

سیستم‌های ایمنی در خودرو

هدف‌های رفتاری: هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

- وظیفه سیستم‌های ایمنی و انواع آن را بیان کند.
- سیستم‌های ایمنی فعال را نام برده توضیح دهد.
- سیستم‌های ایمنی غیرفعال را نام برده توضیح دهد.
- سیستم ضدقفل ترمز اصول کار و اجزای آن را توضیح دهد.
- تجهیزات ایمنی غیرفعال را نام ببرد.
- پشت سری و کاربرد تجهیزات ایمنی را بیان کند.
- کمربند صندلی، اصول کار و اجزای آن را توضیح دهد.
- کیسه هوا، اصول کار و اجزای آن را توضیح دهد.

۷- سیستم‌های ایمنی در خودرو

سیستم‌های ایمنی در خودرو، سهم اساسی در افزایش ایمنی سرنشینان خودرو را دارند. این سیستم‌ها به دو نوع قابل تفکیک است:

- سیستم‌های ایمنی فعال.
- سیستم‌های ایمنی غیرفعال.

۷-۱- سیستم‌های ایمنی فعال

به کلیه تدابیری که سهمی در جلوگیری از تصادفات را دارند سیستم‌های ایمنی فعال اتلاق

می‌شود.

در سیستم‌های ایمنی فعال تدابیر زیر قابل تفکیک هستند :

- سیستم ایمنی در حرکت.

- سیستم ایمنی خدمات.

- سیستم ایمنی ادراکی.

۱-۱-۷- سیستم ایمنی در حرکت: رفتار حرکتی خودرو فاقد مشکل و غافلگیری، برای ایمنی

در حرکت بسیار مهم هستند. ایمنی حرکت خودرو در حوزه‌های زیر وجود دارند :

سیستم ترمز: سیستم ترمز مطلوب حداکثر تأخیر در رسیدن به مانع یا عابر را ایجاد می‌کند. سیستم ترمز باید برای کلیه سرعت‌ها (سرعت پایین و بالا) ساخته شده باشد. در حالت ترمزگیری، باید پایداری خودرو حفظ گردد و حداقل خط ترمز را ایجاد کند. (سیستم ترمز مطلوب برای کل دامنه سرعت خودرو (کمینه و بیشینه) ساخته می‌شود تا در هنگام ترمزگیری حداکثر تأخیر در رسیدن به مانع یا عابر را ایجاد کند.)

سیستم فرمان: سیستم فرمان وظیفه هدایت خودرو را در مسیر دلخواه راننده با حفظ پایداری در شرایط مختلف جاده برعهده دارد. برای جلوگیری از بروز صدمات بدنی راننده مکانیزم‌های آن را انعطاف‌پذیر می‌سازند.

موتور: موتور باید دارای گشتاور قوی باشد تا بدین ترتیب زمان فرآیند سبقت به حداقل ممکن برسد و در هنگام ترمزگیری با کاهش دور و ثبات گشتاور، ایجاد ترمز موتوری نموده و به فرآیند ترمزگیری کمک نماید. در هنگام تصادف ساختار استقرار موتور به گونه‌ای باید طراحی شده باشد که به داخل اتاق سرنشینان صدمه‌ای وارد نشود.

چرخ‌ها و پلوس‌ها: چرخ‌ها و پلوس‌ها وضعیت استقرار مناسب خودرو را در سطح جاده ممکن می‌سازند و باید از خروج خودرو از مسیر اصلی ممانعت به عمل آورند.

فنرها و کمک‌فنرها: فنرها و کمک‌فنرها از چنان انعطاف و استحکامی برخوردار هستند که در هنگام مانورهای ناگهانی، دچار انحراف، آسیب و شکستگی نشوند.

۱-۲-۷- ایمنی خدمات: منظور از ایمنی خدمات، تدابیری هستند که شرایط راحتی و رانندگی

بدون خطا و خستگی را برای راننده ممکن می‌سازند.

اگر راننده احساس ناراحتی کند، نمی‌تواند با شرایط خودرو کنار بیاید و با تمرکز رانندگی کند.

به همین دلیل معمولاً دیرتر واکنش نشان می‌دهد. تدابیر زیر ایمنی خدمات را افزایش می‌دهند :

جلوگیری از خستگی: عایق‌بندی مطلوب صدا، تهویه مطبوع و داشتن کولر از خستگی

زود هنگام جلوگیری می‌کند.

کاهش فشار بر راننده: سیستم انتقال قدرت اتوماتیک (دنده اتوماتیک) از فشار روی راننده، خصوصاً در هنگام ترافیک می‌کاهد و امکان تمرکز بیشتر بر ترافیک را به وی می‌دهد.

حسگرهای باران نصب شده روی شیشه جلو: ضرورت راه اندازی و خاموش کردن برف پاک‌کن‌ها، توسط راننده را حذف می‌کند.

سررویس‌دهی راحت: راحتی استفاده از اهرم‌ها و کلیدها و سایر اجزای کنترلی خودرو تا تنظیم‌کننده‌های سیستم صوتی و تصویری درون خودرو به همراه تجهیزات و نمایش‌دهنده‌های خوانا و با نوری مناسب سبب می‌شود که راننده در هدایت خودرو در سرعت‌های بالا و ترافیک‌ها، دچار مشکل نشود.

۱-۷- سیستم ایمنی ادراکی: این سیستم شامل همه مواردی می‌شود که به راننده کمک می‌کند رخدادهای ترافیکی را حتی الامکان به‌طور کامل درک کند و خودروی خود و سایر خودروها را به خوبی بشناسد.

شیشه‌های بزرگ: شیشه‌های بزرگ سبب دید محیطی خوبی می‌شوند. علاوه بر آن امکان نظافت شیشه‌ها نیز وجود دارد. گرمکن شیشه عقب و همچنین برف‌پاک‌کن شیشه عقب، دید آزاد عقب خودرو را فراهم می‌کند.

چراغ‌ها: چراغ‌ها دید مطلوب را به هنگام تاریکی ممکن نموده همزمان سبب می‌شوند که خودرو به‌وسیله سایر خودروهای در حرکت و عابرین بهتر رویت شده، مزاحمتی برای سایر خودروها ایجاد ننماید.

آئینه بغل و داخل: آئینه‌های داخلی و بغل به‌گونه‌ای طراحی، ساخته و نصب می‌شوند که نگاه به ترافیک در حین رانندگی، بدون نقطه کور را ممکن سازند.

عوامل خارجی: به‌جز تدابیر ذکر شده که به خودرو یا به انسان مربوط هستند، خدمات محیطی دیگری که بر ایمنی حرکت اثر دارند نیز وجود دارد. به‌عنوان مثال:

- وضعیت خیابان‌ها و آب و هوا
- سیستم‌های هدایت و کنترل ترافیک
- علائم راهنمایی و رانندگی
- علائم ارسالی به‌وسیله پلیس یا عوامل راهداری
- فشردگی ترافیک

۷-۲- سیستم‌های ایمنی غیرفعال

تجهیزات و تدابیری که تاکنون توضیح داده شدند، برای آن به خدمت گرفته می‌شوند که از تصادف جلوگیری کنند. ولی تجهیزات ایمنی غیرفعال باید عواقب تصادف‌ها را به حداقل ممکن برسانند.

این تجهیزات و تدابیر به دو نوع زیر قابل تفکیک هستند :

– سیستم ایمنی داخلی خودرو.

– سیستم ایمنی خارجی خودرو.

۷-۲-۱- سیستم ایمنی داخلی خودرو: موارد زیر از اجزای سیستم ایمنی داخلی خودرو

به‌شمار می‌روند :

رفتار/اتاق در حین تصادف: با افزایش استحکام فضای سرنشینان و بهبود قدرت حذف

انرژی در مناطق چین خوردگی، می‌توان فشار و بار وارده به سرنشینان را هنگام تصادف کاهش داد.

سیستم‌های نگهدارنده: کمربند صندلی (ایمنی) و کشنده کمربند در هنگام تصادف از پرت شدن

سرنشینان در داخل اتاق و یا به خارج از اتاق خودرو جلوگیری می‌نماید.

برای افزایش ایمنی سرنشینان داخل خودرو و پیشگیری از برخورد مستقیم سرنشینان به اجزای

داخلی اتاق، از کیسه هوا (Air Bag) استفاده می‌شود تا به هنگام تصادف از برخورد مستقیم سرنشینان

با اتاق جلوگیری شود.

محدوده‌های برخورد در اتاق: این محدوده‌ها در اتاق مانند: داشبورد، درها، ستون‌ها،

صندلی جلو برای سرنشینان عقب به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که خطر جراحات سرنشینان به

هنگام تصادف و برخورد آنها با این اجزا را به حداقل برسانند.

حفاظت در برابر آتش: مخزن (باک) سوخت و لوله‌های انتقال سوخت از نوع ایمن بوده و با

به‌کارگیری مواد اولیه‌ای که به سختی آتش می‌گیرند، خطر آتش‌سوزی را کاهش می‌دهند.

۷-۲-۲- سیستم ایمنی خارجی خودرو: اتاق خودرو قطعات نصب شده خارجی روی آن

به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند تا در هنگام تصادف حتی الامکان آسیبی به خودروهای دیگر و

عابرین پیاده وارد نکنند یا کمتر آسیب ببینند.

ایمنی خارجی می‌تواند به روش‌های زیر به‌دست آید :

– درپوش اتاق موتور (کاپوت جلو) که به راحتی تغییر شکل می‌یابد.

– آینه بغل متحرک.

– دستگیره‌های توکار.

– شکل بدنه خودرو بدون لبه‌های تیز.

۷-۳- سیستم ترمز

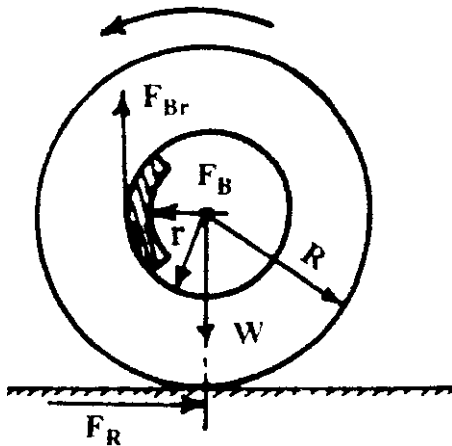
همان گونه که بیان شد مهم ترین حوزه برای رفتار حرکتی بدون مشکل و غافلگیری برای ایمنی در حرکت خودرو سیستم ترمز می باشد.

لازم است در حالت ترمزگیری، پایداری خودرو حفظ شده و حداقل خط ترمز ایجاد گردد. ولی عملاً در اکثر سیستم های ترمز (مکانیکی، هیدرولیکی و بادی) در صورت وارد کردن فشار ناگهانی به پدال ترمز، چرخ ها قفل شده و خط ترمز افزایش و امکان هدایت خودرو به شدت کاهش می یابد.

۱-۳-۷- معایب سیستم ترمز معمولی (مکانیکی، هیدرولیکی): همان طور که قبلاً گفته شد، کار دستگاه ترمز، ایجاد شتاب منفی لازم برای متوقف کردن خودروی در حال حرکت است. دستگاه ترمز علاوه بر متوقف کردن کامل خودرو، کنترل حرکت خودرو در شیب های تند، توقف مرحله ای و کاهش سرعت خودرو به اندازه دلخواه نیز از وظایف سیستم ترمز است.

دستگاه ترمز نیروی اصطکاکی در جهت مخالف حرکت چرخ، تولید می کند تا راننده بتواند حرکت خودرو را کنترل نماید.

یعنی اگر:



شکل ۱-۷- دیاگرام عملکرد ترمز

گشتاور ناشی از اصطکاک بین لنت و کاسه (دیسک) $M_{Br} = F_{Br} \cdot r$ باشد و گشتاور بین تایر و سطح جاده $M_R = F_R \cdot R$ باشد بهترین حالت ترمز از نظر تئوری وقتی اتفاق می افتد که $M_{Br} = M_R$ باشد (شکل ۱-۷).

درواقع سیستم ترمز با ایجاد دو نوع مقاومت باعث توقف و یا کاهش سرعت خودرو می شوند. یک مقاومت ناشی از اصطکاک بین صفحات لنت و

دیسک (و یا لنت های کششکی و کاسه چرخ) و مقاومت دیگر ناشی از اصطکاک بین تایرهای خودرو و سطح جاده می باشد. ولی عمل ترمزگیری در صورتی با ثبات و کنترل شده انجام می شود که رابطه زیر بین مقاومت ایجاد شده توسط سیستم ترمز و مقاومت ایجاد شده توسط تایرها و سطح جاده برقرار باشد.

