پودمان ۳

تعمیر اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز

واحد یادگیری
۴

تعمیر اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز

اهداف توانمندسازی

وظیفه، ساختمان، انواع و عملکرد سیلندر اصلی و بوستر ترمز خودرو را بیان کند.
تشریح مکانیزم هیدرولیکی سیستم ترمز و محاسبات مربوط به افزایش نیروی پای راننده و نیروی تولیدی بوستر در مکانیزم هیدرولیک سیستم ترمز را انجام دهد.
ارتباط با سایر سیستم‌های خودرو و روش بررسی و عیب‌یابی مکانیزم بوستر، مدار و اجزای هیدرولیکی و الکتریکی سیستم ترمز (در حالت ایستایی و حرکتی)را بیان کند.
روش رفع عیب بدون بازکردن اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز را بیان کند.
بررسی و عیب‌یابی مکانیزم بوستر، مدار و اجزای هیدرولیکی و الکتریکی سیستم ترمز (در حالت ایستایی و حرکتی) را انجام دهد و چک‌لیست تعمیرات را تکمیل کند.
رفع عیب بدون بازکردن اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز را انجام دهد.
روش تعمیر، تنظیم و تعویض بوستر و سیلندر اصلی را بیان کند.
تعمیر، تنظیم و تعویض بوستر و سیلندر اصلی را انجام دهد.
روش باز کردن، تعمیر و تعویض سیلندر ترمز و کالیپر چرخ خودرو را بیان کند.
تعمیر و تعویض سیلندر ترمز چرخ خودرو و کالیپر را انجام دهد.
روش عیب‌یابی، تعمیر و تعویض لوله‌های انتقال‌دهنده مایع هیدرولیک ترمز را بیان کند.
عیب‌یابی، تعمیر و تعویض لوله‌های انتقال‌دهنده مایع هیدرولیک ترمز را انجام دهد.
وظیفه و عملکرد سیستم ترمز ضد قفل و روش هواگیری سیستم ترمز توسط دستگاه عیب‌یاب را بیان کند.
روش هواگیری سیستم ترمز توسط دستگاه عیب‌یاب را اجرا کند.

موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
وظیفه، ساختمان، انواع و عملکرد سیلندر اصلی و بوستر ترمز خودرو را بیان کند. تشریح مکانیزم هیدرولیکی سیستم ترمز و محاسبات مربوط به افزایش نیروی پای راننده و نیروی تولیدی بوستر در مکانیزم هیدرولیکی سیستم ترمز را انجام دهد.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
بررسی مکانیزم هیدرولیکی و بوستر سیستم ترمز موجود بر روی چند خودرو، جانمایی اجزا، را انجام داده و با استفاده از بوستر برش خورده با طرز کار آنها آشنا شود.	کارگاه		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	

موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
ارتباط با سایر سیستم‌های خودرو و روش بررسی و عیب‌یابی مکانیزم بوستر، مدار و روش رفع عیب بدون بازکردن اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز را بیان کنید.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
بررسی و عیب‌یابی مکانیزم بوستر، مدار و اجزای هیدرولیکی و الکتریکی سیستم ترمز (در حالت ایستایی و حرکتی) را انجام دهد و چک‌لیست تعمیرات را تکمیل کند و رفع عیب بدون بازکردن اجزای هیدرولیکی سیستم ترمز را انجام دهد.	کارگاه		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	

موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
روش تعمیر، تنظیم و تعویض بوستر و سیلندر اصلی را بیان کند.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
تعمیر، تنظیم و تعویض بوستر و سیلندر اصلی را انجام دهد.	کارگاه		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	

موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
روش باز کردن، تعمیر و تعویض سیلندر ترمز و کالیپر چرخ خودرو را بیان کند.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
تعمیر و تعویض سیلندر ترمز چرخ خودرو و کالیپر را انجام دهد.	کارگاه یا کلاس		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	

موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
روش تعمیر، تنظیم و تعویض سیلندر ترمز چرخ و لوله‌های انتقال‌دهنده را بیان کند.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
تعمیر، تنظیم و تعویض سیلندر ترمز چرخ و لوله‌های انتقال‌دهنده را انجام دهد.	کارگاه یا کلاس		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	

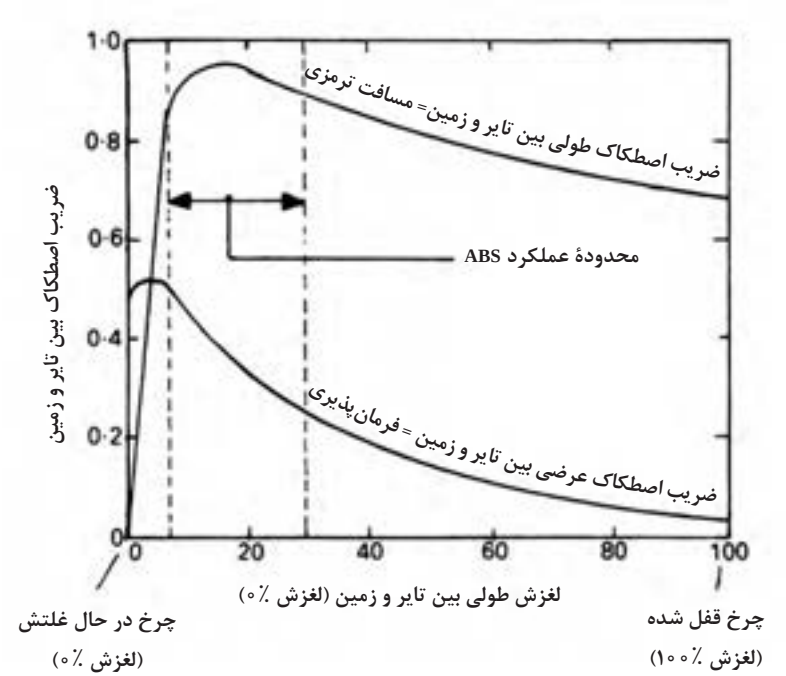
موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
وظیفه و عملکرد سیستم ترمز ضدقفل و روش هواگیری سیستم ترمز توسط دستگاه عیب‌یاب را بیان کند.	کارگاه یا کلاس	کتاب، ویدئو پروژکتور، پوستر	سخنرانی، پرسش و پاسخ	بحث کلاسی، پاسخ به پرسش‌های طراحی شده و فکر کنید	پژوهش‌های طراحی شده
هواگیری و کنترل نهایی را انجام دهد.	کارگاه		نمایش عملی هنرآموز	تمرین عملی فعالیت کارگاهی	
ارزشیابی نهایی					

دانش‌افزایی

سیستم ترمز ضد قفل (ABS)

بحث پایداری خودرو، یکی از مهم‌ترین موارد در طراحی خودرو بوده و از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار می‌باشد. در این راستا، با توجه به پیشرفت شاخه‌های مختلف علم، سیستم‌های کنترلی متعددی در جهت پایداری بهتر خودرو، به‌کار گرفته می‌شوند.

در این میان ABS یکی از این سیستم‌ها می‌باشد که امروزه به‌صورت فراگیر در خودروهای مختلف نصب شده و هدف آن، کنترل بهینه ضریب اصطکاک بین چرخ و جاده می‌باشد، که منجر به افزایش فرمان‌پذیری خودرو در حین ترمزگیری شده و معمولاً مسافت ترمزی را نیز کاهش می‌دهد.



