معرفی ترمزهای هوشمند

ESP

گردآوری و ترجمه: حمید پرفروغ

مربی اتومکانیک سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

فهرست

نیروی گریز از مرکز..... ۳
سرش..... ۴
شتاب جانبی..... ۴
فوق رانش..... ۴
تحت رانش..... ۵
زاویه سرش جانبی..... ۶
سرعت دورانی چرخها..... ۷
نیروهای انحراف دهنده..... ۷
ESP..... ۸
ABS..... ۸
ASR..... ۹
ETS..... ۹
MSR..... ۱۰
BAS..... ۱۰
EBV..... ۱۱
PML..... ۱۲
چراغهای ترمز..... ۱۲
واحد کنترل هیدرولیکی..... ۱۴
واحد پلانجرها..... 16
پمپ فشار اولیه..... 16
سنسور فشار ترمز..... 17
سنسور حرکت دیافراگم..... 18
سنسور شتاب جانبی..... 18
سنسور سرعت دورانی..... 19
سنسور زاویه چرخش چرخ..... 19
سنسور سرعت سنج چرخ..... 20

بسمه تعالی

نیروی گریز از مرکز

بدن انسان همواره در مقابل حرکت و جابجایی مقاومت می کند.این خاصیت اینرسی نام دارد. این نیرو بیشتر سر پیچ ها خود را نمایان میسازد. هر چه شعاع گردش کوچکتر و سرعت بیشتر باشد این نیرو قویتر میشود و بر عکس هر چه شعاع گردش بزرگتر و سرعت کمتر باشد این نیرو کوچکتر میگردد. در هر حال نیرویی برای مقابله با آن باید صرف شود تا خودرو به وضعیت تعادل برسد. این نیرو سانتریفوژ(گریز از مرکز)[۱] نام دارد در واقع نیرویی که سعی دارد خودرو را به سمت خارج پیچ هدایت کند گریز ازمرکز و نیرویی که در مقابل آن خودرو را به داخل پیچ هدایت می کند نیروی جانب مرکز[۲] نام دارد.

طبق قانون عکس العمل شتابی که خودرو در سر پیچ ها دارد مرکز ثقل خودرو را تحت الشعاع خود قرار می دهد. در واقع زمانی که خودرو سر پیچ ها دور می زند نیروی گریز از مرکزی که به چرخ ها وارد می شود باید به نحوی با نیروی ارسالی ترمز به چرخ ها کنترل شود تا از واژگون شدن خودرو جلوگیری کند.

رانندگان معمولا در وضعیتهای بحرانی[۳] که برایشان پیش می آید ترمز ناگهانی می گیرند . در این وضعیتESP[۴] باید هم نیت راننده[۵] را بداند و هم خودرو را متعادل نگه دارد. این عمل تنها وقتی صورت میگیرد که فشار ترمز در چرخ های مختلف متفاوت باشد مثلا در ترمزگیری سر پیچ ها چرخ جلو که در دایره داخلی قرار دارد باید با فشار بیشتری نسبت به چرخ خارجی ترمز گرفته شود.
وقتی چرخها در حال راندن خودرو میباشند و در همان حال می پیچند چرخهای جلو تمایل دارند به سمت خارج حرکت کنند در اثر این انحراف نیروی جانب مرکز بوجود می آید این نیرو شتابی جانبی به چرخهای جلو می دهد تا خودرو به سمت داخل منحنی حرکت کند.

اگر نیروی گریز از مرکز خودرویی که درحال دور زدن واعمال ترمز است از نیروی جانب مرکز آن بیشتر شود(واین اختلاف صفر یا نزدیک صفر نباشد)ممکن است با فشار به مدار ترمز گسیختگی یا نشتی در لوله ترمز ایجاد شود.

---

[۱] CENTRIFUGAL FORCE
[۲] CORNERING FORCE
[۳] CRITICAL POSITION
[۴] ELECTRIC STABILITY PROGRAM
[۵] منظور از نیت راننده نوع ترمزگیری است بعنوان مثال ترمزگیری ملایم.ناگهانی.نیش ترمز و.....

سرش[۱]

هر اعمال نیرویی همواره با سرش همراه خواهد بود در چرخهای دوار خودرو نیز به همین صورت است یعنی در انتقال قدرت به چرخها وازچرخها به جاده همیشه مقداری از نیرو تبدیل به سرش شده واز بین میرود مقدار سرش از فرمول بدست میاید.

$$\frac{\text{v چرخ}}{\text{v ماشین}} = \text{ضریب سرش} \qquad \lambda = 1 - \frac{\text{v چرخ}}{\text{v ماشین}} 0\%$$

شتاب جانبی[۲]

وقتی چرخهای اتومبیل به سمت چپ یا راست می پیچند موقعیت چرخها باعث ایجاد نیروی جانب مرکز می شود . مقدار این نیرو همانطور که در دوره های فیزیک مطالعه کرده اید بستگی به مرکز قوس و شعاع و سرعت خودرو دارد . این شتاب حاصل از نیروی فوق را شتاب جانب مرکز گویند.

فوق رانش[۳]

این حالت هنگامی رخ می دهد که سر پیچ ها میزان انحراف چرخها روی محور چرخهای عقب بیشتر از محور چرخهای جلو باشد و بدان معنی است که خودرو قوسی را تعقیب میکند که شعاع کمتری نسبت به شعاع پیچ دارد در حالی که این شعاع باید با شعاع پیچ برابر باشد. همچنین این شعاع باید برای چرخهای عقب و جلو یکسان باشد. مخصوصا" این حالت هنگامی رخ می دهد که خودرو سر پیچ بخواهد شتاب بگیرد.فوق رانش معمولا" در حالتی رخ می دهد که زاویه سرش جانبی خیلی بزرگ باشد .

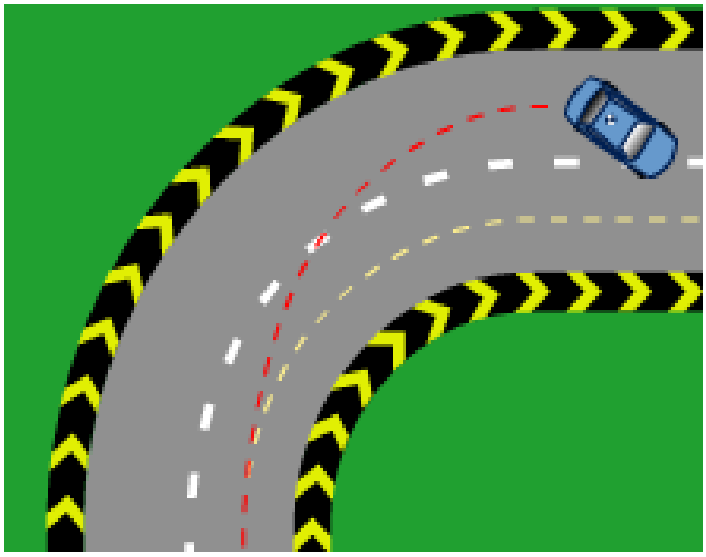
عوامل اصلی موثر دراین وضعیت موقعیت مرکز ثقل – طراحی سیستم تعلیق- نوع محور چرخ خودرو و زوایای چرخها می باشد.