مقاومت بین سطح جاده و تایرها < مقاومت سیستم ترمز

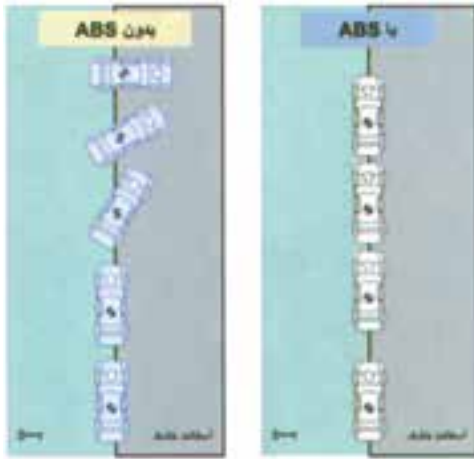
با این وصف اگر رابطه قبل عکس شود، چرخ ها قفل شده و خودرو شروع به سُرخوردن

می کند.

مقاومت بین سطح جاده و تایرها > مقاومت سیستم ترمز

یعنی اگر سرعت لاستیک‌ها، نسبت به تراز سرعت خودرو کاهش یابد، در نتیجه چرخ‌ها

قفل می‌شوند.



شکل ۲-۷- ایستادن در یک مسیر مستقیم در جادهٔ خیس

در این حالت اگر چرخ‌های جلو خودرو قفل شوند، کنترل فرمان از دست راننده خارج می‌شود. و اگر چرخ‌های عقب قفل شوند، باعث می‌شود که خودرو روی جاده سُر خورده و دور خود بچرخد (شکل ۲-۷). و اگر فقط یک چرخ قفل کند، خودرو حول محور همان چرخ سُر خورده و می‌چرخد. برای جلوگیری از قفل شدن چرخ‌ها و سر خوردن خودرو استفاده از سیستم ضد قفل ترمز (ABS) متداول شده است. در واقع سیستم ضد قفل ترمز، جلوی قفل شدن چرخ‌ها و در نتیجه سُر خوردن خودرو را می‌گیرد.

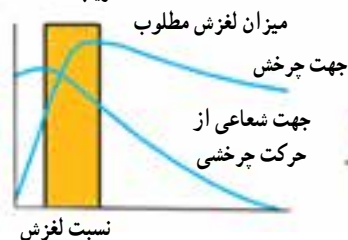
۲-۳-۷- اصطکاک بین جاده و لاستیک (نرخ لغزش): وقتی یک خودرو با سرعت ثابت حرکت

می‌کند، سرعت حرکت خودرو با سرعت چرخ‌های آن متناسب است، به عبارت دیگر لغزش تایرها وجود ندارد. اما وقتی راننده به منظور کم کردن سرعت خودرو، بر روی پدال ترمز فشار می‌آورد، سرعت چرخ‌ها به تدریج کم شده و تناسب سرعت چرخ‌ها با بدنه خودرو از بین می‌رود، باید توجه داشت که بدنه خودرو به سبب نیروی اینرسی تمایل به حرکت دارد، در این حالت یک لغزش کوچک بین چرخ‌ها و

سطح جاده ایجاد می‌شود که عبارت است از $100\% \times \frac{\text{سرعت چرخ} - \text{سرعت خودرو}}{\text{سرعت خودرو}}$ نرخ لغزش

(شکل ۳-۷). لذا نرخ لغزش 0% حالتی را نشان می‌دهد که چرخ به طور آزاد حرکت کرده و با هیچ نوع مقاومتی مواجه نیست. همچنین نرخ لغزش 100% نیز مبین حالتی است که چرخ کاملاً قفل شده است و تایر کاملاً بر روی جاده می‌لغزد. وقتی اختلاف بین سرعت چرخ و سرعت خودرو زیاد شود، لغزش بین تایر و سطح جاده افزایش یافته و باعث ایجاد اصطکاک می‌شود که نیروی ترمز را وارد می‌کند و نهایتاً سرعت خودرو کم می‌شود.

ضریب اصطکاک



$$\text{میزان لغزش} = \frac{B}{C} = \frac{\text{سرعت چرخ} - \text{سرعت خودرو}}{\text{سرعت خودرو}}$$



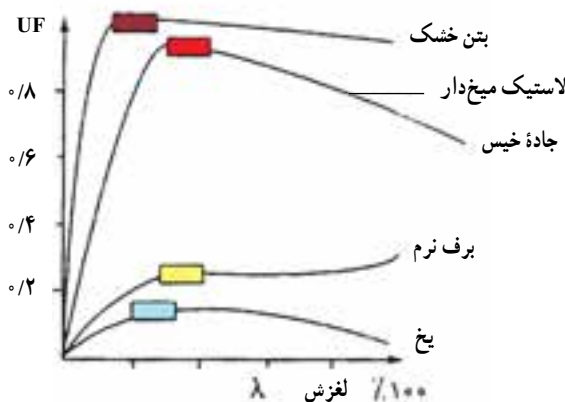
- (A) مسافت بدون لغزش
- (B) مسافت لغزش
- (C) مسافت واقعی توقف

شکل ۳-۷- نسبت لغزش

نیروی ترمز ضرورتاً با نرخ لغزش همیشه مرتبط نیست، اما بیشترین مقدار نیروی ترمزی وقتی اتفاق می افتد که نرخ لغزش بین ۱۰٪ تا ۳۰٪ شود نیروی ترمزی در نرخ لغزش بالاتر از ۳۰٪ به تدریج کاهش می یابد. بنابراین به منظور در اختیار داشتن ماکزیمم نیروی ترمزی در تمام مواقع، همواره لازم است که نرخ لغزش بین ۱۰٪ تا ۳۰٪ قرار داشته باشد. در این حالت پایداری فرمان پذیری خودرو حفظ شده و مشکلی برای آن به وجود نخواهد آمد. نیروی ترمزگیری به چند عامل بستگی دارند که مهم ترین آنها به شرح زیر است:

- وضعیت سطح جاده (جنس جاده، شرایط جوی و...) (شکل ۴-۷).
- جنس لاستیک تایر، فشار باد چرخ، عمق آج، طرح آج و ساختمان لاستیک چرخ.
- وزن و نیروی فشاری یا تماس.

نواحی کنترل سیستم ترمز قفل شو

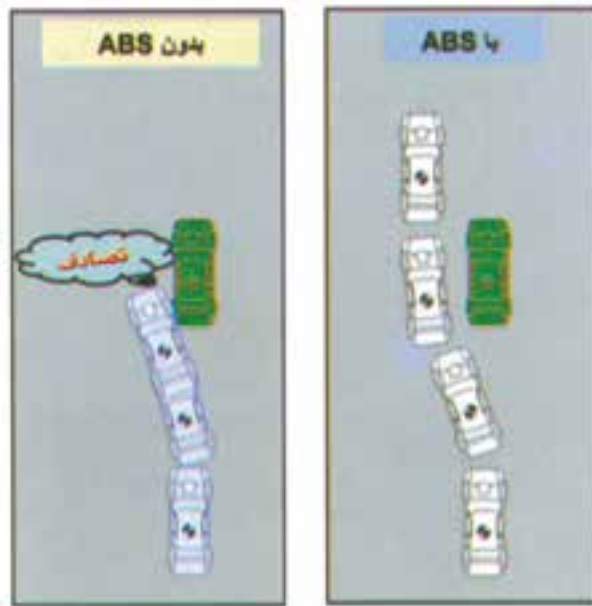


شکل ۴-۷- تفاوت بین وضعیت های مختلف جاده

۷-۴- سیستم ضدقفل ترمز

۷-۴-۱- تاریخچه سیستم ضدقفل ترمز (ABS): سیستم ضدقفل ترمز (ABS) که امروز در اکثر خودروهای سواری و حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد، ابتدا بر روی هواپیما نصب می‌شد و مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. سپس در اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی توسط شرکت‌های خودروسازی روی چرخ‌های عقب خودروها نصب شد. و پس از رفع مشکلات فنی آن، برای ترمز تمام چرخ‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

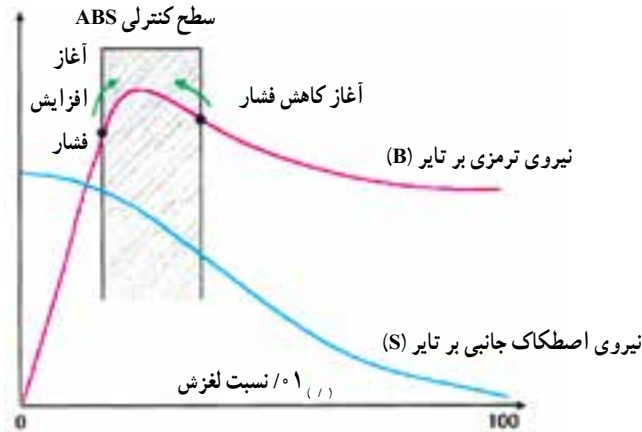
۷-۴-۲- اصول کار سیستم ضدقفل (ABS): سیستم (ABS)، فشار هیدرولیکی را که به سیلندر چرخ‌ها وارد می‌شود به گونه‌ای کنترل می‌کند که از قفل شدن چرخ‌ها در روی جاده‌های لغزنده و یا هنگام ترمز شدید در حین نزدیک شدن به مانع پیش‌بینی نشده (شکل ۷-۵) جلوگیری شود. همچنین پایداری کنترل فرمان خودرو هنگام ترمز گرفتن حفظ شود.



شکل ۷-۵- کنترل خودرو در مواجهه با مانع پیش‌بینی نشده

در یک سیستم ترمز معمولی (بدون سیستم ABS) اگر عمل ترمزگیری در یک جاده لغزنده صورت گیرد، راننده برای جلوگیری از عدم کنترل خودرو، می‌بایست به صورت تلمبه زدن (فشار دادن و رها کردن متناوب پدال ترمز) پدال ترمز را فشار دهد تا خودرو متوقف شود.

در خودروهایی که مجهز به سیستم ABS هستند این عمل به طور اتوماتیک انجام می شود، با این تفاوت که کنترل ترمز در این حالت بسیار دقیق تر و صحیح تر می باشد. در شکل ۶-۷ نمودار عملکرد سیستم ترمز معمولی و ضد قفل مقایسه شده است.



شکل ۶-۷ نمودار عملکرد سیستم ترمز معمولی و ضد قفل

۳-۴-۷- ویژگی های سیستم ضد قفل ترمز: سیستم ترمز ضد قفل باید دارای ویژگی هایی که

تحت عناوین زیر قابل بررسی است باشد :

۱- **ایمنی ترمز در صورت عمل نکردن سیستم ضد قفل ترمز:** اگر سیستم ضد قفل ترمز عمل نکند، ترمزهای معمولی باید با تمام قدرت عمل کنند. به علاوه باید به راننده نیز هشدار داده شود. معمولاً این هشدار به صورت روشن شدن یک لامپ هشدار دهنده روی صفحه نشان دهنده ها (داشبورد) راننده را از عدم فعالیت سیستم ترمز ABS آگاه خواهد کرد.

۲- **حفظ قابلیت مانور:** وقتی سیستم ضد قفل ترمز عمل می کند باید قابلیت فرمان دهی به چرخ ها حفظ شود. این مسئله مهم است زیرا غالباً بهترین راه جلوگیری از تصادف تغییر مسیر خودرو در حین ترمزگیری شدید است.

۳- **سرعت عمل:** این سیستم حتی در فاصله کوتاه، واکنش نشان می دهد تا از اصطکاک سطح جاده به بهترین نحو استفاده شود. این سیستم به سرعت وارد عمل می شود، خواه راننده به آرامی ترمز بگیرد و خواه پدال ترمز را به شدت فشار دهد.

۴- **پایداری و فرمان گیری:** حفظ پایداری و فرمان گیری چرخ ها در وضعیت های مختلف جاده ضروری است. این سیستم خود را با پسماند ترمزگیری، در هنگام ترمز گرفتن، وفق می دهد (رها

می‌شود و دوباره به کار می‌افتد). حتی اگر چرخ‌های یک طرف خودرو روی آسفالت خشک و چرخ‌های طرف دیگر روی یخ باشند چرخش حول محور عمودی خودرو باید حداقل بماند و فقط به صورت تدریجی افزایش یابد تا راننده بتواند آن را جبران کند.

۵- کنترل چرخ‌ها: در سیستم پایداری ضدقفل ترمز، حداقل یک چرخ از هر طرف خودرو با استفاده از مدار دیگری کنترل می‌شود. در حال حاضر کنترل هر چهار چرخ اتومبیل‌های سواری متداول است.

۶- گستره سرعت: سیستم ضدقفل ترمز در هر سرعتی (حتی در سرعت عابر پیاده) باید عمل کند. وقتی سرعت تا این حد کم باشد، حتی در صورت قفل شدن چرخ‌ها، خودرو خیلی زود متوقف می‌شود.

۷- دور زدن: در هنگام دور زدن، سیستم تعادلی و فرمان‌پذیری خودرو بایستی حفظ شده و ترمزگیری در کوتاه‌ترین فاصله ممکن انجام شود. شرطی که وجود دارد این است که سرعت خودرو باید به نحو مطلوب پایین‌تر از حد شتاب دور زدن باشد. حد شتاب دور زدن یک خودرو برحسب حداکثر سرعت خودرو در هنگام طی یک مسیر دایره‌ای شکل و بدون خروج از مسیر دایره‌ای با شعاع و شیب معین بیان می‌شود.