شکل ۱ــ رابطهٔ بین فرمان‌پذیری، ضریب اصطکاک و لغزش طولی بین تایر و زمین

شکل فوق که نتیجهٔ آزمایشات تجربی، شبیه‌سازی و تحلیل متخصصان دینامیک خودرو می‌باشد مؤید مطالب فوق می‌باشد. با توجه به شکل صفحهٔ قبل ملاحظه می‌گردد، چنانچه لغزش طولی بین چرخ و زمین در محدودهٔ ۸ تا ۳۰ درصد قرار گیرد، ضریب اصطکاک بین چرخ و زمین در شرایط مختلف محیطی (جاده‌های مختلف) حداکثر می‌باشد، ضمن اینکه در این محدوده، فرمان‌پذیری خودرو نیز مطلوب می‌باشد.

البته باید توجه نمود که بهترین وضعیت فرمان‌پذیری هنگامی به‌وجود می‌آید که لغزش طولی تایر نسبت به زمین در حدود ۵ درصد باشد ولی در محدودهٔ ۸ تا ۳۰ درصد، ضمن دستیابی به حداکثر ضریب اصطکاک بین تایر و زمین که منجر به کاهش مسافت ترمزی می‌شود، حالت مناسبی نیز برای فرمان‌پذیری خودرو ایجاد می‌گردد.

با توجه به مطالب فوق، چنانچه سیستم ABS بتواند لغزش طولی بین تایر و زمین را به‌دست آورد و آن را در محدوده ۸ تا ۳۰ درصد حفظ نماید، فرمان‌پذیری خودرو در هنگام ترمزگیری افزایش می‌یابد، ضمن آنکه معمولاً مسافت ترمزی نیز کاهش می‌یابد و بنابراین پایداری خودرو افزایش می‌یابد.

سیستم ABS برای محاسبهٔ لغزش طولی بین تایر و زمین از رابطهٔ زیر استفاده می‌کند.

$$\text{درصد لغزش} = \text{Slip}\% = \frac{V - R \times \omega}{V}$$

V: سرعت خطی خودرو برحسب متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{S}\right)$

R: شعاع تایر بر حسب متر m

ω: سرعت زاویه‌ای تایر برحسب رادیان بر ثانیه $\left(\frac{Rad}{S}\right)$

R×ω: سرعت خطی تایر برحسب متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{S}\right)$

با توجه به مطالب صفحه قبل، از ۴ عدد سنسور اندازه‌گیری دوران چرخ برای اندازه‌گیری سرعت محیطی چرخ در سیستم ABS استفاده می‌شود. با استفاده از داده‌های این سنسورها و درنظر گرفتن لغزش طولی ۲۰ درصد به عنوان لغزش مطلوب بین تایر و زمین، لغزش طولی بین تایر و زمین توسط سیستم ABS قابل محاسبه خواهد بود.

از طرفی ECU سیستم ABS، آغاز فرایند ترمزگیری را توسط میکروسوئیچ موجود بر روی پدال ترمز احساس می‌کند.

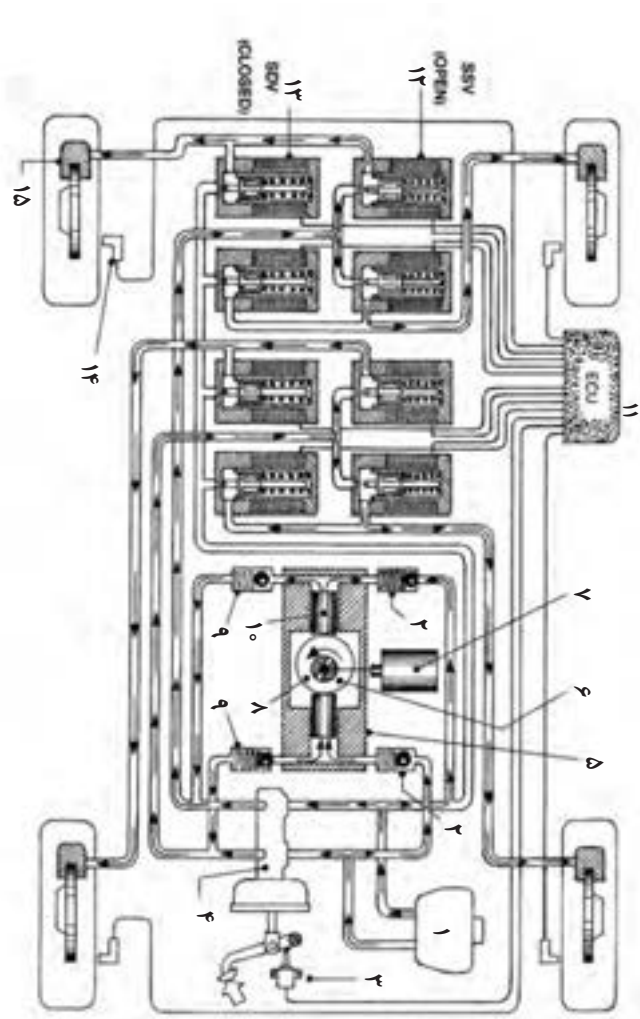
با توجه به میزان لغزش طولی بین تایر و زمین، ECU سیستم ABS الگوریتمی را به مرحلهٔ اجرا در می‌آورد، که ارتباط بین لغزش طولی بین تایر و زمین و فشار هیدرولیک ترمز می‌باشد. این الگوریتم به نحوی است که اگر میزان لغزش طولی کمتر از ۸ درصد باشد، ECU اجازهٔ افزایش فشار هیدرولیک را توسط پدال ترمز و سیلندر اصلی ترمز می‌دهد. چنانچه میزان لغزش طولی بین ۸ تا ۳۰ درصد باشد، ECU اجازهٔ تثبیت فشار هیدرولیک را در سیستم ترمز اعمال نموده و چنانچه لغزش طولی بیش از ۳۰ درصد شود، ECU دستور کاهش فشار هیدرولیک ترمز را صادر می‌کند.

لازم به ذکر است، از آنجایی که واحد الکترونیک و مجموعه شیرهای سیستم ABS در یک مجموعه قرار دارند، کل مجموعه را HECU[1] یا واحد کنترل الکترونیکی ـ هیدرولیکی می‌نامند.

شکل زیر سیستم ABS را که حاوی ۸ عدد شیر ۲/۲[2] می‌باشد نشان می‌دهد و عملکرد این سیستم در مرحلهٔ افزایش فشار (لغزش طولی کمتر از ۸ درصد) قابل ملاحظه می‌باشد.

۱ـ Hydraulic Electronic control unit

۲ـ شیرهای ۲/۲ دارای دو مجرای ورودی و خروجی بوده و دارای دو حالت باز و بسته می‌باشند.



