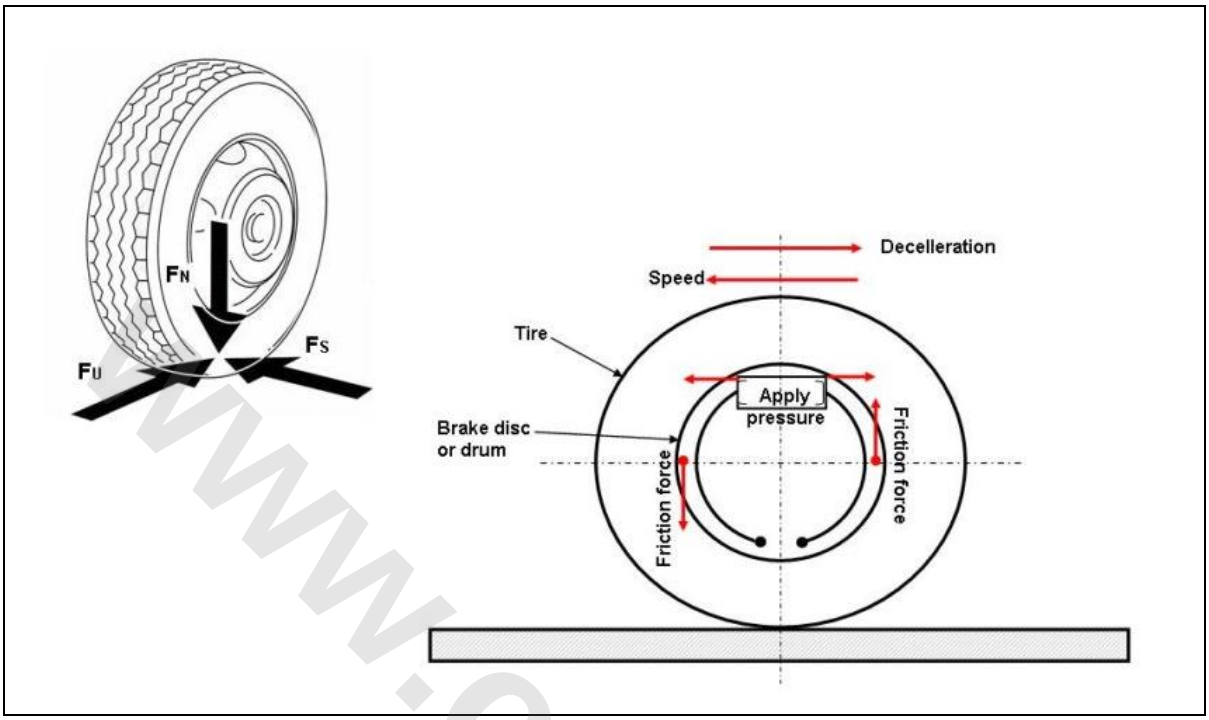
Vehicle with ABS



سیستم ترمز ضد قفل (ABS)، سیستمی است که در ترمزهای مدرن امکان کنترل حداکثر نیروی ترمزی موثر در شرایط بحرانی– صرفنظر از وضعیت جاده- را فراهم می آورد. مهمترین مزایای ABS عبارتند از: پایداری در هنگام ترمزگیری، حفظ فرمان پذیری حتی در زمان ترمزگیری های شدید، کوتاهترین مسیر ترمز ممکنه و کاهش ساییدگی تایر. این سیستم با هدف ترمزگیری بهینه بدون از دست رفتن پایداری جهتی در شرایط مختلف ایجاد شد. مسافت توقف یک خودرو متاثر از پارامترهای زیادی از قبیل: شرایط جوی، سطح جاده، وضعیت ترافیک و میزان نیروی وارده بر پدال ترمز می باشد. در صورتیکه چرخ های جلو قفل شوند، فرمان پذیری خودرو امکان پذیر نخواهد بود.

www.cargeek.ir

نیروهای تایر و نیروهای ترمزی



تمامی اجسام ساکن به حفظ سکون و تمام اجسام متحرک به حفظ جهت و سرعت حرکت خود تمایل دارند.(قانون اول نیوتن)[1]. برای غلبه بر این حالت خاص، نیرو باید تولید و یا اعمال گردد. بعنوان نمونه می توان به ترمزگیری یک خودرو هنگامی که در حال دور زدن روی یخ صاف است، اشاره کرد. خودرو بدون کاهش محسوس سرعت و پاسخ به فرمان، در خط سیر اصلی خود، سر خواهد خورد.

نیروهای تایر

نیروهای تایر تنها عامل موثر در تعیین جهت حرکت خودرو و تغییر در آن می باشد. نیروهای تایر دربرگیرنده اجزای زیر می باشد:

نیروی محیطی (Fu):

این نیرو در سطح جاده به تایر وارد می شود و به راننده امکان شتاب گیری و ترمزگیری خودرو را می دهد.

نیروی عمود (Fn):

این نیرو تابع وزن خودرو و بار آن است و مولفه ای از نیروی مزن است که در یک صفحه عمود بر سطح جاده عمل می کند. مقدار این نیروها بسته به وضعیت سطح جاده، تایرها و شرایط جوی عملا می تواند بر خودرو تاثیر بگذارد. میزان تاثیر این نیروها روی جاده با ضریب اصطکاک بین تایر و سطح آن تعیین می گردد.