در خودروهای چرخ عقب محرک این حالت هنگامی رخ می دهد که نیروی سرش در چرخ عقب بزرگتر از چرخهای جلو باشد. در هر حال راننده برای جبران فوق رانش می تواند با فرمان دادن

---

[۱] slip
[۲] Lateral acceleration
[۳] oversteer

[۱]مناسب تا حدودی آن را جبران کند . چنانچه فوق رانش بیش از اندازه باشد تهدیدی برای خودرو به حساب می آید و به اصطلاح خودرو چپ می کند.ESP می تواند چرخ جلو خارجی را با ترمز قویتری متوقف سازد تا زاویه سرش جانبی نیز کاهش یابد.(شکل شماره ۱)



شکل شماره ۱

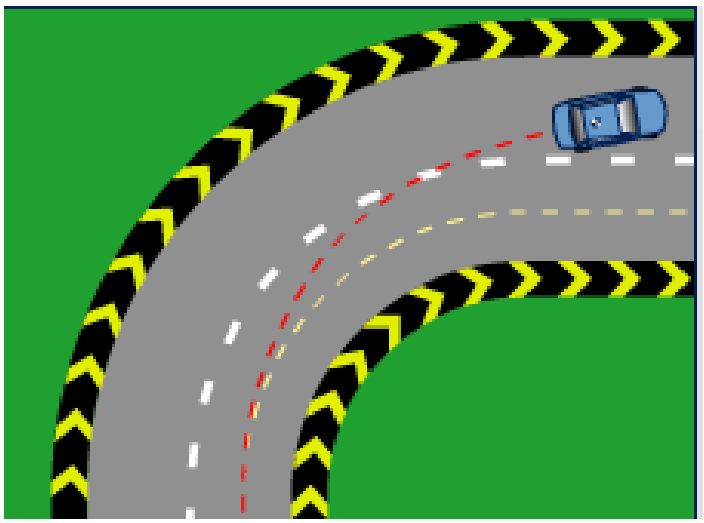
تحت رانش[۲]

دراین حالت محور جلو بیشتر از محور عقب منحرف می شود یعنی شعاع پیچش خودرو از شعاع پیچ بزرگتراست.این وضعیت هنگامی که زاویه سرش جانبی زیاد باشد هم ممکن است رخ بدهد.

عوامل اصلی این حالت عبارتنداز: موقعیت مرکز ثقل. طراحی سیستم تعلیق . نوع محور چرخها و زوایای چرخها . البته راننده می تواند با فرماندهی مناسب این عیب راتا حدودی برطرف نماید. در حالتهای شدید نیروی تحت رانش می تواند در حالی که چرخهای خودرو می گردند خودرو را به سمت گوشه پیچ منحرف نماید.اگر نیروی تحت رانش بیش از حد مجاز باشد ESP باترمزدهی مناسب میزان سرش جانبی چرخها را کم می کند در واقع اگر چرخ عقب داخلی با نیروی بیشتری متوقف شود این عیب برطرف می گردد.(شکل شماره۲)

---

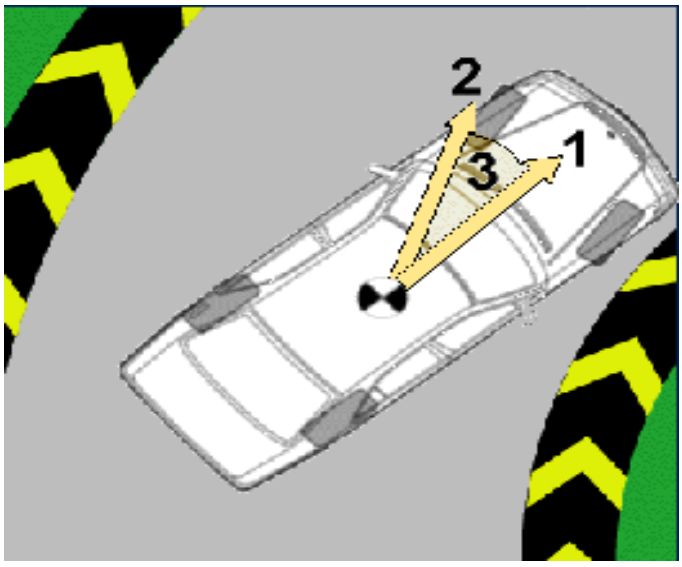
[۱] handling
[۲] UNDERSTEER



شکل شماره ۲

زاویه سرش جانبی[۱]

زاویه سرش جانبی خودرو در واقع زاویه بین محور طولی خودرو با محوری است که خودرو درآن مسیر حرکت می کند. در رانندگی مستقیم این زاویه صفر است یا خیلی نزدیک صفر ولی وقتی این زاویه از حد مجاز خود فراتر می رود نشان دهنده وضعیت بحرانی رانندگی است یعنی حالتی که خودرو حالت تعادل وایستایی خودرا از دست میدهد.(شکل شماره۳)



شکل شماره۳

[۱] SIDE SLIP ANGLE

سرعت دورانی چرخها[۱]

واحد کنترل ESP[۲] سرعت دورانی تمام چرخها را با استفاده از سنسورهای مربوطه اندازه می گیرد و با این اطلاعات سرعت نهایی خودرو را بدست می آورد.

هنگام رانندگی در خط مستقیم سرعت چهار چرخ تقریبا برابر است هنگام دور زدن طبیعی چرخها نیز سرعت دورانی هر چرخ بیانگر فاصله طی شده توسط همان چرخ می باشد.تمام این مواردتوسط سنسورهای شتاب جانبی سنسور سرعت دورانی چرخها سنسور زاویه چرخها و سنسور سرش اندازه گیری شده ودر نهایت میزان انحراف از حد تعیین شده برای ESP میتواند بیانگر وضعیت عادی یا وضعیت بحرانی باشد.

نیروهای انحراف دهنده[۳]

انحراف زمانی رخ می دهد که یک نیروی خارجی در محلی غیراز مرکز ثقل بر خودرو وارد شود البته هر چه محل برخورد نیرو از مرکز ثقل دورتر باشد میزان انحراف خودرو بیشتر است و خودرو دور محور انحراف خود می چرخد.

نیروی انحراف دهنده معمولا" بوسیله سه نیروی دیگر تولید می شود۱)نیروی باد ۲)نیروهای جانبی ۳)نیروهای اصطکاکی مختلف که به چرخها وارد می شود (البته سر پیچها نیروی جانب مرکز نیز باعث ایجاد انحراف در خودرو می شود).

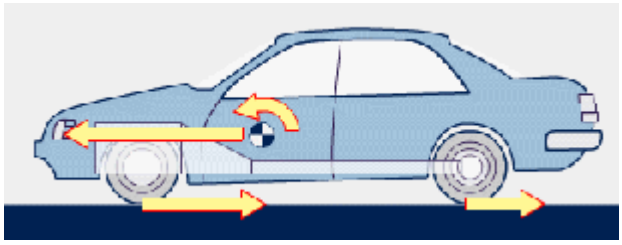
اگر سطح جاده ناهموار باشدیا روی قسمتهایی از جاده روغن ریخته باشد یا قسمتی از جاده یخ زده باشد این نیرو بوجود می آید که ممکن است میزان آن در چرخها چپ وراست متفاوت باشد ودر این حالت باعث متمایل شدن خودرو از خط مستقیم می گردد.ESP در این شرایط با فرستادن نیروهای متفاوت ترمزی پشت چرخهااین عیب را برطرف می نماید.