۸- تعادل در جاده‌های ناهموار: حفظ تعادل خودرو و فرمان‌پذیری مناسب آن، در جاده‌های ناهموار نیز بایستی بدون در نظر گرفتن شدت ترمزگیری تأمین شود.

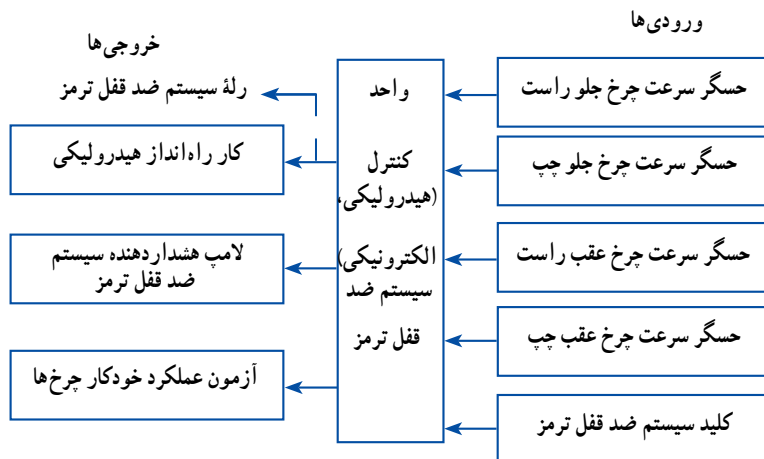
۹- ترمزگیری در حالت فشردن پدال کلاچ (خلاص): سیستم ترمز بایستی قابلیت انطباق با نوسانات و تغییرات ایجاد شده در سیستم ترمز و هم‌چنین در شرایطی که ترمزگیری همراه با فشردن پدال کلاچ انجام می‌گیرد را داشته باشد.

۱۰- سایر وضعیت‌ها: لازم است سیستم ضدقفل ترمز قادر به تشخیص سر خوردن چرخ‌ها باشد و براساس آن واکنش نشان دهد. یکی از حوزه‌های عملیاتی که هنوز کامل عمل نمی‌کند، ترمزگیری در هنگام حرکت با سرعت کم روی برف است. سیستم ترمز ضدقفل عملاً سبب افزایش فاصله ترمزگیری روی برف می‌شود. اما همچنان می‌توان به چرخ‌ها فرمان داد. در حال حاضر از انواع مختلف سیستم ترمز ضدقفل (قفل نشو) استفاده می‌شود، اما همه این سیستم‌ها باید بتوانند نیازهای ذکر شده را برآورد کنند.

۴-۴-۷- نمای کلی سیستم ضدقفل ترمز: سیستم ضدقفل را مانند سیستم‌های دیگر می‌توان به صورت یک واحد کنترل مرکزی با یک رشته ورودی‌ها و خروجی‌ها در نظر گرفت.

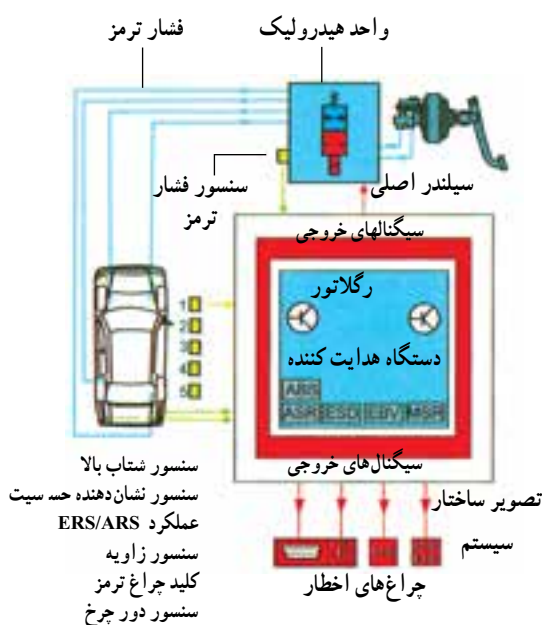
مهم‌ترین ورودی‌های این سیستم از کلید سیستم ضدقفل ترمز و حسگرهای سرعت چرخ‌های

سمت راست و چپ، جلو و عقب خودرو تأمین می‌شود و خروجی‌های آن کارانداز هیدرولیکی (صورتی از کنترل فشار هیدرولیکی ترمز)، لامپ هشداردهنده فعالیت سیستم ضد قفل ترمز و آزمون عملکرد خودکار چرخ‌ها است.



دیاگرام سیستم ضد قفل ترمز

با استفاده از این داده‌ها و اطلاعات برنامه‌ریزی شده در حافظه، فشار هیدرولیکی ترمز یک یا



شکل ۷-۷ عملکرد سیستم ضد قفل ترمز

چند چرخ تنظیم می‌شود. فشار هیدرولیکی ترمز را می‌توان کاهش داد، ثابت نگه‌داشت یا به آن اجازه افزایش داد. البته همه این تغییرات به فشار وارد بر پدال ترمز نیز بستگی دارد. وظیفه واحد کنترل، مقایسه سیگنال‌های دریافتی از هر حسگر سرعت چرخ و تعیین شتاب یا شتاب منفی هر چرخ به تنهایی است. با استفاده از این اطلاعات برنامه‌ریزی شده در حافظه، فشار هیدرولیکی ترمز یک یا چند چرخ تنظیم می‌شود (شکل ۷-۷). برای آگاهی از عملکرد سیستم ضد قفل ترمز آشنایی با متغیرهای زیر ضروری است.

متغیرهای سیستم ضد قفل ترمز: سیستم ضد قفل ترمز به صورت یک مدار بسته عمل می کند که متغیرهای زیر در آن نقش اساسی دارند.

۱- فشار پدال ترمز: فشاری که توسط پای راننده به پدال ترمز وارد می شود نشان دهنده فشار ترمز مورد نیاز است.

۲- فشار ترمز: در شرایط عادی ترمزگیری، فشار ترمز با فشار پدال متناسب است ولی در زمانی که سیستم ضد قفل ترمز فعالیت می کند، این فشار با توجه به سرعت چرخ کاهش و یا افزایش پیدا کرده و برای تنظیم در وضعیت حرکتی متناسب با هر چرخ تغییر می کند.

۳- سرعت چرخ: کنترل و تغییرات فشار هیدرولیکی ترمز بر اساس اطلاعات ارسالی حاصل از تغییرات سرعت هر چرخ (شتاب مثبت، شتاب منفی، لغزش، حرکت یکنواخت کند شونده عادی) و تفاوت شرایط چرخ ها حاصل می شود.

۴- سرعت مرجع خودرو: سرعت مرجع خودرو با ترکیب سرعت دو چرخ که در دو سر یک قطر قرار دارند تعیین می شود. پس از شروع ترمزگیری، واحد کنترل الکترونیکی این مقدار را به منزله سرعت مرجع به کار می برد.

۵- لغزش ترمز: لغزش ترمز را نمی توان مستقیماً اندازه گیری کرد. اما با استفاده از سرعت مرجع خودرو در این سیستم می توان مقداری (درصدی) برای آن محاسبه کرد. با استفاده از این مقدار می توان تعیین کرد که سیستم ضد قفل ترمز چه وقت باید کنترل فشار ترمز را به عهده بگیرد.

۶- شتاب منفی چرخ: شتاب منفی چرخ معیاری لحظه ای است که پیوسته در حال تغییر است. اگر خودرو دارای سیستم ضد قفل ترمز باشد، تأثیر سیستم ضد قفل ترمز را روی چرخ نشان می دهد.

۷- شتاب منفی خودرو: واحد کنترل الکترونیکی، در حین کنترل فشار ترمز، سرعت مرجع خودرو را به منزله نقطه شروع در نظر می گیرد و آن را به صورت خطی کاهش می دهد. آهنگ کاهش با ارزیابی همه سیگنال های دریافتی از حسگرهای سرعت چرخ ها تعیین می شود.

۸- وضعیت خودرو، لاستیک ها و جاده: وضعیت بار خودرو، لاستیک ها، ترمز و ... توسط حسگرها حس شده و به واحد کنترل الکترونیکی گزارش می شود تا نیروی ترمز بر اساس این اطلاعات تعیین و اعمال شود.

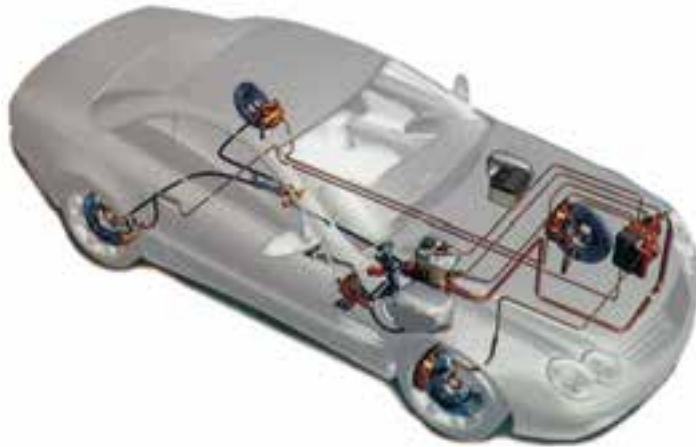
نحوه برخورد با چرخ های محرک و متحرک خودرو یکسان نیست، زیرا این چرخ ها در هنگام ترمزگیری رفتار متفاوتی از خود نشان می دهند. تلفیق منطقی شتاب مثبت / منفی چرخ و لغزش به منزله

متغیر تحت کنترل به کار می‌رود. لذا راهبرد عملی سیستم ضد قفل ترمز، بسته به شرایط بهره‌برداری، تغییر می‌کند.

۶-۴-۷- عملکرد کلی سیستم ضد قفل ترمز: حسگرهای سرعت با تشخیص سرعت چرخش

چرخ‌ها، اطلاعات مربوط را به صورت سیگنال به واحد کنترل الکترونیکی (ECUABS) ارسال می‌کنند (شکل ۸-۷) چیدمان یک سیستم ضد قفل ترمز را نشان می‌دهد. در این سیستم واحد کنترل الکترونیکی Ecu با مقایسه سیگنال‌های دریافتی و اطلاعات موجود در حافظه وضعیت چرخ‌ها را به دست می‌آورد.

در وضعیت ترمزگیری شدید، واحد کنترل الکترونیکی به واحد کنترل فشار هیدرولیکی سیستم ضد قفل ترمز فرمان می‌دهد که فشار بهینه را بر هر یک از پمپ ترمز چرخ‌ها اعمال کند. واحد کنترل فشار هیدرولیک بر اساس فرمانی که از واحد کنترل الکترونیکی می‌گیرد، فشار هیدرولیک را کاهش یا افزایش داده و یا آن را بر اساس نیاز ثابت نگه می‌دارد، تا نرخ لغزش مورد نیاز (۱۰ تا ۳۰ درصد) برای جلوگیری از قفل شدن چرخ‌ها ایجاد شود.



شکل ۸-۷- نمای شماتیک سیستم ترمز با ABS

۷-۴-۷- انواع سیستم‌های ضد قفل: اکثر سیستم‌های ضد قفل ترمز در خودروهای امروزی

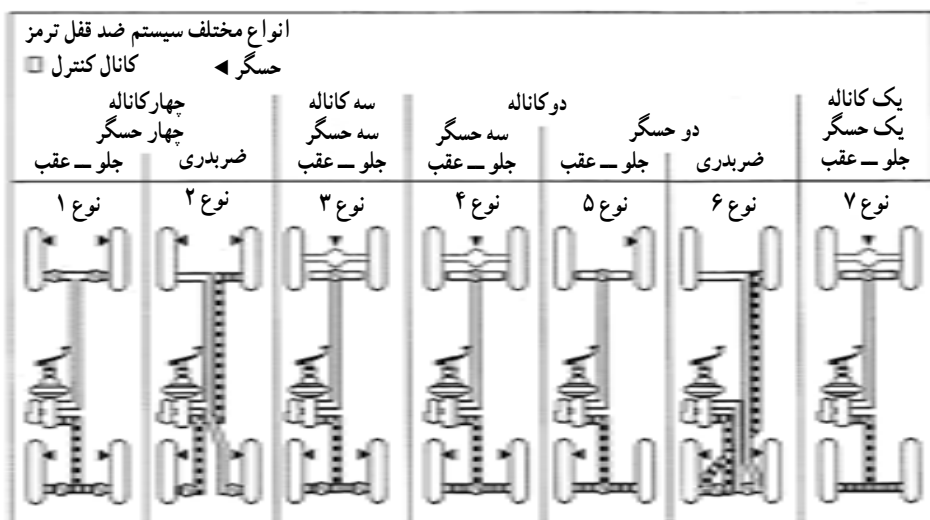
را یکی از شرکت‌های بندیکس، بوش، دلکوموراین، آی تی تی تویس، کلسی‌هایس یا لوکاس گرلینگ تولید می‌کند. هر سازنده از روش خاصی برای کنترل خودرو در هنگام ترمزگیری استفاده می‌کند.