نیروهای ترمزی

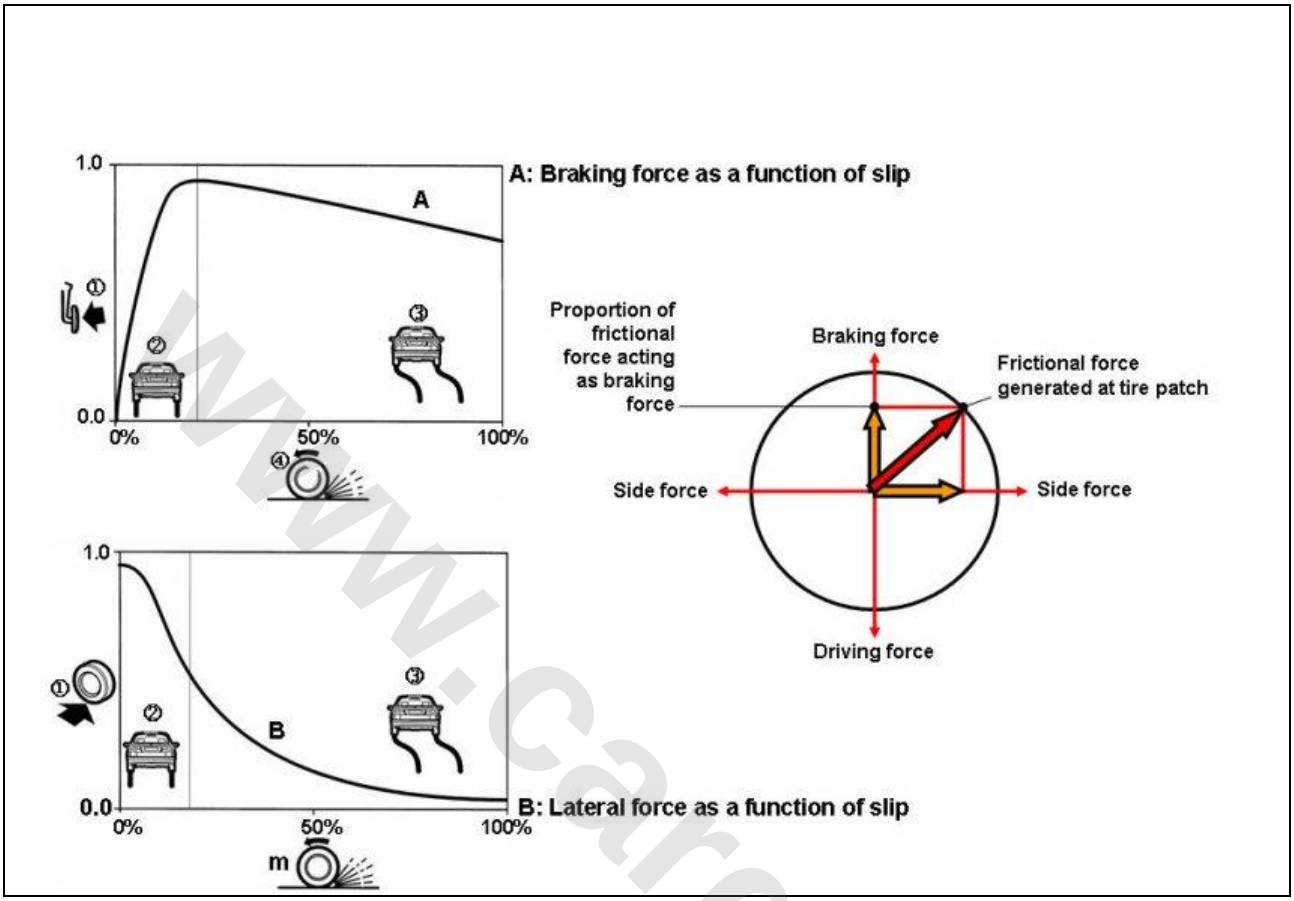
بین کاسه یا دیسک ترمز و لنت نیروی اصطکاکی (FF) تولید می شود. این نیرو به :

- فشار وارده
- مقدار اصطکاک (جنس لنت ترمز)
- ساختار سیستم ترمز(دیسکی یا کاسه ای)

بستگی دارد.

[1] مترجم

نیروی ترمز گیرنده، نیروی جانبی و لغزش (سر خوردن) تایر



نیروی ترمزی و لغزش تایر

منحنی A نیروی ترمزی را بر اساس لغزش نشان می دهد. نیروی ترمزی معادل با ضریب اصطکاک بین تایر و سطح جاده است. هر مقدار نیروی ترمز با درجه ای از لغزش بیان می شود. لغزش چرخی که بصورت آزادانه می چرخد، با مقدار ۰٪ و یک چرخ قفل شده با ۱۰۰٪ بیان می شود. زمانی که ترمز در ابتدا و در لغزش ۰ گرفته می شود، نیروی ترمزی به شدت بالا می رود در حالیکه درجه لغزش بتدریج و تا یک مقدار معین افزایش می یابد. پس از آن، نیروی ترمزی با افزایش میزان لغزش چرخ ،کاهش می یابد.

نیروی جانبی و لغزش تایر

منحنی B نیروی جانبی را بر مبنای لغزش نشان می دهد. بیشترین نیروی ترمزی در نقطه ای که به حد لغزش بهینه شناخته می شود، بدست می آید. محدوده ای از منحنی B که بین لغزش صفر و این حد بهینه قرار دارد، منطقه ترمزگیری پایدار(2) و محدوده ای که بین حد بهینه مزبور و ۱۰۰٪ لغزش واقع است، منطقه ترمزگیری ناپایدار(3) نامیده می شود . در این منطقه ترمزگیری پایدار نیست .علت این موضوع، قفل شدن چرخ بلافاصله پس از حد بهینه لغزش می باشد مگر آنکه نیروی ترمزی بطور آنی کم شود. همچنین لغزش می تواند زمانی که تایر در حال انتقال یک نیروی جانبی، مثلا در هنگام دورزدن، است نیز رخ دهد. منحنی B نشان می دهد که با فزایش لغزش نیروی جانبی به شدت کاهش می یابد. در لغزش ۱۰۰٪ یعنی زمانیکه چرخ ها قفل شده اند، نیروی جانبی برای فرمان پذیری باقی نمی ماند و راننده قادر به کنترل خودرو نخواهد بود.