در حین اعمال ترمز نیروی اینرسی و نیروی ترمز در دو جهت مختلف عمل می کنند بنابراین گشتاور حاصل بار روی محور جلو افزایش و برعکس بار روی محور عقب کاهش می یابد به همین خاطر است که هنگام ترمزگیری مسافر حس میکند چرخ عقب بلند و چرخ جلو کوتاه تر شده است. دراین حالت وقتی خودرو سر پیچ باشد نیروی جانب مرکز چرخهای عقب کاهش می یابد و باعث

---

۱ WHEEL ROTATIONAL SPEED
۲ ESP CONTROL UNIT
۳ YAW MOMENT

فوق رانش میشود.ESP دراین شرایط طوری عمل می کند که تعادل خودرو را حفظ نماید.(شکل شماره۴)



شکل شماره۴

ESP

ESP مخفف کلمه electronic stability program و به معنی برنامه الکترونیکی ایستایی خودرو است.

ESP به عنوان یک سیستم توسعه یافته ترمز شامل چند سیستم دیگر است که همه آنها زیر مجموعه ESP می باشند

این زیر مجموعه ها عبارتنداز:ABS,ASR,ETS,MSR,BAS,EBV,PML

البته برحسب نوع خودرو و امکانات آن ممکن است بعضی از این زیرمجموعه ها را در یک خودرو حذف کرده باشند.به اختصار در خصوص این زیر مجموعه ها توضیح میدهیم.

ABS

ANTILOCK BRAKING SYSTEM

ترمزهای ضدقفل یا ABS نوعی ترمز هستند که از قفل شدن چرخها در حین اعمال ترمز جلوگیری می کنند.و راننده در حین ترمزگیری می تواند به راندن و فرمان دادن خود ادامه دهد بعلاوه چرخها نیز در این حالت وضعیت مناسبی دارند.ABS با ضربات منظم و پشت سر هم به کاسه چرخ امکان کمترین ضریب سرش و بیشترین ضریب اصطکاک لاستیک خودرو با جاده را فراهم می کند و در این حالت بیشترین نیروی تولیدی ترمز به چرخها منتقل می شود و چرخها نیز در حین ترمزگیری می توانند به دورزدن خود ادامه دهند و در مقابل نیروهای جانب مرکز و گریز از مرکز مقاومت کنند.

ASR
ACCELERATION SKID CONTROL UNIT

این سیستم به خودرو کمک میکند که در حال شتاب گیری ثبات و کشش کافی را داشته باشد.این سیستم از لرزش و پیچ و تاب اضافی تایرها هنگام اعمال ترمز نیز جلوگیری می کند و این عمل را با فرستادن دستور به واحد کنترل موتور[۱] انجام می دهد تا موتور گشتاور تولیدی خود را کم کند و در صورت لزوم قدرت ترمزگیری را هم افزایش می دهد.

در بنزهای کلاس A کلیدی به نام ASR OFF و در کلاس S کلیدی به نام ESP OFF موجود است . در حالتی که در جاده های با برف سنگین یا جاده های غیرآسفالت و سنگفرش یا جاده های پر از سنگلاخ و آشغال رانندگی می کنید بسیار عاقلانه است که کلید ASR یا ESP را خاموش کنید تا به این سیستم فشار بیهوده وارد نشود.

ETS
ELECTRONIC TRACTION SYSTEM

این سیستم سیستمی اتوماتیک می باشد که جهت افزایش کشش و قابلیت شتاب دهی در جاده های با پستی و بلندی زیاد طراحی شده است. ETS از چرخش بیهوده چرخها جلوگیری می کند و این کار را با اعمال ترمز بر چرخهای محرک انجام می دهد و هیچ ارتباطی با واحد کنترل موتور ندارد(بر خلاف ASR).

اولین مزیت ETS افزایش قدرت کشش چرخها و توانایی شتابدهی در سطوح ناصاف و دومین مزیت آن افزایش تعادل خودرو سر پیچ ها مخصوصا" در زمانهای کوتاهی که سرعت چرخش دو چرخ محرک سر پیچ با هم برابر شود .

در خودروهای چهار چرخ محرک این سیستم را به صورت 4-ETS می نویسند.

---

[۱] Engine control unit

MSR
MALFUNCTION SITUATION RECOGNIZE

هنگامی که راننده پدال ترمز را رها می کند گشتاور قوی موتور روی چرخها فشار می آورد مخصوصا" زمانی که در دنده پایین هستیم و دور موتور بالا است این حالت شدیدتر می شود در واقع اصطکاک چرخها و سرعت آنها با کمپرس موتور مخالفت می کند و احتمال سر خوردن چرخ ها بیشتر می شود. این حالت باعث ناپایداری در فرمان دهی می شود.MSR تعادل خودرو را وقتی خودرو بطور ناگهانی زیر بار گشتاور قوی موتور قرار می گیرد حفظ می کند و این کار را با ارسال سیگنال به ESP انجام می دهد تا ESP به واحد کنترل موتور دستور کاهش گشتاور را صادر کند.

BAS
BRAKE ASIST SYSTEM

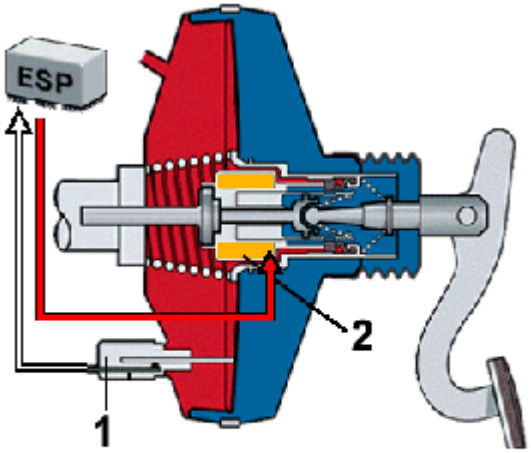
این سیستم را می توان ترمز کمکی نامید. وقتی راننده در حالتهای مخاطره آمیز و بحرانی یا تصادف قرار می گیرد یا به شک و تردید می افتد زمان بسیار کمی برای ترمز گیری در اختیار دارد BAS در این وضعیت طول مسیر ترمز گیری را برای راننده کوتاه می کند . در واقع مسیری که لازم است پدال به انتها برسد را کوتاه می کند تا سیگنال ارسالی به واحد کنترل زودتر ارسال شود. BAS زمانی به کار می افتد که ترمز بسیار سریع فشرده شود و در این حالت نیت راننده درباره وضعیت بحرانی برای BAS آشکار می گردد. عملکرد BAS توسط سنسور حرکت دیافراگم[۱] در بوستر ترمز با ارسال سیگنال کنترل می شود.این دیافراگم توسط سوپاپ سلونوئیدی[۲] به سمت جلو حرکت می کند تا طول مسیر ترمز گیری کوتاه تر شود.