هنگام بررسی سیستم ضد قفل ترمز یک خودرو باید با توجه به اطلاعات سازنده خودرو عملکرد آن را تجزیه و تحلیل نمایید.

صنعت خودرو در سال‌های اخیر بیش از ۵۰ نوع مختلف از این سیستم‌ها را مورد استفاده قرار داده است.

سیستم‌های ابتدایی ضد قفل ترمز به صورت یکپارچه^۱ بودند که در آنها، سیلندر اصلی، بوستر هیدرولیک و مدار هیدرولیک سیستم ضد قفل ترمز (ABS) در یک مجموعه هیدرولیک قرار داشت. نوع دیگر سیستم‌های ضد قفل ترمز، غیر یکپارچه (مجزا^۲) هستند. این سیستم‌ها از یک بوستر خلثی معمولی و سیلندر اصلی استفاده می‌کنند. واحد کنترل هیدرولیک سیستم ضد قفل ترمز (ABS) مکانیزم جداگانه‌ای دارد.

در بعضی از سیستم‌های غیر یکپارچه، سیلندر اصلی، مایع ترمز و واحد هیدرولیک را تأمین می‌کند. اگرچه واحد هیدرولیک مجموعه‌ای جداگانه است اما باز هم از موتور یا پمپ فشار قوی، اکومولاتور و سوپاپ‌های سولفوئیدی برای کنترل فشار مایع هیدرولیک (ترمز) به چرخ‌ها بهره می‌برد. سیستم‌های یکپارچه و مجزا در عملکرد بسیار شبیه یکدیگر هستند. بنابراین آشنایی با یک سیستم، عملکرد سیستم دیگر را نیز مشخص می‌کند.



شکل ۹-۷- انواع مختلف سیستم ضد قفل ترمز ABS

۱- Intergra /ABS

۲- Non ntegra /ABS

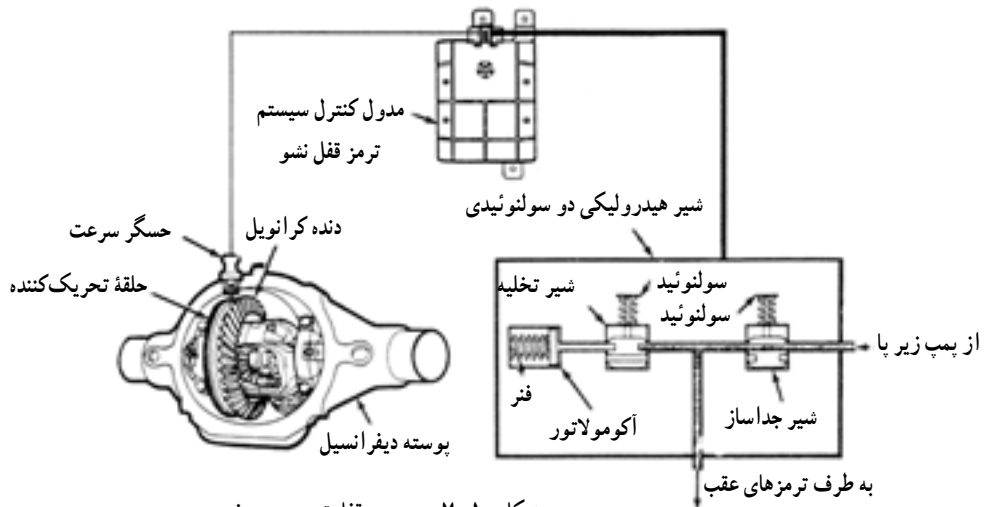
انواع مختلف سیستم ضد قفل ترمز (ABS): شکل ۹-۷ عبارتند از:

- یک کاناله (نوع ۷)
- یک حسگر (جلو - عقب)
- دو کاناله (نوع ۴، ۵، ۶)
- دو حسگر (ضربداری، جلو - عقب)
- سه حسگر (جلو - عقب)
- سه کاناله (نوع ۳)
- سه حسگر (جلو - عقب)
- چهار کاناله (نوع ۱ و ۲)
- چهار حسگر (ضربداری، جلو - عقب)

علاوه بر طبقه بندی سیستم ها به یکپارچه و مجزا، می توان آنها را از نظر سطح کنترل نیز طبقه بندی کرد. سیستم های ضد قفل ترمز دو و یا چهار چرخ هستند که ممکن است از مدار هیدرولیکی یک، دو، سه و یا چهارکاناله (مداره) برخوردار شوند.

۸-۴-۷- سیستم های ضد قفل ترمز دو چرخ: این سیستم ها، عملکرد سیستم ضد قفل ترمز را

فقط در چرخ های عقب اعمال می کنند. این سیستم های ضد قفل ترمز اغلب در وانت بارها، کامیون های سبک و خودروهای ورزشی (SUV) کاربرد دارند و می توانند یک کاناله^۲ یا دو کاناله^۱ باشند.



۱- Sport Utility Vehicle

۲- One Channel Systems

۳- Two Channel Systems

سیستم ضد قفل ترمز دو چرخ یک کاناله: در سیستم ضد قفل ترمز دو چرخ یک کاناله، کنترل لغزش چرخ‌های عقب در هر دو طرف خودرو همزمان تنظیم می‌شوند. این سیستم‌ها از حسگر سرعتی واقع در مرکز (دیفرانسیل) استفاده می‌کنند. این حسگر همانطور که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است بر روی دنده کرانویل نصب می‌شود.

سیستم ضد قفل ترمز دو چرخ دو کاناله: در سیستم ضد قفل ترمز دو چرخ دو کاناله، یک کانال مستقل برای تنظیم فشار هیدرولیک هر یک از چرخ‌های عقب وجود دارد. تغییرات سرعت به وسیله حسگرهای سرعت چرخ‌های سمت راست و سمت چپ عقب خودرو به طور جداگانه به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می‌شود. و با صدور فرمان، تنظیم (مدولاسیون) صورت می‌گیرد.

سیستم‌های دو کاناله در برخی از سیستم‌های ترمز دابل هم یافت می‌شوند. این سیستم‌ها از دو حسگر سرعت به منظور تأمین اطلاعات مربوط به سرعت چرخ‌ها برای تنظیم هر چهار چرخ استفاده می‌کنند. یک حسگر ورودی چرخ سمت راست جلو و حسگر دیگر، به همان صورت چرخ سمت چپ جلو را کنترل می‌کند.

فشار مایع ترمز در چرخ عقب به‌طور همزمان چرخ هم قطر جلوی آن را نیز کنترل می‌کند. (دستورات ارسالی از واحد کنترل به پمپ چرخ عقب سمت راست مانند چرخ جلو سمت چپ است). این سیستم کنترل سیستم هدایت خودرو را نیز به عهده دارد و نوع تکامل یافته‌ای از سیستم دو چرخ است. با این حال، این سیستم در شرایط کار مختلف دارای نقایصی است. لذا در حال حاضر از سیستم‌های دو کاناله چندان استفاده نمی‌شود.

سیستم ضد قفل ترمز دو چرخ غیریکپارچه (مجزا): از این سیستم‌ها برای جلوگیری از قفل شدن چرخ عقب در کامیون‌های سبک و خودروهای ورزشی (SUV)، خصوصاً هنگامی که بار کمی دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های مذکور از یک سیستم ترمز هیدرولیکی استاندارد، واحد کنترل الکترونیکی و مجموعه سوپاپ اطمینان / جداساز تشکیل می‌شوند. مجموعه سوپاپ‌ها به سیلندر اصلی و لوله‌های ترمز عقب وصل می‌شود. هر دو مجموعه ترمز چرخ‌های عقب توسط مجموعه سوپاپ‌ها تحت شرایط سیستم ضد قفل ترمز کنترل می‌شوند.

هنگام ترمز گرفتن عادی، فشار از مجموعه سوپاپ‌ها عبور می‌کند. واحد کنترل در صورت وصل بودن کلید فعالیت خود را آغاز می‌کند. و در سرعت‌های بالاتر از ۵ مایل در ساعت سیگنال ارسالی از سرعت خودرو را بررسی می‌کند. اگر واحد کنترل سیگنالی دریافت کند که نشان‌دهنده قفل

شدن احتمالی چرخ‌های عقب است. سوپاپ جداساز را فعال کرده و افزایش فشار به چرخ‌های عقب را متوقف می‌کند. و وقتی سرعت چرخ‌ها افزایش می‌یابد، واحد کنترل الکترونیکی سوپاپ جداساز را می‌بندد و با این کار مایع هیدرولیک (ترمز) درون آکومولاتور به سیلندر اصلی بر می‌گردد و سیستم در وضعیت کنترل ترمز معمولی قرار می‌گیرد.

۹-۲-۷- سیستم‌های ضد قفل چهار چرخ: این سیستم‌ها، عملکرد سیستم ضد قفل ترمز را در

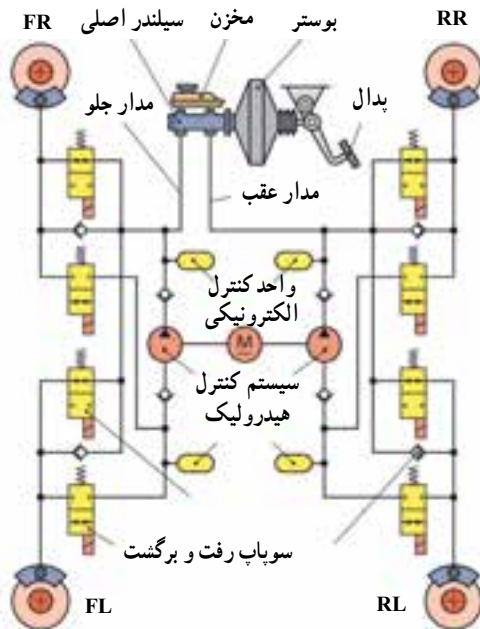
کلیه چرخ‌های جلو و عقب اعمال می‌کنند. و در اغلب خودروهای مدرن امروزی نصب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های ضد قفل چهار چرخ می‌توانند سه کاناله و یا چهار کاناله باشند.



شکل ۱۱-۷- سیستم ضد قفل ترمز سه کاناله

سیستم ضد قفل ترمز چهار چرخ

سه کاناله: برخی سیستم‌های هیدرولیک به دو بخش جلو و عقب تقسیم می‌شوند، از سیستم سه کاناله استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها مدارهای هیدرولیک جداگانه‌ای به هر کدام از دو چرخ جلو و یک مدار به هر دو چرخ عقب دارند و به ازای هر کانال دو سوپاپ برقی وجود دارد. (جمعاً ۶ سوپاپ) (شکل ۱۱-۷).



شکل ۱۲-۷- خودرو با سیستم ضد قفل چهار چرخ غیریکپارچه

سیستم‌های ضد قفل ترمز چهار چرخ

غیریکپارچه (چهار کاناله): مدار هیدرولیک این نوع سیستم از نوع چهار کاناله مستقل (هر کانال مختص یک چرخ) است (شکل ۱۲-۷) و واحد کنترل هیدرولیک به صورت مجزا است. در واحد کنترل هیدرولیک به ازای هر چرخ دو سوپاپ برقی و در مجموع ۸ سوپاپ برقی وجود دارد.

ترمزگیری معمولی از طریق سیستم متداول ترمز هیدرولیکی با بوستر خلی صورت می‌گیرد. این سیستم با تنظیم فشار ترمز، از قفل شدن چرخ‌ها هنگام توقف ناگهانی

جلوگیری می‌کند. این موضوع به راننده امکان می‌دهد که کنترل فرمان را حفظ کرده و خودرو را در کمترین فاصله ممکن متوقف کند. هنگام کار سیستم ضد قفل ترمز (ABS) راننده ممکن است صدای تپه و ضربات ممتد ملایم (دل‌دل زدن) را در پدال ترمز خودرو حس می‌کند.

واحد کنترل الکترونیکی ABS میزان لغزندگی چرخ‌ها را محاسبه کرده و فشار مایع هیدرولیک هر چرخ را برای دستیابی به میزان لغزندگی هدف، کنترل می‌کند.

براساس ورودی‌های ارسالی حسگرهای سرعت خودرو و سرعت هر چرخ، واحد کنترل میزان لغزندگی هر چرخ را محاسبه می‌کند در صورتی که این میزان زیاد باشد، یک سیگنال کنترل کننده به سوپاپ برقی واحد تعدیل (مدولاتور) می‌فرستد.

۱۰-۴-۷- اجزای سیستم ضد قفل ترمز (ABS): سیستم ضد قفل ترمز را سازندگان مختلف

می‌سازند، اما بین طرز کار آنها تفاوت چندانی نیست.

در سیستم ضد قفل ترمز (ABS) از چند جزء مختلف استفاده می‌شود. در بخش عمده این

سیستم‌ها فقط سه جزء اصلی مهم هستند (شکل ۷-۱۳).



