فصل ۷

سیستم‌های ایمنی در خودرو

هدف‌های رفتاری: هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

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

۷ـ 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 :

ـ سیستم‌های ایمنی فعال.

ـ سیستم‌های ایمنی غیرفعال.

۱ـ۷ـ سیستم‌های ایمنی فعال

به کلیهٔ تدابیری که سهمی در جلوگیری از تصادفات را دارند سیستم‌های ایمنی فعال اتلاق می‌شود.

در سیستم‌های ایمنی فعال تدابیر زیر قابل تفکیک هستند :

ــ سیستم ایمنی در حرکت.

ــ سیستم ایمنی خدمات.

ــ سیستم ایمنی ادراکی.

۱ـ۱ـ۷ـ 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 بدین‌ترتیب 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 به‌گونه‌ای 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 به‌عمل 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.

۲ـ۱ـ۷ـ 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

زودهنگام 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 شیشهٔ جلو : ضرورت راه‌اندازی و خاموش کردن برف‌پاک‌کن‌ها، توسط راننده را حذف می‌کند.

سرویس‌دهی 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.

۳ـ۱ـ۷ـ سیستم ایمنی ادراکی: این سیستم شامل همه مواردی می‌شود که به راننده کمک می‌کند رخدادهای ترافیکی را حتی‌الامکان 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 شیشهٔ عقب، دید آزاد عقب خودرو را فراهم می‌کند.

چراغ‌ها : چراغ‌ها دید مطلوب را به هنگام تاریکی ممکن نموده همزمان سبب می‌شوند که خودرو به‌وسیلهٔ 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 نقطهٔ 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

۲ـ۷ـ 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 :

ـ سیستم ایمنی داخلی خودرو.

ـ سیستم ایمنی خارجی خودرو.

۱ـ۲ـ۷ـ 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 چین‌خوردگی، می‌توان فشار و بار وارده به سرنشینان را هنگام تصادف کاهش داد.

سیستم‌های نگهدارنده : کمربند صندلی (ایمنی) و کشنده کمربند در هنگام تصادف از پرت‌شدن 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 به‌گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که خطر جراحت 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.

۲ـ۲ـ۷ـ سیستم ایمنی خارجی خودرو: اتاق خودرو قطعات نصب شدهٔ خارجی روی آن به‌گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند تا در هنگام تصادف حتی‌الامکان آسیبی به خودروهای دیگر و عابرین پیاده وارد نکنند یا کمتر آسیب ببینند.

ایمنی خارجی می‌تواند به روش‌های زیر به‌دست آید :

ـ درپوش اتاق موتور (کاپوت جلو) که به‌راحتی تغییر شکل می‌یابد.

ـ آینه بغل متحرک.

ـ دستگیره‌های توکار.

ـ شکل بدنه خودرو بدون لبه‌های تیز.

۳ـ۷ـ سیستم ترمز

همان‌گونه که بیان شد مهم‌ترین حوزه برای رفتار حرکتی بدون مشکل و غافلگیری برای ایمنی در حرکت خودرو سیستم ترمز می‌باشد.

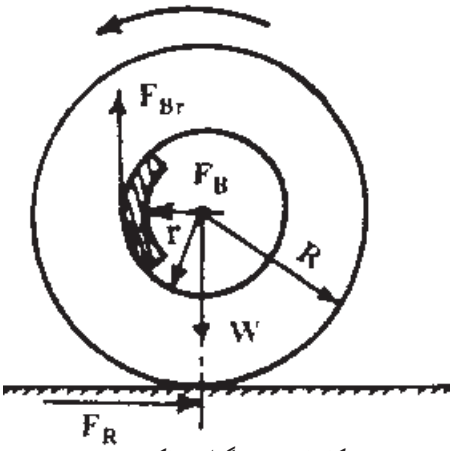
لازم است در حالت ترمزگیری، پایداری خودرو حفظ شده و حداقل خط ترمز ایجاد گردد. ولی عملاً در اکثر سیستم‌های ترمز (مکانیکی، هیدرولیکی و بادی) در صورت وارد کردن فشار ناگهانی به پدال ترمز، چرخ‌ها قفل شده و خط ترمز افزایش و امکان هدایت خودرو به شدت کاهش می‌یابد.

۱ـ۳ـ۷ـ معایب سیستم ترمز معمولی (مکانیکی، هیدرولیکی): همان‌طور که قبلاً گفته شد، کار دستگاه ترمز، ایجاد شتاب منفی لازم برای متوقف کردن خودروی درحال حرکت است. دستگاه ترمز علاوه بر متوقف کردن کامل خودرو، کنترل حرکت خودرو در شیب‌های تند، توقف مرحله‌ای و کاهش سرعت خودرو به اندازهٔ دلخواه نیز از وظایف سیستم ترمز است.

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

یعنی اگر :

گشتاور ناشی از اصطکاک بین لنت و کاسه (دیسک) $M_{Br} = F_{Br}.r$ باشد و گشتاور بین تایر و سطح جاده $M_R = F_R.R$ باشد بهترین حالت ترمز از نظر تئوری وقتی اتفاق می‌افتد که $M_{Br} = M_R$ باشد (شکل ۱ـ۷).



شکل ۱ـ۷ـ دیاگرام عملکرد ترمز

درواقع سیستم ترمز با ایجاد دو نوع مقاومت باعث توقف و یا کاهش سرعت خودرو می‌شوند. یک مقاومت ناشی از اصطکاک بین صفحات لنت و دیسک (و یا لنت‌های کفشکی و کاسه چرخ) و مقاومت دیگر ناشی از اصطکاک بین تایرهای خودرو و سطح جاده می‌باشد. ولی عمل ترمزگیری در صورتی با ثبات و کنترل شده انجام می‌شود که رابطه زیر بین مقاومت ایجاد شده توسط سیستم ترمز و مقاومت ایجاد شده توسط تایرها و سطح جاده برقرار باشد.

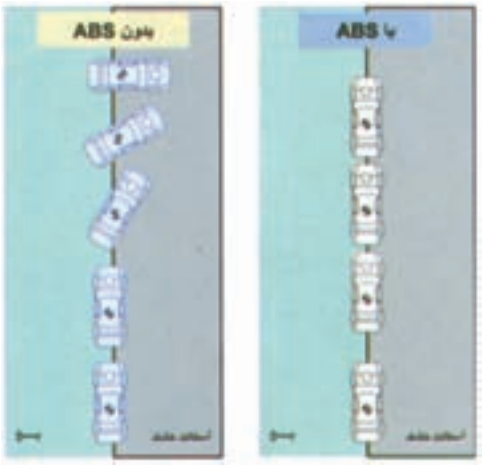
مقاومت بین سطح جاده و تایرها > مقاومت سیستم ترمز

با این وصف اگر رابطهٔ قبل عکس شود، چرخ‌ها قفل شده و خودرو شروع به سُرخوردن می‌کند.

مقاومت بین سطح جاده و تایرها < مقاومت سیستم ترمز

یعنی اگر سرعت لاستیک‌ها، نسبت به تراز سرعت خودرو کاهش یابد، درنتیجه چرخ‌ها قفل می‌شوند.

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 ۲ــ۷). 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 ضدقفل ترمز (ABS)[۱] متداول شده است. درواقع سیستم ضدقفل ترمز، جلوی قفل شدن چرخ‌ها و درنتیجه سُر خوردن خودرو را می‌گیرد.



شکل ۲ــ۷ــ ایستادن در یک مسیر مستقیم در جادهٔ خیس

۲ـ۳ـ۷ـ 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 به‌تدریج 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

$$\text{نرخ لغزش} = \frac{\text{سرعت چرخ} - \text{سرعت خودرو}}{\text{سرعت خودرو}} \times ۱۰۰٪$$

(شکل ۳ــ۷). لذا نرخ لغزش ۰٪ حالتی را نشان می‌دهد که چرخ به‌طور آزاد حرکت کرده و با هیچ نوع مقاومتی مواجه نیست. همچنین نرخ لغزش ۱۰۰٪ 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.

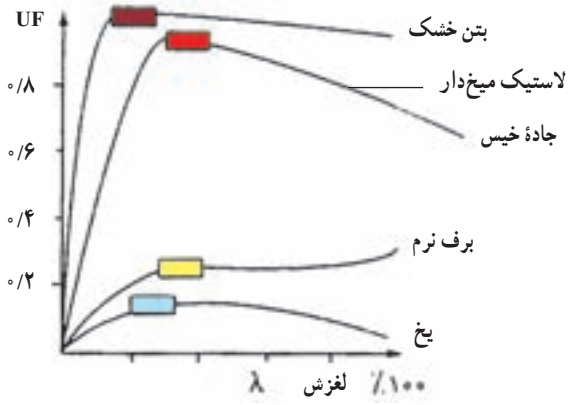
۱ــ Antilock – Brake System

شکل ۳ــ۷ــ نسبت لغزش

نیروی ترمز ضرورتاً با نرخ لغزش همیشه مرتبط نیست، اما بیشترین مقدار نیروی ترمزی وقتی اتفاق می‌افتد که نرخ لغزش بین ۱۰٪ تا ۳۰٪ شود نیروی ترمزی در نرخ لغزش بالاتر از ۳۰٪ به‌تدریج کاهش می‌یابد. 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 فرمان‌پذیری خودرو حفظ شده و مشکلی برای آن به‌وجود نخواهد آمد. نیروی ترمزگیری به چند عامل بستگی دارند که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است :

ــ وضعیت سطح جاده (جنس جاده، شرایط جوی و...) (شکل ۴ــ۷).
ــ جنس لاستیک تایر، فشار باد چرخ، عمق آج، طرح آج و ساختمان لاستیک چرخ.
ــ وزن و نیروی فشاری یا تماس.