شکل ۲ـ سیستم ترمز ضد قفل (ABS) با استفاده از ۸ عدد شیر برقی ۲/۲ در مرحلهٔ افزایش فشار

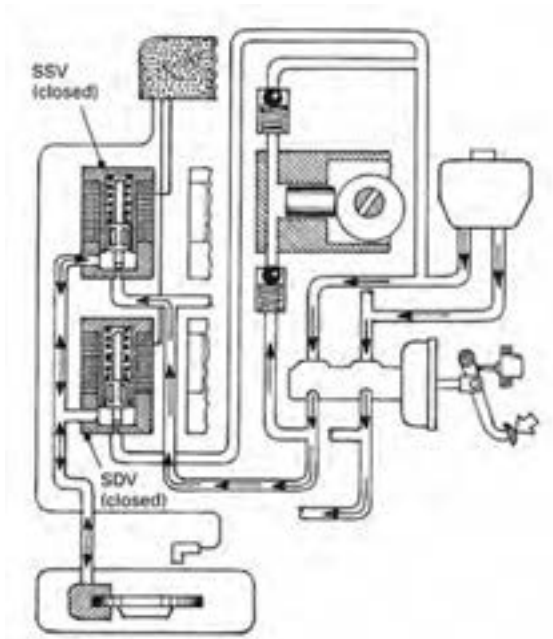
توضیحات شکل:

۱ مخزن روغن ترمز
۲ سوپاپ ورودی
۳ میکروسوئیچ پدال ترمز
۴ سیلندر اصلی
۵ پمپ دو مداری
۶ کوپلینگ بین موتور الکتریکی و پمپ مایع ترمز
۷ موتور الکتریکی
۸ بادامک خارج از مرکز
۹ سوپاپ‌های خروجی
۱۰ پلانجر یا پیستون
۱۱ ECU
۱۲ شیرهای برقی تغذیه (SSV)[1]
۱۳ شیرهای برقی تخلیه (SDV)[2]
۱۴ سنسور سرعت چرخ
۱۵ کالیپر و دیسک ترمز

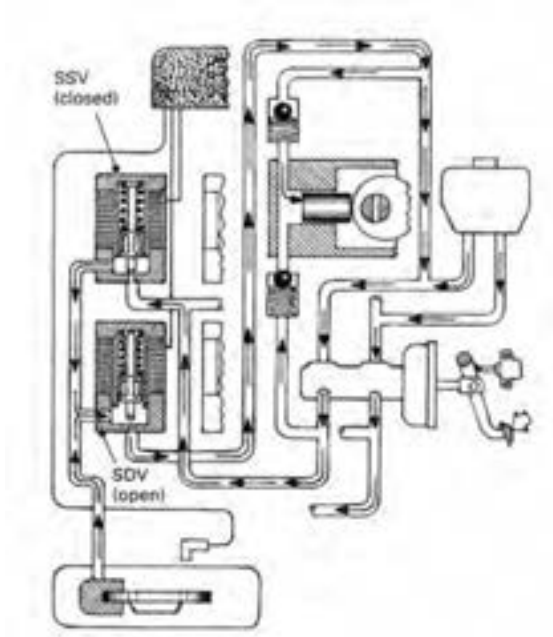
۱ـ Solenoid supply valves
۲ـ Solenoid Discharge valves

همان‌گونه که از شکل فوق پیداست، در حالت عادی، تمامی شیرهای برقی تغذیه (SSVها) باز و تمامی شیرهای برقی تخلیه (SDVها) بسته می‌باشند. در این حالت به محض آنکه راننده پدال ترمز را فشار دهد، ecu سیستم ترمز ضد قفل با دریافت اطلاعات سنسورهای سرعت محیطی چرخ‌ها، سرعت خطی اولیهٔ خودرو را محاسبه نموده و با به‌دست آوردن شتاب کاهندهٔ چرخ‌ها در لحظات بعدی، شیب کاهش سرعت خطی خودرو به‌دست آمده و تغییرات سرعت خطی خودرو به‌صورت نموداری خطی به‌دست می‌آید. از طرفی، مایع ترمز ارسالی از طریق سیلندر اصلی پس از عبور از SSVها به سیلندر ترمز چرخ‌ها رسیده و عمل ترمزگیری شروع می‌شود.

در این حالت با داشتن سرعت خطی خودرو و سرعت محیطی چرخ، میزان لغزش طولی بین تایر و زمین توسط ECU سیستم ترمز ضد قفل محاسبه می‌گردد. چنانچه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین در محدودهٔ ۸ تا ۳۰ درصد قرار گیرد، مطابق شکل زیر، ECU با ارسال دستور به SSVها، فرمان بسته شدن آنها را صادر می‌کند. بنابراین تمامی SSVها و SDVها در این مرحله بسته شده و هیچ مایع ترمزی به سیلندر ترمز چرخها وارد و یا از آنها خارج نمی‌گردد. از اینرو فشار مایع ترمز در سیلندر ترمز چرخ‌ها ثابت مانده و عمل ترمزگیری با فشار ثابت انجام می‌شود. در نتیجه این مرحله از عملکرد ABS را مرحلهٔ تثبیت فشار می‌نامند.



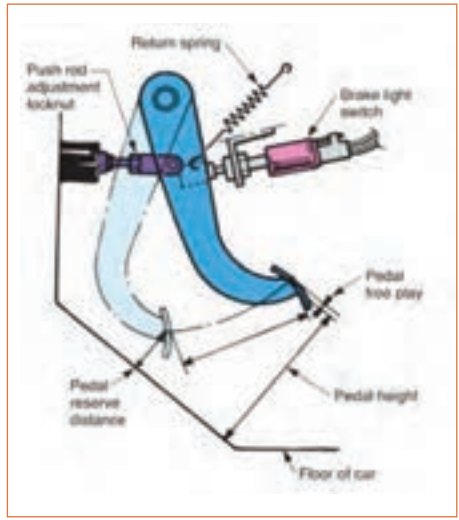
شکل ۳ـ مرحلهٔ تثبیت فشار ABS



شکل ۴ـ مرحلهٔ کاهش فشار ABS

چنانچه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین از ۳۰ درصد بیشتر شود، مطابق شکل فوق، ECU به SDVها فرمان باز شدن می‌دهد. بنابراین SDVها باز شده و مقداری از مایع ترمز ارسالی به سیلندر ترمز چرخ‌ها به مجرای ورودی پمپ الکتریکی یا مخزن مایع ترمز و یا در بعضی از سیستم‌ها به آکو مولاتور باز می‌گردد. بنابراین فشار مایع ترمز درون سیلندر ترمز چرخ‌ها کاهش یافته و لنت‌ها آزاد می‌گردد و از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شده و چرخها حرکت دورانی خود را حفظ می‌کنند. این مرحله از عملکرد ABS را مرحلهٔ کاهش فشار می‌نامند.

با باز شدن SDVها، فشار مایع ترمز درون سیلندر ترمز چرخ‌ها کاهش یافته و نیروی ترمزی کاهش می‌یابد. در این حالت چنانچه لغزش طولی بین تایر و زمین کمتر از ۸ درصد شود، سیکل عملکرد اصلی ABS شروع می‌شود (در این حالت فرض بر آن است که پای راننده تقریباً روی پدال ترمز ثابت باشد). در این وضعیت ECU سیستم ترمز ضد قفل به SSVها دستور باز شدن، به SDVها فرمان بسته شدن و به موتور الکتریکی پمپ ترمز، دستور روشن شدن می‌دهد. بنابراین مایع ترمز توسط پمپ الکتریکی پمپ شده و پس از عبور از SSVها به سیلندر ترمز چرخ‌ها رسیده و دوباره سیکل افزایش فشار تکرار می‌گردد و مجدداً سیکل‌های تثبیت فشار و کاهش فشار مایع ترمز نیز با توجه به میزان لغزش طولی بین تایر و زمین به‌صورت پی‌درپی انجام می‌شود. شیرهای برقی تغذیه و تخلیه (SSV و SDVها) در هر ثانیه بین ۴ تا ۱۰ بار باز و بسته شده و مراحل افزایش، تثبیت و کاهش فشار مایع ترمز را ایجاد می‌کنند تا لغزش طولی بین تایر و زمین در محدودهٔ بهینه قرار گیرد و منجر به افزایش فرمان‌پذیری و معمولاً کاهش مسافت ترمز گردد.



دانش‌افزایی مهارتی

تنظیم پدال ترمز با بوستر یا سیلندر اصلی: با توجه به شکل ۳۳ کتاب تنظیم اهرم فشاری سیلندر اصلی یا بوستر که در عملکرد سیستم ترمز مؤثر بوده و می‌تواند عدم تنظیم آن باعث قفل شدن چرخ‌های خودرو شود و یا ایجاد صدای غیرعادی در هنگام ترمزگیری شود.