شکل ۷-۱۳



شکل ۷-۱۴- حسگر سرعت چرخ

۱- حسگرهای سرعت چرخ

۲- واحد کنترل الکترونیکی

۳- واحد کنترل هیدرولیکی

۱- حسگرهای سرعت چرخ: حسگرهای

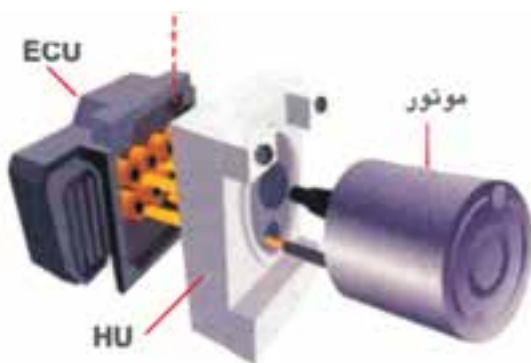
سرعت چرخ، حسگرهای ساده‌ای هستند و در

ارتباط با یک چرخ دنده‌دار کار می‌کنند (شکل

۷-۱۴). این نوع حسگر از یک آهنربای دائمی

و یک میله (هسته) از جنس آهن خالص (نرم) تشکیل می‌شود که دور آن سیم پیچیده‌اند. وقتی چرخ دنده‌دار می‌چرخد تغییرات القایی مدار مغناطیسی سیگنالی تولید می‌کند که فرکانس و ولتاژ آن با سرعت چرخ متناسب است. این ولتاژ AC در واحد کنترل الکترونیکی (ECU) برای دریافت اطلاعات مورد نیاز سرعت چرخ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- واحد کنترل الکترونیکی: کار واحد کنترل الکترونیکی (شکل ۱۵-۷) عبارت است از گرفتن اطلاعات از حسگرهای چرخ و محاسبه بهترین روش کار برای تعدیلگر هیدرولیکی.



شکل ۱۵-۷- واحد کنترل الکترونیکی (ECU)

قلب هر واحد کنترل الکترونیکی از دو ریزپردازنده تشکیل می‌شود که یک برنامه را، مستقل از یکدیگر، اجرا می‌کنند. به این ترتیب می‌توان در برابر هر خطایی که بر عملکرد سیستم ضد قفل ترمز تأثیر سوء بگذارد ایمنی بیشتری ایجاد کرد. براساس سیگنال‌های ارسالی از طرف حسگرهای سرعت چرخ‌ها، ECU سرعت دورانی چرخ‌ها و در نتیجه سرعت خودرو را محاسبه می‌کند.

هنگام ترمز گرفتن اگرچه سرعت چرخ‌ها کاهش می‌یابد اما مقدار شتاب منفی خودرو به سرعت چرخ‌ها در حین ترمزگیری و همچنین به وضعیت سطح جاده بستگی دارد. ECU براساس تغییرات سرعت چرخ‌ها، مقدار لغزش چرخ‌ها را روی سطح جاده تشخیص داده و فرمان‌های کنترل را به مدولاتور (تعدیلگر هیدرولیکی) می‌فرستد. واحد کنترل الکترونیکی اعمال زیر را انجام می‌دهد:

- تنظیم ABS.

- کنترل مداوم کلیه اجزای الکتریکی ABS.

- کمک به تشخیص عیب در تعمیرگاه در هنگام سرویس و عیب‌یابی.

در زمان کار سیستم ضد قفل ترمز (ABS) اگر عیبی آشکارسازی شود، سیستم ضد قفل ترمز

خود را از کار می اندازد و لامپ چراغ هشدار دهنده را روشن می کند (شکل ۱۶-۷). هر دو ریزپردازنده حافظه ای دارند که کدهای عیب در آنها ثبت می شود تا در هنگام سرویس و عیب یابی بازیافت شوند.

چراغ هشدار دهنده ABS



شکل ۱۶-۷- چراغ هشدار دهنده ABS

واحد کنترل الکترونیکی به مراحل پردازش سیگنال ورودی مناسب و مراحل خروجی یا محرک برای کنترل کار اندازه ها مجهز است.

واحد کنترل الکترونیکی، پس از باز شدن سوئیچ آزمون انجام می دهد. وجود عیب به قطع اتصال سیستم می انجامد. این آزمون روی پارامترهای زیر انجام می شود:

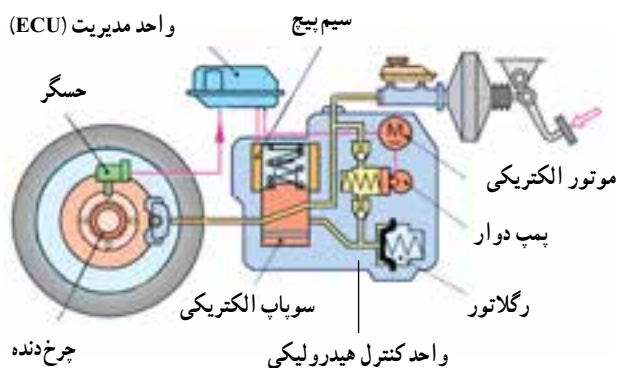
- جریان برق
 - فصل مشترک های داخلی و خارجی
 - انتقال داده ها
 - تطابق بین دو ریزپردازنده
 - کار سوپاپ ها و رله ها
 - کار کنترلگر حافظه عیب
 - کارکردهای خواندن و ثبت (نوشتن) حافظه داخلی
- همه این عملیات در ۳۰۰ میلی ثانیه انجام می شود.

واحد کنترل هیدرولیکی: واحد کنترل هیدرولیکی سیگنال های ارسالی ECU را دریافت کرده و از طریق سوپاپ های برقی، فشار مایع هیدرولیکی را برای ترمز بهینه کنترل می کند.

واحد کنترل (تعدیلگر) هیدرولیکی دارای سه وضعیت کاری است این وضعیت‌ها عبارتند از:

- کاهش فشار
- حفظ فشار
- افزایش فشار

سوپاپ‌های تعدیلگر (سوپاپ‌های الکتریکی): به وسیله سلونوئید کنترل می‌شوند. حالت القایی (دقت عمل) این سلونوئیدها باید اندک باشد تا بتواند به سرعت واکنش نشان دهد (شکل ۷-۱۷).



شکل ۷-۱۷- واحد کنترل هیدرولیکی (تعدیلگر)

الکتروموتور فقط هنگامی کار می‌کند که سیستم ضد قفل ترمز فعال باشد. در بعضی از مدل‌ها واحد کنترل هیدرولیکی به ECU چسبیده است که مجموعاً به آن مدولاتور می‌گویند (شکل ۷-۱۸). واحد کنترل هیدرولیکی شامل تعدادی سوپاپ برقی (متناسب با مدل و نوع سیستم) (شکل ۷-۱۷) همراه با موتور الکتریکی می‌باشد.



شکل ۷-۱۸- یک نوع مدولاتور (ECU، کنترل هیدرولیکی، موتور الکتریکی)

این واحد، سیگنال‌های فرمان را از ECU دریافت و فشار ترمزگیری در هر چرخ را طبق سیگنال ارسالی (کاهش، افزایش، تثبیت) تنظیم می‌کند. در این حالت فشار ترمزی از مدولاتور به مدارهای هیدرولیکی و از آن به پمپ چرخ کفشکی و یا در نوع دیسکی به پمپ چرخ مربوط می‌رسد.

۱۱-۴-۷- عملکرد واحد هیدرولیکی سیستم ABS (HCU):

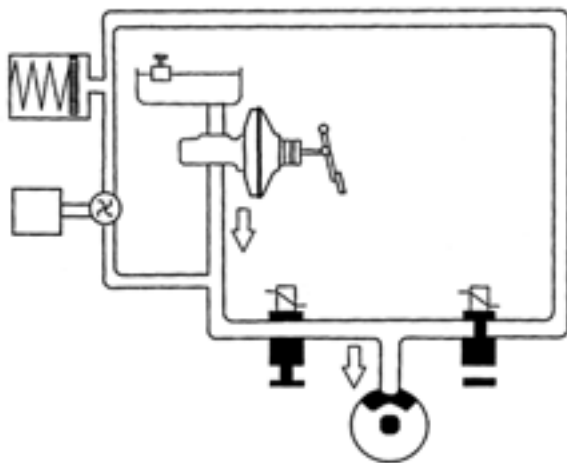
چهار چرخ را به صورت پیوسته مقایسه می‌کند. تا وقتی که هر چهار چرخ با سرعتی تقریباً برابر می‌چرخند، سیستم اقدامی نمی‌کند. وقتی سرعت چرخش چرخ‌های سریع‌تر از چرخ‌های دیگر کاهش می‌یابد، سیستم کنترل الکترونیکی به رله سیستم ضد قفل ترمز سیگنال می‌دهد که واحد هیدرولیکی را فعال کند. یک یا دو سلونوئید در واحد هیدرولیکی سوپاپ‌های تنظیم جریان یا سوپاپ‌های سلونوئیدی لوله‌های ترمز را باز و بسته می‌کنند با کار سوپاپ سلونوئیدی فشار هیدرولیکی پشت هر ترمز قطع یا وصل می‌شود و چهار حالت الف) ترمزگیری عادی ب) تثبیت فشار ج) کاهش فشار د) افزایش فشار رخ می‌دهد.

الف) ترمزگیر عادی: هنگام ترمزگیری فشار هیدرولیکی در پمپ ترمز ایجاد می‌شود. این فشار

از سوپاپ برقی ورودی (در حالت عادی باز می‌باشد) وارد پمپ ترمز چرخ‌ها می‌شود.

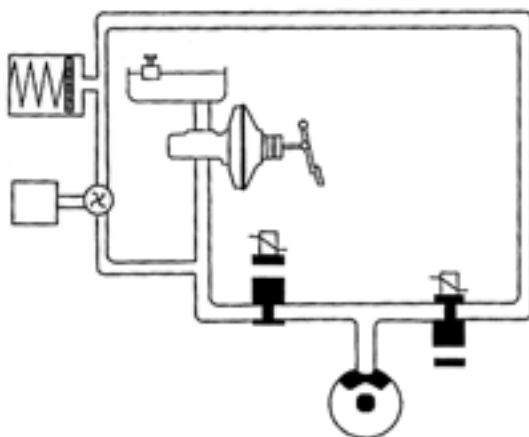
در این حالت سوپاپ برقی خروجی بسته می‌باشد. در این مرحله سرعت چرخش چرخ‌ها با

افزایش فشار هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد (شکل ۱۹-۷).



شکل ۱۹-۷- سیستم ضد قفل در حالت ترمزگیری عادی

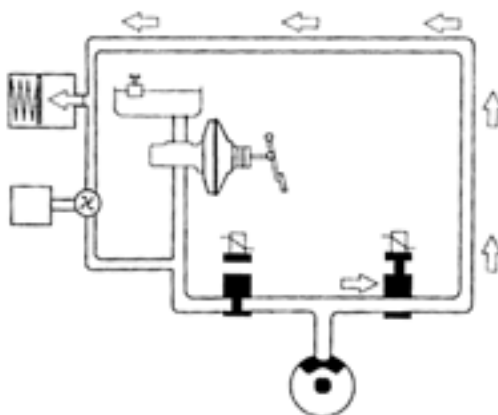
ب) فاز تثبیت فشار: هنگام ترمزگیری شدید که چرخ تمایل به قفل شدن دارد، ابتدا به منظور جلوگیری از افزایش بیشتر فشار ترمز سوپاپ ورودی بسته شده (شکل ۷-۲۰) و سوپاپ خروجی نیز همچنان بسته باقی می ماند و به این ترتیب فشار ترمز ثابت نگه داشته می شود.



شکل ۷-۲۰- سیستم ضد قفل در فاز تثبیت فشار

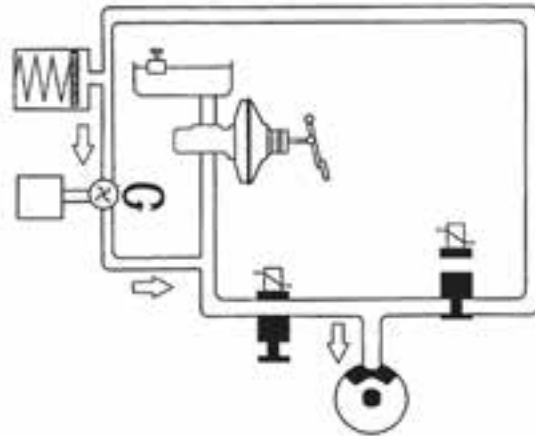
ج) فاز کاهش فشار: در هنگام تثبیت فشار نیز خطر قفل شدن چرخ ها وجود دارد. بنابراین فشار ترمز باید در چرخ مربوط کاهش یابد.

در این حالت سوپاپ برقی ورودی همچنان بسته است و سوپاپ برقی خروجی باز می شود و مایع ترمز از طریق سوپاپ خروجی وارد آکومولاتور شده و چرخ مجدداً دوران می کند (شکل ۷-۲۱).