نواحی کنترل سیستم ترمز قفل‌شو

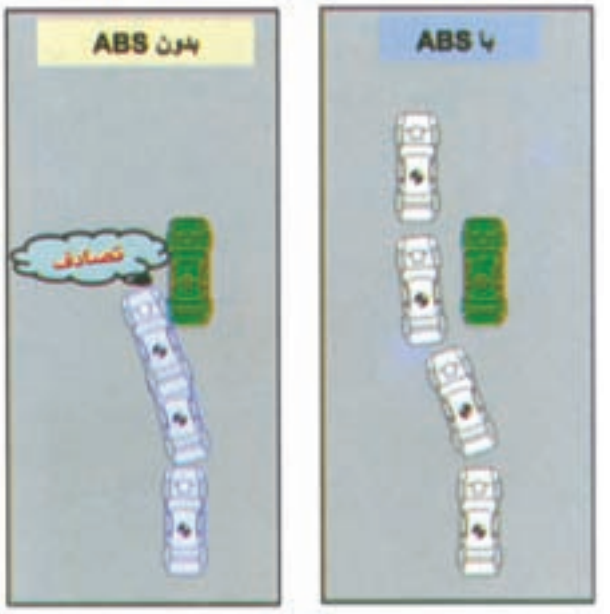


شکل ۴ــ۷ــ تفاوت بین وضعیت‌های مختلف جاده

۴ـ۷ـ سیستم ضدقفل ترمز

۱ـ۴ـ۷ـ 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.

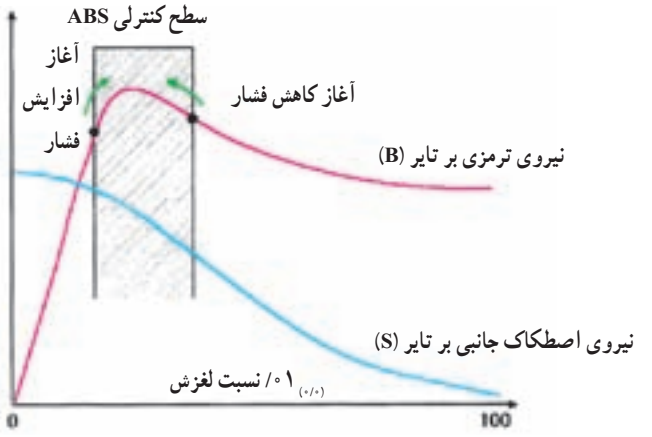
۲ـ۴ـ۷ـ اصول کار سیستم ضدقفل (ABS): سیستم (ABS)، فشار هیدرولیکی را که به سیلندر چرخ‌ها وارد می‌شود به‌گونه‌ای کنترل می‌کند که از قفل شدن چرخ‌ها در روی جاده‌های لغزنده و یا هنگام ترمز شدید در حین نزدیک شدن به مانع پیش‌بینی نشده (شکل ۵ـ۷) جلوگیری شود. همچنین پایداری کنترل فرمان خودرو هنگام ترمز گرفتن حفظ شود.



شکل ۵ـ۷ـ کنترل خودرو در مواجه 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 به‌صورت 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 به‌طور اتوماتیک انجام می‌شود، با این تفاوت که کنترل ترمز در این حالت بسیار دقیق‌تر و صحیح‌تر می‌باشد. در شکل ۶ــ۷ نمودار عملکرد سیستم ترمز معمولی و ضدقفل مقایسه شده است.



شکل ۶ــ۷ــ نمودار عملکرد سیستم ترمز معمولی و ضد قفل

۳ـ۴ـ۷ـ ویژگی‌های سیستم ضد قفل ترمز: سیستم ترمز ضد قفل باید دارای ویژگی‌هایی که تحت عناوین زیر قابل بررسی است باشد :

۱ــ ایمنی ترمز در صورت عمل نکردن سیستم ضدقفل ترمز : اگر سیستم ضدقفل ترمز عمل نکند، ترمزهای معمولی باید با تمام قدرت عمل کنند. به‌علاوه باید به راننده نیز هشدار داده شود. معمولاً این هشدار به‌صورت روشن شدن یک لامپ هشداردهنده روی صفحه نشان‌دهنده‌ها (داشبورد) راننده را از عدم فعالیت سیستم ترمز ABS آگاه خواهد کرد.

۲ــ حفظ قابلیت مانور : وقتی سیستم ضدقفل ترمز عمل می‌کند باید قابلیت فرمان‌دهی به چرخ‌ها حفظ شود. این مسئله مهم است زیرا غالباً بهترین راه جلوگیری از تصادف تغییر مسیر خودرو در حین ترمزگیری شدید است.

۳ــ سرعت عمل : این سیستم حتی در فاصلهٔ کوتاه، واکنش نشان می‌دهد تا از اصطکاک سطح جاده به بهترین نحو استفاده شود. این سیستم به‌سرعت وارد عمل می‌شود، خواه راننده به‌آرامی ترمز بگیرد و خواه پدال ترمز را به شدت فشار دهد.

۴ــ پایداری و فرمان‌گیری : حفظ پایداری و فرمان‌گیری چرخ‌ها در وضعیت‌های مختلف جاده ضروری است. این سیستم خود را با پسماند ترمزگیری، در هنگام ترمز گرفتن، وفق می‌دهد (رها

می‌شود و دوباره به‌کار 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 به‌صورت تدریجی افزایش یابد تا راننده بتواند آن را جبران کند.

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

۶ــ گسترهٔ 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.

۷ــ دور زدن : در هنگام دور زدن، سیستم تعادلی و فرمان‌پذیری خودرو بایستی حفظ شده و ترمزگیری در کوتاه‌ترین فاصلهٔ ممکن انجام شود. شرطی که وجود دارد این است که سرعت خودرو باید به‌نحو مطلوب پایین‌تر از حد شتاب دور زدن باشد. حد شتاب دورزدن 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.

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

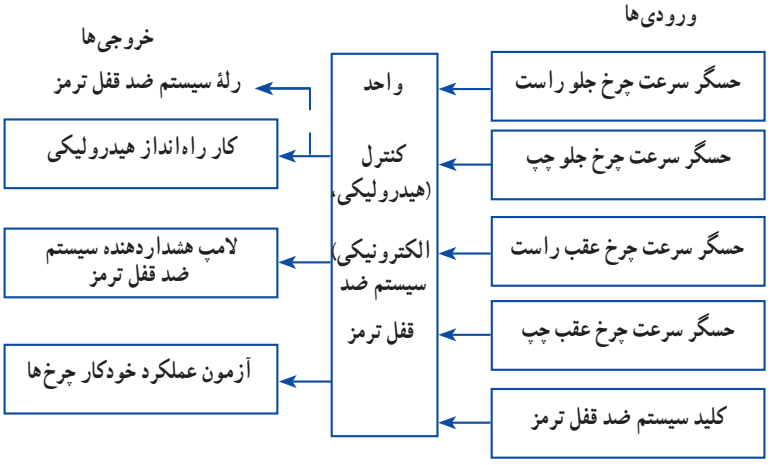
۹ــ ترمزگیری درحالت فشردن پدال کلاچ (خلاص) : سیستم ترمز بایستی قابلیت انطباق با نوسانات و تغییرات ایجاد شده در سیستم ترمز و هم‌چنین در شرایطی که ترمزگیری همراه با فشردن پدال کلاچ انجام می‌گیرد را داشته باشد.

۱۰ــ سایر وضعیت‌ها : لازم است سیستم ضدقفل ترمز قادر به تشخیص سُر 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 فاصلهٔ ترمزگیری روی برف می‌شود. اما همچنان می‌توان به چرخ‌ها فرمان داد. درحال حاضر از انواع مختلف سیستم ترمز ضدقفل (قفل نشو) استفاده می‌شود، اما همهٔ این سیستم‌ها باید بتوانند نیازهای ذکر شده را برآورد کنند.

۴ــ۴ــ۷ــ نمای کلی سیستم ضدقفل ترمز: سیستم ضدقفل را مانند سیستم‌های دیگر می‌توان به‌صورت یک واحد کنترل مرکزی با یک رشته ورودی‌ها و خروجی‌ها درنظر گرفت.

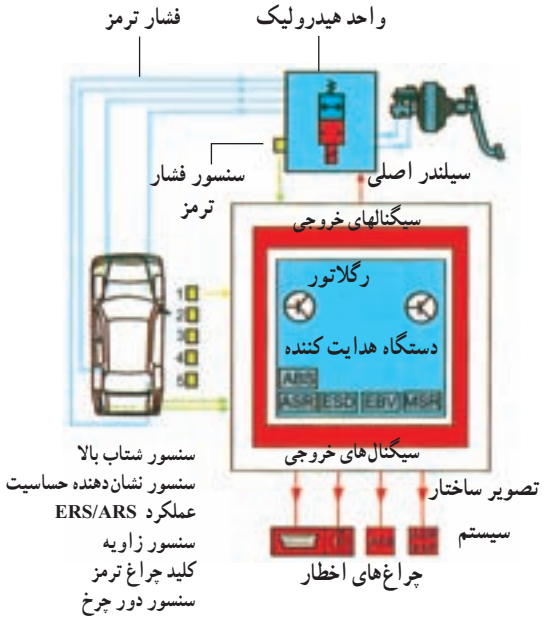
مهم‌ترین ورودی‌های این سیستم از کلید سیستم ضدقفل ترمز و حسگرهای سرعت چرخ‌های

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 چند چرخ تنظیم می‌شود. فشار هیدرولیکی ترمز را می‌توان کاهش داد، ثابت نگه‌داشت یا به آن اجازهٔ افزایش داد. البته همهٔ 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 به‌تنهایی است. با استفاده از این اطلاعات برنامه‌ریزی شده در حافظه، فشار هیدرولیکی ترمز یک یا چند چرخ تنظیم می‌شود (شکل ۷ــ۷). برای آگاهی از عملکرد سیستم ضدقفل ترمز آشنایی با متغیرهای زیر ضروری است.