همچنین سوپاپ BAS در حین عملکرد خود پیش فشاری برای واحد کنترل هیدرولیکی می فرستد که البته این پیش فشار برای کار سوپاپ هیچ مزاحمتی بوجود نمی آورد. اختلاف فشار بین دو طرف دیافراگم بوستر علت اصلی حرکت سیلندر اصلی ترمز می باشد. سوپاپ BAS فقط در مواقع اضطراری بکار می افتد و در واقع جهت کمک به ترمز اصلی می باشد و فقط در ESP کاربرد دارد.امروزه تمامی این زیرمجموعه های ESP در مجموعه ای به نام واحد کنترل جمع شده است و تمامی سنسورهای مربوطه نیز با هم در مجموعه کنترل هیدرولیکی[۳] قرار دارند و تمامی زیر مجموعه

---

[۱] DIAPHRAGM TRAVEL SENSOR
[۲] Selonoid valve
[۳] Hydraulic unit

ها بدون وابستگی به یکدیگر عمل می کنند و همگی جزء کنترل گرهای دینامیکی خودرو می باشند.به شکل زیر توجه کنید



شکل شماره۵

1 Diaphragm travel sensor

2 BAS solenoid valve

واحد کنترل ESP دو زیر مجموعه دیگر را نیز در بر می گیرد که این دو سیستم جزء کنترل گرهای دینامیکی نمی باشند و عبارتند از: PMC و EBV

EBV

ELECTRONIC BRAKE PRESSURE (واحد کنترل الکترونیکی فشار ترمز)

مقصد نهایی EBV واحد کنترل ESP می باشد. وقتی ترمزی ناکامل (نیش ترمز) گرفته شود فشار ترمز بر محور چرخ عقب کافی نمی باشد و این فشار مانع تعادل خودرو می شود . بنابراین فشار روی محور چرخ عقب به تدریج کاهش می یابد.

EBV با مقایسه سرعت چرخش چرخها با هم میزان سرش چرخهای عقب را محاسبه می کند اگر میزان سرش درآستانه حد مجاز باشد یا از آن تجاوز کند آنرا به واحد کنترل ESP[۱]گزارش می دهد تا فشار ترمز چرخهای عقب بوسیله سیستم کنترل فشار[۲] ثابت نگه داشته شود و این عمل

[۱] ESP control unit
[۲] Pressure holding phase

بوسیله سوپاپهای سلونوئیدی ورودی[۱] و خروجی هیدرولیکی انجام می شود البته در این حال پمپ برگشت فشارقوی[۲] فعال نمی باشد.

PML
Parking & manouevre control system

این سیستم میزان تلاش لازم برای گرداندن فرمان را در خودرو مخصوصا" هنگام پارک کردن کاهش می دهد.این سیستم به سرعت خودرو حساس است ودر موقع لزوم(سرعتهای پایین) با ارسال دریافت سیگنال از ESP وارد عمل میگردد.

BRAKE LAMPS
چراغهای ترمز

لامپ ترمز در دو زمان روشن می شود یا سرعت خودرو بوسیله راننده کم شود یا زمانی که واحد دیسترونیک وارد عمل گردد.در ترافیک سنگین واحد دیسترونیک نه تنها سرعت خودرو بلکه فاصله تا خودروی جلو(بوسیله سنسور فاصله روی سپر جلو)را محاسبه می کند که این سنجش مسافت و سرعت با ارسال سیگنال به ESP و فرستادن دستور کم کردن سرعت به واحد کنترل موتور می باشد. دراین حالت با اینکه راننده اقدامی برای ترمز گیری انجام نداده است ولی چراغ ترمز روشن می شود زیرا دیافراگم بوستر ترمز حرکت کرده و لامپ روشن می شود در حالی که پدال داخل نرفته است .

در بقیه موارد برای جلوگیری از روشن شدن چراغ ترمز ESP یک رله[۳] را بکار می اندازد که سر راه چراغ ترمز قرار دارد و قطع و وصل این رله فقط بوسیله ESP انجام می شود.

چراغ دیگری در قسمت سرعت سنج (پشت فرمان)خودرو قرار گرفته که چراغ هشدار دهنده[۴] نام دارد و به شکل یک مثلث خطر(علامت ۱ در شکل زیر) می باشد این چراغ دو وظیفه به عهده دارد:

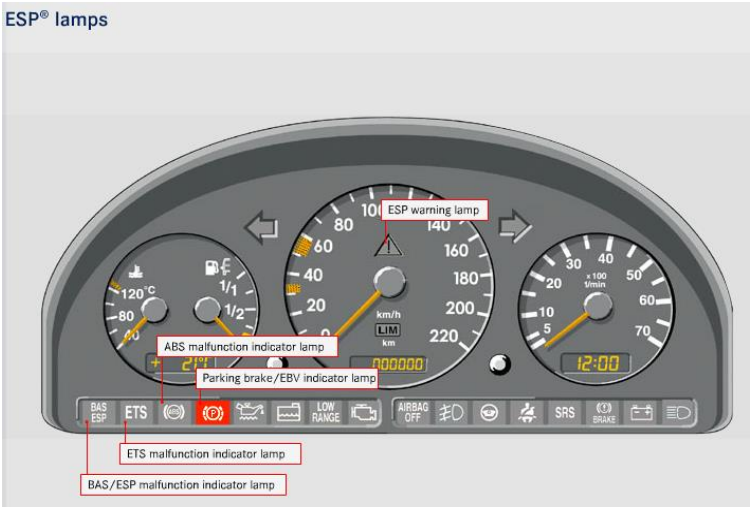
۱- اگر یک فرمان دهی بحرانی رخ دهد یا اگر سرش چرخ زیاد از حد باشد چراغ روشن و خاموش شده و راننده را از این وضعیت آگاه می کند.

---

[۱] Inlet selonoid valve
[۲] High pressure return pump
[۳] relay
[۴] Warning lamp

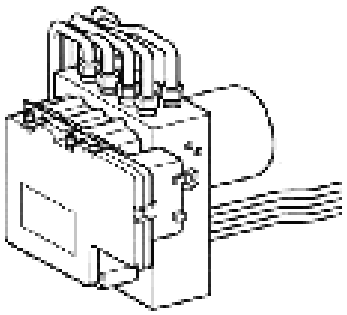
۲- اگر یکی از واحدهای کنترل دینامیکی فرمان خاموش باشند(ASROFF یاESPOFF) چراغ هشدار ESP دائما" روشن می ماند تا راننده را آگاه سازد. در هر دو حالت معنی آن این است سرعت چرخ با سرعت خودرو مطابقت ندارد و راننده باید محدوده فرمان دهی خود را کوتاهتر کند و کمتر از حالت مستقیم خارج شود. چند چراغ نیز برای ESP-BAS-ABS-ETS در قسمت پایین صفحه (زیر سرعت سنج) قرار دارد که تمامی این چراغها در صورت فعال بودن آن واحد روشن و در غیر این صورت خاموش می شوند.البته تمامی این امکانات در خودروهای مختلف و کلاسهای مختلف متفاوت است . در بعضی از خودروها تمام چراغ ها حذف و بجای آن از پیامهای متن[۱] استفاده شده است.(شکلهای ۶و۷)