شکل ۷-۲۱- سیستم ضد قفل در فاز کاهش فشار

د) فاز/افزایش فشار: هنگامی که خطر قفل شدن چرخ برطرف شد، دوباره فشار هیدرولیک ترمز در سیستم افزایش می‌یابد. در این حالت سوپاپ برقی ورودی باز شده و سوپاپ برقی خروجی بسته می‌شود و پمپ سیستم ABS شروع به کار کرده و مایع ترمز لازم از آکومولاتور مکش می‌شود تا فشار ترمز مورد نیاز برای فاز افزایش فشار به سرعت پدید آید. با افزایش فشار ترمز، سرعت چرخ نیز کاهش می‌یابد (شکل ۲۲-۷).



شکل ۲۲-۷- سیستم ضد قفل در فاز افزایش فشار

روندهای فوق (تثبیت فشار، کاهش فشار و افزایش فشار) تا زمانی که ترمزگیری ادامه داشته باشد همچنان تکرار می‌شود.

برای ایجاد حالات فوق، یک سیستم کنترلی برای هر چرخ (برای هر کانال) وجود خواهد داشت. و هر دو سوپاپ برقی توسط ECU به سه وضعیت زیر کنترل خواهد شد:

– در وضعیت ۱ (هر دو سوپاپ برقی غیرفعال، سوپاپ ورودی باز، سوپاپ خروجی بسته) سیلندر اصلی ترمز و سیلندر ترمز چرخ‌ها مستقل بوده و فشار ترمزی افزایش می‌یابد.

– در وضعیت ۲ (سوپاپ ورودی فعال و بسته) فشار سیلندر اصلی از مدار قطع شده و فشار ترمزی ثابت می‌ماند.

– در وضعیت ۳ (سوپاپ خروجی فعال و باز) ارتباط هیدرولیکی بین سیلندر ترمز چرخ و پمپ برقی ایجاد شده به طوری که فشار هیدرولیکی ترمز کاهش می‌یابد.

با توجه به مشخصات جاده ممکن است این عمل ۴ تا ۱۰ مرتبه در هر ثانیه اتفاق بیفتد.

سیستم ضد قفل ترمز (ABS) دارای عکس‌العمل سریعی است که به دلیل پردازش دیجیتالی سیگنال‌ها می‌باشد.

سیستم ضد قفل ترمز (ABS) دارای مزایای زیر است :

● در هنگام ترمز کردن شدید اگر فرمان کاملاً مستقیم (صاف) نباشد، خودرو منحرف خواهد شد. ولی سیستم ABS تا حد زیادی مقدار کنترل فرمان را افزایش می‌دهد.

● هنگامی که سیستم ضد قفل ترمز (ABS) از کار بیفتد، ECU دارای یک عیب‌یابی اتوماتیک می‌باشد که خطاها را می‌تواند در خود ضبط کند و توسط چراغ اخطار، وجود عیب را اعلام نماید.

۱۲-۴-۷- عیب‌یابی سیستم ضد قفل ترمز (ABS): خودرو مجهز به سیستم ضد قفل ترمز

نیز در سیستم ترمز ممکن است با همان مشکلاتی روبرو شود که در خودرو با سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی با آن مواجه می‌شود. ولی مهمترین مشکل خودروهای مجهز به سیستم ضد قفل ترمز، ناکامی در جلوگیری از قفل شدن چرخ‌ها است. علاوه بر آن در صورتی که لاستیک‌های سوار شده روی خودرو از اندازه استاندارد بزرگتر باشند نیز می‌توانند در کار عادی سیستم ضد قفل ترمز اختلال ایجاد کنند. در بسیاری از خودروهایی که سیستم ضد قفل ترمز دارند، دو چراغ مربوط به ترمز روی صفحه نشان‌دهنده داشبورد دیده می‌شود. چراغ ضد قفل (زرد) و چراغ ترمز (قرمز). در این خودروها وقتی سویچ باز می‌شود، چراغ ضد قفل باید به مدت سه تا پنج ثانیه روشن بماند (ممکن است این چراغ تا ۳۰ ثانیه روشن بماند تا فشار در سیستم کنترل هیدرولیکی بالا برود).

در هنگام استارت (راه‌اندازی موتور) هر دو چراغ «ضد قفل» و «ترمز» روشن می‌شوند. پس از روشن شدن موتور، چراغ «ترمز» خاموش می‌شود. ولی چراغ «ضد قفل» سه تا پنج ثانیه روشن می‌ماند. در سایر موارد دیگر باید هر دو چراغ خاموش باشند.

روشن یا خاموش شدن چراغ‌ها ممکن است نشانه بروز عیب در سیستم باشد. برای پیدا کردن عیب باید به راهنمای تعمیر و نگهداری خودرو رجوع کرد.

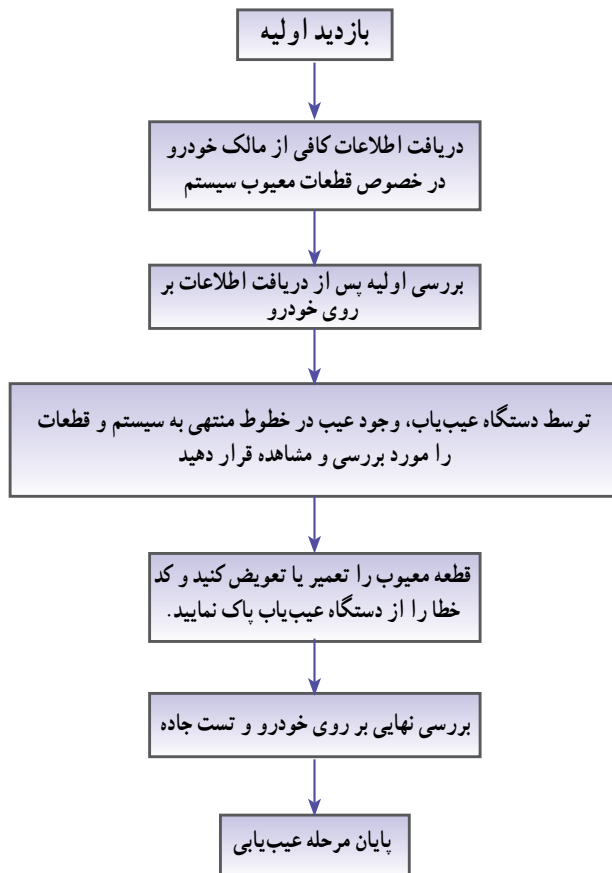
استفاده از بعضی از راه‌کارهای عیب‌یابی سیستم ضد قفل ترمز مستلزم به کارگیری دستگاه عیب‌یاب است. به این منظور باید کانکتور (فیش) دستگاه عیب‌یاب، به کانکتور سیستم الکتریکی (الکترونیکی) ABS متصل شود. و کدهای خطای موجود در حافظه سیستم ضد قفل ترمز را بررسی نمود.

اولین گام برای عیب‌یابی سیستم ترمز ضد قفل ترمز بازدید اولیه است.

سپس سیستم ترمز را از نظر شل بودن اتصالات، بدکار کردن پمپ اصلی ترمز (زیر پا)، عمل

غیرعادی سیستم هیدرولیکی و مکانیکی ترمز و نشت روغن بازدید نمود. برای کنترل عملکرد صحیح چراغ‌ها، ابتدا سویچ را به مدت ۱۵ ثانیه بسته و سپس سویچ را باز نمود و عملکرد چراغ‌های «ترمز» و «ضد قفل» را کنترل کنید. نحوه عیب‌یابی و روش‌های رفع عیب در سیستم ضد قفل ترمز (ABS) در شکل ۲۳-۷ نشان داده شده است.

بسیاری از واحدهای کنترل، کد عیب را در حافظه ذخیره می‌کنند. با استفاده از دستگاه عیب‌یاب این کدها را باید بازایی کرد.



شکل ۲۳-۷. نحوه عیب‌یابی و رفع عیب سیستم ABS

کدهای ذخیره شده به حسگرهای سرعت چرخ، حسگر سرعت خودرو، حسگر شتاب منفی، کلید چراغ‌ترمز، سوپاپ‌های سلونوئیدی، رله‌ها و مدول کنترل سیستم ضد قفل ترمز مربوط است. گاهی کد عیب در نتیجه خطای راننده ذخیره می‌شود. در صورتی که راننده با ترمز دستی کشیده حرکت کند یا اگر چرخ بیش از اندازه بکسوواد کند، رمز عیب ذخیره می‌شود.

برای عیب‌یابی و رفع عیوب حاصل از خطای راننده، با استفاده از سیستم عیب‌یاب کدهای موجود را پاک نموده و سپس با باز کردن سویچ و استفاده از دستورالعمل تعمیر و نگهداری خودرو، سیستم ضد قفل ترمز را عیب‌یابی نمود.

۷-۵- تجهیزات ایمنی غیرفعال

در حال حاضر کمربند ایمنی، کشنده کمربند و کیسه هوا به عنوان مؤثرترین تجهیزات ایمنی غیرفعال (سیستم‌های نگهدارنده) برای محافظت سرنشینان در هنگام تصادف شدید به‌شمار می‌روند. علاوه بر آنها پشت‌سری‌ها نیز کمک مؤثری به حفظ سلامتی سرنشینان می‌نمایند.

۷-۶- پشت‌سری‌ها

در یک تصادف شدید، به دلیل یرت‌شدن به جلو و برخورد با فرمان، داشبورد و شیشه‌های جلو، عکس‌العملی ایجاد می‌شود که باعث عقب‌افتادن سریع سر و آسیب‌رسیدن به مهره‌های گردن و کمر (ستون فقرات) می‌شود.

یک پشت‌سری مناسب با ارتفاع تنظیم شده می‌تواند از عقب‌افتادن سریع سر و شکستن مهره‌ها جلوگیری نماید (شکل ۷-۲۴).



شکل ۷-۲۴- پشت‌سری و کمربند ایمنی

در ابتدا پشت‌سری‌ها فقط ویژه صندلی‌های جلو طراحی و ساخته می‌شد ولی اکنون برای سرنشینان صندلی عقب نیز نصب شده است.

۷-۷- کمربند صندلی (ایمنی)

کمربند صندلی یکی دیگر از اجزای سیستم ایمنی تکمیلی است و به‌صورت غیرفعال عمل می‌کند.

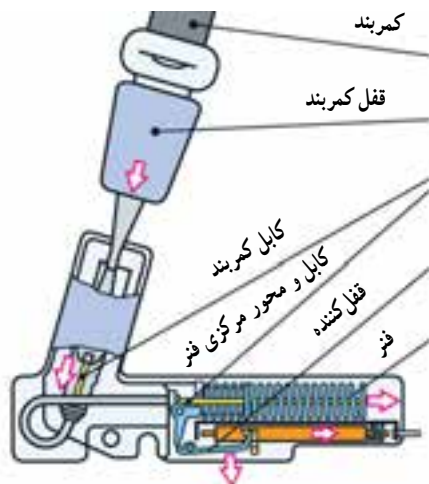
کمر بند صندلی از پرت شدن سریع، به دلیل شدت تصادف و نیروی اینرسی اتاق و برخورد با فرمان، داشبورد، شیشه‌های جلو و سایر اجزای داخلی اتاق و وارد شدن جراحات شدید جلوگیری می‌نماید (شکل ۷-۲۴).

شرط حفاظت مؤثر کمر بند عبارت است از:

- بسته شدن روی دنده‌ها و لگن.
- اتکا به سه یا چهار نقطه.
- محکم بسته شدن تا حد ممکن.
- کشیدن کمر بند در هنگام تصادف و پرت شدن

۱-۷-۷-۷-۷-۱- (پیش‌کشنده کمر بند): پیش‌کشنده کمر بند باید از حرکت حتی چند سانتی متری بدن به جلو در هنگام تصادف ممانعت نموده، از خونریزی یا شکستن (له شدن) دنده‌ها، جلوگیری نماید. علت بروز جراحات این است که کمر بند در حالت عادی محکم به بدن نمی‌چسبد. کمر بند جمع‌کن باید در لحظه تصادف کمر بند را بکشد و سر نشینان را محکم به طرف صندلی کشیده و نگه دارد. کمر بند می‌تواند دارای یک سیستم مکانیکی، پیش‌کشنده انفجاری (مکانیکی) و یک محدودکننده باشد.

۲-۷-۷-۷-۷-۲- سیستم‌های مکانیکی کمر بند: سیستم مکانیکی کمر بند به کمک یک فنر جمع‌کننده سیم، کمر بند را در هنگام تصادف با فشاری که از طریق بدن سر نشینان به کمر بند و سیستم مکانیکی وارد می‌شود جمع می‌کند (شکل ۷-۲۵).