شکل ۷ــ۷ــ عملکرد سیستم ضد قفل ترمز

متغیرهای سیستم ضدقفل ترمز : سیستم ضدقفل ترمز به‌صورت یک مدار بسته عمل می‌کند که متغیرهای زیر در آن نقش اساسی دارند.

۱ــ فشار پدال ترمز : فشاری که توسط پای راننده به پدال ترمز وارد می‌شود نشان‌دهندهٔ فشار ترمز مورد نیاز است.

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

۳ــ سرعت چرخ : کنترل و تغییرات فشار هیدرولیکی ترمز براساس اطلاعات ارسالی حاصل از تغییرات سرعت هر چرخ (شتاب مثبت، شتاب منفی، لغزش، حرکت یکنواخت کند شونده عادی) و تفاوت شرایط چرخ‌ها حاصل می‌شود.

۴ــ سرعت مرجع خودرو : سرعت مرجع خودرو با ترکیب سرعت دو چرخی که در دو سر یک قطر قرار دارند تعیین می‌شود. پس از شروع ترمزگیری، واحد کنترل الکترونیکی این مقدار را به منزلهٔ سرعت مرجع به‌کار می‌برد.

۵ــ لغزش ترمز : لغزش ترمز را نمی‌توان مستقیماً اندازه‌گیری کرد. اما با استفاده از سرعت مرجع خودرو در این سیستم می‌توان مقداری (درصدی) برای آن محاسبه کرد. با استفاده از این مقدار می‌توان تعیین کرد که سیستم ضدقفل ترمز چه وقت باید کنترل فشار ترمز را به‌عهده بگیرد.

۶ــ شتاب منفی چرخ : شتاب منفی چرخ معیاری لحظه‌ای است که پیوسته در حال تغییر است. اگر خودرو دارای سیستم ضد قفل ترمز باشد، تأثیر سیستم ضد قفل ترمز را روی چرخ نشان می‌دهد.

۷ــ شتاب منفی خودرو : واحد کنترل الکترونیکی، در حین کنترل فشار ترمز، سرعت مرجع خودرو را به منزلهٔ نقطهٔ شروع در نظر می‌گیرد و آن را به‌صورت خطی کاهش می‌دهد. آهنگ کاهش با ارزیابی همهٔ سیگنال‌های دریافتی از حسگرهای سرعت چرخ‌ها تعیین می‌شود.

۸ــ وضعیت خودرو، لاستیک‌ها و جاده : وضعیت بار خودرو، لاستیک‌ها، ترمز و ... توسط حسگرها حس شده و به واحد کنترل الکترونیکی گزارش می‌شود تا نیروی ترمز براساس این اطلاعات تعیین و اعمال شود.

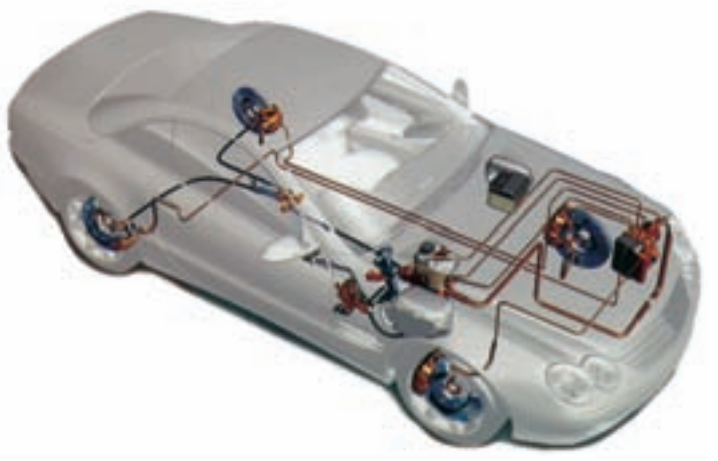
نحوهٔ برخورد با چرخ‌های محرک و متحرک خودرو یکسان نیست، زیرا این چرخ‌ها در هنگام ترمزگیری رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند. تلفیق منطقی شتاب مثبت / منفی چرخ و لغزش به منزلهٔ

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

۶ـ۴ـ۷ـ عملکرد کلی سیستم ضد قفل ترمز: حسگرهای سرعت با تشخیص سرعت چرخش چرخ‌ها، اطلاعات مربوط را به‌صورت سیگنال به واحد کنترل الکترونیکی (ECUABS[1]) ارسال می‌کنند (شکل ۸ــ۷) 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 به‌دست می‌آورد.

در وضعیت ترمزگیری شدید، واحد کنترل الکترونیکی به واحد کنترل فشار هیدرولیکی سیستم ضد قفل ترمز فرمان می‌دهد که فشار بهینه را بر هریک از پمپ ترمز چرخ‌ها اعمال کند.

واحد کنترل فشار هیدرولیک براساس فرمانی که از واحد کنترل الکترونیکی می‌گیرد، فشار هیدرولیک را کاهش یا افزایش داده و یا آن را براساس نیاز ثابت نگه می‌دارد، تا نرخ لغزش مورد نیاز (۱۰ تا ۳۰ درصد) برای جلوگیری از قفل شدن چرخ‌ها ایجاد شود.



شکل ۸ــ۷ــ نمای شماتیک سیستم ترمز با ABS

۷ـ۴ـ۷ـ 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.

۱ــ Electronical Control unit ABS

هنگام بررسی سیستم ضد قفل ترمز یک خودرو باید با توجه به اطلاعات سازندهٔ خودرو عملکرد آن‌را تجزیه و تحلیل نمایید.

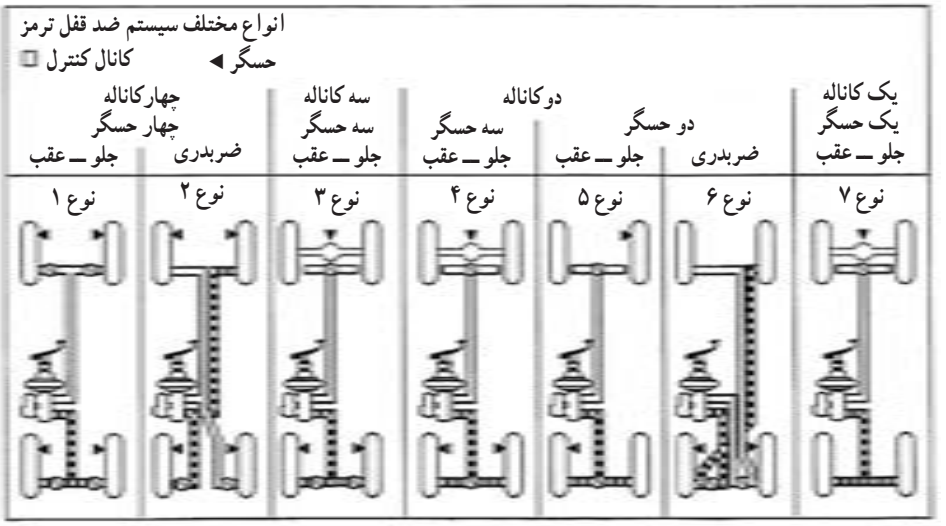
صنعت خودرو در سال‌های اخیر بیش از ۵۰ نوع مختلف از این سیستم‌ها را مورد استفاده قرار داده است.

سیستم‌های ابتدایی ضد قفل ترمز به‌صورت یکپارچه[۱] بودند که در آنها، سیلندر اصلی، بوستر هیدرولیک و مدارهیدرولیک سیستم ضد قفل ترمز (ABS) در یک مجموعهٔ هیدرولیک قرار داشت.

نوع دیگر سیستم‌های ضد قفل ترمز، غیر یکپارچه (مجزا[۲]) هستند. این سیستم‌ها از یک بوستر خلئی معمولی و سیلندر اصلی استفاده می‌کنند. واحد کنترل هیدرولیک سیستم ضد قفل ترمز (ABS) مکانیزم جداگانه‌ای دارد.