شکل شماره ۶



شکل شماره ۷

[۱] Text message

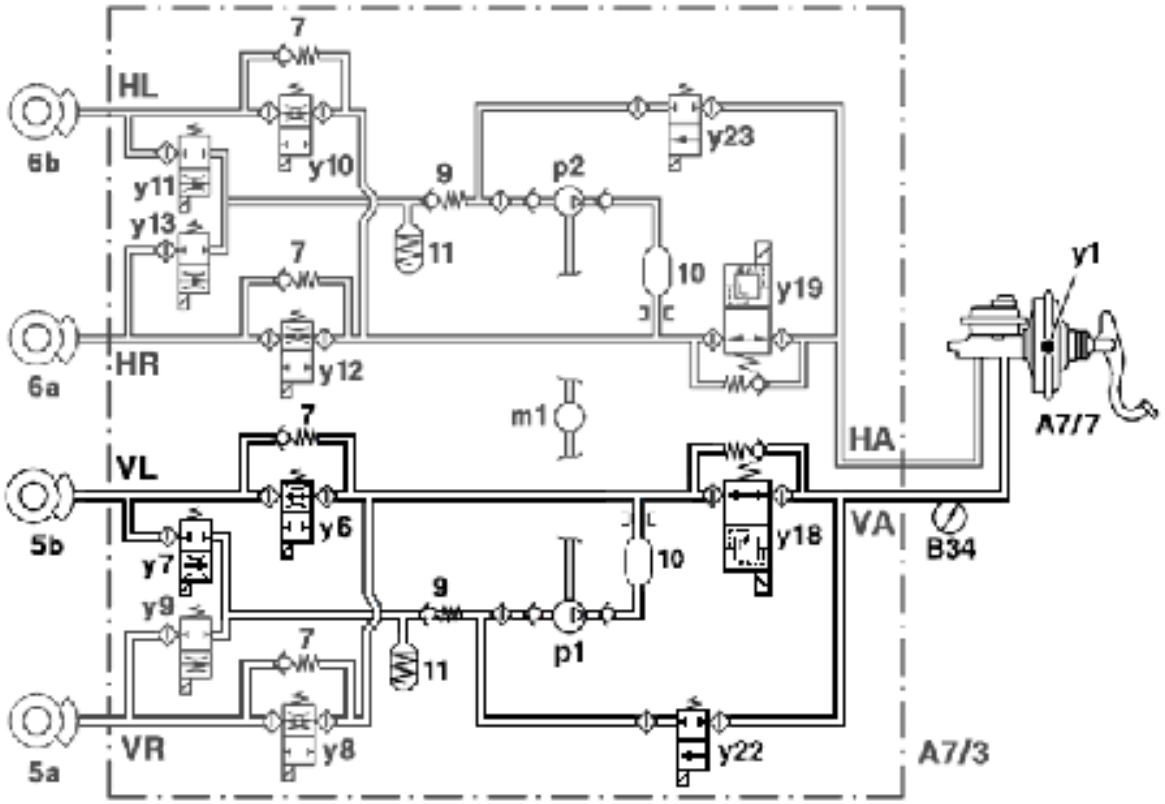


HYDRULIC
واحد کنترل هیدرولیکی

این واحد دربرگیرنده تمامی عملگرهای هیدرولیکی ESP است که شامل قسمتهای زیر میباشد.

- قسمت پمپ کننده برای هر مدار ترمز P1 و p2
- جمع کننده (انباره) برای هر مدار ترمز p1 و p2
- سوپاپ سلونوئیدی ورودی برای ترمز هر چرخ y6-y8-y10-y12
- سوپاپ سلونوئیدی خروجی برای ترمز هر چرخ y7-y9-y11-y13
- سوپاپ سلونوئیدی تنفس برای هر سیلندر ترمز y22-y23
- سوپاپهای ارتباط داخلی برای هر مدار ترمز y18-y19
- سوپاپهای یکطرفه برگشت ناپذیر – خفه کن ها – فیلترها

پمپ داخلی این واحد بوسیله موتوری الکتریکی کار می کند (m1) و برای هر مدار چرخ پمپی مجزا دارد. همچنین در هر مدار خفه کنی صوتی برای کم کردن صدای پمپها تعبیه شده است.



Inlet selonoid value
سوپاپ سلونوئیدی ورودی

واحد هیدرولیکی (A7/3) esp شامل چهار عدد سوپاپ سلونوئیدی ورودی برای ترمز هر چرخ می باشد . سوپاپها در حالت عادی باز هستند و در حالت کنترل تعادل خودرو بوسیله ASR تمام این سوپاپها بسته می شوند همچنین در حین عمل دو واحد کنترل فشار پمپ[۱] و کاهش فشار پمپ[۲] نیز این سوپاپها بسته می شوند.

OUTIET SELONOID VALVE
سوپاپ سلونوئیدی خروجی

واحد هیدرولیکی ESP برای هر چرخ یک سوپاپ سلونوئیدی خروجی دارد که این سوپاپها در حالت عادی بسته هستند. وقتی فشار ترمز در چرخی خیلی بالا باشد با دستور ESP باز شده تا فشار موجود کاهش یابد. در این حالت مقداری از مایع ترمز به انباره روغن برمیگردد.

INTAKE SELONOID VALUE
سوپاپ سلونوئیدی تنفس

واحد هیدرولیکی برای هر کدام از دو مدار ترمز به طور مجزا یک سوپاپ تنفس دارد. این سوپاپها در حالت عادی بسته هستند . چنانچه فشار وارده[۳] از طرف پمپ فشار قوی پشت سوپاپ باشد این سوپاپ باز می شود در این حالت پمپ فشار قوی قادر است مایع ترمز را از پمپ فشار اولیه[۴] به سمت سیلندر اصلی(A7/7) پمپ کند.

پمپ فشار قوی زمانی به کار می افتد که در چرخی سرش زیاد داشته باشیم. برای این کار سوپاپ سلونوئیدی ورودی برای چرخ مزبور (Y6) بازمی ماند در حالی که بقیه سوپاپهای مشابه بسته می مانند(Y8-Y10-Y12)

این پمپ وظائف متعددی دارد: وقتی عمل ترمزگیری بدون فشردن پدال انجام می شود (ESP-ASR-ETS) این پمپ فشار مدار را تامین می کند یا وقتی که فشار مدار ترمز در حال کم

---

۱ Pressure holding phase
۲ Pressure reduction phase
۳ Generate pressure
۴ Priming pressure

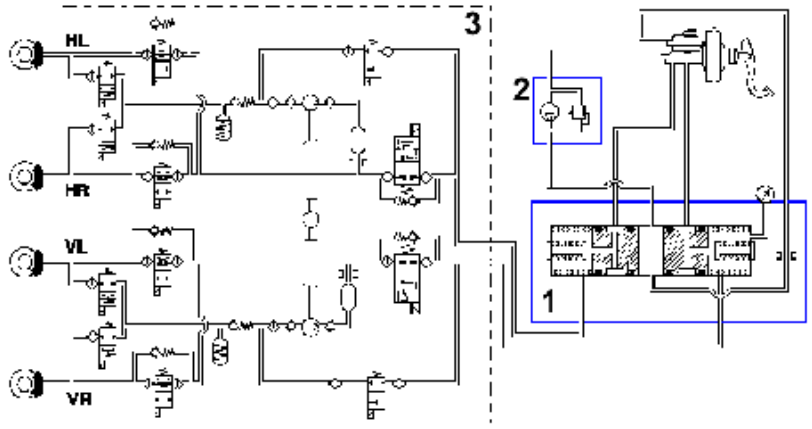
شدن است و مایع ترمز در حال برگشت به پمپ فشار قوی می باشد این پمپ مایع را در سیلندر اصلی نگه می دارد تا برای ترمزگیری بعدی آماده باشد.

سوپاپ ارتباط داخلی

این سوپاپ برای هر مدار ترمز بین فشار خروجی سیلندر و قطعات دیگر قرار گرفته است.در حالت عادی این سوپاپ باز است وقتی عمل ترمزگیری بدون فشردن پدال انجام شود(ESP,ASR,ETS) بسته می ماند تا فشار بوسیله پمپ فشار قوی تولید شود.