دایره اصطکاک

رابطه بین نیروی اصطکاک، نیروی جانبی، نیروی ترمزی و نیروی جلوبرنده را می توان با استفاده از این دایره مشاهده کرد. در این

دایره فرض می شود که نیروی اصطکاکی بین تایر و سطح جاده در تمامی جهات یکسان است.

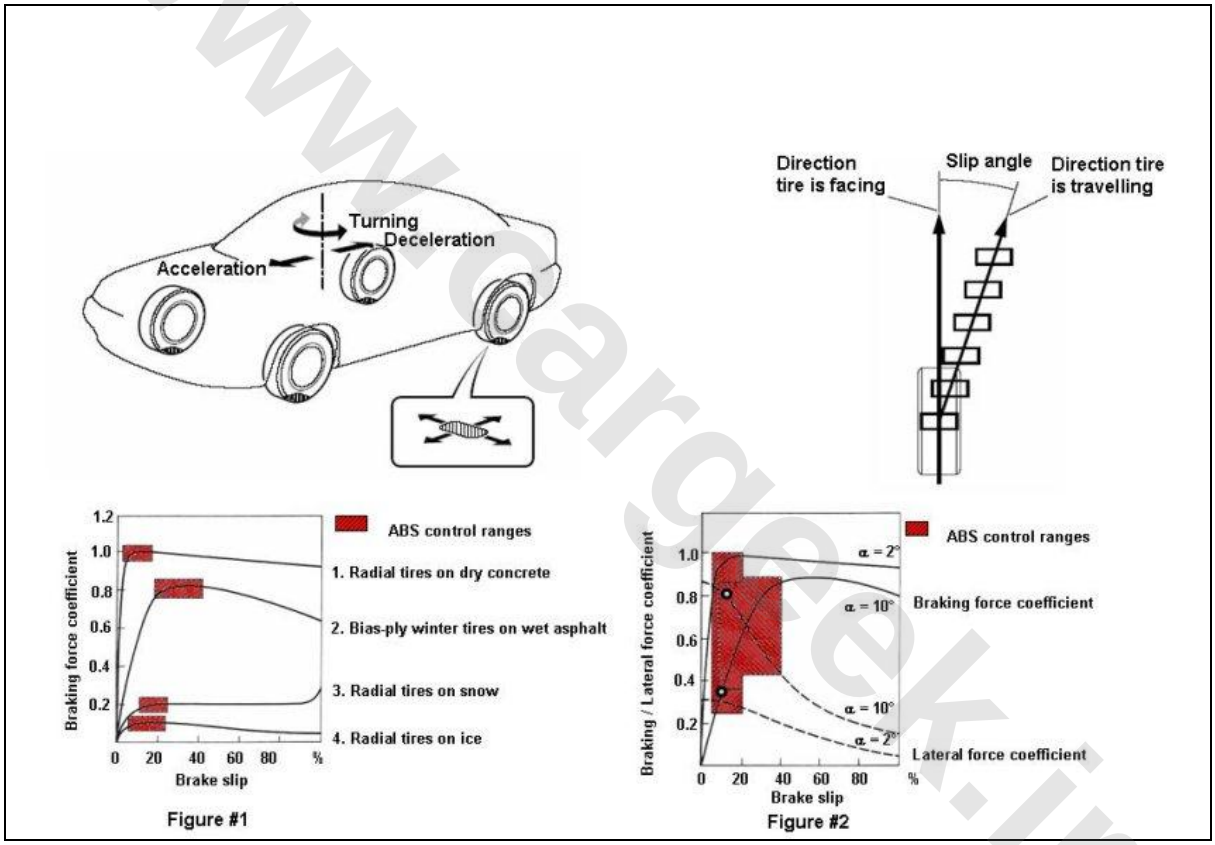
مثال ها:

در حالیکه خودرو در حال حرکت رو به جلو در یک مسیر مستقیم است، ترمز می گیرید: تمام نیروهای اصطکاکی تایر به منظور توقف خودرو در جهت طولی وارد می شوند.

در حال دور زدن با یک سرعت معین هستید: با فرض سرعت ثابت خودرو در این وضعیت، تمام نیروی اصطکاکی تایرها به منظور دور زدن خودرو، در جهت جانبی عمل می کنند.

در حال دورزدن ترمز می گیرید: نیروهای اصطکاکی به دو جزء حرکت جانبی و طولی تقسیم می شوند. اگر نیروهای جانبی از مقدار مشخصی فراتر رود، خودرو شروع به ترمزگیری به یک طرف می کند و اگر نیروهای طولی از مقداری معین بیشتر شود، مسافت توقف طولانی تر خواهد شد.

ضریب اصطکاک و لغزش



مساحتی که تایر در تماس با جاده است، "سطح تماس" نامیده می شود. نیروی اصطکاک ایجاد شده در سطوح تماس، تعیین کننده همه حرکات خودرو (شتاب گیری، کاهش سرعت و دور زدن) می باشند.

شکل شماره ۱

این شکل رابطه فیزیکی حرکت خودرو با سیستم ABS را تعریف می کند؛ بگونه ای که نواحی ای که سیستم ABS فعال است ،با هاشور مشخص شده است. منحنی های ۱ (خشک)، ۲ (خیس) و ۴ (یخ) به وضوح نشان می دهند که مسافت های ترمزگیری در ترمزهای مجهز به سیستم YBS ،نسبت به ترمز گیری شدیدی که منجر به قفل شدن چرخ ها (لغزش ۱۰۰٪) می شود، کوتاهتر است. در منحنی ۳ (برف) تیغه ای از برف منجر به افزایش اثر ترمزی در هنگام قفل شدن چرخ ها می شود. در این وضعیت، فایده

اصلی ABS پایداری خودرو و فرمان پذیری خودرو – و نه در کاهش مسافت ترمزگیری[۲]- می باشد.