در بعضی از سیستم‌های غیریکپارچه، سیلندر اصلی، مایع ترمز 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 ۹ــ۷ــ انواع مختلف سیستم ضد قفل ترمز ABS

۱ــ Intergral/ABS

۲ــ Nonintegral /ABS

انواع مختلف سیستم ضد قفل ترمز (ABS) : شکل ۹ــ۷ عبارتند از :

ــ یک کاناله (نوع ۷)

یک حسگر (جلو ــ عقب)

ــ دو کاناله (نوع ۶، ۵، ۴)

دو حسگر (ضربدری، جلو ــ عقب)

سه‌حسگر (جلو ــ عقب)

ــ سه کاناله (نوع ۳)

سه حسگر (جلو ــ عقب)

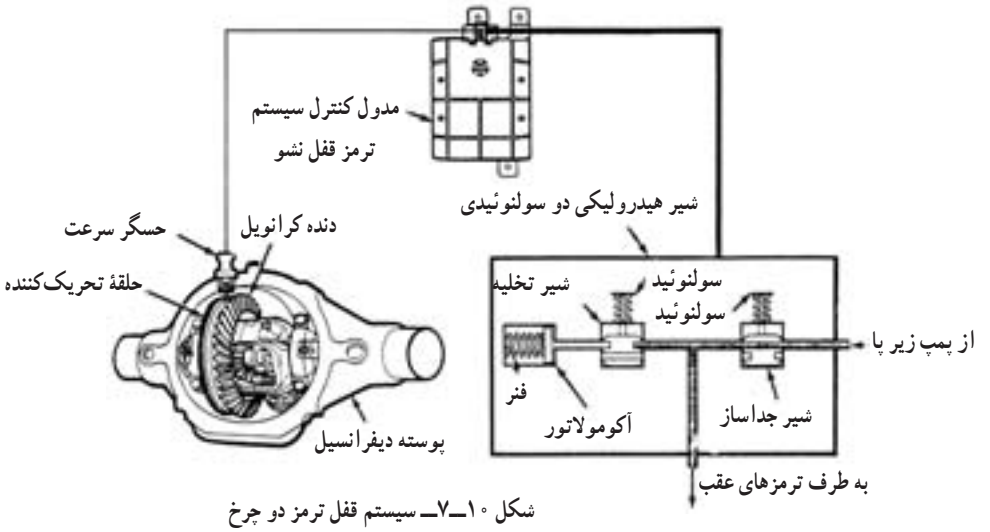
ــ چهارکاناله (نوع ۱ و ۲)

چهار حسگر (ضربدری، جلو ــ عقب)

علاوه‌بر طبقه‌بندی سیستم‌ها به یکپارچه و مجزا، می‌توان آنها را از نظر سطح کنترل نیز طبقه‌بندی کرد.

سیستم‌های ضد قفل ترمز دو و یا چهار چرخ هستند که ممکن است از مدار هیدرولیکی یک، دو، سه و یا چهارکاناله (مداره) برخوردار شوند.

۸ـ۴ـ۷ـ سیستم‌های ضد قفل ترمز دو چرخ: این سیستم‌ها، عملکرد سیستم ضدقفل ترمز را فقط در چرخ‌های عقب اعمال می‌کنند. این سیستم‌های ضدقفل ترمز اغلب در وانت‌بارها، کامیون‌های سبک و خودروهای ورزشی (SUV[1]) کاربرد دارند و می‌توانند یک کاناله[2] یا دوکاناله[3] باشند.



شکل ۱۰ــ۷ــ سیستم قفل ترمز دو چرخ

۱ــ Sport utility Vehicle ۲ــ One Channel Systems ۳ــ tow 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 همانطورکه در شکل ۱۰ــ۷ 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 دوکاناله، یک کانال مستقل برای تنظیم فشار هیدرولیک هریک از چرخ‌های عقب وجود دارد.

تغییرات سرعت به‌وسیله حسگرهای سرعت چرخ‌های سمت راست و سمت چپ عقب خودرو به‌طور جداگانه به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می‌شود. و با صدور فرمان، تنظیم (مدولاسیون) صورت می‌گیرد.

سیستم‌های دوکاناله در برخی از سیستم‌های ترمز دوبل هم یافت می‌شوند. این سیستم‌ها از دو حسگر سرعت به‌منظور 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 می کند.

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 تکامل‌یافته‌ای از سیستم دو چرخ است. با این حال، این سیستم در شرایط کار مختلف دارای نقایصی است. لذا در حال حاضر از سیستم‌های دوکاناله 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 ترمزگرفتن 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 نشان‌دهندهٔ 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.

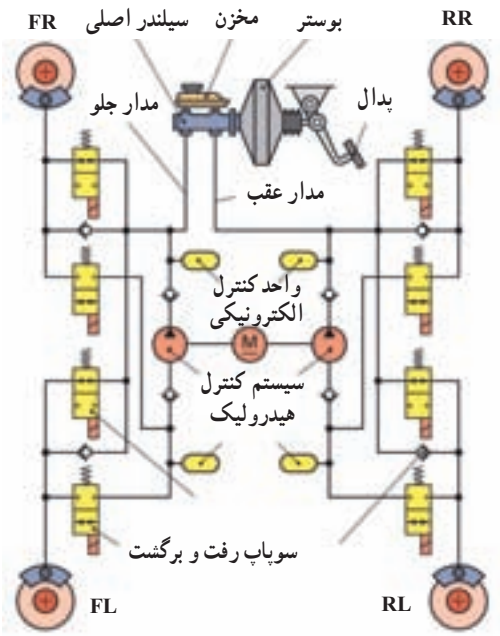
۹ـ۴ـ۷ـ سیستم‌های ضد قفل چهارچرخ: این سیستم‌ها، عملکرد سیستم ضد قفل ترمز را در کلیهٔ چرخ‌های جلو و عقب اعمال می‌کنند. و در اغلب خودروهای مدرن امروزی نصب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های ضد قفل چهارچرخ می‌توانند سه کاناله و یا چهارکاناله باشند.

سیستم ضد قفل ترمز چهار چرخ سه‌کاناله : برخی سیستم‌های هیدرولیک به دو بخش جلو و عقب تقسیم می‌شوند، از سیستم سه‌کاناله استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها مدارهای هیدرولیک جداگانه‌ای به هرکدام 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 ۱۱ــ۷).

شکل ۱۱ــ۷ــ سیستم ضد قفل ترمز سه‌کاناله

سیستم‌های ضد قفل ترمز چهارچرخ غیریکپارچه (چهارکاناله) : مدار هیدرولیک این نوع سیستم از نوع چهارکاناله مستقل (هر کانال مختص یک چرخ) است (شکل ۱۲ــ۷) و واحد کنترل هیدرولیک به‌صورت مجزا است. در واحد کنترل هیدرولیک به‌ازای هر چرخ دو سوپاپ برقی و در مجموع ۸ سوپاپ برقی وجود دارد.

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



شکل ۱۲ــ۷ــ خودرو با سیستم ضد قفل چهارچرخ غیریکپارچه

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 تقه و ضربات ممتد ملایم (دل‌دل‌زدن) 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 درصورتی که این میزان زیاد باشد، یک سیگنال کنترل‌کننده به سوپاپ برقی واحد تعدیل (مدولاتور) می‌فرستد.

۱۰ـ۴ـ۷ـ اجزای سیستم ضد قفل ترمز (ABS): سیستم ضدقفل 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 عمدهٔ این سیستم‌ها فقط سه جزء اصلی مهم هستند (شکل ۱۳ـ۷).

شکل ۱۳ـ۷

۱ـ حسگرهای سرعت چرخ
۲ـ واحد کنترل الکترونیکی
۳ـ واحد کنترل هیدرولیکی

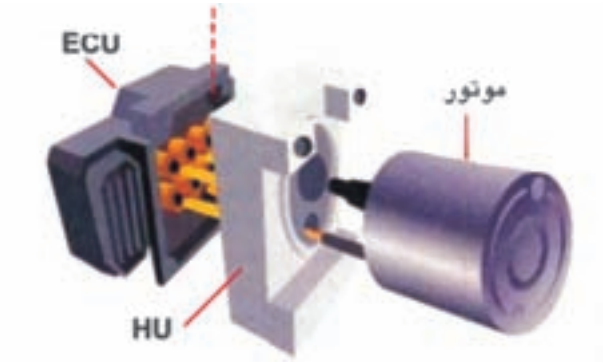
۱ـ حسگرهای سرعت چرخ: حسگرهای سرعت چرخ، حسگرهای ساده‌ای هستند و در ارتباط با یک چرخ دندانه‌دار کار می‌کنند (شکل ۱۴ـ۷). این نوع حسگر از یک آهنربای دائمی

شکل ۱۴ـ۷ـ حسگر سرعت چرخ

و یک میله (هسته) از جنس آهن خالص (نرم) تشکیل می‌شود که دور آن سیم پیچیده‌اند.

وقتی چرخ دندانه‌دار 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.

۲ــ واحد کنترل الکترونیکی: کار واحد کنترل الکترونیکی (شکل ۱۵ــ۷) عبارت است از گرفتن اطلاعات از حسگرهای چرخ و محاسبهٔ بهترین روش کار برای تعدیلگر هیدرولیکی.



شکل ۱۵ــ۷ــ 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 درنتیجه 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 چرخ ها 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 کلیهٔ 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 می‌اندازد و لامپ چراغ هشداردهنده را روشن می‌کند (شکل ۱۶ــ۷). هر دو ریزپردازنده حافظه‌ای دارند که کدهای عیب در آنها ثبت می‌شود تا در هنگام سرویس و عیب‌یابی بازیافت شوند.

شکل ۱۶ــ۷ــ چراغ هشداردهنده ABS

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

واحد کنترل الکترونیکی، پس از بازشدن سوئیچ آزمونی انجام می‌دهد. وجود عیب به قطع اتصال سیستم می‌انجامد. این آزمون روی پارامترهای زیر انجام می‌شود :

- جریان برق
- فصل مشترک‌های داخلی و خارجی
- انتقال داده‌ها
- تطابق بین دو ریزپردازنده
- کار سوپاپ‌ها و رله‌ها
- کار کنترلگر حافظهٔ عیب
- کارکردهای خواندن و ثبت (نوشتن) حافظهٔ داخلی

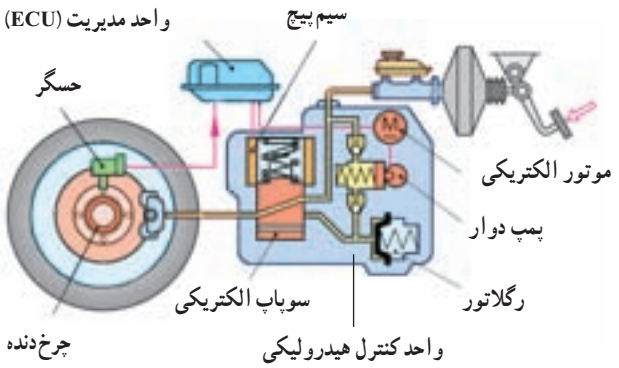
همهٔ این عملیات در ۳۰۰ میلی ثانیه انجام می‌شود.