واحد پلانجر

در مرحله اول ESP سیستم هیدرولیکی و واحد پلانجرها(۱ و۲درشکل زیر) را تحریک می کند در حین ترمزگیری واحد پلانجرها اجازه می دهند فشار ترمز از سیلندر اصلی به دو مسیر جداگانه عبور کند با این وجود وقتی ترمز بوسیله پدال گرفته شود یا توسط فشار پمپ اولیه تحریک می شود واحد پلانجرها وارد عمل می شود در حال ترمزگیری فشار اولیه به هر دو مسیر واحد هیدرولیکی می رود و از آنجا بسته به دستور واحد هیدرولیکی یک طرف یا هر دو طرف واحد پمپ هیدرولیکی را به کار می اندازد که این موضوع به موقعیت سوپاپهای ارتباط داخلی و تنفس بستگی دارد. (۱ در شکل شماره ۹)



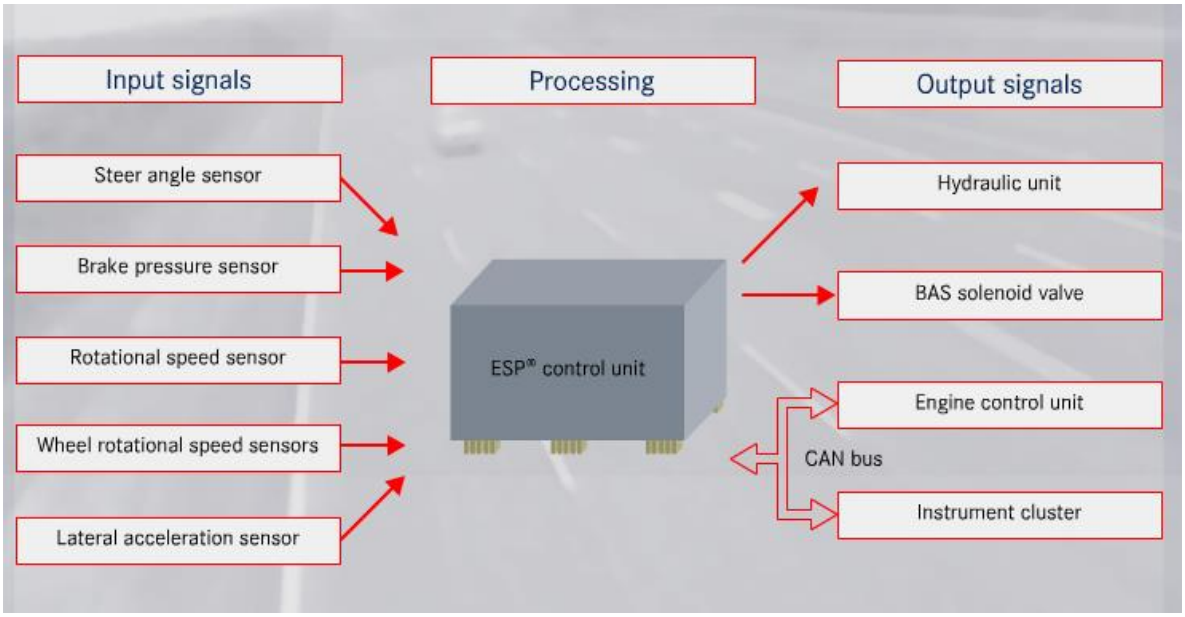
شکل شماره ۹

PRIMING PUMP
پمپ فشار اولیه

در حالی که پمپ فشار قوی فشار اصلی مدار را تامین می کند اما احتیاج به یک پمپ اولیه برای مکش مایع ترمز احساس می شود زیرا تا وقتی که پدال ترمز فشرده نشود مکش مایع ترمز ناکافی خواهد بود بنابراین وقتی ESP مدار را کنترل کند و احساس کند مکش مایع ناکافی است و پدال نیز فشرده نیست پمپ اولیه را بکار می اندازد. فشار اولیه توسط پمپ فشار اولیه با دستور ESP

در مدار ایجاد شده واز طریق واحد پلانجرها بـه هـر دو مـدار پمـپ هیـدرولیک میرسـد. (۲ در شـکل شماره۹)

ESP نیز مانندECU خودرو اطلاعات خـود را از یـک سـری سنسـور دریافـت مـی کنـد و پـس از پردازش آنها دستورات نهایی را بعنوان خروجی به عملگرها میفرستد.(شکل شماره ۱۰)



شکل شماره ۱۰

سنسورهای ESP عبارتند از:(شکلهای شماره ۱۵ و ۱۶)

سنسور فشار ترمز	BRAKE PRESSURE SENSOR
سنسور حرکت دیافراگم	DIAPHRAGM TRAVEL SENSOR
سنسور شتاب جانبی	LATERAL ACCELERATION SENSOR
سنسور سرعت دورانی	ROTATIONAL SPEED SENSOR
سنسور زاویه چرخ	STEER ANGLE SENSOR
سنسور سرعت سنج چرخ	WHEEL ROTATIONAL SENSOR

سنسور فشار ترمز

سنسور فشار ترمز که زیر پدال قرار دارد فشار ترمزگیری که توسط راننده بر پدال اعمـال مـی شود اندازه گیری می شود که بر حسب نوع ممکن است یک یا دو عدد باشد. فشار ترمز از اطلاعـات مهم ESP می باشد که در واقع هدف راننده را از ترمزگیری بیان مـی کنـد در واقع ESP از سنسـور

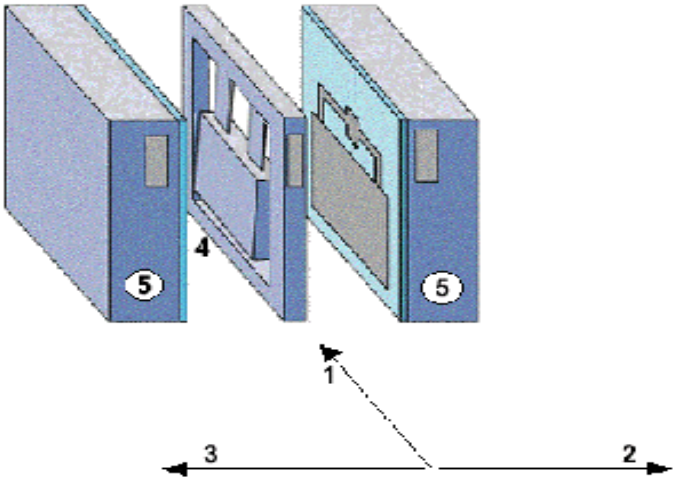
فشار ترمز سیگنال دریافت می کند تا واحد کنترل را از هدف راننده مطلع سازد و در نهایت پمپ فشار قوی ترمز را بکار اندازد.