تذکر

در خودروهای امروزی مجموعه پدال و بوستر مطابق شکل ۲۶ یک‌پارچه هستند و نیازی به تنظیم مسقل ندارند. ولی در بعضی از خودروها که پدال روی بدنه خودرو و مجموعه بوستر و سیلندر اصلی جدا شوند. هستند، هنگام تعمیرات تنظیمات لازم پدال و بوستر یا سیلندر اصلی حتماً باید با توجه به کتاب راهنمای تعمیرات خودروی مربوطه انجام شود.

انواع شیرآلات هیدرولیکی سیستم ترمز

۱ شیر کنترل فشار ترمز

ـ تنظیم فشار ترمز با بار وارد روی خودرو (مانند پژو پارس)

ـ تثبیت‌کننده فشار ترمز چرخ‌های عقب (مانند پراید)

تذکر

در برخی خودروها شیر تثبیت‌کننده فشار مایع ترمز چرخ‌های عقب درون سیلندر چرخ می‌باشد.

۲ شیرهای ایمنی مسدودکننده مدار

این شیرها در زمان پاره شدن شیلنگ‌ها و یا سوراخ شدن لوله‌ها مسیر مایع هیدرولیک ترمز را مسدود می‌کنند.

۳ شیر تأخیر زمانی

وظیفه این شیر این است که زمان ترمز گرفتن‌های شدید، تأخیر در ترمزگیری چرخ‌های جلو نسبت به چرخ‌های عقب اتفاق بیفتد تا تعادل خودرو حفظ شود که در برخی خودروهای وانت و ون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

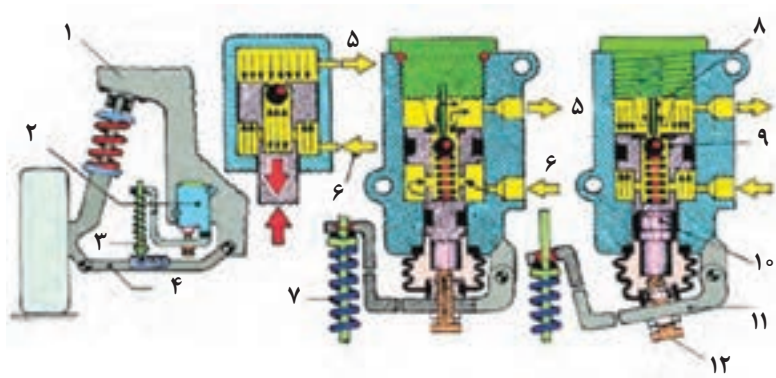
شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب: باید توجه نمود که با کاهش نیروی وزن اِعمالی به چرخ‌ها باید فشار مایع هیدرولیک نیز کاهش یابد تا از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شود. از طرفی با افزایش نیروی وزن اِعمالی به چرخ‌ها، باید فشار مایع هیدرولیک را افزایش داد تا راندمان ترمزی افزایش یابد. برای دستیابی به این هدف از شیر کنترل فشار هیدرولیکی در مسیر چرخ‌های عقب استفاده می‌شود.

دلیل استفاده از این مکانیزم برای چرخ‌های عقب به شرح زیراند:

۱ هنگام ترمزگیری، به دلیل انتقال نیروی وزن از چرخ‌های عقب به چرخ‌های جلو، نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب خودرو کاهش می‌یابد. میزان این انتقال بار به بزرگی نیروی ترمزی بستگی دارد (کله‌زنی). با کاهش نیروی وزن روی چرخ‌های عقب، به منظور جلوگیری از قفل شدن آنها، باید نیروی ترمزی اعمالی به آنها نیز کاهش یابد. این موضوع با کاهش فشار مایع هیدرولیک اعمالی به سیلندر چرخ‌های عقب ایجاد می‌شود.

۲ با تغییر نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب خودرو، ناشی از تغییر تعداد سرنشینان خودرو و همچنین تغییر در میزان بار درون صندوق عقب، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز را نیز در چرخ‌ها تغییر داد تا هنگام کاهش نیروی وزن، چرخ‌ها قفل نشوند و با افزایش نیروی وزن، راندمان سیستم ترمز افزایش یابد.

شکل ۵، ساختمان و نحوهٔ عملکرد شیر کنترل فشار برحسب نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب را در حالت‌های مختلف عملکردی نشان می‌دهد.



الف) موقعیت قرارگیری شیر کنترل فشار

ب) عملکرد شیر کنترل فشار در حالت اعمال بار زیاد به چرخ‌های عقب

پ) عملکرد شیر در حالت اعمال بار کم به چرخ‌های عقب

شکل ۵ــ ساختمان و نحوهٔ عملکرد شیر تنظیم فشار و تقسیم نیروی ترمزی

۱ بدنهٔ خودرو
۲ مجموعهٔ شیر کنترل فشار
۳ میل و فنر رابط اندازه‌گیر بار
۴ طبق مکانیزم تعلیق
۵ مجرای خروجی شیر به سمت سیلندر ترمز چرخ عقب
۶ مجرای ورودی شیر از سمت سیلندر اصلی ترمز
۷ فنر حسگر بار
۸ پین ثابت بالای شیر
۹ سوپاپ ساچمه‌ای
۱۰ پیستون حسگر
۱۱ اهرم حسگر بار
۱۲ پیچ تنظیم و رگلاژ شیر

با توجه به شکل ۲۲ـ۹ـ الف، این شیر به‌گونه‌ای بر روی مکانیزم تعلیق عقب خودرو نصب می‌شود که از یک طرف به بدنهٔ خودرو و از سمت دیگر توسط میلهٔ رابطه (۳) طبق مکانیزم تعلیق متصل شده است. در این صورت با تغییر مقدار نیروی وزن اعمالی به چرخ عقب خودرو، فاصلهٔ چرخ تا بدنهٔ خودرو تغییر می‌کند و در نتیجه طبق مکانیزم تعلیق جابه‌جا می‌شود. این جابه‌جایی باعث حرکت اهرم حسگر بار (۱۱) می‌شود و با توجه به مقدار حرکت اهرم، فشار خروجی به چرخ‌های عقب نیز تغییر می‌کند.

مطابق شکل ۵ ب، با افزایش نیروی وزن در قسمت عقب خودرو، به منظور افزایش راندمان ترمز، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز چرخ‌های عقب نیز افزایش یابد. در این حالت به سبب اعمال بار، بدنهٔ خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث حرکت میلهٔ رابط (۳) به سمت بالا می‌شود. ازاین‌رو با حرکت میلهٔ رابط (۳) به سمت بالا، نیروی پیش بار فنر حسگر بار (۷) افزایش یافته و باعث حرکت اهرم حسگر (۱۱) و پیستون حسگر رو به بالا می‌شود.