[۲] مترجم

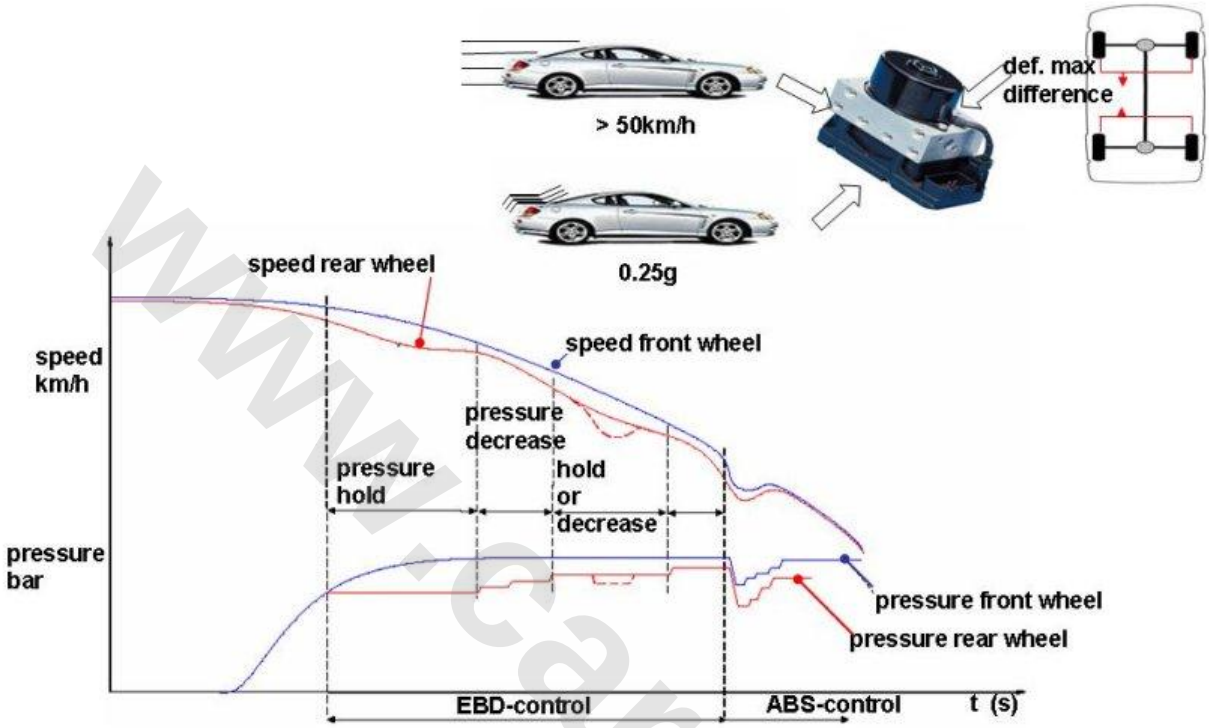
www.cargeek.ir

شکل شماره ۲

علاوه بر نیروهای ترمزی و جلوبرنده موثر بر سطح تماس تایر که در جهت چرخش تایر اعمال می شود، نیروی جانبی ای نیز وجود دارد که بطور عرضی بر تایر وارد می شود. نیروی جانبی نیرویی پایه ای است که در هنگام گردش خودرو وجود دارد.
سطح تماس زمانیکه تایر در تماس با جاده است، در جهت جانبی تغییر شکل می دهد و وقتی از سطح جاده جدا می شود، به شکل عادی خود بر می گردد. مشاهده تایر از بالا نشان می دهد که تغییرشکل جانبی سطح تماس تایر با جاده، سبب انحراف مسیر حرکت تایر از سمت روبرویی می شود. این انحراف زاویه لغزش نامیده می شود. همانگونه که منحنی ضرایب نیروی ترمزی و نیروی جانبی نشان می دهد، زمانیکه زاویه لغزش بزرگتری $a=10°$ اتفاق می افتد؛ محدوده کنترلی ABS باید تا زاویه لغزش $a=2°$ ، گسترش یابد(بعلت وجود نیروهای جانبی بالایی که در نتیجه نرخ بالای شتاب جانبی خودرو رخ می دهد). هنگامیکه در زمان دور زدن خودرو با شتاب جانبی زیاد؛ حداکثر نیروی ترمزی اعمال می شود،سیستم ABS با ترکیب پاسخی سریع با (بعنوان مثال) لغزش اولیه ۱۰٪ به این وضعیت واکنش نشان می دهد. در زاویه لغزش $a=10°$ ضریب اولیه نیروی ترمزی حدود ۰.۳۵ ولی ضریب نیروی جانبی، ۰.۸۰ یعنی نزدیک مقدار حداکثر باقی می ماند. با ادامه فرآیند ترمزگیری روی منحنی، نرخ لغزش متناسب با عکس سرعت دور زدن و شتاب جانبی؛ توسط ABS افزایش می یابد به این معنی که ضرایب کمتر نیروی جانبی که در نتیجه کاهش شتاب جانبی ایجاد شده اند با کاهش شدید سرعت همراه خواهد بود.بنابراین هنگامیکه در زمان دور زدن ترمز زده می شود، نیروهای ترمزی آنچنان بالا می روند که مسافت کلی ترمز فقط اندکی از وضعیتی که از ترمز خطی در شرایط مشابه استفاده شود، طولانی تر خواهد شد.

www.cargeek.ir

توزیع الکترونیکی نیروی ترمزی (EBD)