سنسور حرکت دیافراگم

سنسور حرکت دیافراگم همواره موقعیت دیافراگم بوستر ترمز را کنترل می کند واحد کنترل ESP نیز سرعت حرکت دیافراگم را محاسبه می کند این اطلاعات بوسیله BAS ارزیابی می شود و در نهایت ترمز کمکی BAS به کمک ترمز اصلی آمده و در موقع اضطراری زمان ترمزگیری (طول مسیر پدال) را کوتاه می کند.(۱ در شکل شماره ۵)

سنسور شتاب جانبی

در پاسخ به نیروی گریز از مرکز در سر پیچ ها نیرویی به نام شتاب جانبی بکار می رود. سنسور شتاب جانبی به این صورت کار می کند که قطعه شاهینی[۱](مانند شاهین ترازو) در اثر حرکت خودرو شتاب جانبی و نیروی گریز از مرکز از محل خود منحرف می شود و به سمت یکی از صفحه های دو طرف خود منحرف می شود . این صفحه ها که از جنس الکترودهای دو ظرفیتی هستند این تغییر وضعیت شاهین را به قطعه الکترونیکی منتقل می کنند تا در آن ثبت شود و به واحد کنترل ESP فرستاده شود.سیستم ESP شتاب جانبی را محاسبه می کند.(شکل شماره ۱۱)



1. Direction of travel
2. Lateral acceleration
3. Centrifugal force
4. Mass on the bending beams
5. Electrodes

شکل شماره ۱۱

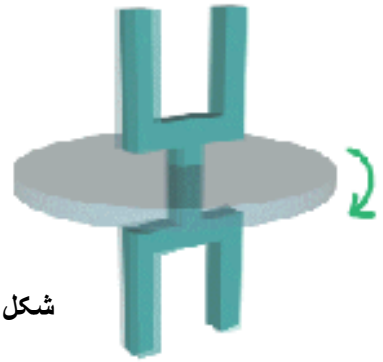
[۱] BENDING BEAM

سنسور سرعت دورانی

سنسور سرعت دورانی میزان انحراف خودرو را از محور دوران اندازه می گیرد این سنسور یکی از مهمترین پارامترهای ورودی ESP را تامین می کند. این سنسور ممکن است طراحی های مختلفی داشته باشد در یک نوع طراحی این سنسور یک مقدار از ماده فعال در محفظه ای قرار دارد که نوسان تولید شده را به کمک کریستالهای پیزوالکتریک ثبت می کند

در نوع دیگر این سنسور دو عدد گیره چنگال مانند که از انتها بهم وصل شده اند وجود دارد که در محل اتصال آنها صفحه ای دایره ای قرار دارد .یکی از چنگالها در اثر دوران خودرو نوسان پیدا کرده و آنرا به گیره دوم منتقل می کند و این نوسان به واحد الکترونیکی سنسور منتقل می شود. در حین دور زدن موقعیت گیره ها تغییر می کند در عین حال گیره ها تلاش دارند به وضعیت ثابت اولیه خود برسند بعضی نوسان ها به سمت راست صفحه و بعضی از آنها به سمت چپ صفحه است .به هر حال تمامی نوسانها در مدارهای الکترونیکی ذخیره شده و در نهایت سیگنالی بعنوان میزان دوران به ESP منتقل میشود.

در سیستمهای جدیدتر سنسوری ترکیبی بکار رفته است که شامل قطعه ای معلق داخل یک بدنه ریز است که حرکت های بدنه در نهایت بعنوان نیروی دورانی به ESP منتقل میشود.(شکل شماره ۱۲)



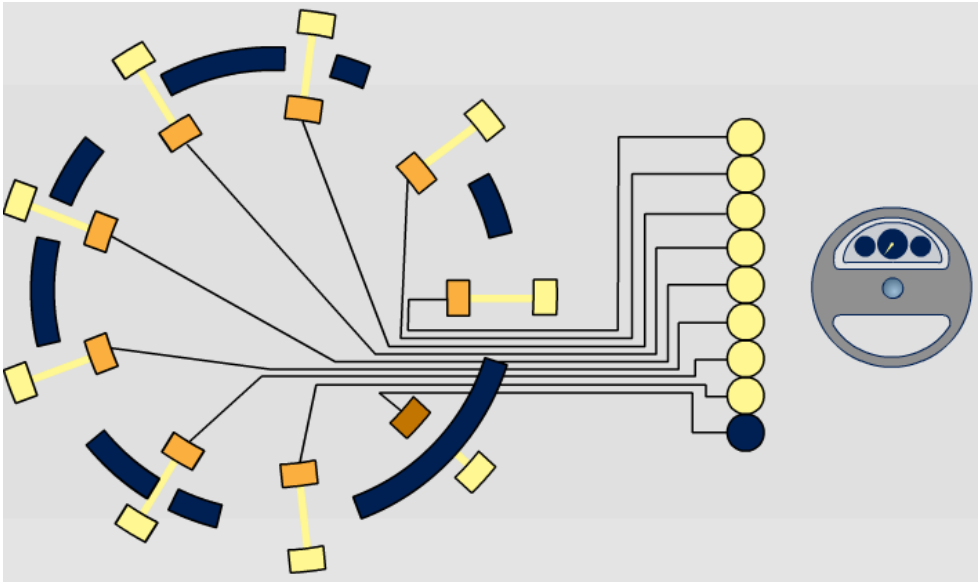
شکل شماره ۱۲

سنسور زاویه چرخش چرخ

سنسور زاویه چرخ همواره زاویه دوران چرخ را با دقت ۲/۵ درجه کنترل می کند یعنی حدودا" می داند کدام نقطه چرخ در حال حرکت روی زمین قرار دارد.

روش کار سنسور به این صورت است که ۹ عدد مانع فتوالکتریکی و ۸ صفحه منحنی(با شعاع ثابت و طولهای مختلف) وجود دارد که صفحه ها روی بدنه کاسه قرار دارند و صفحه ها از بین مانع ها رد می شوند و این صفحه ها هنگامی که چرخ خودرو در حال دوران است دائما موانع را قطع و وصل می کنند و این قطع و وصل شدن موانع به سنسور اصلی منتقل شده واز آنجا بهESP ارسال می گردد و ESP از روی تعاریف اولیه حافظه خود در نهایت موقعیت چرخ های جلو را با دقت ۲/۵ محاسبه می کند .

اگر به هر طریقی مسیر انتقال اطلاعات این سنسور به ESP قطع شود سیستم ESP از کار می افتد در این حالت باید خودرو را در خط مستقیم قراردهیم و مسافت ثابتی را با سرعت ثابت طی کنیم تا سنسور وضعیت اولیه خودرا در حافظهESP ثبت کند.(شکل شماره ۱۳)

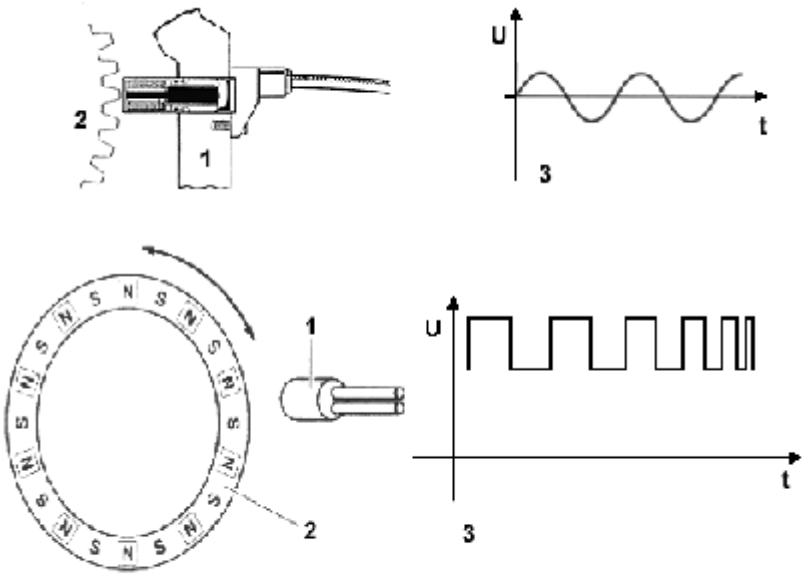


شکل شماره ۱۳

سنسور سرعت سنج چرخ

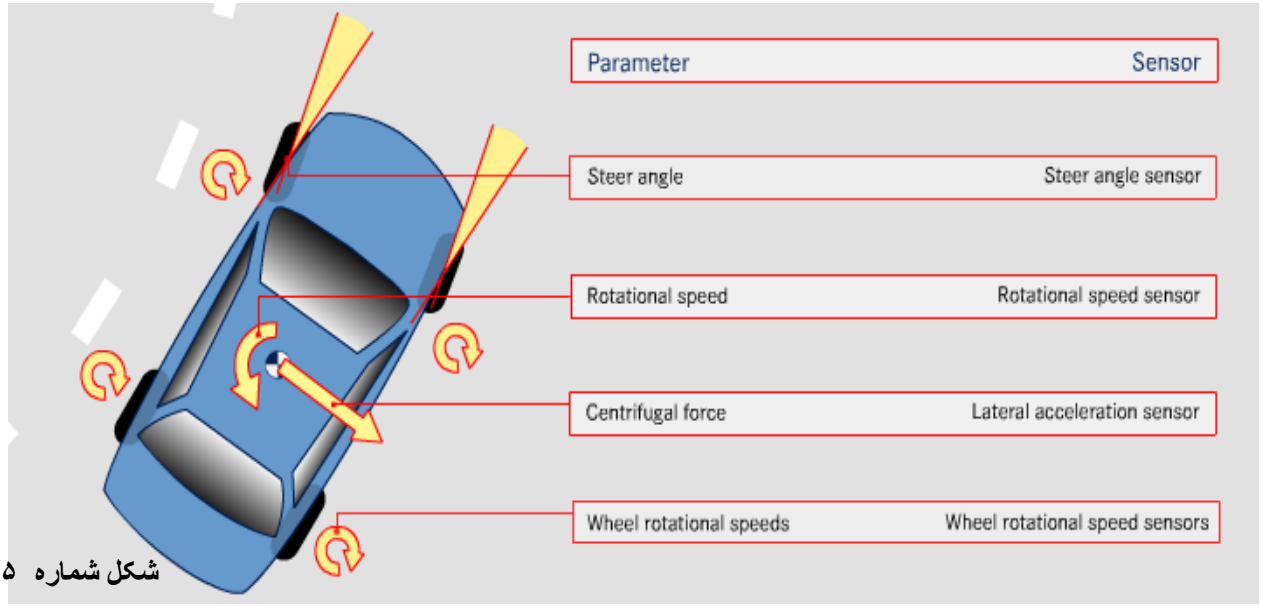
سنسور سرعت سنج چرخ برای ذخیره سرعت چرخ در خودرو به کار می رود. این سنسور شامل استاتور(سنسور مقایسه ای) و روتور(دندانه ها) می باشد که دندانه ها همواره با چرخ می چرخند. وقتی که دندانه ای از جلوی سنسور رد می شود پالس ولتاژ به تاخیر می افتد. فرکانس سیگنال وابسته به سرعت چرخش چرخ می باشد.

البته دامنه فرکانس نیز با افزایش سرعت چرخ افزایش می یابد که این موضوع ثبت سرعتهای کم چرخ را با مشکل مواجه می کند . در سنسورهای جدیدتر به جای دندانه از حلقه ای چند قطبی استفاده می شود که نقاط روی آن به ترتیب S و N آهنربایی شده اند. تغییرات قطبی و شدت آهنربا باعث ایجاد مقاومت در سنسور می شود مقایسه الکترونیکی این تغییرات مقاومت در سنسور باعث تولید پالس مربعی شکل می شود که البته این فرکانس بر اساس سرعت چرخ کم و زیاد شده ولی دامنه آن همواره ثابت است و کار ثبت سرعت را آسانتر می کند.(شکل شماره۱۴)

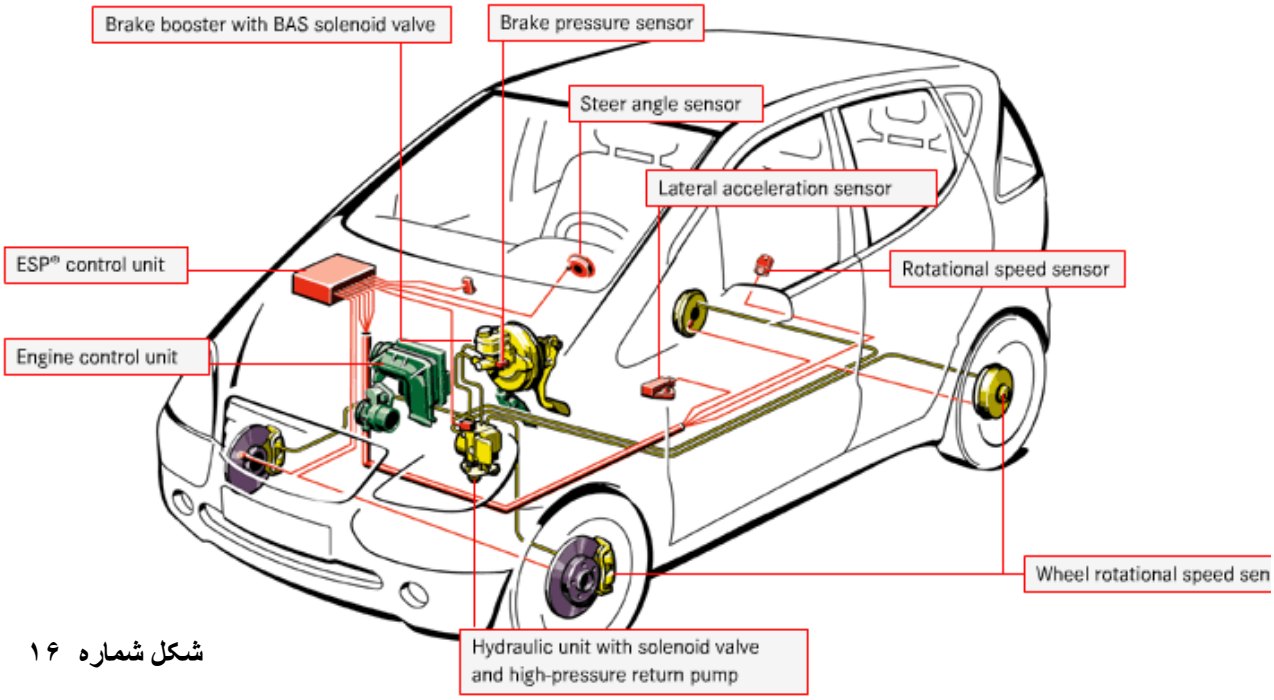


شکل شماره ۱۴

1. Active rotational speed sensor
2. Multiple-pole ring
3. Typical signal waveform (rectangular-pulse signal of changing frequency and constant amplitude)



شکل شماره ۱۵



شکل شماره ۱۶