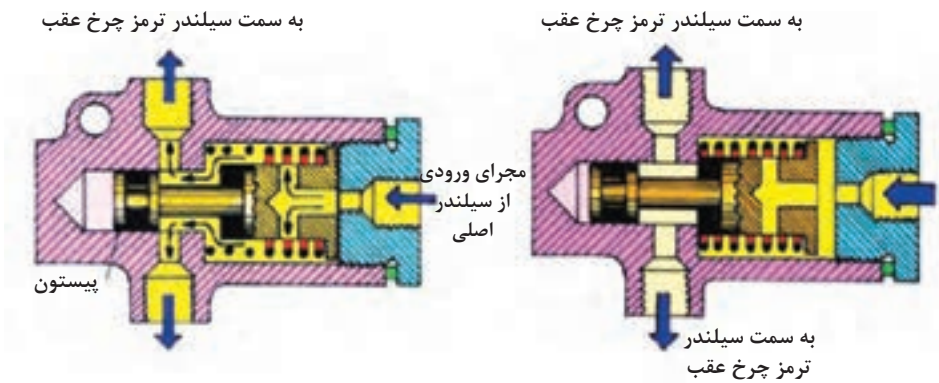
بنابراین ساچمهٔ قطع و وصل فشار به پین ثابت (۸) برخورد کرده، و به سمت پایین حرکت می‌کند. در نتیجه مجرای خروجی روغن به سمت چرخ‌های عقب کاملاً باز می‌شود و هیچ محدودیتی در مسیر مایع هیدرولیک ترمز برای چرخ‌های عقب وجود نخواهد داشت. در این صورت با اعمال نیرو به پدال ترمز، مایع هیدرولیک ترمز، که از مجرای ورودی سوپاپ (۶) وارد آن شده است، به دلیل باز بودن کامل مجرای خروجی شیر (۵)، با اختلاف فشار مشخصی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب منتقل می‌شود.

درحالی‌که بار روی محور عقب کم باشد و در اثر ترمزگیری، انتقال وزن از قسمت عقب خودرو به محور جلو نیز صورت گیرد (حالت c)، به دلیل حرکت رو به بالای قسمت عقب خودرو، اهرم حسگر بار (۱۱) توسط حرکت میلهٔ رابط (۴) و تغییر نیروی فنر حسگر بار (۷)، به سمت پایین حرکت می‌کند.

بنابراین پیستون حسگر بار نیز به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث کوچک‌تر شدن مجرای خروجی یا مسدود شدن آن توسط سوپاپ ساچمه‌ای می‌شود. به این طریق فشار مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد تا از قفل شدن چرخ‌های عقب حین ترمزگیری جلوگیری شود.

در خودروهای مجهز به سیستم ضد قفل (ABS) می‌توان با کنترل میزان لغزش هر چرخ با زمین، مقدار تغییر نیروی وزن اعمالی به هر چرخ را حین ترمزگیری تخمین زد و با استفاده از تجهیزات سیستم ترمز ضد قفل، فشار مایع هیدرولیک اعمالی به مکانیزم ترمز هر چرخ را متناسب با میزان لغزش کنترل نمود.

در این حالت با مقایسهٔ میزان لغزش طولی بین چرخ‌های جلوی خودرو و زمین با میزان لغزش طولی بین چرخ‌های عقب خودرو و زمین، می‌توان میزان اختلاف در نیروی وزنِ وارد بر چرخ‌ها را تخمین زد و متناسب با تغییر نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها، فشار مایع هیدرولیک اعمالی به مکانیزم ترمز آن چرخ را کنترل نمود. ازاین‌رو این سیستم را «توزیع نیروی ترمز به‌صورت الکتریکی» (EBD)[1] گویند که در بخش ۱۱ به بررسی آن پرداخته خواهد شد.
شکل ۶ـ نوع دیگری از شیر کنترل فشار چرخ‌های عقب را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ شیر کنترل فشار چرخ‌های عقب

مطابق شکل ۶، این شیر در مسیر عبور مایع هیدرولیک ترمز از خروجی سیلندر اصلی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌گردد. با توجه به شکل ۶ الف، در حالت ترمزگیری با شتاب کم، به دلیل اینکه نیروی فنر نسبت به فشار مایع هیدرولیک اعمالی به انتهای پیستون شیر، بزرگ‌تر می‌باشد. پیستون شیر تحت نیروی فنر در ابتدای کورس خود قرار می‌گیرد. ازاین‌رو مجرای خروجی شیر باز می‌باشد و مایع هیدرولیک ترمز پس از عبور از آن به سمت سیلندر ترمز چرخ‌های عقب ارسال می‌شود. در حالت ترمزگیری شدید ۶ ب، نیروی اعمالی به پیستون شیر تحت فشار مایع هیدرولیک بر نیروی فنر غلبه کرده و به سمت چپ حرکت می‌کند. بنابراین مجرای خروجی شیر مسدود می‌گردد.

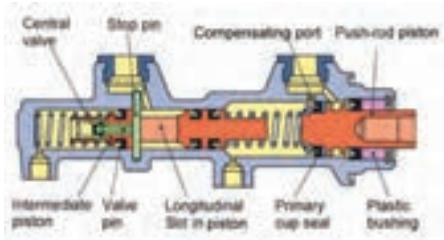
۱ـ Electronic Brake ـ force Distribation

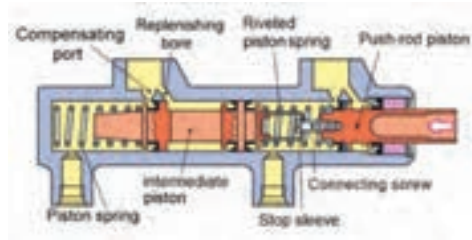
در نتیجه از این فشار به بعد، هر میزان که فشار مایع هیدرولیک ترمز افزایش یابد، شیر همواره بسته بوده و این افزایش فشار تأثیری در تغییر نیروی ترمز چرخ‌های عقب ندارد و از قفل شدن چرخ‌های عقب جلوگیری می‌شود. لازم به ذکر است که در ترمزگیری شدید، نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد و افزایش فشار مایع هیدرولیک در چرخ‌های عقب، خطر قفل شدن آنها را افزایش می‌دهد.

ارتباط تغییرات دور موتور در مقدار خلاء بوستر و قدرت ترمزگیری: هرچه دور موتور بالاتر باشد و دریچه گاز بسته باشد میزان یا مقدار خلاء مؤثر بر بوستر افزایش یافته و به تبع آن قدرت ترمزگیری افزایش می‌یابد.

تفاوت سیلندر اصلی در سیستم ABS(Anti brake system) و سیستم CBS(Common brake system)

در سیلندر اصلی سیستم ABS یک سوپاپ مرکزی روی پیستون ثانویه وجود دارد که کار مجرای توازن در سیستم CBS را انجام می‌دهد. مطابق شکل ۱۱ کتاب، نکته مهم در استفاده از این سوپاپ به‌جای مجرای توازن بر مبنای عملکرد پمپ مدولاتور ABS حجم روغن برگشتی به مخزن می‌تواند متغیر باشد.





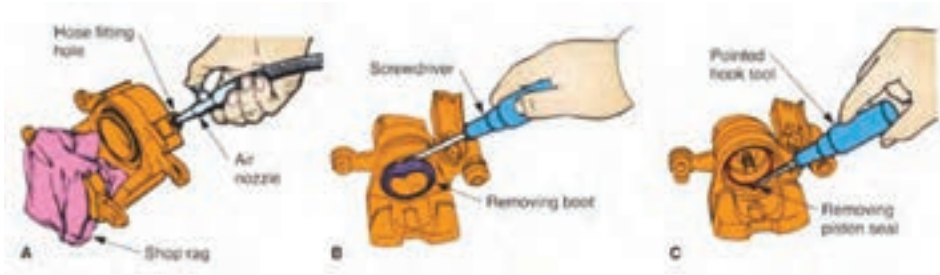
نکته

روش آزمون نشتی داخلی سیلندر اصلی ترمز مطابق نشتی داخلی مجموعه کلاچ می‌باشد.
کنترل نشتی مایع هیدرولیک ترمز به داخل بوستر
با بازکردن شیلنگ خلائی بوستر و یا باز کردن سیلندر اصلی ترمز می‌توان نشتی مایع هیدرولیک ترمز به داخل بوستر را بررسی کرد.

تذکر

در راهنمای تعمیرات بیشتر خودروهای امروزی تعمیرات سیلندر اصلی و بوستر انجام نمی‌شود و مجموعه باید تعویض شود.

نکات مهارتی و ایمنی جهت خروج پیستون

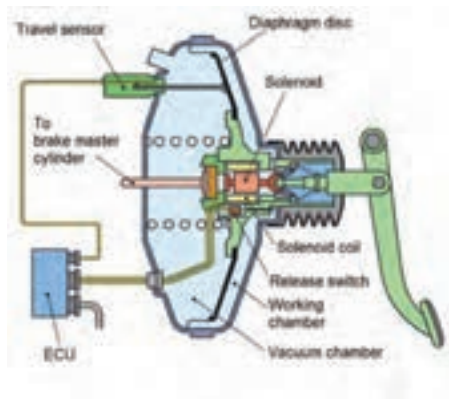


نکته

امروزه در اکثر خودروهای تولید روز، سر لوله‌ها به‌صورت نری ساخته می‌شوند. در هنگام تعویض سیلندر چرخ، کالیپر یا مدولاتور، فرم سر لوله با قسمت اتصال مطابقت داشته باشد.

نکته

عموماً خودروهای لوکس که مجهز به ترمز ABS می‌باشند بوستر ترمز آنها دارای سوپاپ‌های الکترومغناطیسی بود که تحت کنترل ECU عملکرد بوستر ترمز را بهبود می‌بخشند و گاهی نیز این سوپاپ‌های کنترل خارج بوستر روی مدار شیلنگ خلائی قرار می‌گیرد.



شکل ۷ــ مراحل هواگیری ترمز ABS با استفاده از دستگاه عیب‌یاب

بحث کلاسی

پس از نمایش فیلم عملکرد بوستر خلائی و با استفاده از شکل‌های ۳ـ۲ تا ۳ـ۴ جدول زیر را تکمیل کنید.

حالت‌های بوستر	جلوی دیافراگم (خلأ یا هوا)	پشت دیافراگم (خلأ یا هوا)	ارتباط بین جلو و پشت دیافراگم (قطع یا وصل)	تقویت نیروی خروجی (بله یا خیر)
عدم ترمزگیری	خلأ	خلأ	وصل	خیر
ترمزگیری	خلأ	هوا	قطع	بله
ثابت نگه داشتن پدال ترمز	خلأ	هوا	قطع	خیر

بحث کلاسی

چگونه می‌توان اثر مقدار خلأ مانی‌فولد را بر روی عملکرد بوستر کاهش داد.
استفاده از پمپ وکیوم به جای خلأ مانی‌فولد

بحث کلاسی

با توجه به شکل ۳ـ۵ عیوب سیستم تک‌مداری را به بحث بگذارید.
اتصال تمام چرخ‌ها به مدار و ایمنی پایین‌تر

بحث کلاسی

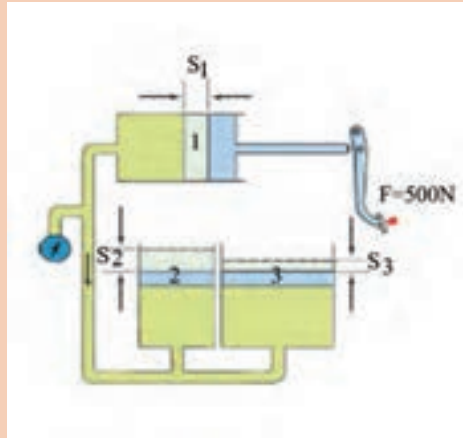
با توجه به شکل ۳ـ۶ مزایا و معایب هریک از طرح‌های ترمز دو مداری بیان کنید.

ردیف	نام مدار	مزایا	معایب
۱	ساده	ساده و ارزان‌قیمت	ایمنی پایین‌تر
۲	ضربدری	ایمنی بالاتر	پیچیدگی بیشتر
۳	مثلثی	ایمنی بالاتر قدرت ترمزگیری بیشتر	پیچیدگی بیشتر و قیمت تمام شده بالاتر

کار در کلاس

با استفاده از قانون فشار در مایعات (قانون پاسکال) برای شکل ۳ـ۷ بر اساس اطلاعات داده شده جدول زیر را تکمیل نمایید.

نیروی پای راننده	سطح مقطع پیستون ۱ و ۲	S_1	سطح مقطع پیستون ۳	فشار مدار هیدرولیک	S_2	S_3	نیروی وارد بر پیستون ۳	نیروی وارد بر پیستون ۲
۵۰۰ نیوتن	۰/۱ مترمربع	۵ میلی‌متر	۰/۲ مترمربع	۵۰۰۰ نیوتن بر مترمربع	۲/۵ میلی‌متر	۵ میلی‌متر	۱۰۰۰ نیوتن	۵۰۰ نیوتن



شکل ۸ـ قانون فشار در مایعات

بحث کلاسی

علل افزایش زمان عکس‌العمل سیستم ترمز و راه‌های کاهش آن را در کلاس به بحث بگذارید.

به مدت زمان صرف شده، از زمانی که راننده مانع را می‌بیند تا زمانی‌که نیروی ترمزی در چرخ‌ها تولید می‌شود، «زمان عکس‌العمل» گویند. مقداری از این تأخیر ناشی از عکس‌العمل راننده است و مابقی آن مربوط به اجزای سیستم ترمز از قبیل لقی پدال، نشتی مایع هیدرولیکی ترمز، عملکرد نامناسب بوستر و رگلاژ نامناسب لنت‌ها است. استفاده از سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی و کنترل‌کننده نظیر ترمز ضد قفل و پایداری خودرو و... می‌تواند زمان عکس‌العمل سیستم ترمز را کاهش دهد.

بحث کلاسی

با توجه به شکل ۱۰ نقش مجراهای تغذیه و جبران‌کننده را بیان کرده و طرز کار سیلندر اصلی را بررسی نمایید.

حالت آزاد (عدم ترمزگیری): با توجه به شکل ۱۰ـالف، سیلندر اصلی در حالت آزاد قرار دارد. در این حالت میله انتقال نیرو در ابتدای کورس خود قرار دارد. پیستون‌های اولیه و ثانویه در ابتدای کورس خود می‌باشند. در این حالت ارتباط بین جلوی پیستون اولیه با مخزن ذخیره از طریق مجرای جبران‌کننده برقرار می‌باشد. همچنین با برخورد سوپاپ مرکزی با پین متوقف‌کننده، این سوپاپ باز می‌باشد که باعث ارتباط مجرای تغذیه با جلوی پیستون ثانویه می‌شود. از این رو در این حالت فشار مایع هیدرولیک تقریباً با فشار جو (فشار مخرن ذخیره) برابر می‌باشد و جلوی هر دو پیستون با مایع هیدرولیک ترمز پر می‌شود.

حالت ترمزگیری: مطابق شکل ۱۰ـب با اعمال نیرو به پدال ترمز و شروع ترمزگیری، میله انتقال نیرو به سمت چپ حرکت می‌کند و موجب جابه‌جایی پیستون اولیه می‌شود. این عمل باعث افزایش فشار هیدرولیک در جلوی پیستون اولیه می‌شود. این فشار به پیستون ثانویه اعمال شده و باعث حرکت آن به سمت چپ می‌شود. با ادامه حرکت پیستون‌های اولیه و ثانویه، مجرای جبران‌کننده توسط لاستیک تشتکی اصلی پیستون اولیه مسدود می‌شود. همچنین در اثر حرکت پیستون ثانویه به سمت چپ، مجرای سوپاپ مرکزی با فاصله گرفتن سوپاپ از پین متوقف‌کننده مسدود می‌شود و ارتباط جلوی دو پیستون با مخزن نیز مسدود می‌گردد. از این رو مایع هیدرولیک جلوی هر دو پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد و از مجرای خروجی اولیه و ثانویه به سمت سیلندر چرخ‌ها ارسال می‌گردد تا عمل ترمزگیری انجام شود.