بسته به ECU، سیستم EBD می تواند(با ABS) [۳] یکپارچه باشد. عملکرد این سیستم را می توان با یک شیر حساس به بار موثر بر ترمز چرخ های عقب مقایسه کرد. برای ترمز گیری بهینه، در همه شرایط باری باید حداکثر نیروی ترمزی به هر دو قسمت چرخ های جلو و عقب اعمال گردد. EBD قبل از سیستم ABS عمل می کند و معمولا باعث افزایش احساس راحتی سرنشینان می گردد. به منظور حفظ موثر پایداری جهتی، چرخ های عقب نباید قبل از چرخ های جلو قفل شوند. از آنجاییکه برای قفل شدن چرخ های یک خودروی سنگین بارگیری شده، به نیروی ترمزی بیشتری نیاز است؛ ماژول کنترل کننده سرعت چرخ ها را مانیتور کرده و ازطریق سوپاپ های سولنوئیدی ورودی، فشار ترمز اعمالی به چرخ های عقب را تعدیل می کند تا مطمئن شود که لغزش نسبی بین چرخ های جلو و عقب از یک آستانه مشخص بیشتر نمی شود.(برای مثال 3Km/h)

EBD فعال نخواهد شد مگر اینکه شرایط زیر ایجاد شده باشد:

- سرعت خودرو بیشتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد.
- ماژول کنترل کننده، سیگنالی از سوئیچ پدال ترمز دریافت می کند که نشان می دهد که پدال ترمز فشرده شده است.
- شتاب منفی بیشتر از g ۰.۲۵ باشد.
- لغزش نسبی بین چرخ های جلو و عقب بیش از آستانه تعریف شده باشد.

[۳] مترجم

www.cargeek.ir

پس از اینکه شرایط مزبور ایجاد شد، سوپاپ های ورودی چرخ عقب بسته شده و EBD فعال می گردد تا لغزش نسبی را زیر ۳ کیلومتر بر ساعت نگه دارد.
اگر در حین مدولاسیون EBD، هر کدام از چرخ ها تمایل به قفل شدن داشته باشد، مد کنترل کننده به مدولاسیون ABS عادی تغییر وضعیت خواهد داد.

مزایای سیستم EBD عبارتند از:

- قابلیت توقف افزایش می یابد.
- در هنگام ترمز گرفتن در مسیر منحنی، پایداری خودرو افزایش می یابد.

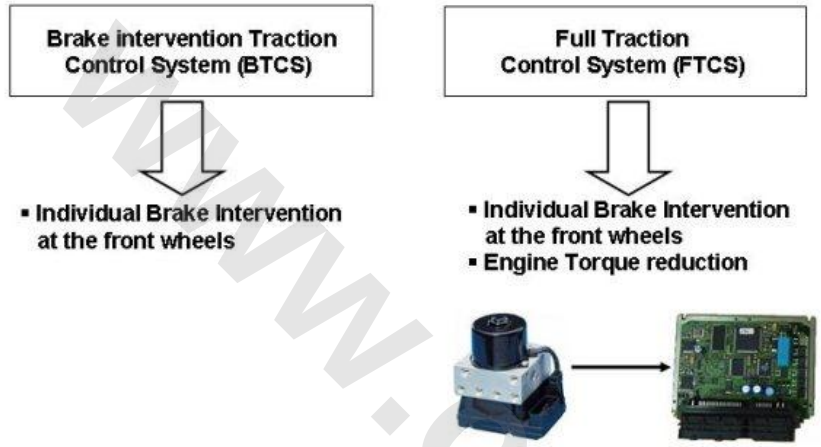
www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

انواع سیستم کنترل کشش (TCS)

این سیستم را می توان به گروه های زیر تقسیم بندی کرد:

Traction Control Systems can be divided into the following catagories:



وضعیت های رانندگی بحرانی فقط محدود به زمان ترمزگیری نیست بلکه می تواند در زمان شروع به حرکت و شتابگیری (خصوصا در شیب های لغزنده) و دورزدن نیز اتفاق بیافتد. این شرایط می تواند راننده را با وضعیتی خارج از کنترل روبرو کند و در نتیجه آن اشتباهات رانندگی خطرناکی رخ دهد. TCS برای حل این مسائل ایجاد گردیده است. هدف اولیه این سیستم –که نسخه تکامل یافته ای از ABS است- کاهش وابستگی به عکس العمل راننده از طریق حفظ پایداری خودرو و فرمان پذیری آن در زمان شتابگیری می باشد (به شرطی که محدودیت های فیزیکی اجازه دهند).

لغزش زیاد چرخ های محرک باعث کاهش ضریب نیروی کششی می شود و نیروی جلوبرنده و پایداری خودرو بواسطه ضریب نیروی جانبی کم می شود. این سیستم باید قادر به جلوگیری از بکسواد چرخ در زمان شروع به حرکت یا شتابگیری در شرایط زیر باشد:

- زمانی که یک یا هر دو طرف جاده که چرخ ها روی آن قرار دارد، لغزنده باشد.
- زمانی که خودرو از توقفگاه یخ زده و یا شانه های کنار بزرگراه بیرون می آید.
- هنگام شتابگیری در زمان دور زدن
- در هنگام شروع به حرکت روی یک شیب.

www.cargeek.ir

این سیستم همچنین باید در شرایط زیر نیز عمل کند:

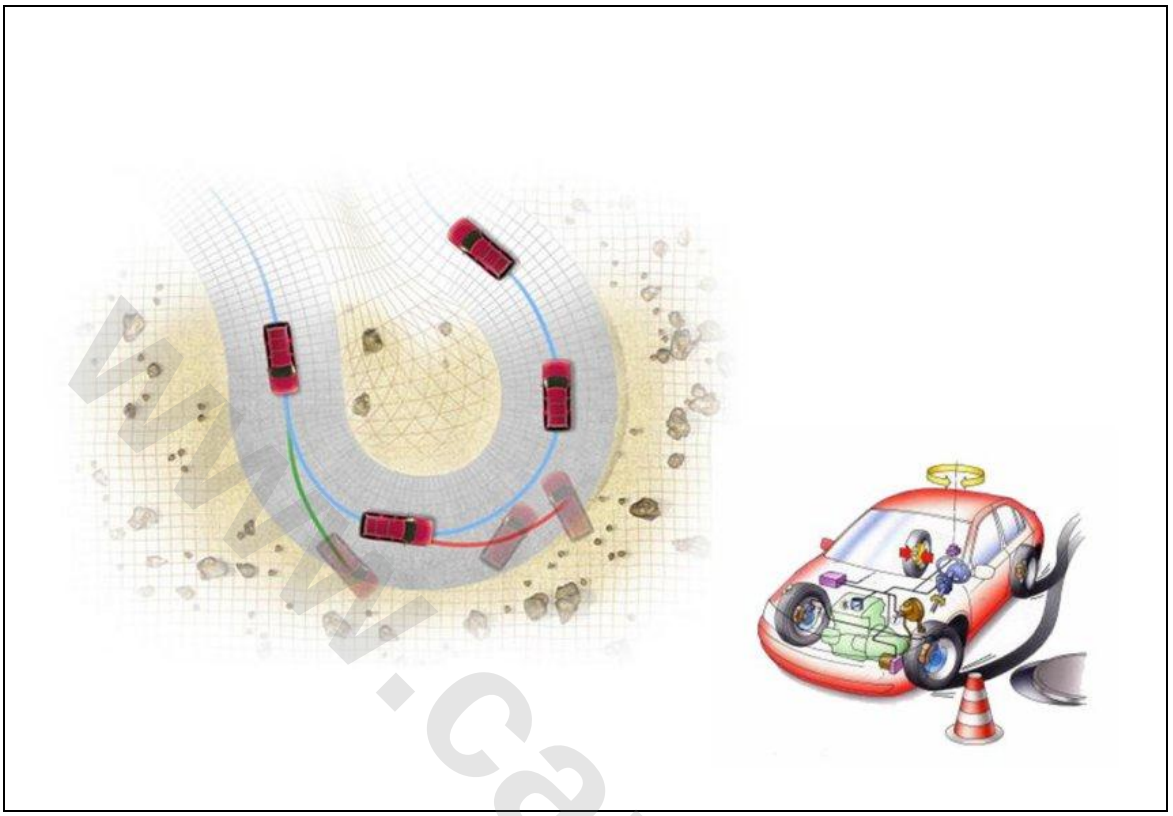
- زمانیکه چرخ بکسواد کرده و یا قفل می شود، نیروهای جانبی که منتقل می کند محدود شده و خودرو ناپایدار می شود.
- بکسواد توام با لغزش که منجر به افزایش ترس و استرس وارده به راننده می شود (برای مثال در دیفرانسیل)
- سیستم باید در تمام مواقع بطور خودکار آماده کار باشد.
- سیستم باید بین لغزش در چرخ های محرک در هنگام دور زدن و شتابگیری تفاوت قائل شود.

شرکت هیوندایی دو نوع از سیستم TCS را معرفی کرده است.
سیستم کنترل کشش مبتنی بر ترمزگیری(BTCS) که با اعمال ترمز در چرخ لغزنده باعث بهبود کشش می گردد. و سیستم کنترل کشش کامل(FTCS) که به همان روش قبلی عمل می کند ولی مضاف بر آن در صورتیکه لغزش چرخ کم نشود، گشتاور موتور را کاهش می دهد.