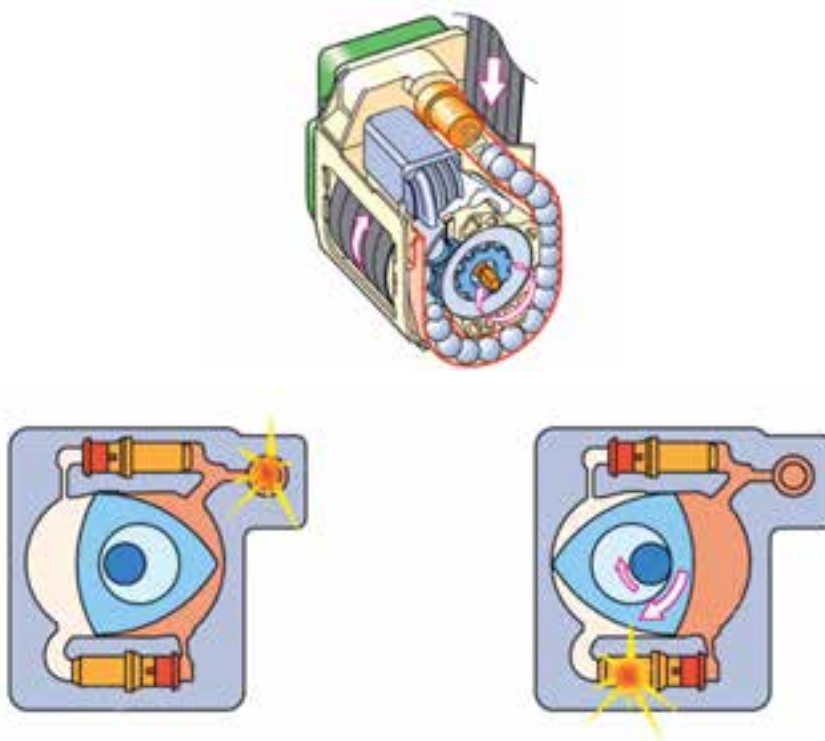
شکل ۷-۲۵- محدودکننده کمر بند

۷-۷-۳- محدود کننده نیروی کمربند: محدود کننده نیروی کمربند، در هنگام وارد شدن نیروی

معینی قفل می کند. به این ترتیب صدمات جسمی به هنگام تصادف ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش می یابد.

۷-۷-۴- سیستم انفجاری پیش کشنده کمربند: در هنگام تصادف پیش کشنده انفجاری کمربند

به همراه کیسه هوا برای هر سرنشین که در جلو یا عقب خودرو هستند، رها می شود (عمل می کند) یک چاشنی منفجر می شود و گاز با ضربه به سیلندر وارد شده و پیستون را به همراه سیم جمع کن به طرف پایین می کشد. وقتی حسگر شتاب (ضربه آنالوگ)، یک ضربه شدید احساس می کند واحد کنترل این سیستم، یک پیغام جرقه برای واحد منبع گاز می فرستد. سپس گاز خارج شده و پیستون را به حرکت درمی آورد تا کمربند را بکشد (شکل ۲۶-۷).



شکل ۲۶-۷- سیستم انفجاری کمربند

این عمل مانع از پرت شدن سرنشین به طرف جلو می شود. بعد از آن فرمان دیگری به وسیله سیستم کنترل صادر شده تا کمربند آزاد شود.

۷-۸- کیسه هوا (AirBag)

وقتی سرعت اتومبیل از 40 کیلومتر در ساعت بیشتر باشد کمربند ایمنی به تنهایی برای جلوگیری از وارد شدن ضربات (جراحات) کافی نیست.

تحقیقات پس از حوادث رانندگی نشان داده است که در 68 درصد موارد، کیسه هوا سطح ایمنی خوبی را تأمین می‌کند (شکل ۷-۲۷). براساس بررسی‌های به عمل آمده پیش‌بینی می‌شود که اگر همه خودروها، در سرتاسر جهان به کیسه هوا مجهز شوند تعداد مقتولان حوادث رانندگی در هر سال بیش از 50 هزار نفر کاهش می‌یابد.



شکل ۷-۲۷- کیسه هوا در یک خودرو

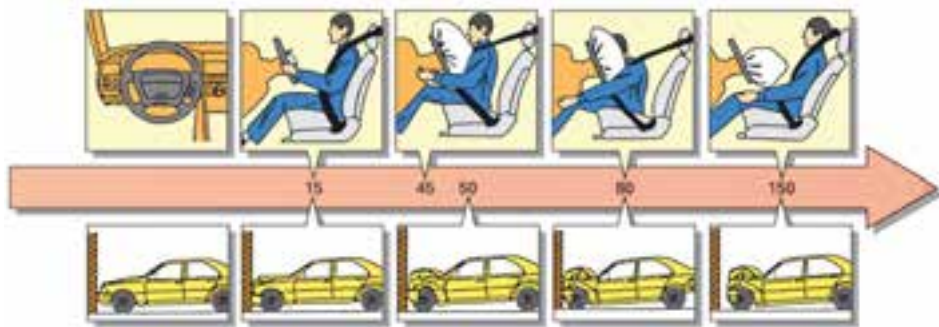
این سیستم به گونه‌ای برای راننده و سایر سرنشینان طراحی شده است تا به صورت مکمل با کمربند صندلی، در کاهش خطر و شدت صدمات جسمی وارد بر راننده و سرنشینان از طریق بازشدن (گسترش) کیسه هوا در اثر تصادف از سمت جلو و اطراف در داخل اتاق خودرو مؤثر واقع شوند.

کیسه هوا، کیسه‌ای است که با ورود گاز به آن افزایش حجم پیدا می‌کند و در نتیجه آن شتاب و ضربه برخورد سرنشین را کاهش می‌دهد. این سیستم یک سیستم ایمنی غیرفعال است و در زمان تصادف و برخورد عمل می‌نماید.

گازهای مورد استفاده در این سیستم عبارتند از: هوای فشرده، نیتروژن، فریون، دی‌اکسید کربن و مخلوط آب و پتاسیم (KH_2O). به طور کلی پاسخ و عملکرد کیسه هوا باید به گونه‌ای باشد تا در حوادث ناگهانی در زمان بسیار کوتاهی، ایمنی سرنشینان را فراهم نماید.

۷-۸-۱- طرز کار کیسه هوا: وقتی خودرویی با سرعت حدود 30 کیلومتر در ساعت تصادف

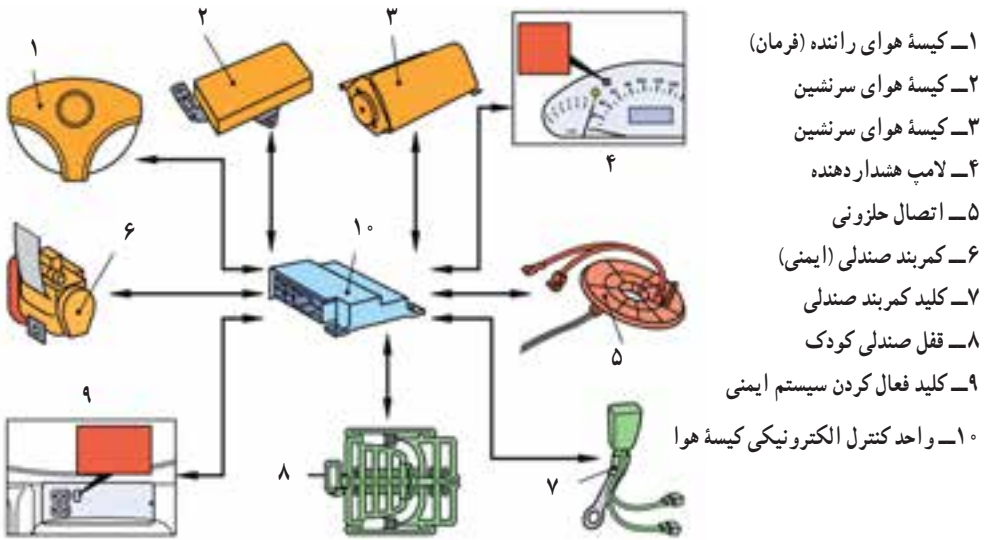
کند رویدادهایی به شرح زیر رخ می‌دهند (شکل ۷-۲۸).



شکل ۲۸-۷- مراحل عملکرد کیسه هوا

- پیش از برخورد، راننده در وضعیت عادی نشسته است.
 - اگر یک ضربه شدید در اثر برخورد توسط یکی از حسگرهای ضربه (برخورد) شناسایی شود، تقریباً بعد از ۱۰ میلی ثانیه، یک سیگنال از واحد شناسایی به سیستم نگهدار ایمنی ارسال می شود. بعد از ۳ میلی ثانیه از سیگنال جرقه زن، تولید گاز در کیسه شروع می شود.
 - تقریباً ۱۵ میلی ثانیه پس از برخورد، کیسه هوا در زیر پوشش مربوطه (کاور فرمان، داشبورد، ستون ها و ...) شروع به باز شدن می کند. کاور پوشش را می شکند (کنار می زند) و کیسه هوا بیرون می آید.
 - پس از ۴۵ میلی ثانیه راننده با مجاله شدن بخش هایی از جلو خودرو، به جلو پرتاب شده و کمربند ایمنی، بسته به نوع آن، قفل یا کشیده شده و حجم کیسه هوا افزایش پیدا می کند.
 - در حدود ۸۰ میلی ثانیه پس از برخورد، کیسه هوا کاملاً باد شده است و اندازه حرکت راننده را کنترل و جذب می نماید.
 - ۱۵۰ میلی ثانیه پس از برخورد راننده به عقب برمی گردد و باد کیسه هوا از سوراخ های جانبی آن خارج می شود. و خالی شدن باد، فشار کیسه هوا بر سر نشین را کاهش می دهد (شکل ۲۸-۷).
- ۲-۸-۷- اجزا و مدار کیسه هوا:** روشی که امروزه برای ساخت کیسه هوا متداول تر است، مجتمع کردن اجزای لازم به صورت یک واحد است. به این ترتیب مقدار سیم کشی و اتصالات کاهش و اعتماد پذیری سیستم افزایش می یابد.
- نوعی سیستم پایش نیز در کیسه هوا تعبیه شده، زیرا این کیسه را نمی توان امتحان کرد و اصولاً فقط یک بار کار می کند.

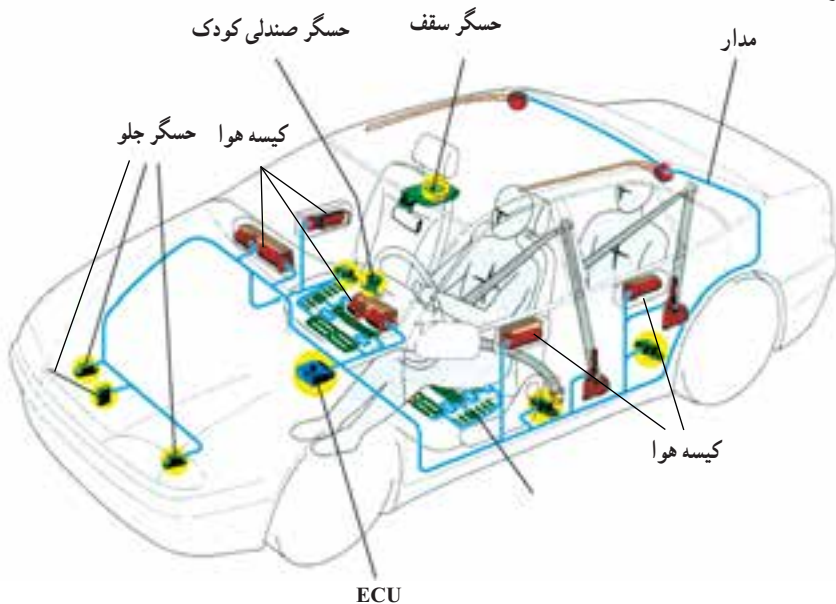
اجزای یک سیستم کیسه هوا عبارتند از: (شکل ۲۹-۷)



شکل ۲۹-۷- اجزای سیستم کیسه هوا

به این اجزا حسگرهای ضربه و مدار الکتریکی (شکل ۳۰-۷) سیستم کیسه هوا نیز اضافه

می شود.

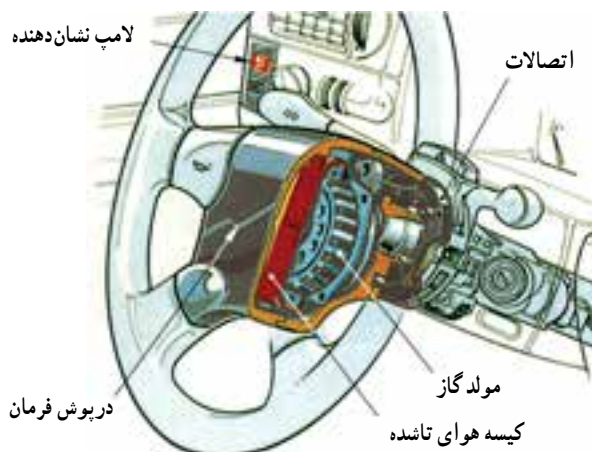


شکل ۳۰-۷- حسگرهای ضربه مدار الکتریکی سیستم کیسه هوا

کیسه هوا (۱): کیسه هوا از پارچه نایلونی ساخته شده است و از داخل آستر دارد. پیش از آن که کیسه هوا باد شود، تا شده و زیر پوشش مناسبی قرار دارد، این پوشش با خطوط گسست خاصی طراحی شده است. در اطراف کیسه هوا سوراخ‌هایی تعبیه شده که پس از عمل کردن کیسه، به سرعت باد آن را خالی می‌کنند.

قطعه محرکه مولد گاز: حاوی تعدادی قرص سوخت است که در یک محفظه احتراق قرار دارند. چاشنی (مشتعل‌ساز) جرقه‌ای برای اشتعال سوخت ایجاد می‌کند. قرص‌های سوخت به سرعت می‌سوزند و مقدار معینی گاز با فشار معین تولید می‌کنند. این گاز از فیلتر می‌گذرد و کیسه را پر می‌کند.

لامپ هشدار دهنده (۴): لامپ هشدار دهنده (شکل ۳۱-۷) راننده را از خرابی سیستم مطلع می‌کند و بخش مهمی از مدار پایش محسوب می‌شود. بعضی از تولیدکنندگان برای افزایش اطمینان از دو لامپ هشدار دهنده استفاده می‌کنند.



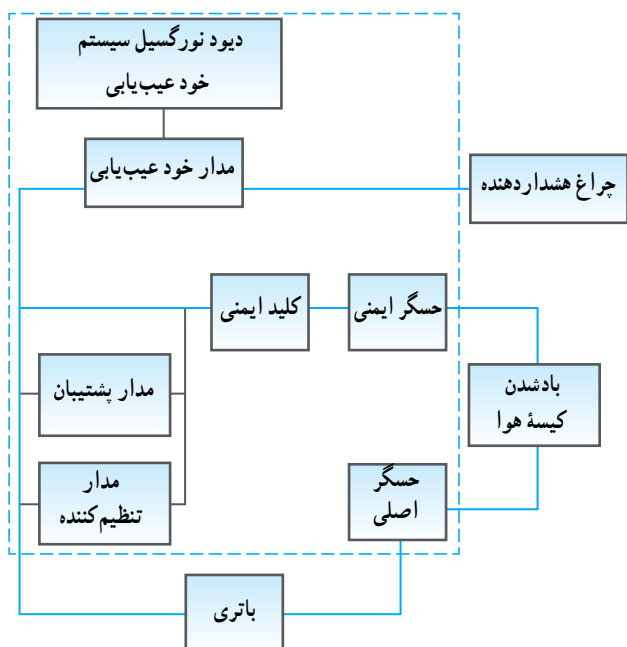
شکل ۳۱-۷- اجزای کیسه هوای راننده

کلید صندلی (۷): با استفاده از کلید که در طرف سرنشین (شاگرد) قرار دارد می‌توان از فعال بودن سیستم کیسه هوا این صندلی (صندلی عقب نیز دارای این کلید می‌تواند باشد) وقتی سرنشین ندارد جلوگیری کرد.

حسگر ضربه (برخورد): به صورت‌های مختلف مکانیکی یا الکترونیکی ساخته می‌شود. در حسگر مکانیکی، وقتی ضربه‌ای شدیدتر از حد معینی به خودرو وارد شود، یک میکروسویچ را کاراندازی می‌کند.

حسگر الکترونیکی را می‌توان نوعی شتاب‌سنج که شتاب منفی را اندازه‌گیری می‌کند، دانست. تغییر شدید سرعت خودرو (کاهش سرعت) سبب تولید خروجی (بار یا مقاومت الکتریکی) می‌شود. مدارهای الکترونیکی می‌توانند حسگرها را بیابند و می‌توان چنان برنامه‌ریزی کرد که وقتی سیگنال به آستانه معینی رسید، سیستم واکنش نشان دهد. مزیت حسگرهای الکترونیکی این است که نیازی به طراحی حسگرهای مختلف مورد استفاده در خودروهای مختلف نیست. زیرا تفاوت بین سیستم‌های مختلف را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار ایجاد کرد.

واحد کنترل الکترونیکی کیسه هوا (ECU): مهم‌ترین جزء این سیستم واحد کنترل الکترونیکی سیستم کیسه هوا (ECU) است که علاوه بر کنترل و صدور فرامین لازم به سیستم کیسه هوا، وظیفه عیب‌یابی سیستم را نیز به عهده دارد. وقتی که از حسگر مکانیکی استفاده می‌شود، از لحاظ نظری، اصلاً به واحد کنترل الکترونیکی نیازی نیست و می‌توان برای به کار انداختن کیسه هوا، در هنگام عمل کردن حسگر، از یک مدار ساده استفاده نمود. اما مسئله پایش سیستم، با واحد کنترل الکترونیکی است که اهمیت خاصی دارد.



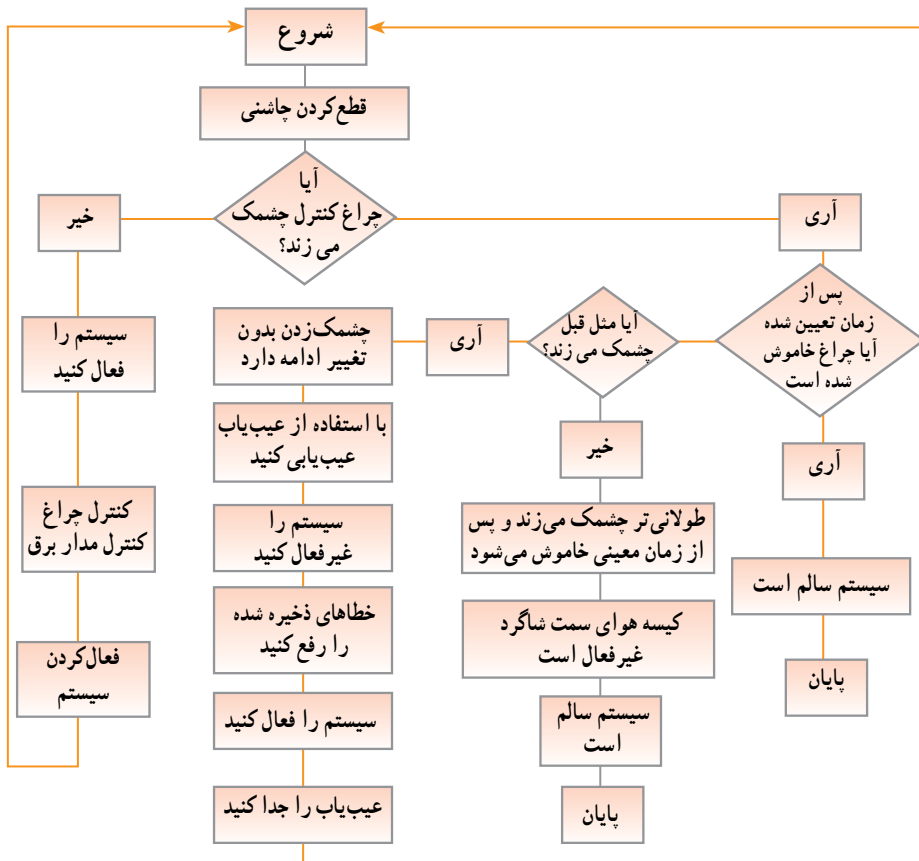
شکل ۳۲-۷- نمودار عملکرد کیسه هوا

در صورتی که عیبی در هر بخش از مدار آشکارسازی شود، چراغ هشداردهنده به کار خواهد افتاد. حافظه واحد کنترل الکترونیکی گنجایش یک تا چند عیب را دارد، این حافظه را می‌توان بازیابی کرد. نمودار شکل ۳۲-۷ عملکرد مدار کیسه هوا را نشان می‌دهد. به مدار ایمنی توجه کنید که حسگر برخورد بسیار ساده است و مانع عمل کردن کیسه هوا در صورت معیوب شدن حسگر اصلی می‌شود.

۳-۸-۷- عیب‌یابی سیستم کیسه هوا و کمربند صندلی: واحد کنترل، کیسه هوا و کمربند و سیم‌کشی‌ها و اجزای کیسه هوا را کنترل می‌کند تا مطمئن شود آن‌ها به خوبی کار می‌کنند. در زمان روشن کردن خودرو چراغ این سیستم در پانل برای مدت ۷ ثانیه شروع به چشمک‌زدن می‌کند که نشان‌دهنده عملکرد صحیح آن است.

● در صورت بروز هر یک از حالت‌های زیر باید فوراً سیستم را کنترل کنید:

- چراغ اصلاً روشن نشود.
- بیش از ۷ ثانیه روشن بماند.
- در زمان رانندگی روشن شود.
- اگر سیستم ایمنی باید مورد بررسی قرار گیرد یا قطعه‌ای تعویض گردد، حتماً کابل باتری را جدا کنید و بیش از ۶۰ ثانیه منتظر بمانید، سپس کنترل سیستم را شروع کنید (شکل ۳۳-۷).



شکل ۳۳-۷- نمودار عیب‌یابی سیستم کیسه هوا و کمربند صندلی

- سیستم عیب یاب کد شناسایی را براساس نتایج به دست آمده مشخص می کند و در حافظه ذخیره می نماید، اطلاعات ذخیره شده قابلیت ویرایش (دیدن / پاک کردن) با دستگاه عیب یاب را دارند.

- هر وقت عیبی شناسایی شود، چراغ هشداردهنده روشن می ماند تا زمانی که عیب رفع و کد شناسایی پاک شود.

پرسش ؟

- ۱- سیستم های ایمنی و انواع آن را بیان کنید.
- ۲- سیستم ایمنی فعال کدام است؟ انواع آن را نام ببرید.
- ۳- انواع سیستم ایمنی در حرکت را نام برده توضیح دهید.
- ۴- سیستم ایمنی ادراکی چیست، انواع آن کدام اند؟
- ۵- تفاوت بین سیستم های ایمنی فعال و غیرفعال چیست؟
- ۶- انواع سیستم ایمنی غیرفعال داخلی و خارجی خودرو را بنویسید.
- ۷- معایب سیستم ترمز مکانیکی و هیدرولیکی را بیان کنید.
- ۸- نرخ لغزش چیست؟ بهترین نرخ لغزش در هنگام ترمزگیری کدام است؟
- ۹- اصول کار سیستم ضد قفل ترمز (ABS) را توضیح دهید.
- ۱۰- ویژگی های سیستم ضد قفل ترمز را بنویسید.
- ۱۱- متغیرهای سیستم ضد قفل ترمز را نام ببرید.
- ۱۲- انواع سیستم ضد قفل ترمز را بنویسید.
- ۱۳- انواع سیستم های ضد قفل ترمز دو چرخ و عملکرد آنها را بنویسید.
- ۱۴- سیستم های ضد قفل چهارچرخ چیست؟ انواع آن را نام ببرید.
- ۱۵- اجزای سیستم ضد قفل ترمز را نام برده و توضیح دهید.
- ۱۶- ۴ مرحله کار واحد کنترل هیدرولیکی سیستم (ABS) را بیان کنید.
- ۱۷- انواع تجهیزات ایمنی غیرفعال کدام است؟ مختصراً توضیح دهید.
- ۱۸- کیسه هوا چیست؟ نقش آن در هنگام تصادف کدام است؟
- ۱۹- اجزای سیستم کیسه هوا (AirBag) را نام برده توضیح دهید.
- ۲۰- تجهیزات ایمنی خودرو در چه مراحل عمل می کنند (کیسه هوا، کمربند

صندلی، پیش کشنده)؟

- ۱) Ellinger , Herbert E. Automechanics Prentice Hall 1988
- ۲) Bosch Robert Automotive Hondbook VDI - Verlag Gmbh 1986
- ۳) Srinivasan . S . Automotive Mechanics Mc Graw - Hi ll Publishing Company 1990
- ۴_ Crouse, william Harvy Automotive Mechanics
- ۵_ Denton, Tom Automotive Electrical and Electronic System
- ۶_ Europa Lehrmittel Modern Automotive technology
- ۷_ Bosch Automotive Hand Book
- ۸_ ضمیمهٔ درس فنی (مبحث انتقال قدرت کد ۵۰۶،۱) تألیف آقای مهندس محمد محمدی بوساری.
- ۹_ ضمیمهٔ درس فنی (مبحث شاسی و بدنه کد ۶۲۷،۳) تألیف آقای مهندس محمد محمدی بوساری.
- ۱۰_ امینیان - شهرام - سیستم هدایت و کنترل خودرو ۶۰۸/۱ (۱۳۸۹)
- ۱۱_ قاجاریه ، کیومرث - امینیان، شهرام - کتاب راهنمای معلم رشته مکانیک خودرو ۵۵۱/۴ (۱۳۸۸)
- ۱۲_ امینیان ، شهرام - تکنولوژی بدنه خودرو - سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای (۱۳۹۰)
- ۱۳_ گروه مستندات ایساکو - راهنمای تعمیرات و سرویس ترمز ABS سمند (۱۳۸۲)
- ۱۴_ واقف، احمد - تکنولوژی ترمز - مرکز آموزش سایپا (۱۳۸۶)
- ۱۵_ افضلی - محمد رضا - مکانیک جامع اتومبیل ۲/ چاپ سوم