واحد کنترل هیدرولیکی: واحد کنترل هیدرولیکی سیگنال‌های ارسالی ECU را دریافت کرده و از طریق سوپاپ‌های برقی، فشار مایع هیدرولیکی را برای ترمز بهینه کنترل می‌کند.

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

- کاهش فشار
- حفظ فشار
- افزایش فشار

سوپاپ های تعدیلگر (سوپاپ‌های الکتریکی) : به‌وسیله سلونوئید کنترل می‌شوند. حالت القایی (دقت عمل) این سلونوئیدها باید اندک باشد تا بتواند به سرعت واکنش نشان دهد (شکل ۱۷ــ۷).



شکل ۱۷ــ۷ــ 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 ۱۸ــ۷).

واحد کنترل هیدرولیکی شامل تعدادی سوپاپ برقی (متناسب با مدل و نوع سیستم (شکل ۱۷ــ۷) همراه با موتور الکتریکی می‌باشد.

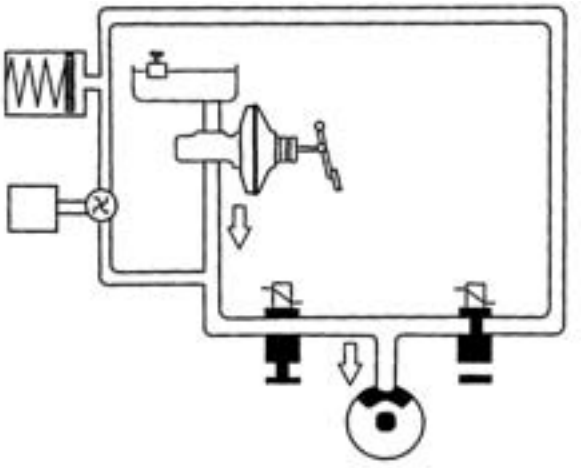
شکل ۱۸ــ۷ــ یک نوع مدولاتور (ECU، کنترل هیدرولیکی، موتور الکتریکی)

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.

۱۱ـ۴ـ۷ـ عملکرد واحد هیدرولیکی سیستم ABS (HCU[1]): سیستم کنترل، سرعت چرخش چهارچرخ را به‌صورت پیوسته مقایسه می‌کند. تا وقتی که هر چهارچرخ با سرعتی تقریباً برابر می‌چرخند، سیستم اقدامی نمی‌کند. وقتی سرعت چرخش چرخی سریعتر از چرخ‌های دیگر کاهش می‌یابد، سیستم کنترل الکترونیکی به رلهٔ سیستم ضدقفل 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.

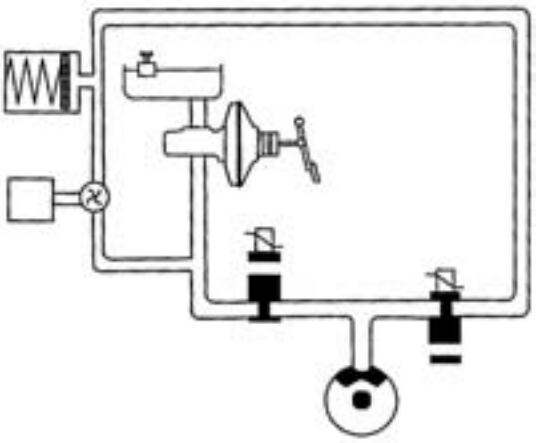
در این حالت سوپاپ برقی خروجی بسته می‌باشد. در این مرحله سرعت چرخش چرخ‌ها با افزایش فشار هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد (شکل ۱۹ــ۷).



شکل ۱۹ــ۷ــ سیستم ضدقفل در حالت ترمزگیری عادی

۱ــ Hydraulic Control Unit

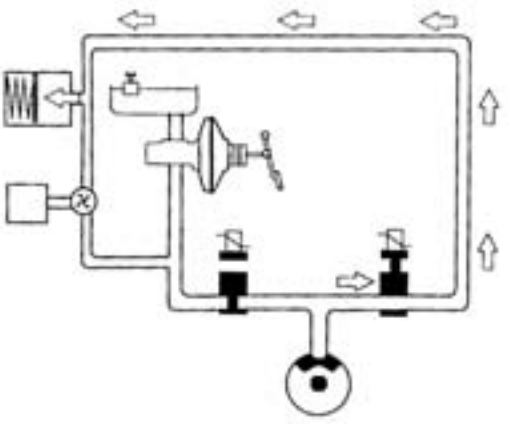
ب) فاز تثبیت فشار : هنگام ترمزگیری شدید که چرخ تمایل به قفل‌شدن دارد، ابتدا به منظور جلوگیری از افزایش بیشتر فشار ترمز سوپاپ ورودی بسته شده (شکل ۲۰ــ۷) و سوپاپ خروجی نیز همچنان بسته باقی می‌ماند و به این ترتیب فشار ترمز ثابت نگه داشته می‌شود.



شکل ۲۰ــ۷ــ سیستم ضد قفل در فاز تثبیت فشار

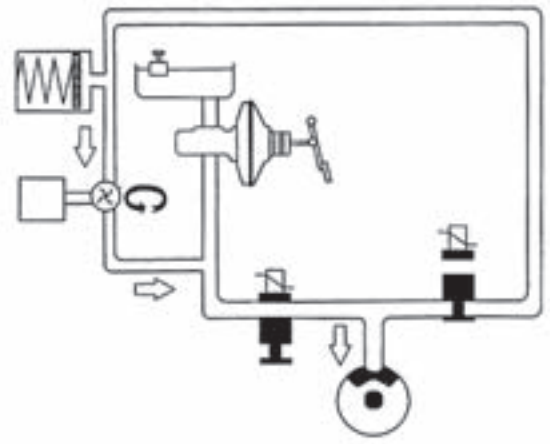
ج) فاز کاهش فشار : در هنگام تثبیت فشار نیز خطر قفل‌شدن چرخ‌ها وجود دارد. بنابراین فشار ترمز باید در چرخ مربوط کاهش یابد.

در این حالت سوپاپ برقی ورودی همچنان بسته است و سوپاپ برقی خروجی باز می‌شود و مایع ترمز از طریق سوپاپ خروجی وارد آکومولاتور شده و چرخ مجدداً دوران می‌کند (شکل ۲۱ــ۷).



شکل ۲۱ــ۷ــ سیستم ضد قفل در فاز کاهش فشار

د) فاز افزایش فشار: هنگامی که خطر قفل‌شدن چرخ برطرف شد، دوباره فشار هیدرولیک ترمز در سیستم افزایش می‌یابد. در این حالت سوپاپ برقی ورودی بازشده 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 به‌سرعت پدید آید. با افزایش فشار ترمز، سرعت چرخ نیز کاهش می‌یابد (شکل ۲۲ــ۷).



شکل ۲۲ــ۷ــ 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 :

ــ 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.

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

ــ در وضعیت ۳ (سوپاپ خروجی فعال و باز) ارتباط هیدرولیکی بین سیلندر ترمز چرخ و پمپ برقی ایجاد شده به‌طوری 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 ترمزکردن 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.

۱۲ـ۴ـ۷ـ 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. علاوه‌بر آن درصورتی که لاستیک‌های سوارشده روی خودرو از اندازهٔ 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 نشان‌دهندهٔ داشبورد دیده می‌شود. چراغ ضد قفل (زرد) و چراغ ترمز (قرمز). در این خودروها وقتی سوییچ 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 روشن‌شدن 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 خاموش‌شدن چراغ‌ها ممکن است نشانهٔ 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 شل‌بودن اتصالات، بدکارکردن پمپ اصلی ترمز (زیر پا)، عمل

غیرعادی سیستم هیدرولیکی و مکانیکی ترمز و نشت روغن بازدید نمود.

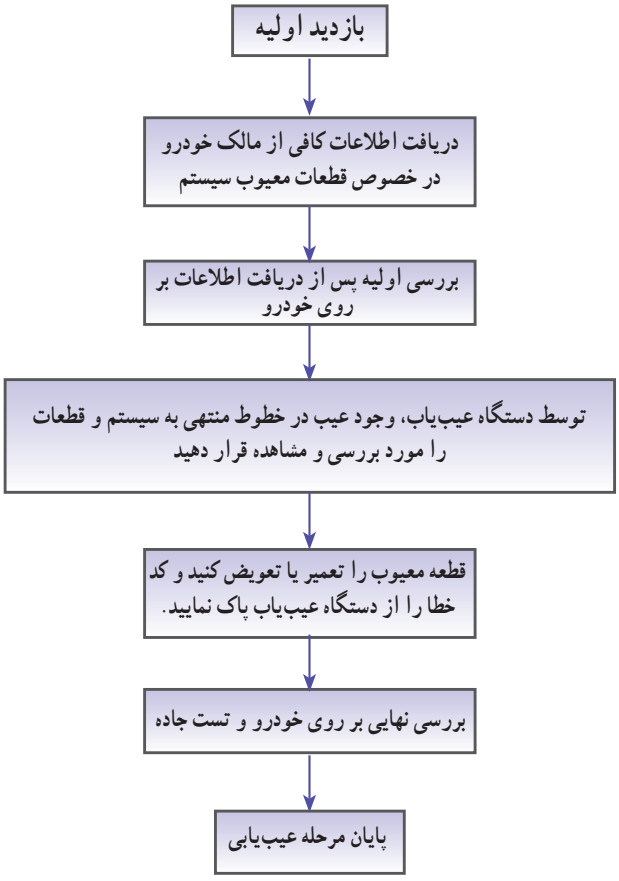
برای کنترل عملکرد صحیح چراغ‌ها، ابتدا سوییچ را به مدت ۱۵ ثانیه بسته و سپس سوییچ را باز نمود و عملکرد چراغ‌های «ترمز» و «ضد قفل» را کنترل کنید.

نحوه عیب‌یابی و روش‌های رفع عیب در سیستم ضد قفل ترمز (ABS) در شکل ۲۳ــ۷ نشان داده شده است.

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

کدهای ذخیره شده به حسگرهای سرعت چرخ، حسگر سرعت خودرو، حسگر شتاب منفی، کلید چراغ ترمز، سوپاپ‌های سلونوئیدی، رله‌ها و مدول کنترل سیستم ضد قفل ترمز مربوط است. گاهی کد عیب درنتیجهٔ خطای راننده ذخیره می شود. درصورتی‌که 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 سوییچ و استفاده از دستورالعمل تعمیر و نگهداری خودرو، سیستم ضد قفل ترمز را عیب یابی نمود.



شکل ۲۳ــ۷ــ نحوه عیب‌یابی و رفع عیب سیستم ABS

۷ـ۵ـ تجهیزات ایمنی غیرفعال

در حال حاضر کمربند ایمنی، کشنده کمربند و کیسهٔ هوا به‌عنوان مؤثرترین تجهیزات ایمنی غیرفعال (سیستم‌های نگهدارنده) برای محافظت سرنشینان در هنگام تصادف شدید به‌شمار می‌روند.

علاوه‌بر آنها پشت‌سری‌ها نیز کمک مؤثری به حفظ سلامتی سرنشینان می‌نمایند.

۷ـ۶ـ پشت‌سری‌ها

در یک تصادف شدید، به دلیل پرت‌شدن 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 ۲۴ــ۷).

شکل ۲۴ــ۷ــ پشت سری و کمربند ایمنی

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

۷ـ۷ـ کمربند صندلی (ایمنی)

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

کمربند 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 واردشدن جراحات شدید جلوگیری می‌نماید (شکل ۲۴ــ۷).

شرط حفاظت مؤثر کمربند عبارت است از :

ــ بسته شدن روی دنده‌ها و لگن.

ــ اتکا به سه یا چهار نقطه.

ــ محکم بسته‌شدن تا حد ممکن.

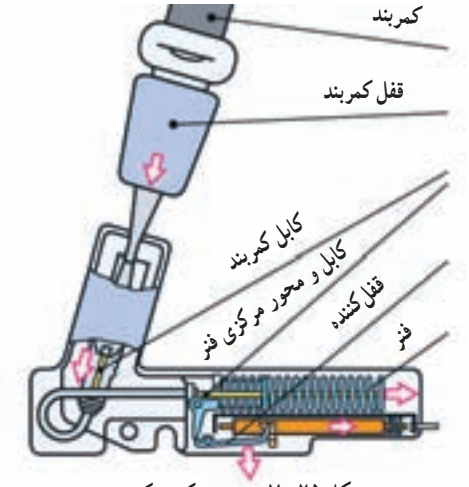
ــ کشیدن کمربند در هنگام تصادف و پرت شدن

۱ـ۷ـ۷ـ (پیش کشنده کمربند): پیش‌کشنده کمربند باید از حرکت حتی چند سانتی‌متری بدن به جلو در هنگام تصادف ممانعت نموده، از خونریزی یا شکستن (له‌شدن) دنده‌ها، جلوگیری نماید.

علت بروز جراحات این است که کمربند در حالت عادی محکم به بدن نمی‌چسبد. کمربندجمع کن باید در لحظهٔ تصادف کمربند را بکشد و سرنشینان را محکم به طرف صندلی کشیده و نگه دارد.

کمربند می‌تواند دارای یک سیستم مکانیکی، پیش‌کشندهٔ انفجاری (مکانیکی) و یک محدودکننده باشد.

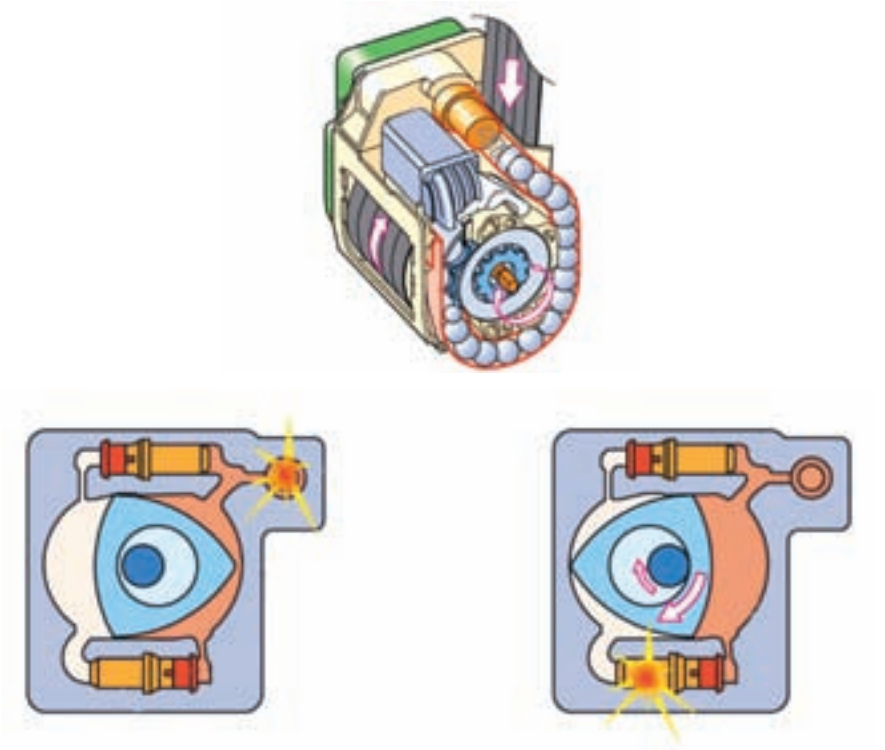
۲ـ۷ـ۷ـ سیستم‌های مکانیکی کمربند: سیستم مکانیکی کمربند به کمک یک فنر جمع‌کنندهٔ سیم، کمربند را در هنگام تصادف با فشاری که از طریق بدن سرنشینان به کمربند و سیستم مکانیکی وارد می‌شود جمع می‌کند (شکل ۲۵ــ۷).



شکل ۲۵ــ۷ــ محدودکننده کمربند

۳ـ۷ـ۷ـ محدودکنندهٔ نیروی کمربند: محدودکننده نیروی کمربند، در هنگام واردشدن نیروی معینی قفل می‌کند. به این ترتیب صدمات جسمی به هنگام تصادف ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

۴ـ۷ـ۷ـ سیستم انفجاری پیش‌کشنده کمربند: در هنگام تصادف پیش‌کشندهٔ انفجاری کمربند به همراه کیسه هوا برای هر سرنشین که در جلو یا عقب خودرو هستند، رها می‌شود (عمل می‌کند) یک چاشنی منفجر می‌شود و گاز با ضربه به سیلندر وارد شده و پیستون را به همراه سیم‌جمع‌کن به طرف پایین می‌کشد. وقتی حسگر شتاب (ضربه آنالوگ)، یک ضربه شدید احساس می‌کند واحد کنترل این سیستم، یک پیغام جرقه برای واحد منبع گاز می‌فرستد. سپس گاز خارج شده و پیستون را به حرکت درمی‌آورد تا کمربند را بکشد (شکل ۲۶ـ۷).



شکل ۲۶ـ۷ـ سیستم انفجاری کمربند

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

۸ـ۷ـ کیسهٔ هوا (AirBag)

وقتی سرعت اتومبیل از ۴۰ کیلومتر در ساعت بیشتر باشد کمربند ایمنی به تنهایی برای جلوگیری از واردشدن ضربات (جراحات) کافی نیست.

تحقیقات پس از حوادث رانندگی نشان داده است که در ۶۸ درصد موارد، کیسه هوا سطح ایمنی خوبی را تأمین می‌کند (شکل ۲۷ــ۷). براساس بررسی‌های به‌عمل آمده پیش‌بینی می‌شود که اگر همهٔ خودروها، در سرتاسر جهان به کیسهٔ هوا مجهز شوند تعداد مقتولان حوادث رانندگی در هر سال بیش از ۵۰ هزار نفر کاهش می‌یابد.

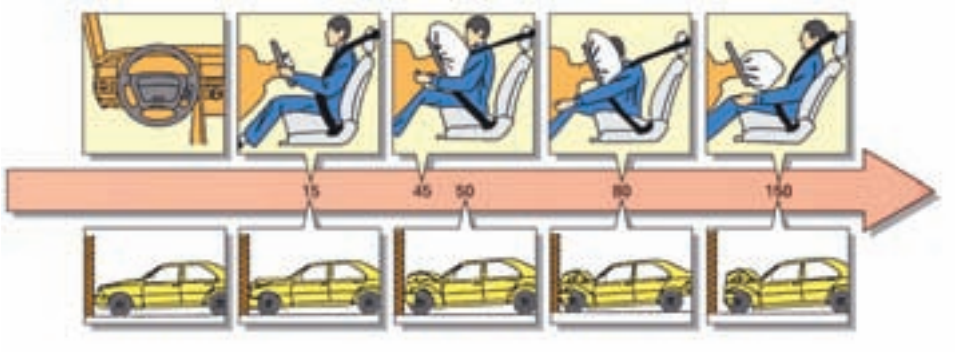
شکل ۲۷ــ۷ــ کیسه هوا در یک خودرو

این سیستم به گونه‌ای برای راننده و سایر سرنشینان طراحی شده است تا به‌صورت مکمل با کمربند صندلی، در کاهش خطر و شدت صدمات جسمی وارد بر راننده و سرنشینان از طریق بازشدن (گسترش) کیسه هوا دراثر تصادف ازسمت 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 درنتیجهٔ 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). به‌طور کلی پاسخ و عملکرد کیسه هوا باید به گونه‌ای باشد تا در حوادث ناگهانی در زمان بسیار کوتاهی، ایمنی سرنشینان را فراهم نماید.

۱ـ۸ـ۷ـ طرز کار کیسهٔ هوا: وقتی خودرویی با سرعت حدود ۳۰ کیلومتر در ساعت تصادف کند رویدادهایی به شرح زیر رخ می‌دهند (شکل ۲۸ــ۷).



شکل ۲۸ــ۷ــ مراحل عملکرد کیسهٔ هوا

ــ پیش از برخورد، راننده در وضعیت عادی نشسته است.

ــ اگر یک ضربه شدید دراثر 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 می‌شود. بعد از ۳ میلی ثانیه از سیگنال جرقه‌زن، تولید گاز در کیسه شروع می‌شود.

ــ تقریباً ۱۵ میلی ثانیه پس از برخورد، کیسهٔ هوا در زیر پوشش مربوطه (کاور فرمان، داشبورد، ستون‌ها و ...) شروع به بازشدن می‌کند. کاور پوشش را می‌شکند (کنار می‌زند) و کیسهٔ هوا بیرون می‌آید.

ــ پس از ۴۵ میلی ثانیه راننده با مچاله‌شدن بخش‌هایی از جلو خودرو، به جلو پرتاب شده و کمربند ایمنی، بسته به نوع آن، قفل یا کشیده شده و حجم کیسهٔ هوا افزایش پیدا می‌کند.

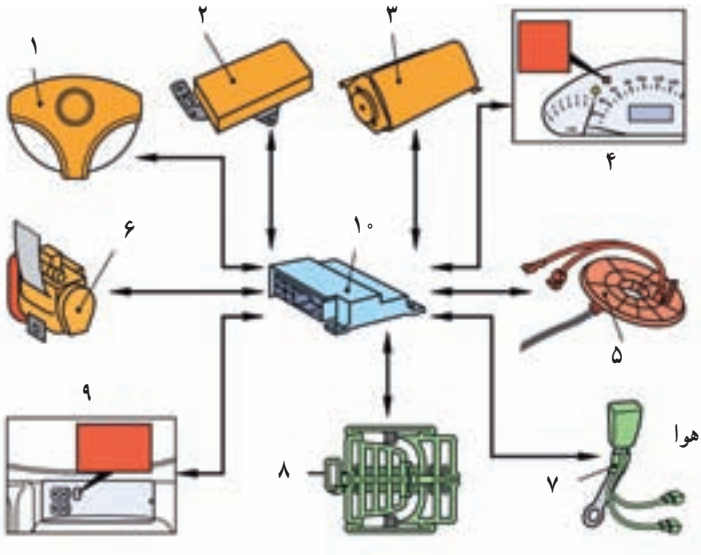
ــ در حدود ۸۰ میلی ثانیه پس از برخورد، کیسهٔ هوا کاملاً باد شده است و اندازه حرکت راننده را کنترل و جذب می‌نماید.

ــ ۱۵۰ میلی ثانیه پس از برخورد راننده به عقب برمی‌گردد و باد کیسهٔ هوا از سوراخ‌های جانبی آن خارج می‌شود. و خالی‌شدن باد، فشار کیسه هوا بر سرنشین را کاهش می‌دهد (شکل ۲۸ــ۷).

۲ـ۸ـ۷ـ اجزا و مدار کیسهٔ هوا: روشی که امروزه برای ساخت کیسهٔ هوا متداول‌تر است، مجتمع کردن اجزای لازم به‌صورت یک واحد است. به این ترتیب مقدار سیم‌کشی و اتصالات کاهش و اعتمادپذیری سیستم افزایش می‌یابد.

نوعی سیستم پایش نیز در کیسهٔ هوا تعبیه شده، زیرا این کیسه را نمی‌توان امتحان کرد و اصولاً فقط یک بار کار می‌کند.

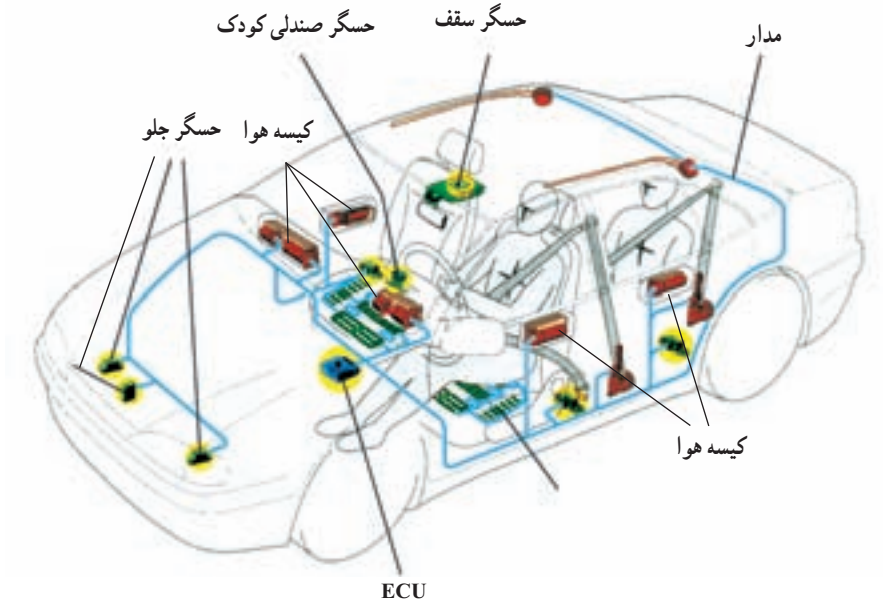
اجزای یک سیستم کیسهٔ هوا عبارتند از : (شکل ۲۹ــ۷)



۱ــ کیسهٔ هوای راننده (فرمان)
۲ــ کیسهٔ هوای سرنشین
۳ــ کیسهٔ هوای سرنشین
۴ــ لامپ هشداردهنده
۵ــ اتصال حلزونی
۶ــ کمربند صندلی (ایمنی)
۷ــ کلید کمربند صندلی
۸ــ قفل صندلی کودک
۹ــ کلید فعال کردن سیستم ایمنی
۱۰ــ واحد کنترل الکترونیکی کیسهٔ هوا

شکل ۲۹ــ۷ــ اجزای سیستم کیسهٔ هوا

به این اجزا حسگرهای ضربه و مدار الکتریکی (شکل ۳۰ــ۷) سیستم کیسهٔ هوا نیز اضافه می‌شود.

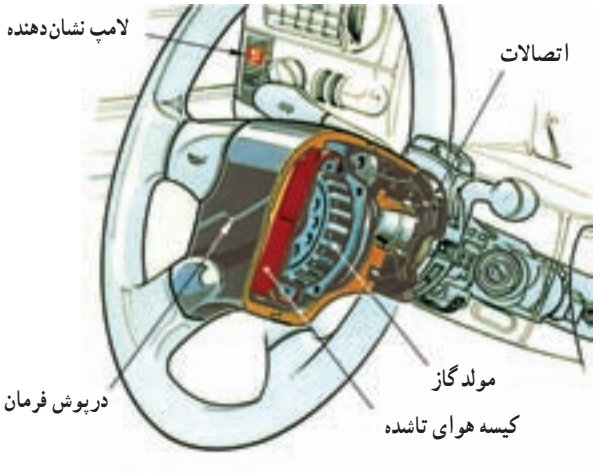


شکل ۳۰ــ۷ــ حسگرهای ضربهٔ مدار الکتریکی سیستم کیسهٔ هوا

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

قطعه محرکه مولدگاز : حاوی تعدادی قرص سوخت است که در یک محفظهٔ 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 هشداردهنده (۴) : لامپ هشداردهنده (شکل ۳۱ــ۷) راننده را از خرابی سیستم مطلع می‌کند و بخش مهمی از مدار پایش محسوب می‌شود. بعضی از تولیدکنندگان برای افزایش اطمینان از دو لامپ هشداردهنده استفاده می‌کنند.



شکل ۳۱ــ۷ــ اجزای کیسهٔ هوای راننده

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

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

حسگر الکترونیکی را می‌توان نوعی شتاب‌سنج که شتاب منفی را اندازه‌گیری می‌کند، دانست.

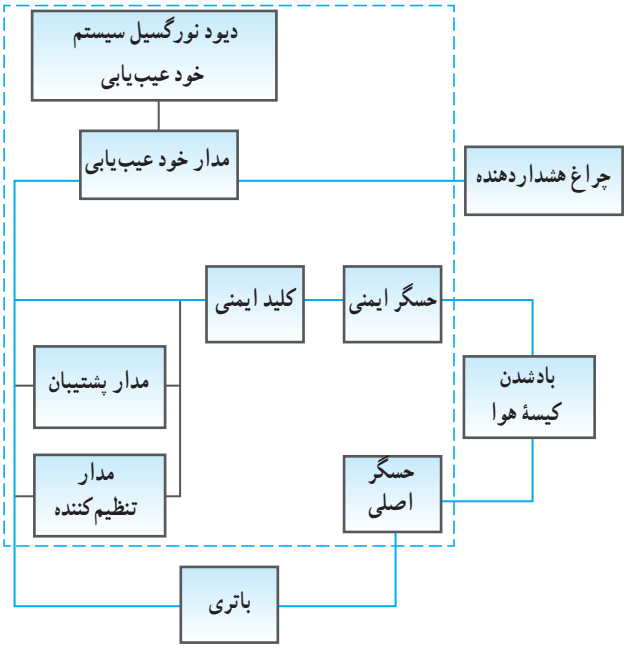
تغییر شدید سرعت خودرو (کاهش سرعت) سبب تولید خروجی (بار یا مقاومت الکتریکی) می‌شود. مدارهای الکترونیکی می‌توانند حسگرها را بیابند و می‌توان چنان برنامه‌ریزی کرد که وقتی سیگنال به آستانهٔ معینی رسید، سیستم واکنش نشان دهد.

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 کیسهٔ هوا (ECU) : مهم‌ترین جزء این سیستم واحد کنترل الکترونیکی سیستم کیسهٔ هوا (ECU) است که علاوه‌بر کنترل و صدور فرامین لازم به سیستم کیسهٔ 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 به‌کارانداختن کیسهٔ 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.

درصورتی که عیبی در هر بخش از مدار آشکارسازی شود، چراغ هشداردهنده به‌کار خواهد افتاد. حافظهٔ واحد کنترل الکترونیکی گنجایش یک تا چند عیب را دارد، این حافظه را می‌توان بازیابی کرد. نمودار شکل ۳۲ــ۷ عملکرد مدار کیسهٔ هوا را نشان می‌دهد. به مدار ایمنی توجه کنید که حسگر برخورد بسیار ساده است و مانع عمل کردن کیسهٔ هوا در صورت معیوب‌شدن حسگر اصلی می‌شود.



شکل ۳۲ــ۷ــ نمودار عملکرد کسیهٔ هوا

۳ـ۸ـ۷ـ عیب‌یابی سیستم کیسهٔ هوا و کمربند صندلی: واحد کنترل، کیسهٔ هوا و کمربند و سیم‌کشی‌ها و اجزای کیسهٔ هوا را کنترل می‌کند تا مطمئن شود آن‌ها به خوبی کار می‌کنند. در زمان روشن‌کردن خودرو چراغ این سیستم در پانل برای مدت ۷ ثانیه شروع به چشمک‌زدن می‌کند که نشان‌دهندهٔ عملکرد صحیح آن است.

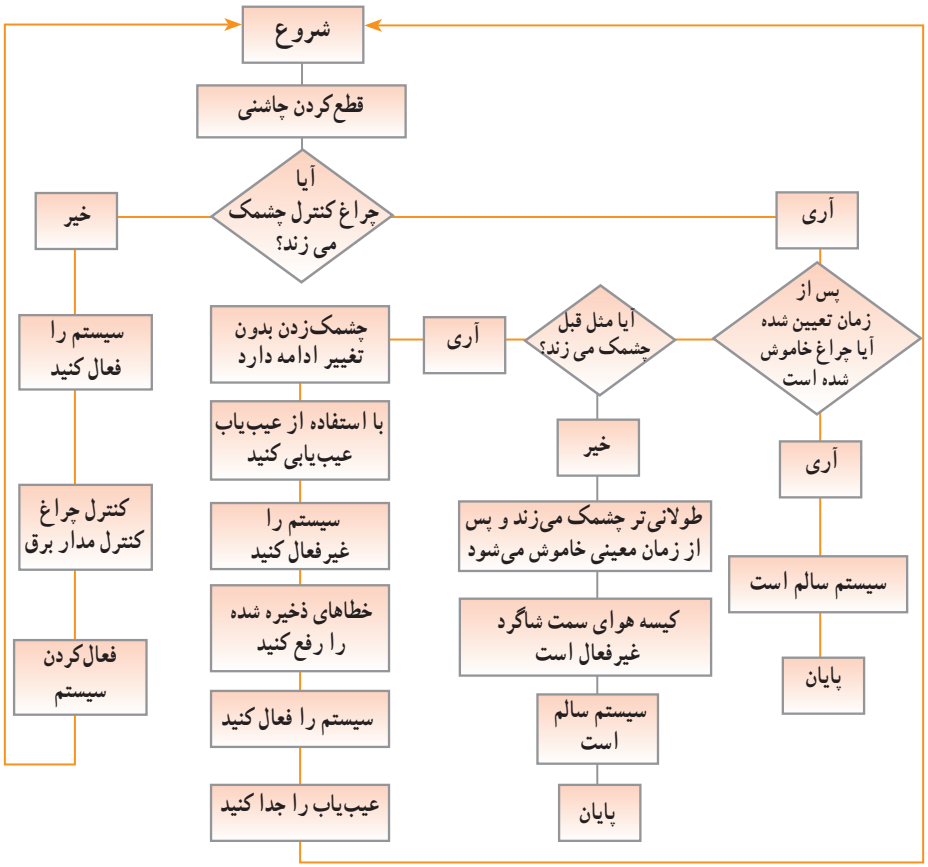
- در صورت بروز هریک از حالت‌های زیر باید فوراً سیستم را کنترل کنید :

ــ چراغ اصلاً روشن نشود.

ــ بیش از ۷ ثانیه روشن بماند.

ــ در زمان رانندگی روشن شود.

ــ 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 ۳۳ــ۷).



شکل ۳۳ــ۷ــ نمودار عیب‌یابی سیستم کیسهٔ هوا و کمربند صندلی

ـ سیستم عیب‌یاب کد شناسایی را براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص می‌کند و در حافظه ذخیره می‌نماید، اطلاعات ذخیره شده قابلیت ویرایش (دیدن / پاک‌کردن) با دستگاه عیب‌یاب را دارند.

ـ هر وقت عیبی شناسایی شود، چراغ هشداردهنده روشن می‌ماند تا زمانی که عیب رفع و کد شناسایی پاک شود.

پرسش ؟

۱ـ سیستم‌های ایمنی و انواع آن را بیان کنید.

۲ـ سیستم ایمنی فعال کدام است؟ انواع آن را نام ببرید.

۳ـ انواع سیستم ایمنی در حرکت را نام برده توضیح دهید.

۴ـ سیستم ایمنی ادراکی چیست، انواع آن کدام‌اند؟

۵ـ تفاوت بین سیستم‌های ایمنی فعال و غیرفعال چیست؟

۶ـ انواع سیستم ایمنی غیرفعال داخلی و خارجی خودرو را بنویسید.

۷ـ معایب سیستم ترمز مکانیکی و هیدرولیکی را بیان کنید.

۸ـ نرخ لغزش چیست؟ بهترین نرخ لغزش در هنگام ترمزگیری کدام است؟

۹ـ اصول کار سیستم ضد قفل ترمز (ABS) را توضیح دهید.

۱۰ـ ویژگی های سیستم ضد قفل ترمز را بنویسید.

۱۱ـ متغیرهای سیستم ضد قفل ترمز را نام ببرید.

۱۲ـ انواع سیستم ضد قفل ترمز را بنویسید.

۱۳ـ انواع سیستم‌های ضد قفل ترمز دو چرخ و عملکرد آنها را بنویسید.

۱۴ـ سیستم های ضد قفل چهارچرخ چیست؟ انواع آن را نام ببرید.

۱۵ـ اجزای سیستم ضد قفل ترمز را نام برده و توضیح دهید.

۱۶ـ ۴ مرحله کار واحد کنترل هیدرولیکی سیستم (ABS) را بیان کنید.

۱۷ـ انواع تجهیزات ایمنی غیرفعال کدام است؟ مختصراً توضیح دهید.

۱۸ـ کیسه هوا چیست ؟ نقش آن در هنگام تصادف کدام است؟

۱۹ـ اجزای سیستم کیسه هوا (AirBag) را نام برده توضیح دهید.

۲۰ـ تجهیزات ایمنی خودرو در چه مراحلی عمل می‌کنند (کیسه هوا، کمربند صندلی، پیش کشنده) ؟

فهرست منابع و مآخذ

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

۴ـ Crouse, william Harvy – Automotive Mechanics

۵ـ Denton,Tom – Automotive Electrical and Electronic – System

۶ـ Europa Lehrmittel – Modern Automotive technology

۷ـ Bosch – Automotive Hand Book

۸ـ ضمیمهٔ درس فنی (مبحث انتقال قدرت کد ۵۰۶٫۱) تألیف آقای مهندس محمدمحمدی بوساری.

۹ـ ضمیمهٔ درس فنی (مبحث شاسی و بدنه کد ۶۲۷٫۳) تألیف آقای مهندس محمدمحمدی بوساری.

۱۰ـ امینیان ـ شهرام ـ سیستم هدایت و کنترل خودرو ۶۰۸/۱ (۱۳۸۹)

۱۱ـ قاجاریه ، کیومرث ـ امینیان، شهرام ـ کتاب راهنمای معلم رشته مکانیک خودرو ۵۵۱/۴ (۱۳۸۸)

۱۲ـ امینیان ، شهرام ـ تکنولوژی بدنه خودروـ سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای (۱۳۹۰)

۱۳ـ گروه مستندات ایساکو ـ راهنمای تعمیرات و سرویس ترمز ABS سمند (۱۳۸۲)

۱۴ـ واقف، احمد ـ تکنولوژی ترمز ـ مرکز آموزش سایپا (۱۳۸۶)

۱۵ـ افضلی ـ محمد رضا ـ مکانیک جامع اتومبیل /۲ چاپ سوم