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

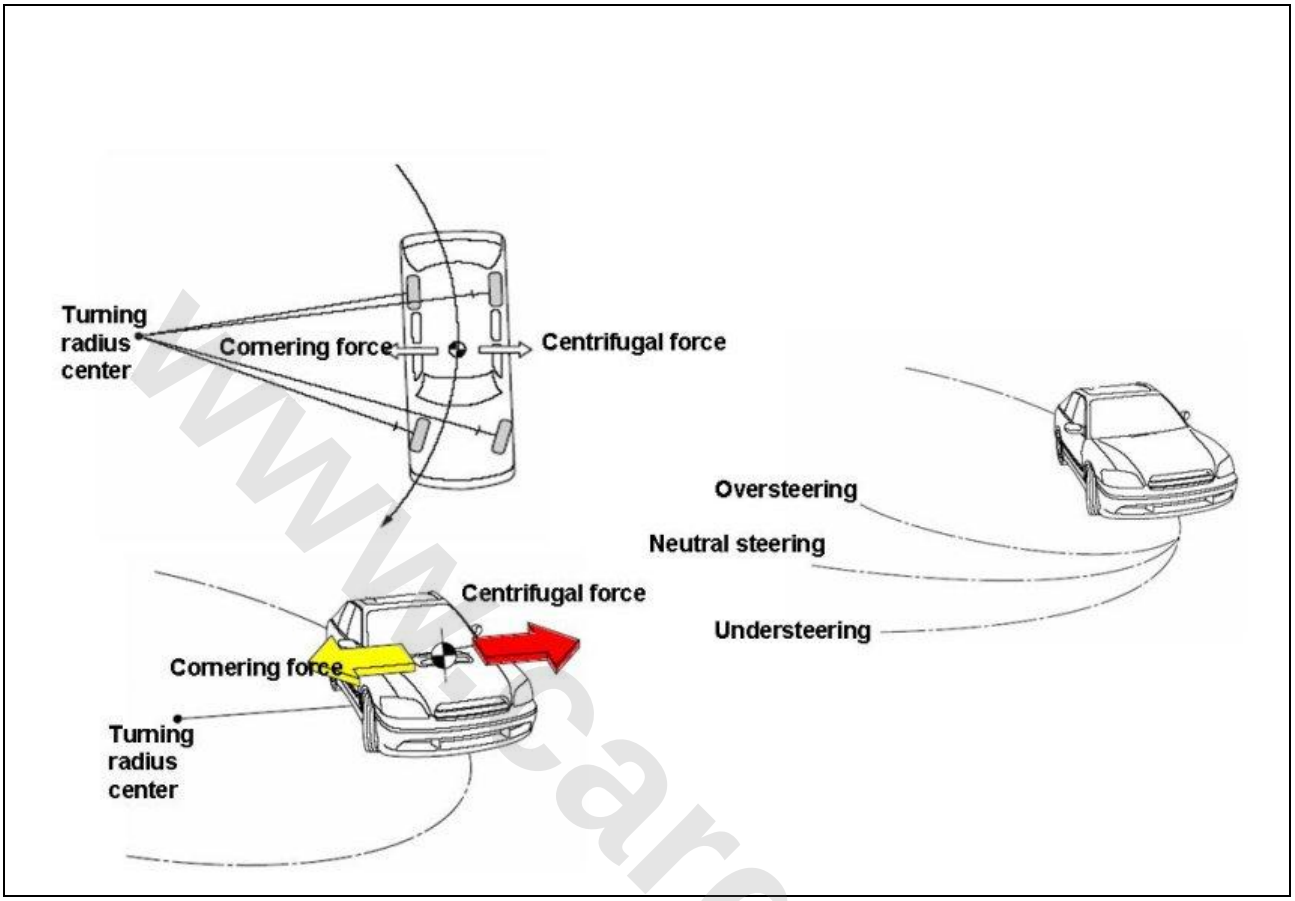
مزایای ESP



برنامه الکترونیکی پایداری (ESP) باعث افزایش ایمنی در تمام شرایط رانندگی می شود. به ویژه در هنگام دور زدن یا به بیان دیگر، وقتی که نیروهای جانبی فعالند، ESP خودرو را پایدار کرده و آن را بطور ایمن در مسیر درست نگه می دارد. ABS و TCS فقط در جهت طولی عمل می کنند. ESP شرایط بحرانی نظیر عکس العمل توام با ترس راننده در وضعیت های خطرناک را تشخیص داده و بدون نیاز به فشردن پدال ترمز یا گاز؛ از طریق ترمزگرفتن تکی چرخ ها و مداخله موتور خودرو را پایدار می کند. ESP فراتر از قابلیت های راننده عمل می کند و با اعمال ترمزهای انتخابی؛ بطور خودکار خودرو را به مسیر درست بر می گرداند. به بیان دیگر این سیستم اطمینان می دهد که خودرو حتی در و شرایط خیلی شدید در وضعیت عادی خود قرار داشته باشد. در واقع بجای در رفتن یا سر خوردن، خودرو به عکس العمل های راننده در غربیلک فرمان پاسخ داده و خودرو را بطور کامل در کنترل او نگه می دارد.

www.cargeek.ir

رابطه بین نیروها



رابطه بین نیروی جانبی و گریز از مرکز در هنگام دور زدن

زمانی که خودرو دور می زند، نیروی گریز از مرکز در جهت خارج دور به آن وارد می شود. در مقابل این نیرو، نیروی جانبی بعنوان نیروی جانب به مرکزی که توسط تایرها ایجاد شده، وارد می شود. رانندگی در هنگام دور زدن زمانی امکان پذیر است که نیروی گریز از مرکز و نیروی جانبی در تعادل باشند. تا زمانیکه این وضعیت برقرار باشد، دور زدن پایدار خواهد بود.

نیروهای جانبی با توجه به فاکتورهایی نظیر ضریب اصطکاک سطح جاده، عملکرد و چسبندگی تایرها به سطح، سرعت گردش و غیره تغییر می کند. روابط بین این فاکتورها بصورت زیر می باشد:

با افزایش ضریب اصطکاک سطح جاده، نیروی جانبی افزایش می یابد.

با افزایش چسبندگی تایرها به سطح، نیروی جانبی افزایش می یابد.

با افزایش سرعت دورزدن، نیروی گریز از مرکز زیاد می شود.

بیش فرمانی[۴] و کم فرمانی[۵]

چنانچه زاویه غربیلک فرمان ثابت باشد و خودرو با سرعت ثابت حرکت کند، شعاع دایره گردش ثابت خواهد ماند. افزایش سرعت خودرو در نقطه ای که نیروی گریز از مرکز بر نیروی جانبی غلبه کند ، با وقوع کم فرمانی، خودرو به سمت خارج کمان اولیه حرکت خواهد کرد و در صورتی که بیش فرمانی اتفاق بیافتد، خودرو به سمت داخل حرکت می کند. شایان ذکر است که حرکت در کمان