حالت آزادسازی ترمز: با توجه به شکل ۱۰ـپ، پس از رها شدن پدال ترمز، پیستون‌های سیلندر اصلی در اثر نیروی فنر و مایع هیدرولیک تحت فشار در لوله‌ها به طرف راست حرکت می‌کند. با توجه به حرکت سریع پیستون‌ها به سمت عقب اعمال زیر صورت می‌پذیرد: به منظور بازگشت سریع پیستون‌های سیلندر اصلی به موقعیت اولیه و الزام در سریع پر شدن جلوی آنها از مایع هیدرولیک ترمز به منظور آماده شدن برای ترمزگیری بعدی، از مجرای انتقال و آماده‌سازی مجدد استفاده می‌شود. به این صورت که با بازگشت سریع پیستون‌های سیلندر اصلی، فشار جلوی آنها کاهش می‌یابد. این موضوع سبب می‌شود که لبه‌های لاستیک تشتکی اصلی پیستون اولیه جمع شود و مقداری مایع هیدرولیک ترمز از مخزن ذخیره و از طریق مجرای تغذیه پس از عبور از مجرای انتقال و آماده‌سازی

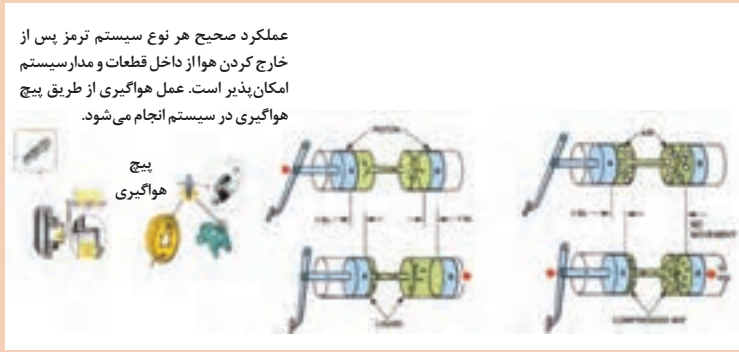
مجدد به جلوی لاستیک تشتکی منتقل شود. همچنین با برخورد سوپاپ مرکزی پیستون ثانویه به پین متوقف‌کننده، مجرای این سوپاپ نیز باز شده و مقداری مایع هیدرولیک ترمز از مخزن ذخیره به جلوی پیستون ثانویه نیز منتقل می‌شود. این امر باعث می‌شود که در زمان کوتاهی، جلوی پیستون‌های سیلندر اصلی با مایع هیدرولیک ترمز پر شود. و درصورتی‌که راننده به ترمزگیری مجدد در زمان کوتاهی پس از ترمزگیری اول نیاز داشته باشد، خللی در عملکرد سیستم ترمز ایجاد نگردد.

حالت نشتی در مدار اولیه: مطابق شکل ۱۰ـت، هرگاه در مدار اولیه نشتی وجود داشته باشد به دلیل کاهش فشار جلوی پیستون اولیه در هنگام ترمزگیری، پیستون اولیه تحت تأثیر انتقال نیرو به سمت چپ حرکت کرده و به پیستون نیروی میله ثانویه تکیه می‌کند تا منجر به حرکت پیستون ثانویه شود. ازاین‌رو در این حالت فشار در مدار ثانویه افزایش یافته و این مدار در حین ترمزگیری عمل می‌نماید.

حالت نشتی در مدار ثانویه: با توجه به شکل ۱۰ـث، هرگاه در مدار ثانویه، نشتی وجود داشته باشد، با حرکت پیستون اولیه به سمت چپ، پیستون ثانویه تا انتهای کورس خود به سمت چپ حرکت می‌کند. تا به انتهای سیلندر اصلی تکیه کند در این حالت با ادامه حرکت پیستون اولیه فشار هیدرولیک در مدار اولیه افزایش می‌یابد تا عمل ترمزگیری در این مدار به درستی صورت پذیرد.

بحث کلاسی

با توجه به شکل ۳ـ۱۲ اثر وجود هوا در سیستم هیدرولیکی را بررسی نمایید.



شکل ۳ـ۱۲ـ اثر وجود هوا در سیستم هیدرولیکی

با توجه به شکل ۳ـ۱۲ سمت راست اگر در سیستم هیدرولیکی هوا وجود نداشته باشد به میزانی که پدال فشرده می‌شود و پیستون a به سمت جلو حرکت می‌کند، پیستون b نیز به همان میزان حرکت داده می‌شود. اما مطابق شکل سمت چپ زمانی که هوا در سیستم وجود داشته باشد حرکت پیستون a صرف فشرده شدن هوا در سیستم شده و در نتیجه پیستون b حرکتی نمی‌کند.

بحث کلاسی

ترتیب هواگیری به منظور اطمینان از خروج تمام هوای سیستم بر اساس شکل ۳ـ۱۴ چگونه است؟

۱ A
۲ B
۳ C
۴ D

بحث کلاسی

با استفاده از کتاب راهنمای تعمیرات خودرو و استفاده از مطالب ذکر شده روش رفع عیوب جدول زیر را یافته و در گزارشی به کلاس ارایه کنید.

عیب موجود	کنترل علت احتمالی	روش رفع عیب
ترمز ضعیف است	نشت کردن مایع ترمز وجود هوا در سیستم هیدرولیک ترمز خرابی سیلندر چرخ یا پمپ اصلی خرابی بوستر خرابی سوپاپ یک‌طرفه بوستر آسیب‌دیدگی شیلنگ خلأ بوستر خراب شدن شیلنگ‌های ترمز	اجزای سیلندرهای ترمز کاسه‌ای و دیسکی و یا بوستر را تعمیر و یا تعویض کنید
در هنگام ترمزگیری یکی از چرخ‌ها به یک طرف کشیده می‌شود	وجود مایع ترمز بر روی لنت عدم عملکرد صحیح سیلندر چرخ تنظیم غلط لقی اولیه و یا سائیدگی بلبرینگ چرخ عدم تنظیم صحیح زوایای چرخ عدم تنظیم فشار باد لاستیک‌ها	اجزای سیلندر ترمز کاسه‌ای و دیسکی را تعمیر و یا تعویض کنید. بلبرینگ چرخ تنظیم و یا تعویض شود. زوایای چرخ و فشار باد تایر تنظیم شود.
ترمزها آزاد نمی‌شوند.	عدم تنظیم صحیح میله فشاری پمپ اصلی مسدود شدن سوراخ‌های برگشت پمپ اصلی آزاد نشدن کفشک برگشت نامناسب سیلندر چرخ برگشت نامناسب پیستون کالیپر تابیدگی بیش از حد دیسک ترمز تنظیم غلط لقی اولیه بلبرینگ چرخ	اجزای سیلندر ترمز کاسه‌ای و دیسکی را تعمیر و یا تعویض کنید. مکانیزم کفشک‌ها و دیسک بررسی و تعمیر شوند. بلبرینگ چرخ تنظیم شود.

بحث کلاسی

ـ با توجه به شکل ۳ـ۲۶ طرز کار دو نوع مختلف سیلندر ترمز چرخ نشان داده شده را در کلاس به بحث بگذارید.
ـ پس از اتمام عمل ترمزگیری کفشک‌ها چگونه به حالت اولیه خود برمی‌گردند.

ورود مایع هیدرولیک ترمز به داخل سیلندر ترمز چرخ و اعمال فشار به پیستون‌ها، باعث دور شدن آنها از یکدیگر می‌شود. این عمل باعث فاصله گرفتن کفشک‌ها از یکدیگر و درگیر شدن آنها با کاسه چرخ می‌شود تا عمل ترمزگیری صورت پذیرد. با اتمام عمل ترمزگیری نیز، همان‌گونه که پیشتر بیان شد، کفشک‌ها تحت تأثیر نیروی فنر برگردان کفشک‌ها به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. به منظور جلوگیری از نشت مایع هیدرولیک از داخل سیلندر چرخ به بیرون، از دو عدد تشتکی آب‌بندی استفاده می‌شود. مطابق شکل الف، از دو عدد فرم‌دهنده لاستیک تشتکی استفاده شده است. با استفاده از این فرم‌دهنده‌ها، لبه‌های لاستیک‌های تشتکی به جداره داخلی سیلندر نیرو اعمال می‌کنند که باعث آب‌بندی مناسب می‌شوند و بنابراین مانع از نشت مایع هیدرولیک ترمز می‌گردند.
در شکل ب، به دلیل آنکه لاستیک‌های تشتکی بر روی پیستون‌ها نصب شده‌اند، نیازی به فرم‌دهنده لاستیک تشتکی نیست و در این حالت با اعمال نیرو از لاستیک‌های تشتکی به جداره داخلی سیلندر چرخ، آب‌بندی صورت می‌پذیرد و از نشت مایع هیدرولیک ترمز جلوگیری می‌شود.

بحث کلاسی

طرز عملکرد شیر تنظیم فشار در شکل‌های ۳ـ۲۹ و ۳ـ۳۰ را به بحث بگذارید.

بحث کلاسی

با توجه به فرمول محاسبه لغزش طولی جدول زیر را تکمیل نمایید.

ردیف	سرعت خطی خودرو	سرعت خطی تایر	مقدار لغزش
۱	۱۰۰ km/h	۱۰۰ km/h	۰
۲	۱۰۰ km/h	۰ km/h	۱۰۰
۳	۱۰۰ km/h	۳۰ km/h	۷۰

ارزشیابی پودمان: تعمیر مجموعه ترمز هیدرولیکی

۱ رفع عیب بدون بازکردن اجزا هیدرولیکی از روی خودرو

شاخص	معیار سطح ۱	معیار سطح ۲	معیار سطح ۳
بررسی ظاهری و نشتی‌یابی	کمتر از ۷۰٪ نقاط ممکن (بررسی نشتی‌ها ◯)	بیش از ۷۰٪ نقاط ممکن (بررسی نشتی‌ها ـ شکستگی ترک ـ لهیدگی ◯)	بیش از ۹۰٪ نقاط ممکن (بررسی نشتی‌ها ـ شکستگی ترک ـ لهیدگی ـ تاب داشتن ◯)
گشتاورسنجی اتصالات با استفاده از ابزار دقیق و مخصوص	کمتر از ۵۰٪ ◯	بیش از ۷۰٪ ◯	بیش از ۹۰٪ ◯
سرریز مایع ترمز		سرریز مایع با انتخاب نوع مناسب ◯	
تعویض مایع ترمز و عیب‌یابی و تعویض سوپاپ بوستر و شیلنگ مربوطه		تعویض مایع ترمز بر اساس یکی از روش‌ها ـ تعویض سوپاپ و شیلنگ بوستر ◯	تعویض مایع ترمز بر اساس یکی از روش‌ها ـ تعویض و عیب‌یابی سوپاپ و شیلنگ بوستر ◯
تکمیل چک لیست		بیش از ۷۰٪ ◯	بیش از ۹۰٪
سرعت عمل (استاندارد)			سریع‌تر از زمان تعیین شده ◯
۵s و زیست‌محیطی		بیش از ۷۰٪ ◯	بیش از ۹۰٪ ◯

روش ارزشیابی واحد کار

سطح ۱	انجام شاخص‌ها بر اساس معیار سطح ۱
سطح ۲	انجام تمام شاخص‌های مطابق معیارهای مشخص شده سطح ۲
سطح ۳	انجام حداقل ۳ شاخص بر اساس معیار سطح ۳

۲ تعویض بوستر و سیلندر ترمز

شاخص	معیار سطح ۱	معیار سطح ۲	معیار سطح ۳
آماده‌سازی خودرو		رعایت رویه آماده‌سازی باز کردن بوستر و سیلندر اصلی ـ ایمنی و تخلیه روغن با توجه به کتاب راهنما (بیش از ۷۰٪ موارد) ◯	رعایت رویه آماده‌سازی باز کردن بوستر و سیلندر اصلی ـ ایمنی و تخلیه روغن با توجه به کتاب راهنما (بیش از ۹۰٪ موارد) ◯
باز کردن سیلندر اصلی ترمز با استفاده از کتاب راهنمای تعمیرات	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۵۰٪) ◯	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۷۰٪) ◯	رعایت بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۹۰٪) ◯
باز کردن بوستر ترمز با استفاده از کتاب راهنمای تعمیرات	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۵۰٪) ◯	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۷۰٪) ◯	رعایت بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۹۰٪) ◯
تکمیل چک‌لیست			بیش از ۹۰٪ ◯
سرعت عمل (استاندارد)			سریع‌تر از زمان تعیین‌شده ◯
۵s و زیست‌محیطی		بیش از ۷۰٪ ◯	بیش از ۹۰٪ ◯

روش ارزشیابی واحد کار

سطح ۱	انجام شاخص‌ها بر اساس معیار سطح ۱
سطح ۲	انجام تمام شاخص‌های مطابق معیارهای مشخص شده سطح ۲
سطح ۳	انجام حداقل ۳ شاخص بر اساس معیار سطح ۳

۳ تعویض کالیپر چرخ

	معیار سطح ۱	معیار سطح ۲	معیار سطح ۳
باز کردن کالیپر چرخ و بررسی اجزا	رعایت ترتیب باز کردن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۵۰٪) ◯	رعایت ترتیب باز کردن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۷۰٪) ◯	رعایت باز کردن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۹۰٪) ◯
بستن کالیپر چرخ	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۵۰٪) ◯	رعایت ترتیب بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۷۰٪) ◯	رعایت بستن و نشانه‌گذاری (کمتر از ۹۰٪) ◯
بررسی نهایی		بررسی لقی چهار شاخه ـ بررسی لنگی استاتیکی ◯	بررسی لقی چهار شاخه ـ بررسی لنگی استاتیکی و دینامیکی ◯
تکمیل چک لیست			بیش از ۹۰٪ ◯
سرعت عمل (استاندارد)			سریع‌تر از زمان تعیین شده ◯
۵s و زیست‌محیطی		بیش از ۷۰٪ ◯	بیش از ۹۰٪ ◯

روش ارزشیابی واحد کار

سطح ۱	انجام شاخص‌ها بر اساس معیار سطح ۱
سطح ۲	انجام تمام شاخص‌های مطابق معیارهای مشخص شده سطح ۲
سطح ۳	انجام حداقل ۴ شاخص بر اساس معیار سطح ۳

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی	نمره هنرجو
۱	رفع عیب بدون بازکردن اجزای هیدرولیکی از روی خودرو	۲	
۲	تعویض بوستر و سیلندر ترمز	۲	
۳	تعویض کالیپر چرخ	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: با استفاده از لوازم ایمنی کار و رعایت نکات زیست‌محیطی و با در نظر گرفتن خطرات در فرایند انجام کار، اقدام به عیب‌یابی و رفع عیب دیفرانسیل کنید		۲	
میانگین نمرات			
حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			