[۴] Over-Steering

[۵] Under-Steering

www.cargeek.ir

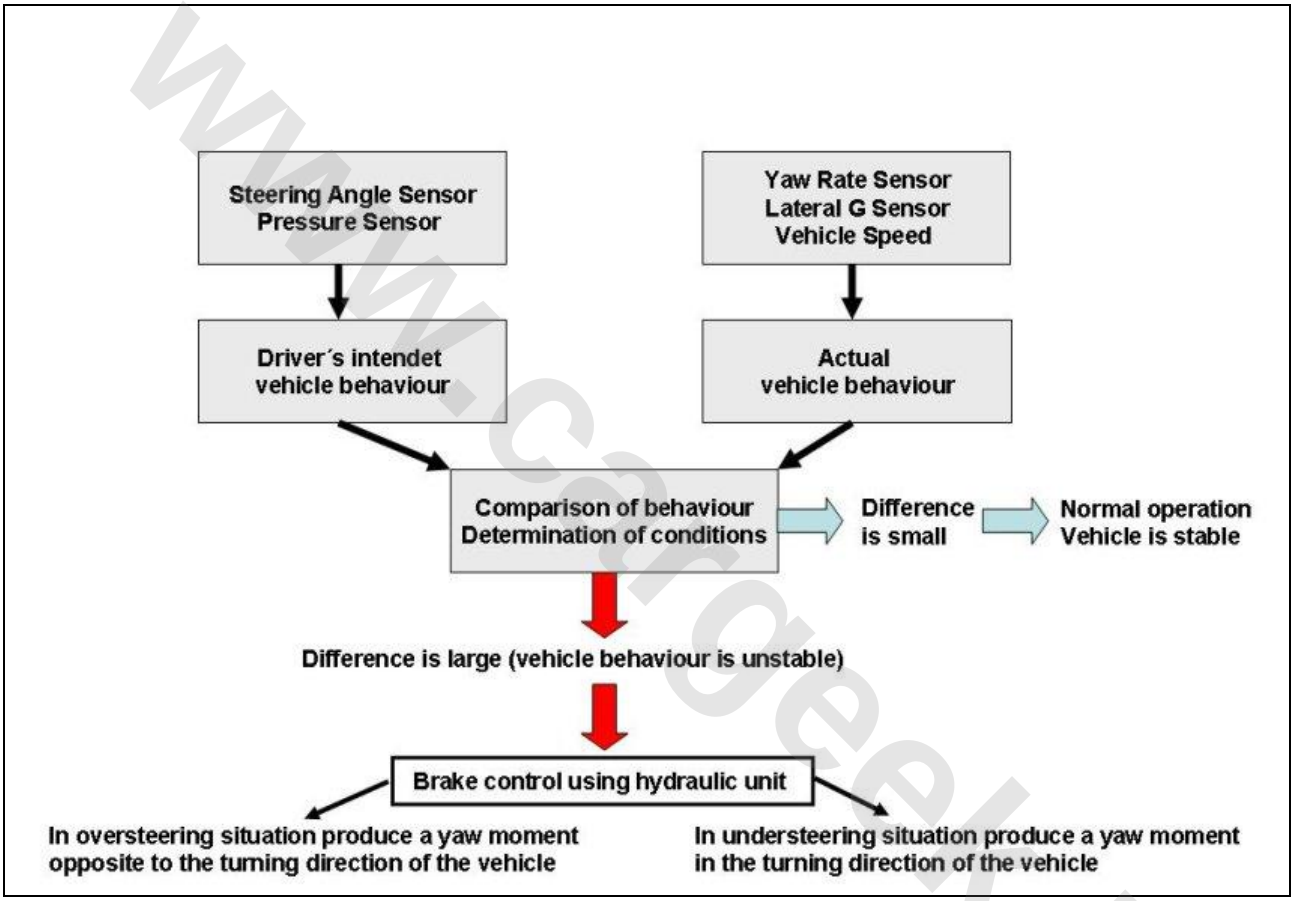
اولیه، فرمان خنثی[۶] نامیده می شود. وضعیت واقعی فرمان(کم فرمانی یا بیش فرمانی) یک خودروی نوعی تابع ارتباط درونی بین توزیع وزن روی چرخ های جلو و عقب، ویژگی تایر، سیستم تعلیق و سیستم رانش (برای مثال 4WD) می باشد.

فرمان خنثی: نیروی جانبی و نیروی گریز از مرکز در تعادلند.

بیش فرمانی: با ادامه دور زدن، شعاع گردش کوچکتر خواهد شد.

کم فرمانی: با ادامه دور زدن، شعاع گردش بزرگتر خواهد شد.

حلقه کنترلی ESP



نیت راننده (یعنی مسیری که راننده قصد دارد برود) با سنسور زاویه فرمان و سنسور فشار (مثلا وقتی راننده پدال ترمز را فشار می دهد) اندازه گیری می شود. این ورودی ها با سیگنال های ارسالی از سنسور G جانبی و سنسور Yaw مقایسه می شود. تا زمانی که رفتار واقعی خودرو با نیت راننده همخوانی دارد؛ وضعیت عادی برآورد شده و ESP فعال نمی شود. اما در صورتیکه اختلاف زیادی بین این دو باشد، وضعیت ناپایدار تشخیص داده می شود. در حالت بیش فرمانی، ماژول کنترل ESP یک گشتاور Yaw منفی در خلاف جهت گردش خودرو ایجاد می کند. در حالت کم فرمانی، ماژول مزبور یک گشتاور Yaw مثبت در جهت گردش خودرو تولید می کند. گشتاور Yaw از طریق اعمال ترمز چرخ ها بصورت مجزا ایجاد می شود. زمانی که نیروی ترمزی هر چرخ متفاوت باشد، یک نیروی چرخان(گشتاور Yaw) روی بدنه ایجاد شده و خودرو را به جهت درست گردش بر می گرداند.

برای ایجاد گشتاور مثبت (در حالت کم فرمانی) ترمزهای زیر باید فعال گردند:

- چرخ عقب داخلی

[۶] Neutral Steering

www.cargeek.ir

- چرخ جلوی داخلی (برای افزایش یافتن گشتاور تا یک سطح معین)

و برای ایجاد گشتاور منفی(درحالت بیش فرمانی) ترمزهای زیر باید فعال گردد:

- چرخ جلوی خارجی

- چرخ عقب خارجی(برای افزایش یافتن گشتاور تا یک سطح معین)

مثال:
در صورتیکه Yaw 20 deg/sec نیاز باشد و خروجی سنسور Yaw مقدار 10 deg/sec را اندازه گیری کرده باشد؛ به معنای این است که خودرو به اندازه نیت راننده فرمان نگرفته و در حالت کم فرمانی است. در این حالت، فشار هیدرولیک بوسیله موتور ESP تولید شده و به ترمز چرخ عقب داخلی اعمال می گردد تا گشتاور Yaw افزایش یافته و همزمان از گشتاور موتور کاسته شود. برعکس چنانچه خروجی سنسور Yaw بزرگتر از مقدار مورد نیاز باشد به معنای این است که خودرو بیشتر از نیت راننده گردیده و در حالت بیش فرمانی است. در این حالت، فشار هیدرولیک به ترمز چرخ جلوی خارجی اعمال می شود تا گشتاور Yaw را کاهش دهد.

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir