

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# تکنولوژی شاسی و بدنه

رشته مکانیک خودرو

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۸۸۹

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@roshd.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وبگاه (وبسایت)

## وزارت آموزش و پرورش

### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : تکنولوژی شاسی و بدنه - ۴۸۹/۵

مؤلفان : صیاد نصیری، محمد سرکاری‌زواره، مهدی عابدینی و ولی‌الله رفیعی

اعضای کمیسیون تخصصی : عزیز خوشینی، داود نجف‌زاده نوبر، شهرام امینیان، کیومرث قاجاریه، بهنام نیک‌نژاد،

مرتضی نیازی و اصغر مددی

ویراستار ادبی : حسین داودی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۹۲۶۶-۸۸۳۰، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبسایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : لیدا نیک‌روش

رسام : مهدی دارایی

طراح جلد : مریم کیوان

صفحه‌آرا : زهره بهشتی شیرازی

حروفچین : سیده فاطمه محسنی، زهرا ایمانی نصر

مصحح : علی مظاهری نظری، حسین قاسم پورآقدم

امور آماده‌سازی خبر : فاطمه پزشکی

امور فنی رایانه‌ای : سیده‌شیوا شیخ‌الاسلامی، احمد رضا امینی

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

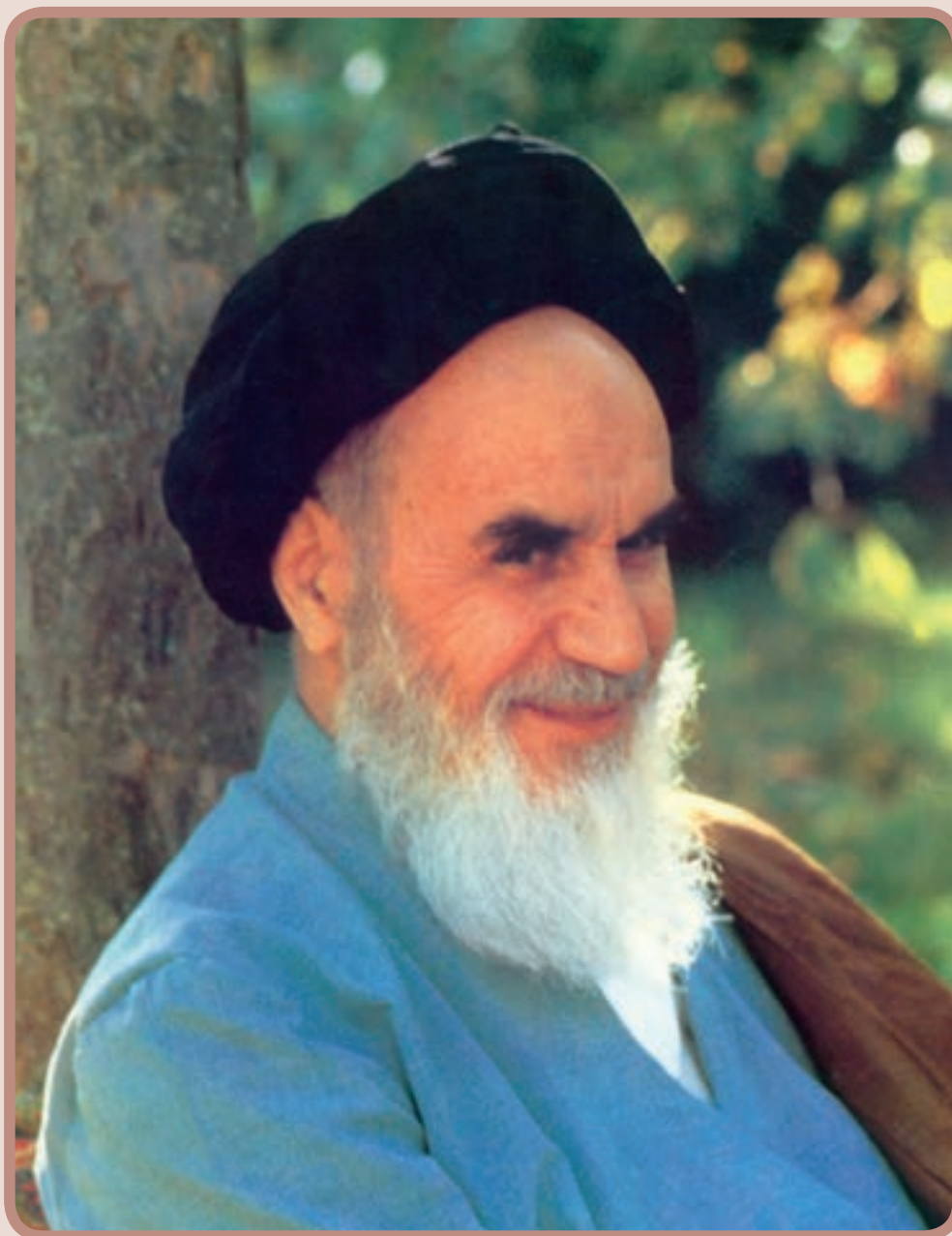
تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

جایگاه : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ سوم ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۳۵۳-۷ ISBN 978-964-05-2353-7



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور  
خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای  
به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشّریف»

# فهرست

فصل اول : سیستم انتقال قدرت ..... ۱

فصل دوم : کلاچ ..... ۶

فصل سوم : جعبه دنده ..... ۱۶

فصل چهارم : میل گاردان و مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» ..... ۴۸

فصل پنجم : جعبه دنده اتوماتیک ..... ۶۲

فصل ششم : شاسی، بدنه و رنگ ..... ۷۵

فصل هفتم : سیستم تعلیق ..... ۸۱

فصل هشتم : سیستم فرمان ..... ۱۱۶

فصل نهم : سیستم ترمز ..... ۱۳۷

فصل دهم : تایر ..... ۱۶۹

فصل یازدهم : سیستم های ایمنی خودرو ..... ۱۸۳

## سخنی با هنرجویان

امروزه کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌های زیست محیطی، افزایش پایداری خودرو، افزایش راحتی سرنشین و افزایش سطح ایمنی و امنیت خودرو از مهم‌ترین اهداف طراحان و پژوهشگران حوزه خودروهاست. در این بین نقش سیستم‌های انتقال قدرت، هدایت و کنترل شاسی و بدنه خودرو بی‌بدیل است. از این‌رو دستیابی به سطحی پرمحتوا از دانش فنی بخش‌های مختلف سیستم‌های مذکور، اولین گام اساسی به‌منظور نیل به سطوح بالاتر فناوری‌های در حال پیشرفت این سیستم‌هاست.

مجموعه حاضر با هدف ایجاد بستری مناسب جهت دستیابی به دانش فنی پایه سیستم‌های انتقال قدرت، هدایت و کنترل شاسی و بدنه خودرو تألیف شده است. به‌طوری‌که هنرجو با مطالعه این کتاب با مبانی اساسی سیستم‌های مذکور آشنا می‌گردد. این موضوع سبب خواهد شد تا ذهن هنرجو برای کسب اطلاعات مربوط به فناوری‌های پیشرفته سیستم‌های مذکور آمادگی لازم را پیدا کند و علاوه بر آن هنرجو بتواند با تکیه بر این دانش فنی، در حوزه خدمات فنی خودرو و مشاغل مرتبط، به‌عنوان یکی از مشاغل پُر رونق و مهم در دنیای صنعتی امروز، نقش مؤثر، علمی و منظمی ایفا نماید.

برای نیل به این مهم، مجموعه حاضر در دو بخش سیستم انتقال قدرت و سیستم‌های هدایت و کنترل و مجموعاً در یازده فصل چیدمان شده است. در فصل اول کلیات سیستم انتقال قدرت، در فصل دوم مکانیزم کلاچ، در فصل سوم جعبه دنده، در فصل چهارم میل‌گاردان و مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»، در فصل پنجم جعبه دنده اتوماتیک، در فصل ششم شاسی، بدنه و رنگ، در فصل هفتم سیستم تعلیق، در فصل هشتم سیستم فرمان، در فصل نهم سیستم ترمز، در فصل دهم تیر و در فصل یازدهم سیستم‌های ایمنی خودرو مورد بررسی قرار گرفته است.

لذا توصیه می‌شود هنرجویان عزیز، که سرمایه‌های اصلی کشورند، با توکل به خداوند متعال و با صبر و حوصله، مندرجات این مجموعه را به‌صورت کامل و دقیق مطالعه کنند تا از مطالب ارائه شده، درکی عمیق حاصل گردد و زمینه موفقیت‌های آتی آنان فراهم شود. از تمامی هنرآموزان پرتلاش و عزیز نیز تقاضا می‌شود با عنایت خاص، مؤلفین را از معایب و نارسایی‌های موجود در کتاب، که ممکن است از نظر دور مانده باشد، مطلع گردانند.

مؤلفین

زمستان ۱۳۹۲

## هدف کلی

شناخت اصول حاکم بر عملکرد مکانیزم شاسی، بدنه، سیستم انتقال قدرت و سیستم ایمنی خودروهای سبک

## سیستم انتقال قدرت

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- سیستم انتقال قدرت را تعریف کند.
- ۲- وظایف سیستم انتقال قدرت را نام ببرد.
- ۳- انواع سیستم انتقال قدرت را شرح دهد.
- ۴- مزایا و معایب انواع سیستم انتقال قدرت را شرح دهد.
- ۵- اجزای سیستم انتقال قدرت را نام ببرد.

### ۱-۱- سیستم انتقال قدرت

به مجموعه قطعات یا مکانیزم‌هایی که دور و گشتاور موتور را به چرخ‌های محرک خودرو انتقال می‌دهند «سیستم انتقال قدرت» گفته می‌شود. سیستم انتقال قدرت در حین انتقال توان موتور به چرخ‌های محرک، دارای وظایفی به شرح ذیل است :

- ۱- سیستم انتقال قدرت باید بتواند قطع و وصل انتقال توان بین موتور و جعبه‌دنده را انجام دهد. این عمل می‌تواند با مدیریت راننده یا به صورت اتوماتیک انجام گیرد (سیستم کلاچ).
- ۲- سیستم انتقال قدرت باید دور و گشتاور خروجی موتور را متناسب با شرایط رانندگی تغییر، و به چرخ‌های محرک خودرو انتقال دهد (جعبه‌دنده و گرداننده نهایی).
- ۳- چرخ‌های محرک خودرو، با توجه به دور ورودی یکسان به آنها، باید بتوانند دورهای متفاوتی، بنابر شرایط اصطکاک جاده و حرکت در مسیر پیچ جاده، داشته باشند (سیستم دیفرانسیل).

### ۱-۲- انواع سیستم انتقال قدرت

به‌طور کلی سیستم انتقال قدرت، با توجه به اینکه توان موتور به کدام یک از چرخ‌های خودرو منتقل می‌شود، به سه دسته محرک جلو<sup>۱</sup>، محرک عقب<sup>۲</sup> و چهارچرخ محرک<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود.

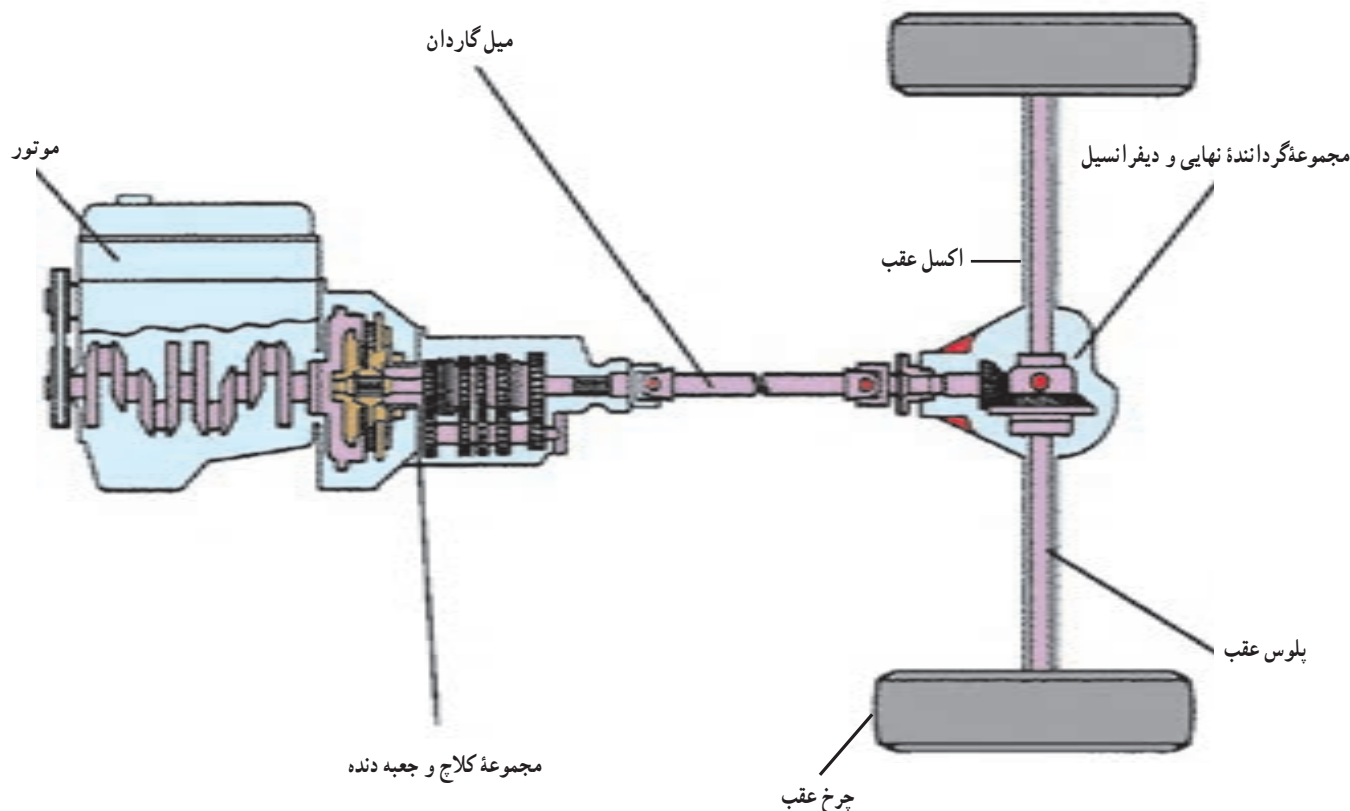
۱-۲-۱- سیستم انتقال قدرت محرک عقب : چنانچه توان موتور، مطابق شکل ۱-۱، به چرخ‌های عقب خودرو منتقل شود، خودرو را «محرک عقب» می‌نامند. این طرح دارای مزایا و معایبی به شرح ذیل است :

✱ مزایا

- ۱- توزیع وزن مناسب روی چرخ‌های جلو و عقب خودرو؛
- ۲- در این طرح انتقال قدرت، هنگام شتاب‌گیری خودرو، مقداری از بار عمودی از چرخ‌های جلو کاسته، و به چرخ‌های عقب منتقل می‌گردد. لذا نیروی اصطکاک بین چرخ‌های عقب

چرخ‌های محرک خودرو و جاده است، کاهش می‌یابد.  
۳- در این طرح فضای مناسبی جهت قرارگیری سیستم تعلیق و فرمان در چرخ‌های جلو وجود دارد.

و زمین زیاد می‌شود و لغزش بین چرخ و زمین کاهش می‌یابد.  
از این رو توان بیشتری از موتور صرف شتاب‌گیری خودرو می‌گردد و مقدار هدر رفتِ توان موتور، که به‌صورت لغزش، بین



شکل ۱-۱ - نحوه قرارگیری موتور و سیستم انتقال قدرت در خودروی محرک عقب

۳- به علت افزایش مسیر انتقال قدرت و استفاده از چرخ‌دنده‌های مخروطی در اکسل عقب علاوه بر اینکه افت توان موتور جهت انتقال به چرخ‌های عقب نسبت به طرح‌های دیگر بیشتر می‌باشد. هزینه تولید و تنظیم دنده‌های مخروطی نیز افزایش می‌یابد.  
۲-۱-۲- سیستم انتقال قدرت محرک جلو : در برخی از خودروهای سواری از طرح انتقال قدرت، مانند شکل ۲-۱، استفاده شده است که طرح «محرک جلو» نامیده می‌شود.  
این طرح دارای مزایا و معایبی به شرح ذیل است :

#### ❖ مزایا

۱- در این طرح با حذف میل گاردان مسیر انتقال قدرت

#### ❖ معایب

۱- به‌خاطر وجود میل‌گاردان و گرداننده نهایی در اکسل عقب خودرو، خط انتقال قدرت طولانی شده و علاوه بر اینکه وزن مجموعه انتقال قدرت و خودرو افزایش یافته، به تبع آن مصرف سوخت نیز افزایش می‌یابد، همچنین با وجود دوران میل‌گاردان در زوایای مختلف ارتعاش تولید شده، که این وضعیت از راحتی سرنشین می‌کاهد.

۲- به‌علت وجود تونل میل‌گاردان و خط انتقال قدرت در زیر بدنه طولی خودرو علاوه بر کاهش فضای سرنشین، راحتی آن نیز کاهش می‌یابد.



### ❖ معایب

۱- به دلیل قرار گرفتن موتور و سیستم انتقال قدرت در قسمت جلوی خودرو، فضای مناسبی برای قرار گرفتن سیستم تعلیق و فرمان وجود ندارد، در نتیجه محدودیت‌هایی برای طراحی ایجاد می‌کند.

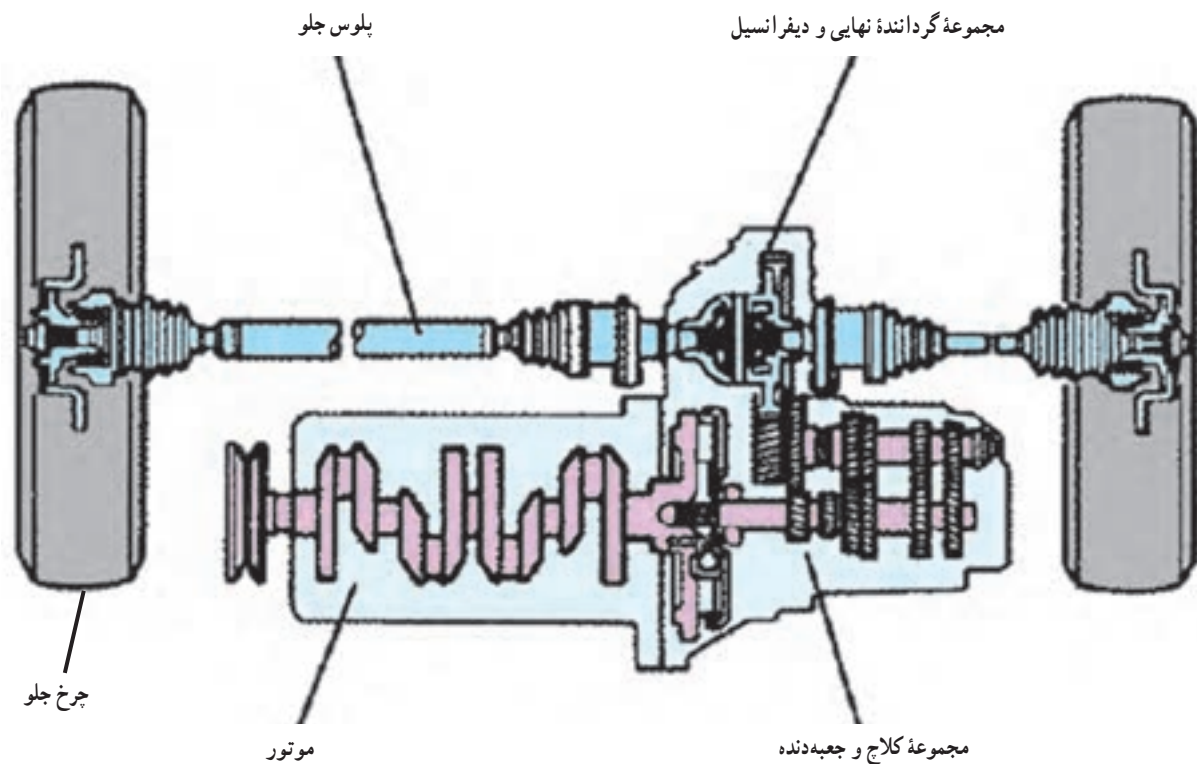
۲- در این طرح هنگام شتاب‌گیری مقداری از بار عمودی چرخ‌های جلو کاهش می‌یابد و به چرخ‌های عقب منتقل می‌شود. لذا با کاهش نیروی عمودی روی چرخ‌های جلو، نیروی اصطکاک بین چرخ‌های جلو و زمین کاهش می‌یابد و مقداری از توان موتور، به دلیل لغزش بین چرخ‌های جلو و زمین، از بین می‌رود. از این رو خودروی محرک جلو، نسبت به خودروی محرک عقب، دارای شتاب‌گیری ضعیف‌تر بوده و هدررفتِ توان موتور در محل تماس چرخ‌های محرک خودرو با زمین زیادتر است، که این موضوع باعث افزایش سایش تایرهای جلو نیز می‌شود.

کوتاه‌تر شده که علاوه بر کاهش وزن مجموعه انتقال قدرت و در نتیجه خودرو، ارتعاشات میل‌گاردان حذف گردیده که این امر منجر به افزایش راحتی سرنشین و کاهش استهلاک قطعات خودرو می‌شود.

۲- در طرح محرک جلو، به دلیل هم راستا بودن موتور (که به صورت عرضی قرار گرفته است) با محور انتقال توان به چرخ‌های محرک (پلوس‌ها) در گرداننده نهایی، از چرخ‌دنده‌های ساده‌تر استفاده شده که به کاهش هزینه تولید و آسان‌تر شدن تعمیرات و تنظیمات منجر شده است.

۳- در این طرح به دلیل کاهش مسیر انتقال توان در جعبه دنده و عدم استفاده از چرخ‌دنده‌های مخروطی در گرداننده نهایی اتلاف توان منتقل شده به چرخ‌های محرک کاهش می‌یابد.

۴- به دلیل فرمان‌پذیر بودن چرخ‌های محرک، کنترل و هدایت خودرو خصوصاً در جاده‌های لغزنده بهتر و ایمن‌تر صورت می‌گیرد.

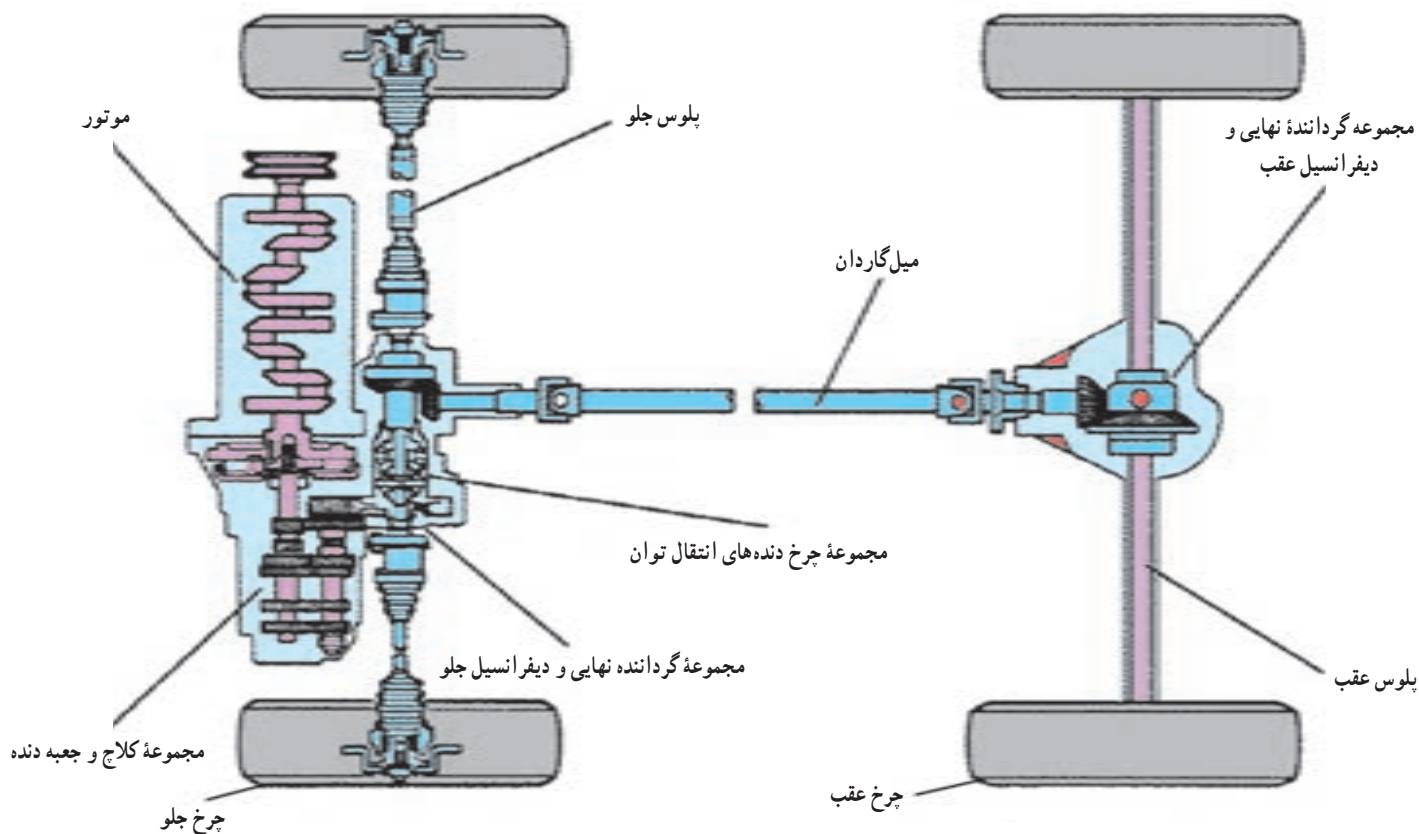


شکل ۲-۱ - نحوه قرارگیری موتور و سیستم انتقال قدرت در خودروی محرک جلو

جعبه دنده انتقال و میل گاردان به دیفرانسیل جلو و عقب منتقل می شود. این طرح انتقال توان، دارای مزایای خودروهای عقب محرک و جلو محرک است و عیب آن سنگینی، افزایش تعداد قطعات و بالا بودن هزینه طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیر و مصرف سوخت بالاتر است.

### ۳-۲-۱- سیستم انتقال قدرت چهار چرخ محرک :

چنانچه توان موتور، مطابق شکل ۳-۱ به هر چهار چرخ خودرو منتقل شود، خودرو را «چهار چرخ محرک» می نامند. همان گونه که ملاحظه می شود، موتور و جعبه دنده به صورت عرضی در خودرو قرار گرفته اند. در این طرح توان موتور توسط یک



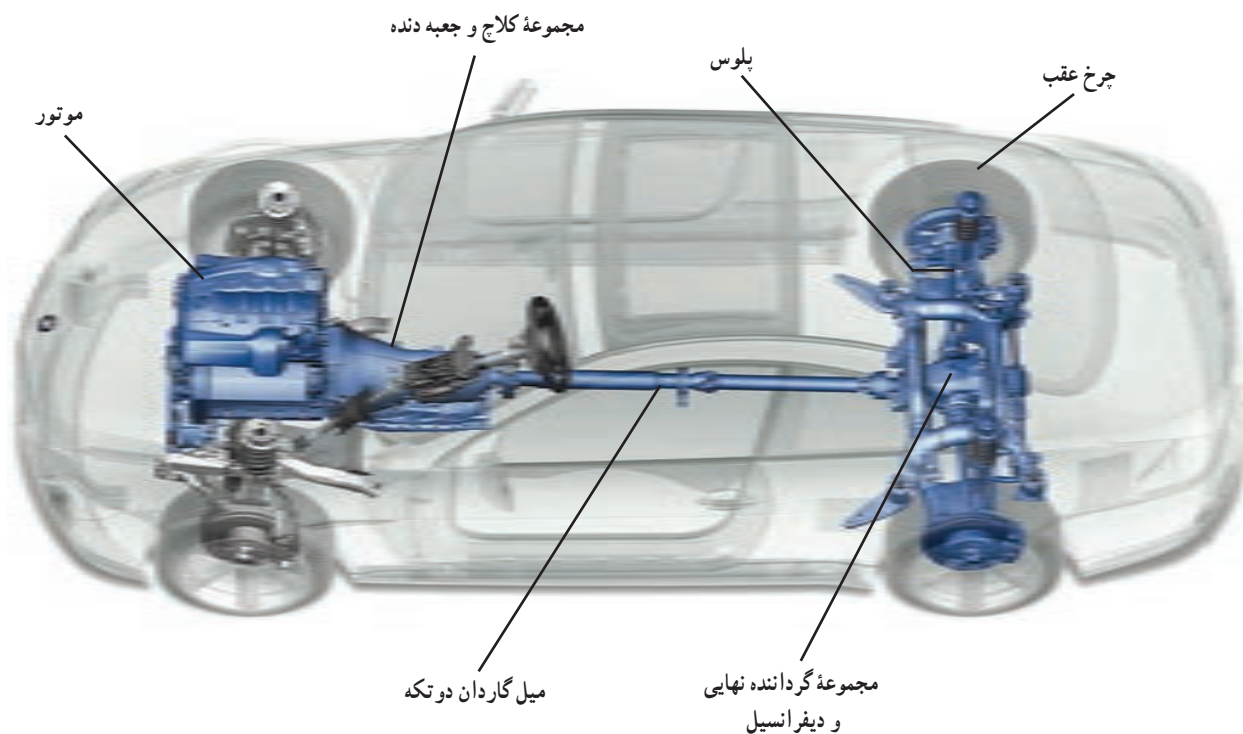
شکل ۳-۱ - نحوه قرارگیری موتور و سیستم انتقال قدرت در خودروی چهار چرخ محرک

- ۴- میل گاردان، که از آن در خودروهای محرک عقب برای انتقال توان به چرخ های عقب و در خودروهای چهار چرخ محرک برای انتقال توان به چرخ های عقب و جلو (اگر موتور به صورت طولی نصب شده باشد) استفاده می شود؛
- ۵- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»؛
- ۶- محور انتقال توان به چرخ ها (پلوس ها)؛
- ۷- چرخ های محرک.

### ۳-۱- ترتیب قطعات در سیستم انتقال قدرت

با توجه به شکل ۴-۱، ترتیب قطعات در سیستم انتقال قدرت، به طور کلی به صورت زیر است :

- ۱- سیستم کلاچ؛
- ۲- جعبه دنده؛
- ۳- جعبه دنده کمک، که منحصرأ برای خودروهای چهار چرخ محرک است؛



شکل ۴-۱ - ترتیب قطعات در سیستم انتقال قدرت

## آزمون پایانی

- ۱- سیستم انتقال قدرت را تعریف کنید.
- ۲- وظایف سیستم انتقال قدرت را نام ببرید.
- ۳- معایب سیستم انتقال قدرت محرک عقب را بیان کنید.
- ۴- سیستم انتقال قدرت چهار چرخ محرک را توضیح دهید.

## کلاچ

هدف های رفتاری : از هنرجو انتظار می رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- کلاچ را تعریف کند.
- ۲- وظایف کلاچ را شرح دهد.
- ۳- انواع کلاچ را نام ببرد.
- ۴- اجزای کلاچ را شرح دهد.
- ۵- اجزای صفحه کلاچ را شرح دهد.
- ۶- اجزای مجموعه دیسک کلاچ را شرح دهد.
- ۷- انواع دیسک کلاچ را نام ببرد.
- ۸- مکانیزم فرمان کلاچ را تعریف کند.
- ۹- انواع مکانیزم فرمان کلاچ را نام ببرد.

۳- در زمان توقف خودرو، با کلاچ گرفتن از خاموش شدن خودرو جلوگیری می شود.

۴- حرکت آرام و تدریجی در شروع حرکت خودرو

### ۲-۲- انواع کلاچ

انواع کلاچ های مورد استفاده در خودروهای سواری به شرح زیر است :

۱- کلاچ اصطکاکی خشک تک صفحه ای و دو صفحه ای، که معمولاً از آن در خودروهای مجهز به جعبه دنده دستی استفاده می شود.

۲- کلاچ چند صفحه ای، که معمولاً از آن در موتورسیکلت ها و بعضی از وسایل نقلیه سنگین استفاده می شود. البته کلاچ چند صفحه ای روغنی در جعبه دنده های اتوماتیک نیز کاربرد دارد، ولی در این بخش، استفاده از این کلاچ ها به عنوان

### ۱-۲- تعریف کلاچ (نحوه ارتباط موتور با سیستم انتقال قدرت)

ارتباط موتور با سیستم انتقال قدرت باید به صورت موقت باشد تا بتوان در شرایط مورد نیاز (مانند راه اندازی موتور یا برای تعویض دنده) انتقال توان بین موتور و جعبه دنده را قطع یا وصل نمود. تجهیزاتی که به این منظور در خودروها به کار می رود «کلاچ» نامیده می شود.

قطع و وصل ارتباط موتور با سیستم انتقال قدرت توسط کلاچ به دلایل ذیل ضروری است :

- ۱- هنگام راه اندازی موتور (استارت زدن برای روشن شدن موتور) با کلاچ گرفتن، بار سیستم انتقال قدرت از روی موتور برداشته می شود و موتور به راحتی روشن می گردد.
- ۲- هنگام تعویض دنده با کلاچ گرفتن، بار از روی جعبه دنده برداشته می شود و دنده به راحتی تعویض می گردد.

«کلاچ اصلی» خودرو مدّ نظر بوده است.

۳- کوپلینگ هیدرولیکی؛

۴- مبدل گشتاور، که از آن در اکثر خودروهای مجهز به

جعبه دنده اتوماتیک استفاده می‌شود؛

۵- کلاچ الکترومغناطیسی.

### ۳-۲- کلاچ اصطکاکی خشک تک صفحه‌ای

کلاچ مکانیزمی است که وظیفه قطع و وصل دور و گشتاور

بین موتور و جعبه دنده را بر عهده دارد و قادر است این عمل را

در تمامی دورهای موتور انجام دهد. در خودروهای مجهز به

جعبه دنده دستی معمولاً از کلاچ اصطکاکی خشک تک صفحه‌ای استفاده می‌شود که از نیروی اصطکاک برای انتقال توان بین موتور و جعبه دنده استفاده می‌کند.

به این صورت که قطعه‌ای به نام صفحه کلاچ، که دوطرف آن لنت اصطکاکی پرچ شده است، بین دیسک کلاچ و فلاپویل، تحت فشار قرار دارد. از این نیروی اصطکاک ایجاد شده بین سطوح لنت صفحه کلاچ، دیسک و فلاپویل، باعث انتقال توان موتور به شفت ورودی جعبه دنده می‌شود. البته در هر زمان و در هر دور موتوری می‌توان با فشار دادن پدال کلاچ این انتقال توان را قطع کرد، که در ادامه به توضیح آن پرداخته خواهد شد.

نکته: زمانی که دو جسم با هم در تماس‌اند، در سطح تماس آنها نیروی مقاومتی در مقابل حرکت نسبی دو جسم نسبت به یکدیگر وجود دارد که «نیروی اصطکاک» نامیده می‌شود.

شکل ۱-۲ نمایی از اجزای مجموعه کلاچ خشک

تک صفحه‌ای را نشان داده است. با توجه به این شکل، مجموعه

کلاچ خشک تک صفحه‌ای را می‌توان به چهار بخش اصلی

تقسیم نمود که عبارت‌اند از:

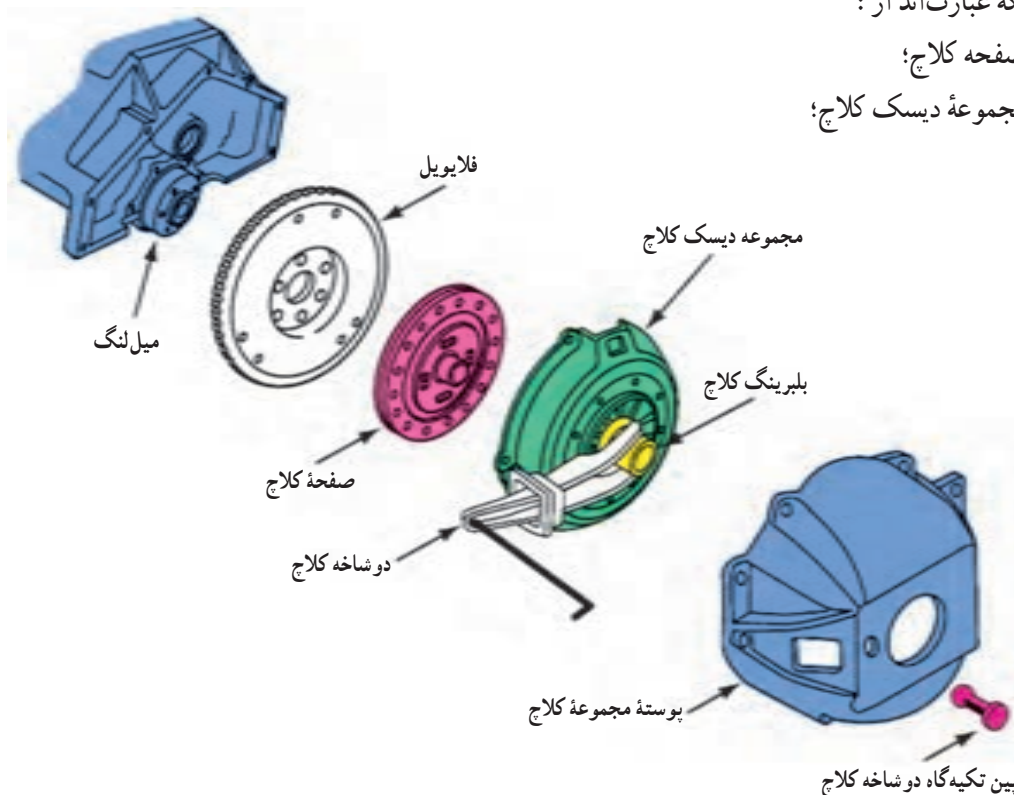
۱- صفحه کلاچ؛

۲- مجموعه دیسک کلاچ؛

۳- اهرم آزادسازی (دوشاخه کلاچ) و بلبرینگ کلاچ؛

۴- فلاپویل، که دارای سطح اصطکاکی می‌باشد و مجموعه

دیسک کلاچ به وسیله پیچ به آن وصل می‌شود.



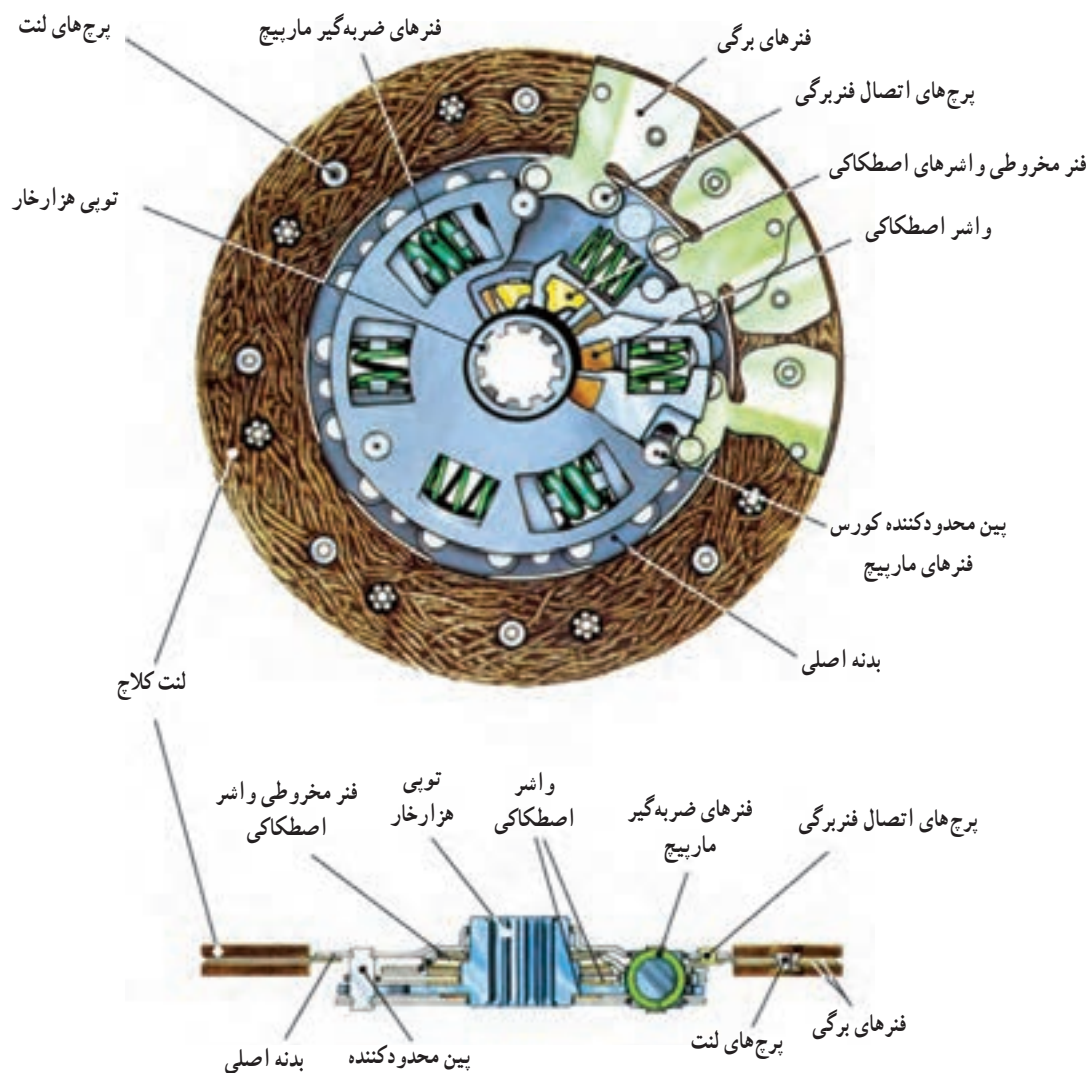
شکل ۱-۲- اجزای مجموعه کلاچ خشک تک صفحه‌ای با فنر دیافراگمی (فنر خورشیدی)



## ۴-۲- صفحه کلاچ

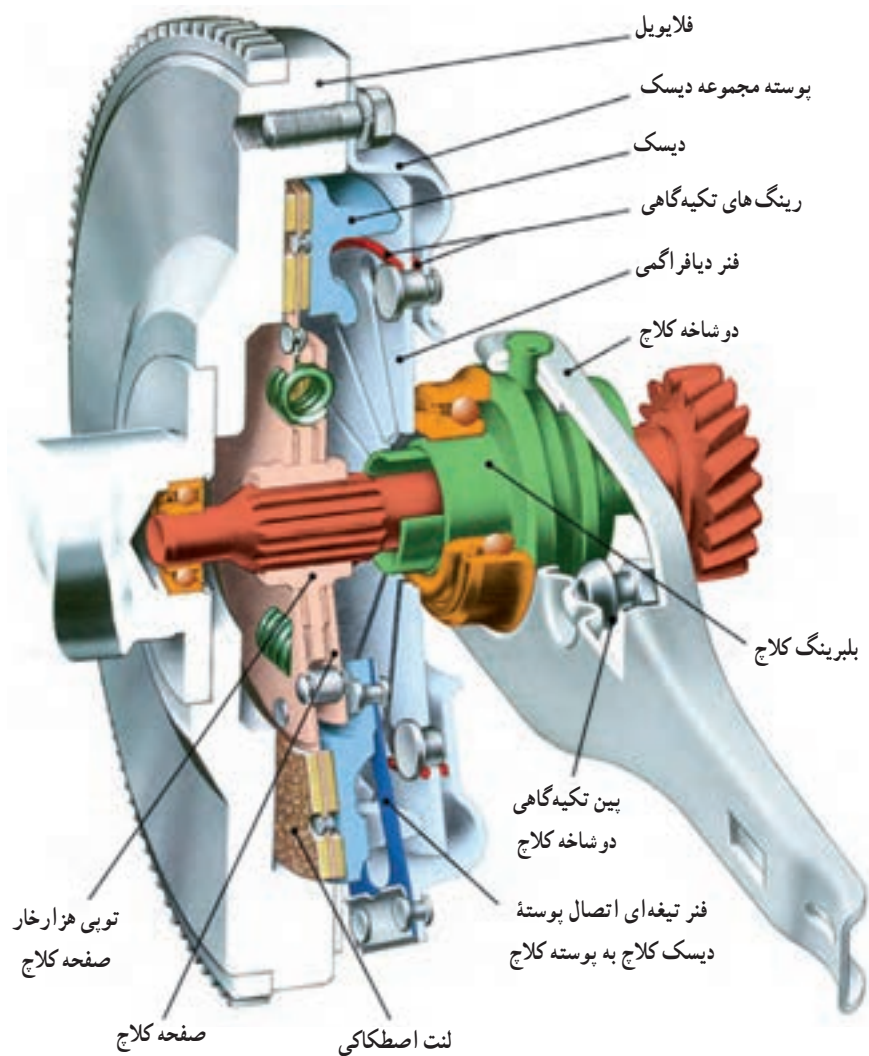
به گونه ای که با دوران فلاپیول و دیسک، بین سطوح آنها با لنت های دو طرف صفحه کلاچ اصطکاک ایجاد می شود. این نیروی اصطکاک عامل انتقال توان به صفحه کلاچ است. از طرفی صفحه کلاچ، توسط تویی هزارخار روی شفت ورودی جعبه دنده قرار گرفته است. از این رو صفحه کلاچ دور و گشتاور فلاپیول را به شفت ورودی جعبه دنده منتقل می کند.

یکی از بخش های اصلی مکانیزم کلاچ اصطکاکی، که در شکل ۲-۲ نشان داده شده، صفحه کلاچ<sup>۱</sup> است. همان گونه که ملاحظه می شود، این قطعه از یک بدنه فلزی تشکیل شده است که در دو طرف آن لنت های اصطکاکی پرچ شده اند. این سطوح اصطکاکی با سطوح فلاپیول و دیسک کلاچ در تماس اند.



شکل ۲-۲- صفحه کلاچ

شکل ۲-۳ نحوه قرارگیری صفحه کلاچ را در مکانیزم کلاچ نشان داده است.

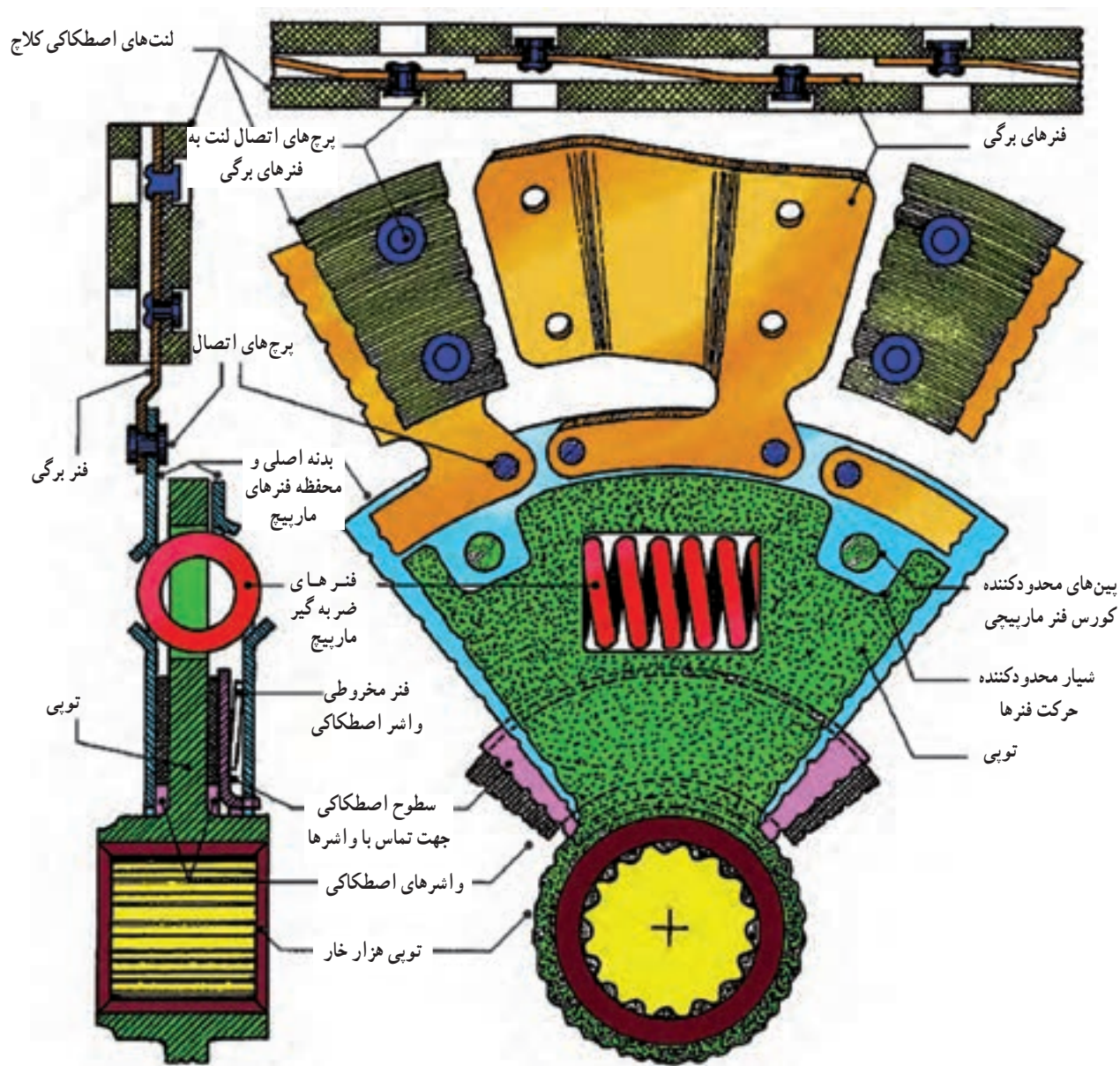


شکل ۲-۳ نحوه قرارگیری صفحه کلاچ در مجموعه کلاچ

منظور مستهلک کردن این ارتعاشات و انتقال یکنواخت تر توان به شفت ورودی جعبه دنده، استفاده شده است.

شکل ۲-۴ مقطع برش خورده صفحه کلاچ را نشان داده است. همان گونه که ملاحظه می شود، هرکدام از لنت ها توسط پرچ های مجزا به فنر های برگی متصل شده و باعث حفظ انحنای فنر های برگی شده اند.

هنگام قطع و وصل توان بین موتور و سیستم انتقال قدرت و همچنین در زمان تغییر دور موتور، ارتعاشاتی در صفحه کلاچ ایجاد می شود که می تواند سبب استهلاک اجزای سیستم انتقال قدرت و ناراحتی سر نشین شود. از این رو در ساختمان صفحه کلاچ، از فنر های برگی و فنر های مارپیچ، به منظور جذب این ضربات و ارتعاشات و از قطعاتی اصطکاکی بین اجزای داخل صفحه کلاچ به



شکل ۴-۲- مقطع برش خورده صفحه کلاچ

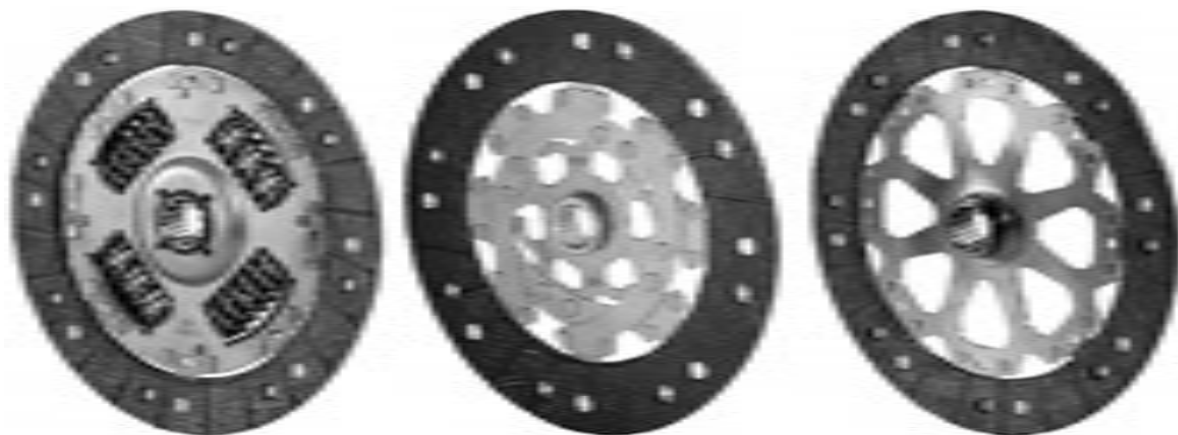
انتقال دور و گشتاور از فلاپویل و دیسک به صفحه کلاچ است، ایجاد می شود. این دور و گشتاور از لنت های اصطکاکی توسط پرچ ها به فنرهای برگ انتقال می یابد. فنرهای برگ توسط پرچ هایی به بدنه اصلی صفحه کلاچ پرچ شده اند. از این رو دور و گشتاور را به بدنه اصلی صفحه کلاچ و محفظه فنرهای مارپیچ انتقال می دهند. دور و گشتاور از طریق فنرهای مارپیچ به فلانچ و توبی هزار خار مرکز صفحه کلاچ و از آنجا به شفت ورودی جعبه دنده منتقل می شود.

هنگامی که نیروی فنر دیافراگمی از طریق دیسک کلاچ به سطح صفحه کلاچ منتقل می شود، فنرهای برگ که دارای انحنا هستند، مسطح می شوند و مقداری از نیروی محوری وارد شده از طرف دیسک را جذب می کنند، که به درگیری مرحله ای و بدون ضربه صفحه کلاچ با سطوح دیسک و فلاپویل می انجامد. با تماس سطوح دیسک کلاچ و فلاپویل بالنت های اصطکاکی دو طرف صفحه کلاچ، نیروی اصطکاکی بین این سطوح که عامل



ایجاد اصطکاک با تویی هزارخار و بدنه صفحه کلاچ ارتعاشات ایجاد شده در فنرهای مارپیچ را خنثی می کنند. طرح هایی از صفحه کلاچ های مورد استفاده در خودروهای سواری در شکل ۲-۵ قابل ملاحظه است.

با توجه به شکل ۲-۴ ملاحظه می شود که از دو واشر اصطکاکی در دو سمت تویی هزارخار استفاده شده است. وجود این دو واشر اصطکاکی باعث می شود که ارتعاشات جذب شده توسط فنرهای مارپیچ مستهلک و خنثی شود. بنابراین واشرها با



صفحه کلاچ با فنرهای مارپیچ

صفحه کلاچ با بدنه چندپارچه (انعطاف پذیر)

صفحه کلاچ با بدنه یکپارچه

شکل ۲-۵ - چند طرح از صفحه کلاچ های مورد استفاده در خودروهای سواری

## ۲-۵- لنت های اصطکاکی صفحه کلاچ

صفحه کلاچ و انتقال توان موتور به شفت ورودی جعبه دنده شود. البته در مواقع لزوم، با اعمال نیرو به پدال کلاچ، این نیروی محوری حذف، و صفحه کلاچ آزاد می شود و انتقال توان به شفت ورودی جعبه دنده قطع می گردد.

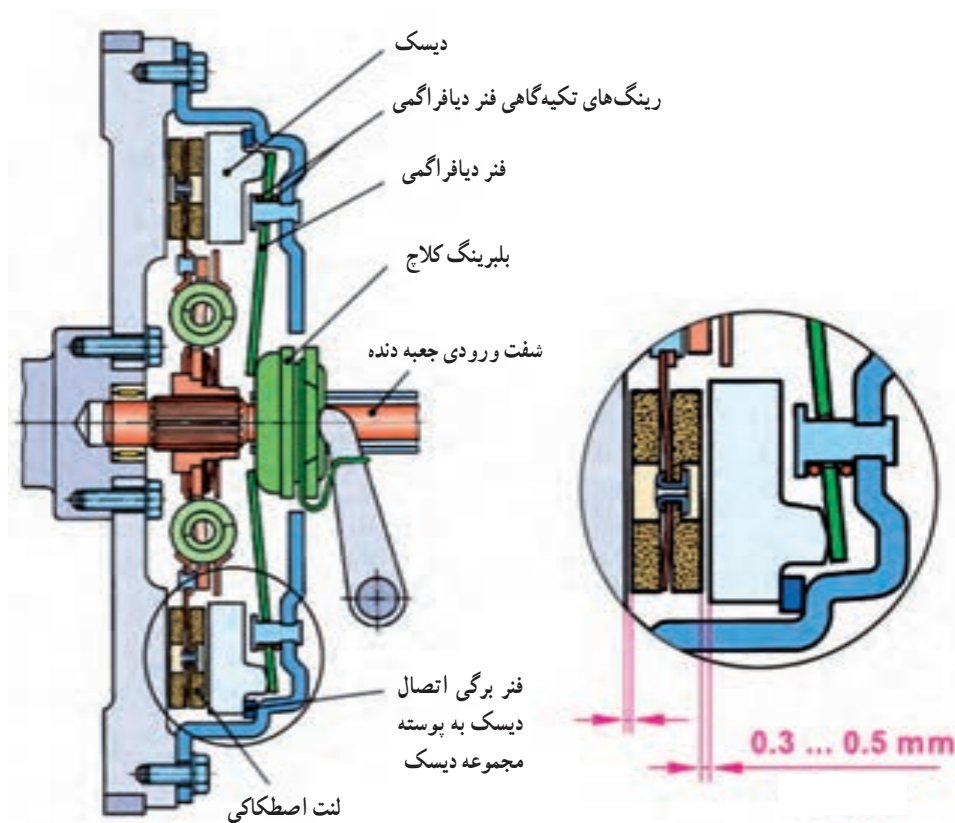
با توجه به شکل ۲-۷، مجموعه دیسک کلاچ توسط پیچ هایی به فلاپویل بسته می شود. بنابراین با دوران فلاپویل مجموعه دیسک کلاچ نیز دوران خواهد کرد. پشت دیسک کلاچ فنری وجود دارد که می تواند از نوع فنر مارپیچ یا فنر دیافراگمی باشد. البته امروزه اکثر خودروهای سواری دارای مجموعه کلاچ با فنر دیافراگمی هستند. زیرا این مجموعه ها وزن کمتری دارند، فضای کمتری اشغال می کنند، نیازی به تنظیم نیز ندارند و دارای قطعات کمتر با قیمت تمام شده کمتری می باشند. شکل ۲-۷ مجموعه دیسک کلاچ با فنر دیافراگمی را نشان می دهد.

پوشش اصطکاکی یا لنت صفحه کلاچ، می تواند از جنس مواد فلزی یا کربنی باشد. امروزه استفاده از لنت های آزیستی به دلیل سمی بودن آنها و ایجاد مشکلات زیست محیطی ممنوع شده است.

به منظور جلوگیری از چسبیدن صفحه کلاچ به سطوح فلاپویل و دیسک کلاچ و همچنین جلوگیری از خروج ذرات ناشی از سایش لنت، شیارهایی بر روی سطوح لنت ها ایجاد شده که در خنک کاری مجموعه کلاچ نیز تأثیرگذار است.

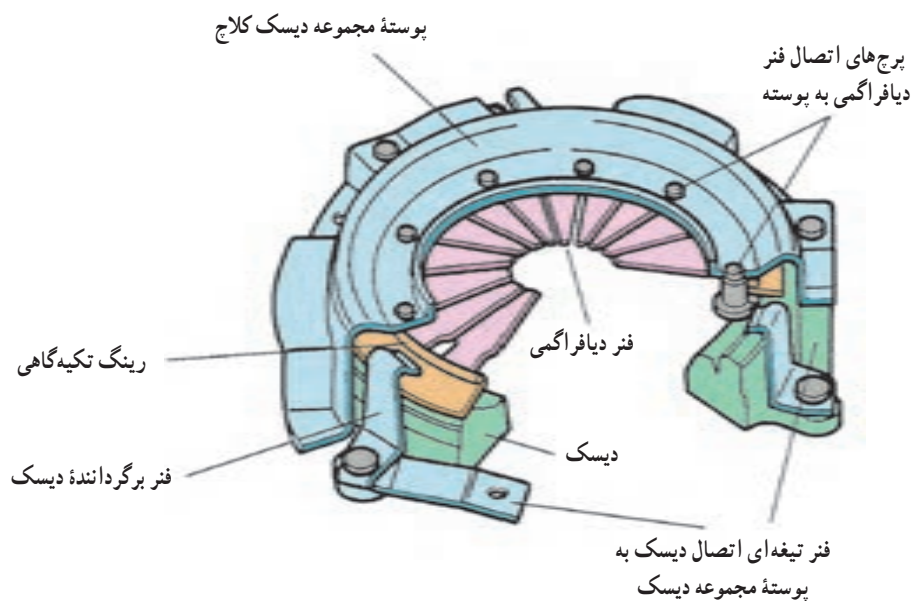
## ۲-۶- مجموعه دیسک کلاچ

وظیفه مجموعه دیسک کلاچ اعمال نیروی محوری به صفحه کلاچ است (شکل ۲-۶). به گونه ای که سطوح اصطکاکی صفحه کلاچ با فشار زیاد با سطوح دیسک کلاچ و فلاپویل در تماس باشد و باعث ایجاد نیروی اصطکاکی، در



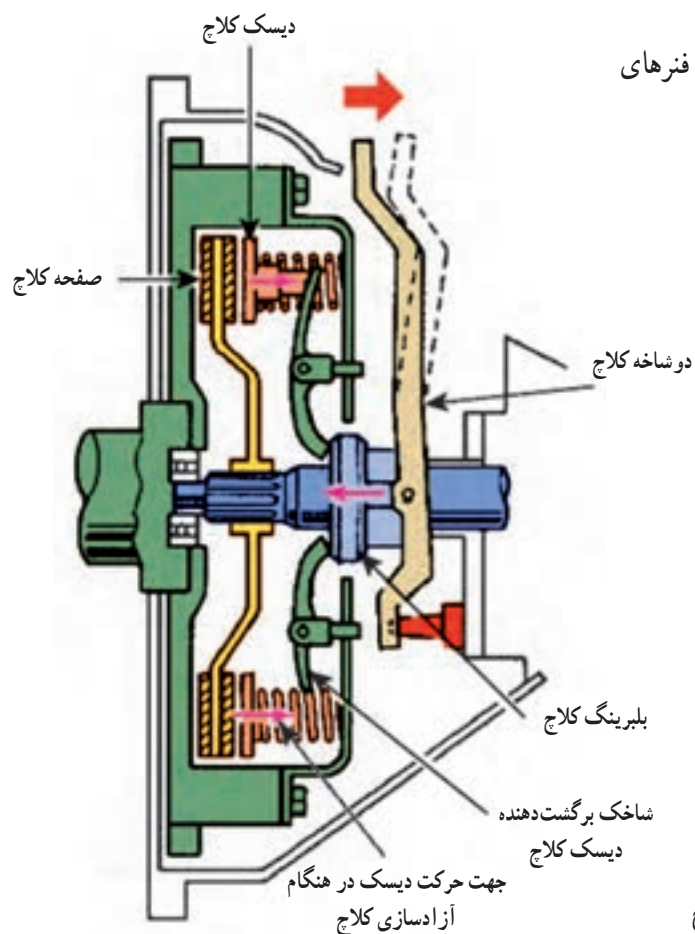
فاصله هوایی بین صفحه کلاچ و دیسک هنگام آزادسازی کلاچ

شکل ۲-۶- مجموعه کلاچ



شکل ۲-۷- مجموعه دیسک کلاچ با فنر دیافراگمی

شکل ۲-۸ مقطع برش خورده مجموعه کلاچ با فنرهای مارپیچ را نشان می‌دهد.

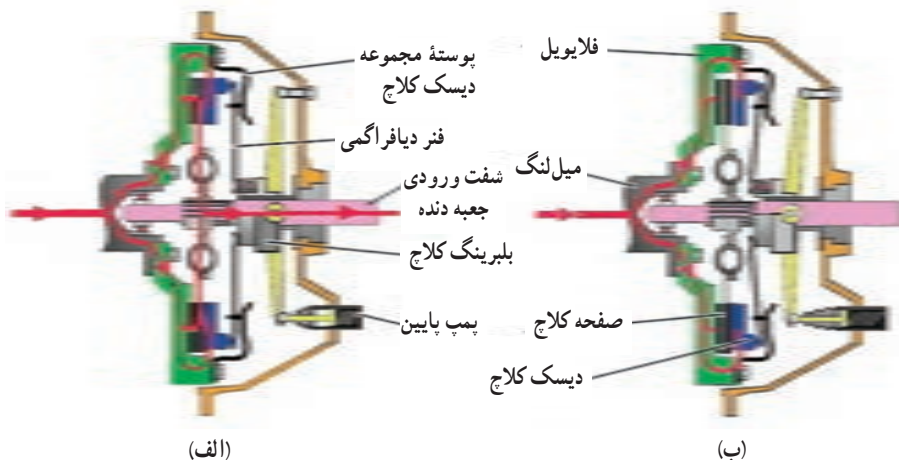


شکل ۲-۸ - مجموعه کلاچ با فنرهای مارپیچ

## ۲-۷ نحوه عملکرد کلاچ با دیسک فنر دیافراگمی

شکل ۲-۹ دو وضعیت عملکرد کلاچ خشک تک صفحه‌ای با فنر دیافراگمی را نشان می‌دهد. (۱) وضعیت درگیری (حالت الف): تا زمانی که کلاچ در وضعیت درگیری قرار دارد، بخش خارجی فنر دیافراگمی به دیسک

نیرو اعمال می‌کند، دیسک نیز به صفحه کلاچ، نیرو اعمال می‌کند. در این صورت صفحه کلاچ بین دیسک و فلاپیول تحت فشار قرار می‌گیرد. از این رو در اثر نیروی اصطکاک ایجاد شده بین لنت‌های اصطکاکی صفحه کلاچ و سطوح دیسک و فلاپیول، مطابق حالت الف در شکل ۲-۹، دور و گشتاور از فلاپیول و دیسک کلاچ به



(الف)

(ب)

شکل ۲-۹ - وضعیت‌های عملکرد مجموعه کلاچ خشک تک صفحه‌ای

صفحه کلاچ و از آنجا به شفت ورودی جعبه دنده منتقل می‌شود.

۲) وضعیت خلاص (حالت ب): با اعمال نیرو به پدال کلاچ، به منظور آزاد کردن کلاچ، بلبرینگ کلاچ با حرکت الکلنگی دوشاخه کلاچ، به سمت فنر دیافراگمی حرکت می‌کند و به بخش مرکزی آن نیرو وارد می‌سازد. با حرکت بخش مرکزی فنر دیافراگمی به سمت فلاویل، فنر دیافراگمی روی رینگ‌های تکیه‌گاهی حرکت الکلنگی می‌کند و بخش خارجی فنر دیافراگمی نیز به سمت مخالف فلاویل به حرکت در می‌آید، در نتیجه اعمال نیروی محوری به دیسک کلاچ و صفحه کلاچ حذف می‌گردد و نیروی اصطکاک بین سطوح صفحه کلاچ با سطوح دیسک و فلاویل نیز حذف و صفحه کلاچ آزاد می‌شود. در این حالت فلاویل و مجموعه دیسک کلاچ دَوَران می‌کنند، ولی توان موتور به صفحه کلاچ و شفت ورودی جعبه دنده منتقل نمی‌شود.

## ۸-۲- مکانیزم فرمان کلاچ

همان‌گونه که تشریح شد، زمانی که راننده به پدال کلاچ نیرو اعمال می‌کند، اعمال نیروی محوری فنر دیافراگمی به دیسک،

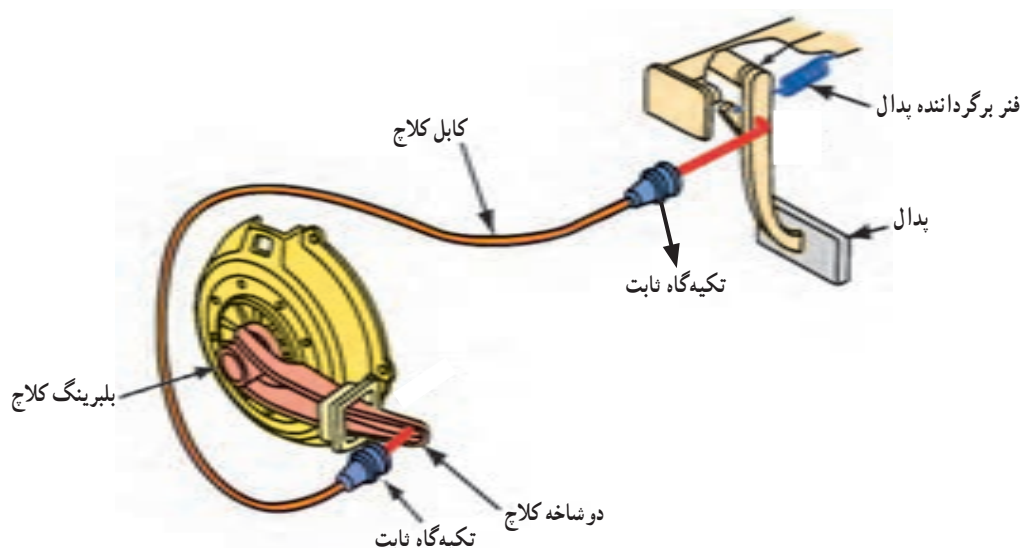
صفحه کلاچ و فلاویل قطع می‌گردد. بنابراین انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده قطع می‌گردد. برای انتقال نیرو از پای راننده به دوشاخه کلاچ از مکانیزم فرمان کلاچ استفاده می‌شود. این مکانیزم به دو دسته زیر تقسیم می‌شود:

۱- مکانیزم مکانیکی (سیمی)؛

۲- مکانیزم هیدرولیکی.

شکل ۱۰-۲ مجموعه کلاچ با مکانیزم مکانیکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، هنگامی که به پدال کلاچ نیرو اعمال می‌شود. حرکت پدال از طریق اهرم متصل به پدال به کابل منتقل می‌شود و کابل، تحت کشش قرار می‌گیرد. از آنجایی که کابل به دوشاخه کلاچ متصل شده است، دوشاخه کلاچ حرکت الکلنگی می‌کند و بلبرینگ کلاچ به مرکز فنر دیافراگمی نیرو وارد می‌سازد. با حرکت محوری مرکز فنر دیافراگمی، نیروی محوری روی دیسک، صفحه کلاچ و فلاویل قطع می‌شود و انتقال توان از موتور به جعبه دنده خاتمه می‌یابد.

مکانیزم فرمان سیمی سبک و ارزان بوده و محدودیتی از لحاظ فضا، جهت نصب در خودرو ندارد.



شکل ۱۰-۲ مجموعه کلاچ با مکانیزم فرمان مکانیکی (سیمی)

محوری اعمال می‌کند. با اعمال نیروی محوری به قسمت وسط فنر دیافراگمی، نیروی محوری اعمالی به دیسک، صفحه کلاچ و فلاویل قطع می‌شود و انتقال توان از موتور به جعبه دنده خاتمه می‌یابد.

مکانیزم فرمان کلاچ علاوه بر اینکه کلاچ را غیرفعال می‌کند، باعث افزایش نیروی پای راننده (راحتی راننده) نیز می‌گردد. افزایش نیرو در مکانیزم‌های ذیل صورت می‌گیرد.

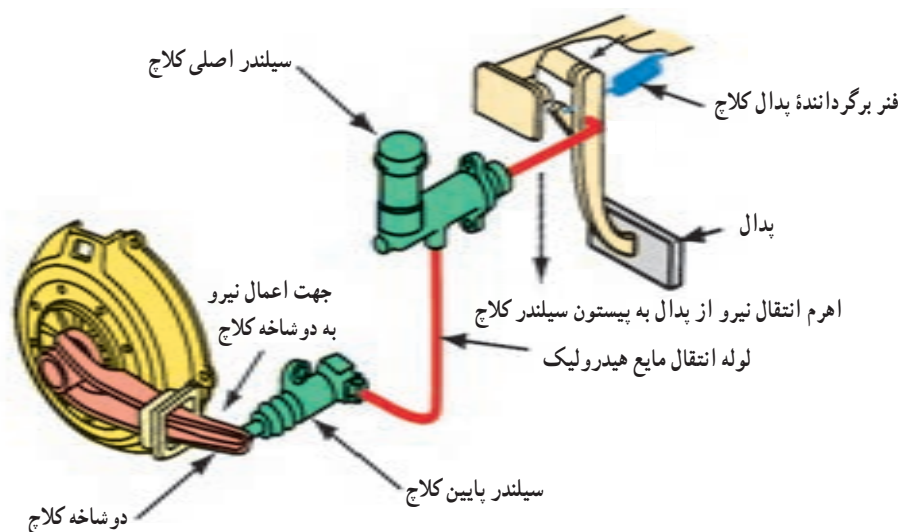
۱- در اهرم بندی پدال کلاچ

۲- در صورت هیدرولیکی بودن؛ در سیستم هیدرولیک

۳- در اهرم بندی دوشاخه کلاچ

شکل ۱۱-۲ مجموعه کلاچ با مکانیزم فرمان هیدرولیکی را نشان می‌دهد. در این مکانیزم از فشار روغن هیدرولیک برای انتقال نیروی پای راننده به دوشاخه کلاچ استفاده شده است. با توجه به شکل، هنگامی که به پدال کلاچ، نیرو اعمال می‌شود، حرکت پدال به حرکت پیستون سیلندر اصلی کلاچ (سیلندر زیر پا) و به ایجاد فشار هیدرولیکی می‌انجامد.

این فشار هیدرولیکی از طریق لوله به سیلندر پایین کلاچ منتقل می‌شود و پیستون داخل این سیلندر را حرکت می‌دهد. پیستون سیلندر پایین کلاچ به انتهای دوشاخه کلاچ نیرو وارد می‌سازد و در نتیجه بلبرینگ کلاچ به مرکز فنر دیافراگمی نیروی



شکل ۱۱-۲ مجموعه کلاچ با مکانیزم فرمان هیدرولیکی

## آزمون پایانی

- ۱- وظایف سیستم کلاچ را توضیح دهید.
- ۲- انواع کلاچ‌های مورد استفاده در خودروهای سواری را نام ببرید.
- ۳- اجزای اصلی مجموعه کلاچ خشک تک صفحه‌ای را نام ببرید.
- ۴- لنت‌های اصطکاکی صفحه کلاچ از چه جنسی می‌باشند؟
- ۵- چرا امروزه در خودروهای سواری از مجموعه کلاچ با فنر دیافراگمی استفاده می‌شود؟
- ۶- انواع مکانیزم فرمان کلاچ را نام ببرید.



## جعبه دنده

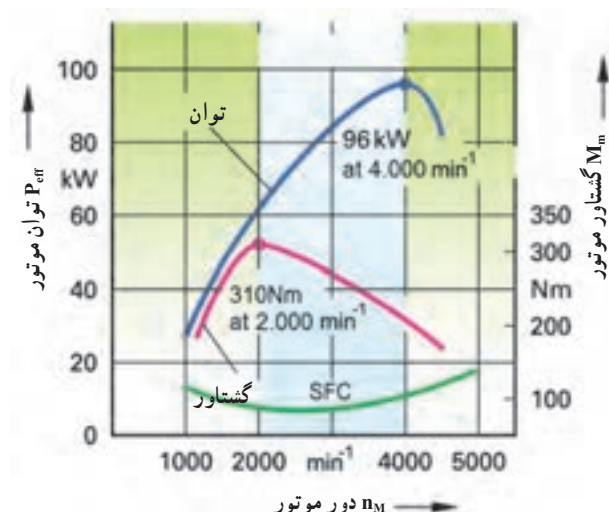
هدف های رفتاری : از هنرجو انتظار می رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- دلیل نیاز به جعبه دنده در خودرو را شرح دهد.
- ۲- انواع چرخ دنده های مورد استفاده در سیستم انتقال قدرت را نام ببرد.
- ۳- مزایا و معایب انواع چرخ دنده را شرح دهد.
- ۴- مشخصات چرخ دنده ساده را شرح دهد.
- ۵- نسبت دنده را تعریف کند.
- ۶- محاسبات مربوط به نسبت دنده را شرح دهد.
- ۷- انواع نسبت دنده را شرح دهد.
- ۸- اجزای اصلی جعبه دنده محرک عقب را نام ببرد.
- ۹- اجزای اصلی جعبه دنده محرک جلو را نام ببرد.
- ۱۰- مسیر انتقال توان در وضعیت های مختلف جعبه دنده محرک عقب را شرح دهد.
- ۱۱- مسیر انتقال توان در وضعیت های مختلف جعبه دنده محرک جلو را شرح دهد.
- ۱۲- مکانیزم محدودکننده ماهک را شرح دهد.
- ۱۳- وظیفه مکانیزم هماهنگ کننده سرعت (مکانیزم سنکرونیزه) را شرح دهد.
- ۱۴- انواع مکانیزم سنکرونیزه را نام ببرد.
- ۱۵- اجزای مکانیزم سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده را نام ببرد.
- ۱۶- نحوه عملکرد مکانیزم سنکرونیزه را شرح دهد.
- ۱۷- انواع جعبه دنده را نام ببرد.
- ۱۸- جعبه دنده دستی را تعریف کند.
- ۱۹- جعبه دنده نیمه اتوماتیک را تعریف کند.
- ۲۰- جعبه دنده اتوماتیک را تعریف کند.

### ۱-۳- وظیفه جعبه دنده در خودرو

به دلایل ذیل وجود جعبه دنده در خودرو ضروری می باشد.

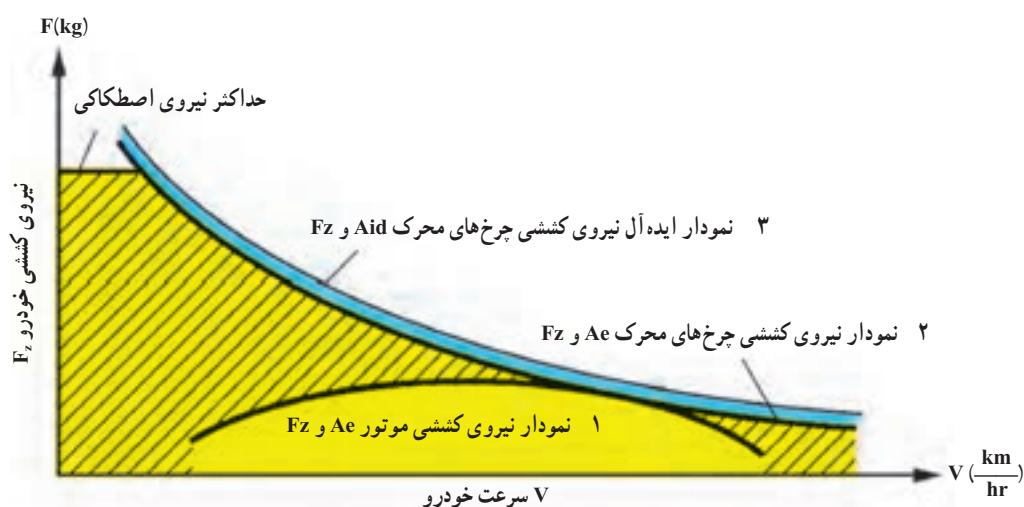
۱- شکل ۱-۳ نمودار مشخصه های عملکردی موتور بنزینی (موتور احتراقی - جرقه ای) را نشان می دهد. این نمودارها چگونگی تغییر توان ( $P_e$ )، گشتاور ( $M_m$ ) و مصرف سوخت ویژه (SFC) موتور بر حسب تغییرات دور موتور را بیان می کند.



شکل ۱-۳- نمودار مشخصه های عملکردی موتور بنزینی (موتور احتراقی - جرقه ای)

آن بالا ببریم، باید دور موتور را افزایش دهیم که در این صورت دور موتور از دور حداکثر راندمان خارج شده و مصرف سوخت افزایش می یابد. در صورت وجود جعبه دنده در مسیر انتقال توان موتور به چرخ های محرک، می توان دور و سرعت های متفاوتی برای خودرو ایجاد کرد، بدون اینکه موتور از دور حداکثر راندمان خارج شود. البته این کار توسط جعبه دنده با مدیریت راننده و یا به صورت اتوماتیک انجام می شود.

همان گونه که ملاحظه می شود، با افزایش دور موتور، توان و گشتاور موتور افزایش می یابد تا به میزان حداکثر خود برسد. با افزایش بیشتر دور موتور، به دلیل کاهش راندمان حجمی و افزایش توان اصطکاکی موتور، توان و گشتاور افت می کند و مصرف سوخت بالا می رود. به حد فاصل بین دورهای حداکثر توان و حداکثر گشتاور، دور حداکثر راندمان موتور گفته می شود. با توجه به نمودار اگر بخواهیم دور چرخ ها را بدون وجود جعبه دنده و تأثیر



شکل ۲-۳- نمودار نیروی کششی و سرعت خودرو

حداکثر است که قادر است بر نیروهای مقاوم غلبه کند و نیروی شتاب خودرو را فراهم کند و با افزایش سرعت موتور و در نتیجه افزایش نیروی کششی موتور، نیروی کششی چرخ‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به این نمودارها در صورت وجود جعبه‌دنده، نیروی کششی چرخ‌های محرک افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر جعبه‌دنده باعث تغییر در دور و گشتاور موتور می‌شود.

۲- با توجه به شکل ۲-۳ نمودار ۱ نشان‌دهنده نیروی کششی موتور، نمودار ۲ نیروی کششی چرخ‌های محرک و نمودار ۳ نمودار ایده‌آل نیروی کششی چرخ‌های محرک که فاقد افت توان سیستم انتقال قدرت می‌باشد، نشان داده شده است. مطابق نمودار ۲ در سرعت‌های کم موتور و چرخ‌های محرک که نیروهای مقاوم در برابر حرکت حداکثر و نیروی کششی موتور مطابق نمودار ۱ کم می‌باشد، نیروی کششی چرخ‌های محرک

**نکته:** جعبه‌دنده باعث تغییر دور و گشتاور موتور می‌باشد. و صرف‌نظر از افت توان اصطکاکی جعبه‌دنده تغییری در توان موتور ایجاد نمی‌کند. بنابراین، در هر دوری از موتور توان چرخ‌های محرک تقریباً برابر توان موتور می‌باشد.

«جعبه‌دنده‌های نیمه اتوماتیک» گفته می‌شود. در جعبه‌دنده‌های اتوماتیک هر دو عملی که به آنها اشاره شد، به صورت اتوماتیک انجام می‌گیرد.

در انتقال توان هیبریدی (ترکیبی)، خودرو دارای دو منبع تولید توان شامل موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی است. در این خودروها، با ترکیب مشخصه‌های موتور الکتریکی و موتور احتراق داخلی، در زمینه بهبود عملکرد خودرو، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌گی نتایج مناسب‌تری به دست آمده است.

جعبه‌دنده‌های متغیر پیوسته (CVT) نوعی جعبه‌دنده هستند که در آنها تغییر نسبت دنده به صورت پیوسته انجام می‌گیرد.

### ۳-۳- چرخ‌دنده

چرخ‌دنده یکی از پرکاربردترین قطعات، با قابلیت انتقال دور و گشتاور و همچنین تغییر در مقدار دور و گشتاور و جهت آن است. چرخ‌دنده‌ها از اجزای اصلی سیستم‌های انتقال قدرت، از جمله جعبه‌دنده خودروهای سواری هستند (شکل ۳-۳).

۳- با توجه به اینکه موتورهای در یک جهت دَوَران دارند جعبه‌دنده امکان حرکت معکوس خودرو را فراهم می‌کند.

۴- امکان روشن ماندن موتور را هنگامی که خودرو ساکن است، با ایجاد وضعیت خلاص فراهم می‌کند.

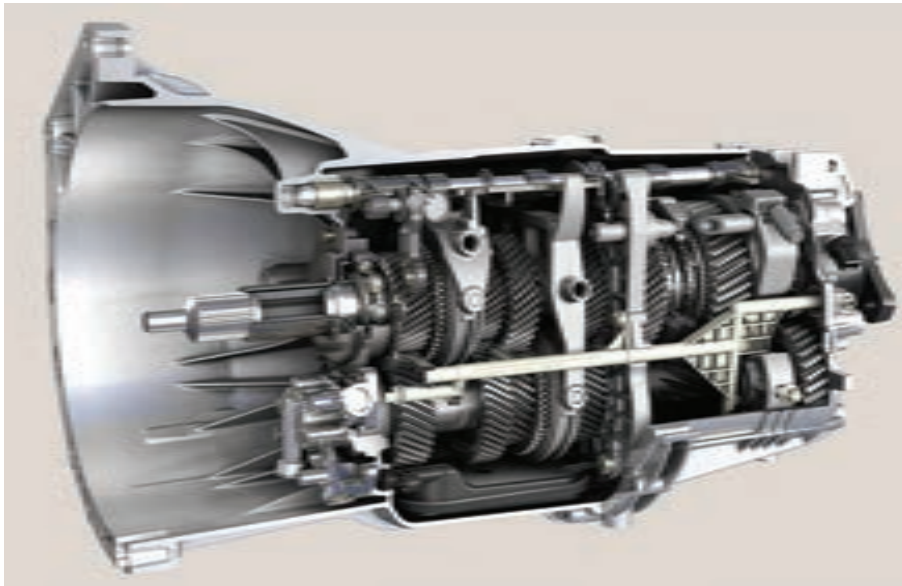
### ۳-۲- انواع جعبه‌دنده

انواع جعبه‌دنده در خودروهای سواری را، به طور کلی می‌توان به صورت ذیل دسته‌بندی نمود:

- جعبه‌دنده دستی؛
- جعبه‌دنده نیمه اتوماتیک؛
- جعبه‌دنده اتوماتیک؛
- انتقال توان هیبریدی (ترکیبی)؛
- جعبه‌دنده متغیر پیوسته (CVT).

تمامی جعبه‌دنده‌هایی که در آنها دو عمل «تعویض دنده» و «درگیری کلاچ اصلی خودرو برای شروع حرکت و تعویض دنده» توسط راننده به صورت دستی انجام می‌گیرد جعبه‌دنده دستی محسوب می‌شود. در برخی از جعبه‌دنده‌ها تنها یکی از دو عمل «تعویض دنده» و «درگیری کلاچ اصلی خودرو برای شروع حرکت و تعویض دنده» به صورت اتوماتیک انجام می‌شود که به آنها





شکل ۳-۳ چرخ‌دنده‌ها در جعبه دنده دستی

در این مکانیزم، هنگامی که محور ورودی توسط دست به حرکت در می‌آید چرخ‌دنده کوچک (محرک)، که متصل به محور ورودی است، نیز دَوَران می‌کند و چرخ‌دنده بزرگ (متحرک) متصل به محور خروجی را می‌چرخاند. بنابراین چرخ متصل به محور خروجی نیز دَوَران خواهد کرد. ملاحظه می‌شود که با استفاده از یک جفت چرخ‌دنده، انتقال توان از دست به چرخ صورت می‌پذیرد.

شکل ۳-۴ مکانیزم ساده انتقال توان را به وسیله چرخ‌دنده نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود برای انتقال دور و گشتاور توسط چرخ‌دنده‌ها، حداقل به دو چرخ‌دنده نیاز است. یکی از چرخ‌دنده‌ها متصل به شفت محرک (شفت نیرو دهنده) می‌باشد که به آن چرخ‌دنده محرک و چرخ‌دنده دیگر متصل به شفت متحرک (شفت گیرنده نیرو) می‌باشد که به آن چرخ‌دنده متحرک می‌گویند.

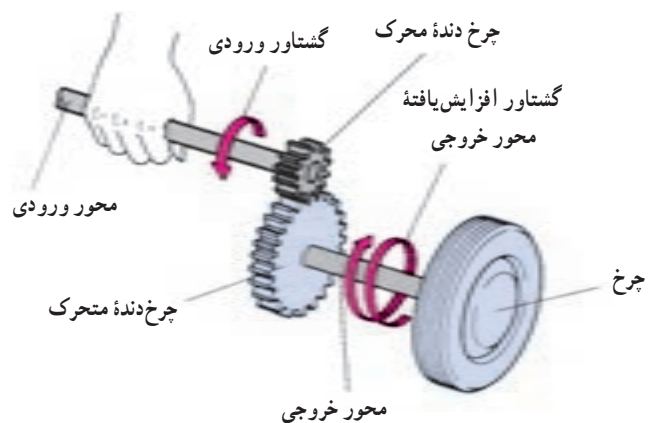
### ۳-۴- انواع چرخ‌دنده

چرخ‌دنده‌های مورد استفاده در سیستم انتقال قدرت خودروهای سواری را می‌توان به دو روش کلی تقسیم‌بندی نمود:

- ۱- از لحاظ راستای انتقال توان؛
- ۲- از لحاظ فرم دندانه.

چرخ‌دنده‌ها از لحاظ راستای انتقال توان :

- ۱- چرخ‌دنده‌های موازی محور: با توجه به شکل ۳-۵، در این حالت محور چرخ‌دنده‌های درگیر با یکدیگر موازی هستند. از این نوع چرخ‌دنده‌ها در جعبه‌دنده خودروها به وفور استفاده می‌شود.



شکل ۳-۴ انتقال توان توسط یک مکانیزم چرخ‌دنده ساده

محور آنها نسبت به هم متناظرند و یکدیگر را قطع نمی‌کنند. این نوع چرخ‌دنده‌ها به دلیل محاسنی که پیشتر ذکر خواهد شد در گرداننده نهایی کاربرد دارد (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷ چرخ‌دنده‌ها با محورهای متناظر

### چرخ‌دنده‌ها از لحاظ فرم دندانه

۱- چرخ‌دنده ساده: مطابق شکل ۳-۸، این نوع چرخ‌دنده‌ها در جعبه دنده خودروهای اولیه کاربرد داشتند. معمولاً این نوع چرخ‌دنده‌ها به صورت دائم با شفت خود درگیر می‌باشند و برای ایجاد یک نسبت تبدیل موقت چرخ‌دنده متحرک که به صورت هزارخاری با شفت خود درگیر است به صورت کشویی روی آن حرکت کرده و با چرخ‌دنده محرک خود درگیر می‌شود. بنابراین به علت هم‌سرعت نبودن شفت‌ها (چرخ‌دنده‌ها)، درگیری با صدا صورت گرفته و باعث سایش دنده‌ها می‌شود و همچنین در موقع کارکرد چرخ‌دنده‌ها به دلیل اینکه در هر لحظه فقط یک دنده از چرخ‌دنده محرک با یک دنده از چرخ‌دنده متحرک درگیر است، درگیری دنده‌ها به صورت آنی صورت می‌گیرد. سر و صدای آنها نسبت به سایر چرخ‌دنده‌ها بیشتر می‌باشد که این موضوع باعث می‌شود استفاده این چرخ‌دنده‌ها در خودروهای سواری به جز استفاده در دنده عقب کاربرد نداشته باشد.



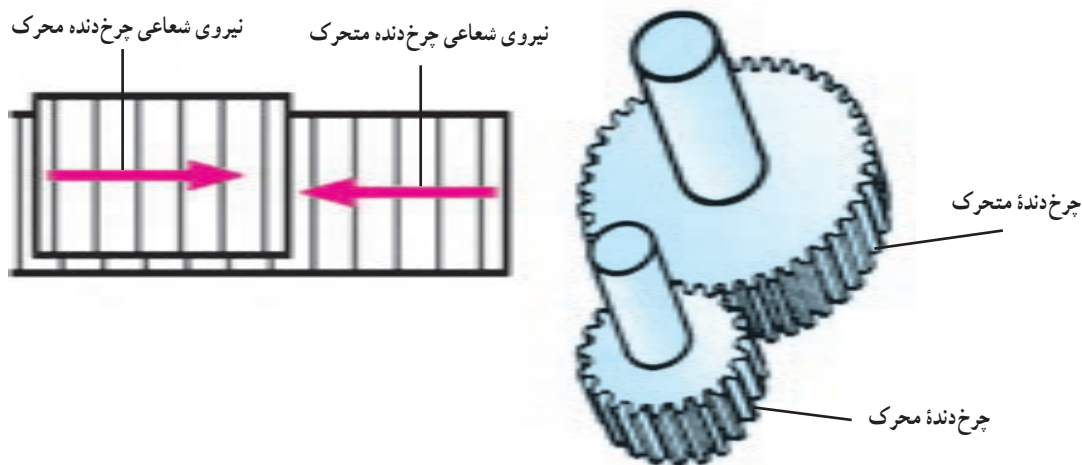
شکل ۳-۵ چرخ‌دنده‌های موازی محور

۲- چرخ‌دنده‌های عمود محور: شفت‌هایی که این چرخ‌دنده‌ها روی آن نصب شده‌اند، به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که محورهای آنها عمود بر هم و دارای زاویه  $90^\circ$  درجه نسبت به هم‌اند (شکل ۳-۶). از این نوع چرخ‌دنده‌ها برای تغییر  $90^\circ$  درجه‌ای صفحه دوران استفاده می‌شود. معمولاً این چرخ‌دنده‌ها در «گرداننده نهایی» خودروهای محرک عقب مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۳-۶ چرخ‌دنده‌های عمود محور

۳- چرخ‌دنده‌ها با محورهای متناظر: شفت‌هایی که این چرخ‌دنده‌ها روی آن نصب شده‌اند، به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که محورهای آنها در صفحه‌های عمود بر هم واقع شده‌اند و



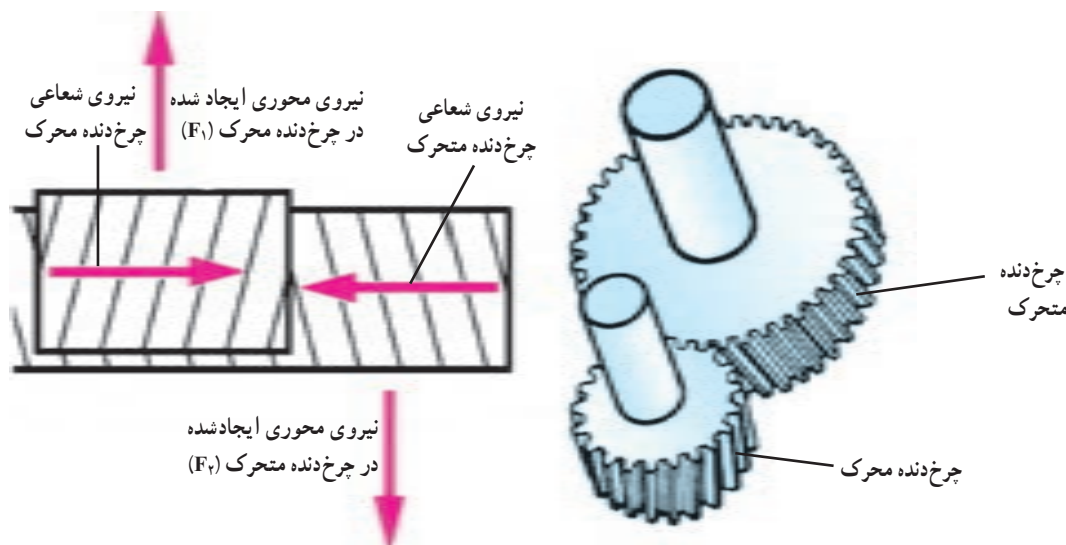
شکل ۸-۳- چرخ دنده ساده

آنهاست. در این نوع چرخ دنده‌ها درگیری دندانه‌ها از یک نقطه شروع می‌شود و به تدریج گسترش می‌یابد و همزمان بیش از یک دندانه از هر چرخ دنده با هم درگیر می‌شوند، بنابراین ظرفیت انتقال توان توسط آنها زیاد است.

عیب اصلی این چرخ دنده‌ها این است که به سبب زاویه دار بودن دندانه‌ها، بخشی از توان انتقالی بین چرخ دنده‌ها به نیروی محوری (نیروهای  $F_1$  و  $F_2$ ) تبدیل و باعث اتلاف توان می‌شود. بنابراین این نوع چرخ دنده‌ها به یاتاقان کف گرد نیاز دارند و برای شفت‌های این چرخ دنده‌ها از یاتاقان‌هایی که تحمل نیروی محوری داشته باشند، استفاده می‌شود.

مزیت اصلی چرخ دنده‌های ساده این است که راندمان کاری بالایی دارند و تقریباً تمام توان از چرخ دنده محرک به چرخ دنده متحرک منتقل می‌شود.

**۲- چرخ دنده مارپیچ:** همان گونه که در شکل ۹-۳ ملاحظه می‌شود، این نوع چرخ دنده‌ها دارای دندانه‌های مورب‌اند. از آنجایی که دندانه‌های روی چرخ دنده با محور چرخ دنده زاویه دارند، چرخ دنده مارپیچ را نمی‌توان با حرکت محوری روی شفت با هم درگیر یا از یکدیگر جدا نمود. در نتیجه این چرخ دنده‌ها پس از مونتاژ به صورت دائم با هم درگیر باقی می‌مانند. امروزه کاربرد چرخ دنده‌های مارپیچ در جعبه دنده‌های دستی خودرو فراوان است. مزیت اصلی چرخ دنده‌های مارپیچ، کارکرد کم صدای



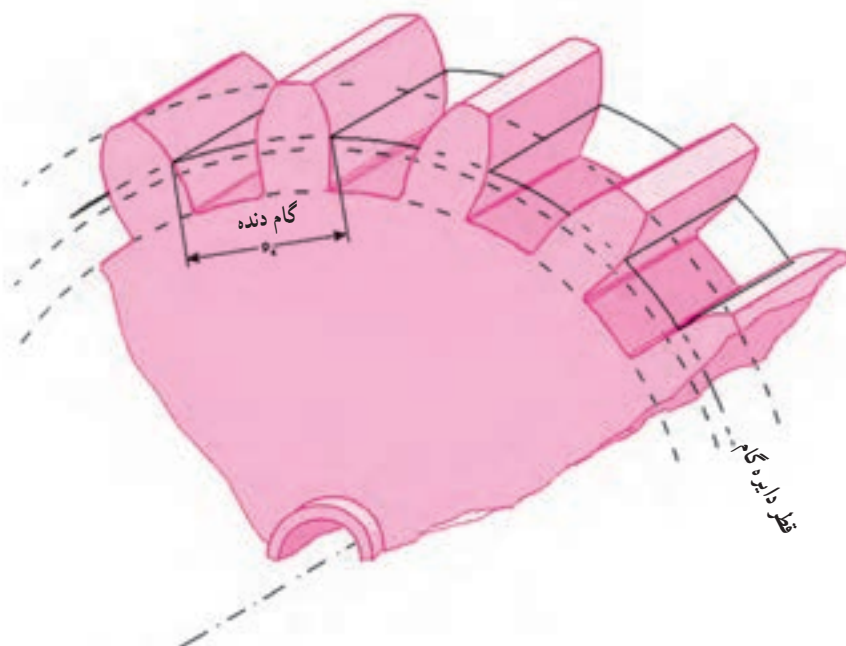
شکل ۹-۳- چرخ دنده مارپیچ

نکته : چرخ‌دنده‌های مارپیچ به صورت دائمی با هم درگیر هستند و برای ایجاد یک نسبت تبدیل موقت یکی از چرخ‌دنده‌ها که روی شفت مربوط به خود به صورت آزاد و هرز می‌چرخد با شفت خود قفل می‌شود.

### ۳-۵- مشخصات چرخ‌دنده

مشخصات چرخ‌دنده ساده در شکل ۳-۱۰ نشان داده

شده است.



شکل ۳-۱۰- مشخصات چرخ‌دنده ساده

$$m = \frac{d_o}{Z}$$

(۳-۱)

m : مدول (mm)

d<sub>o</sub> : قطر دایره گام (mm)

Z : تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده

۳-۵-۱- دایره گام : دایره‌ای فرضی است که در

محاسبات چرخ‌دنده از اهمیت زیادی برخوردار است. دایره‌های گام چرخ‌دنده‌هایی که با هم درگیر هستند با یکدیگر مماس‌اند.

۳-۵-۲- مدول : نسبت قطر دایره گام به تعداد دندانه‌های

چرخ‌دنده، مدول نامیده می‌شود. به عبارت دیگر :

نکته : مدول (m) یک جفت چرخ‌دنده درگیر با هم برابرند.

۳-۵-۳ گام دنده : فاصله‌ای ست بر روی دایره گام

که از یک نقطه بر روی یک دندانه تا نقطه مشابه بر روی دندانه مجاور اندازه‌گیری می‌شود. گام دنده را می‌توان به وسیله رابطه زیر محاسبه نمود :

$$P = m\pi \quad (3-2)$$

P : گام چرخ دنده (mm)

m : مدول (mm)

### ۳-۶-۳ نسبت دنده<sup>۱</sup>

نسبت دنده بیان‌کننده رابطه مکانیکی بین چرخ دنده‌هاست و میزان تغییرات دور و گشتاور بین چرخ دنده‌های درگیر با یکدیگر را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن رابطه‌ای به منظور محاسبه نسبت دنده به ترتیب ذیل عمل می‌شود :

با توجه به اینکه سرعت خطی (V) دو چرخ دنده در نقطه تماس برابر یکدیگر است، نتیجه می‌شود :

$$V_1 = V_2 \quad (3-3)$$

با جای گذاری رابطه  $V = \pi n d \omega$  در رابطه ۳-۳، رابطه ۳-۴ به دست می‌آید.

$$\pi n_1 d o_1 = \pi n_2 d o_2 \quad (3-4)$$

با جای گذاری رابطه ۳-۱ (رابطه مدول دنده) در رابطه ۳-۴ نتیجه می‌شود :

$$m_1 \cdot Z_1 \cdot \pi \cdot n_1 = m_2 \cdot Z_2 \cdot \pi \cdot n_2 \quad (3-5)$$

همان گونه که گفته شد، مدول دو چرخ دنده درگیر با هم برابرند. از این رو با حذف عوامل  $m$  و  $\pi$  از رابطه ۳-۵، رابطه ۳-۶ حاصل می‌شود.

$$Z_1 \cdot n_1 = Z_2 \cdot n_2 \rightarrow i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3-6)$$

که در این رابطه :

i : نسبت دنده

$n_1$  : تعداد دوران چرخ دنده محرک (rpm)

$Z_1$  : تعداد دندانه‌های چرخ دنده محرک

$n_2$  : تعداد دوران چرخ دنده متحرک (rpm)

$Z_2$  : تعداد دندانه‌های چرخ دنده متحرک

با توجه به رابطه ۳-۶، نسبت دنده از «تقسیم تعداد دوران چرخ دنده محرک به تعداد دوران چرخ دنده متحرک» یا از «تقسیم تعداد دندانه‌های چرخ دنده متحرک ( $Z_2$ ) به تعداد دندانه‌های چرخ دنده محرک ( $Z_1$ )» به دست می‌آید.

برای مثال اگر چرخ دنده محرک دارای  $Z_1 = 10$  دندانه و چرخ دنده متحرک دارای  $Z_2 = 40$  دندانه باشد، نسبت دنده برابر است با :

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{40}{10} = 4 \rightarrow i = 4$$

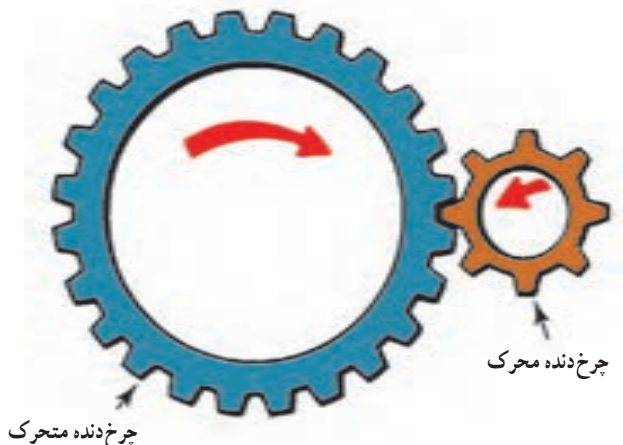
این به آن معناست که اگر چرخ دنده محرک با سرعت ۱۰۰۰ rpm دوران کند، چرخ دنده متحرک با سرعت ۲۵۰ rpm ( $\frac{1}{4}$  چرخ دنده محرک) دوران خواهد کرد. در این وضعیت، گشتاور چرخ دنده متحرک چهار برابر چرخ دنده محرک است.

### ۳-۷-۳ انواع نسبت دنده

با توجه به ابعاد هندسی چرخ دنده‌های درگیر، نسبت دنده ایجاد شده می‌تواند به شرح ذیل دسته‌بندی شود :

۳-۷-۱-۳ نسبت آندردرایو<sup>۲</sup> ( $i > 1$ ) : مطابق شکل

۳-۱۱، این نسبت دنده زمانی ایجاد می‌شود که قطر چرخ دنده محرک از قطر چرخ دنده متحرک کوچک‌تر باشد. در این وضعیت، گشتاور افزایش، اما دور کاهش می‌یابد. برای مثال



شکل ۳-۱۱-۳ ایجاد نسبت آندردرایو ( $i > 1$ )



در این وضعیت برای هر بار دَوَران چرخ دنده متحرک، چرخ دنده متحرک کمتر از یکبار دَوَران می کند.

شکل ۳-۱۴ نحوه تغییرات نسبت دنده در وضعیت های مختلف یک جعبه دنده پنج سرعته را نشان داده است. همان گونه که ملاحظه می شود، «دنده ۱» دارای بزرگ ترین نسبت دنده (بیشترین گشتاور) و «دنده ۵» دارای کوچک ترین نسبت دنده (بیشترین سرعت) است.

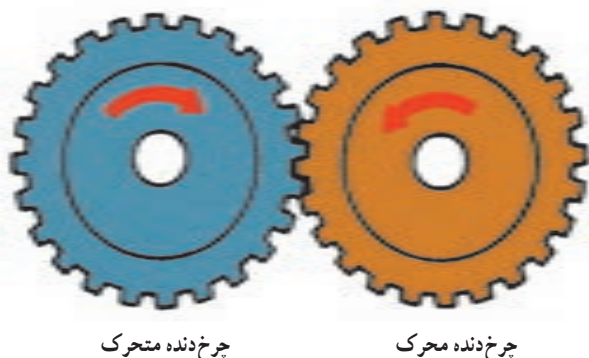
### ۳-۸- چرخ دنده هرزگرد

چرخ دنده هرزگرد بین چرخ دنده های محرک و متحرک قرار می گیرد و تنها دور و گشتاور را از چرخ دنده ای به چرخ دنده دیگر در جهت مخالف منتقل می کند. این نوع چرخ دنده بر روی نسبت دنده تأثیری ندارد و فقط جهت دَوَران را تغییر می دهد. در جعبه دنده های دستی از چرخ دنده هرزگرد برای معکوس کردن جهت دَوَران در وضعیت «دنده عقب» استفاده می شود. نحوه کاربرد این چرخ دنده در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است.

مطابق شکل صفحه بعد اگر شفت ورودی راست گرد دَوَران کند، چرخ دنده A نیز راست گرد دَوَران می کند. چرخ دنده A، چرخ دنده B را روی شفت زیر چپ گرد دَوَران می دهد. بنابراین شفت زیر و چرخ دنده C نیز چپ گرد دَوَران می کنند. چرخ دنده C، چرخ دنده هرزگرد E را راست گرد دَوَران می دهد و چرخ دنده هرزگرد نیز چرخ دنده D را روی شفت خروجی چپ گرد دَوَران می دهد. از این رو شفت خروجی نیز چپ گرد دَوَران می کند. در نتیجه ملاحظه می شود که شفت ورودی راست گرد و شفت خروجی چپ گرد دَوَران می کند.

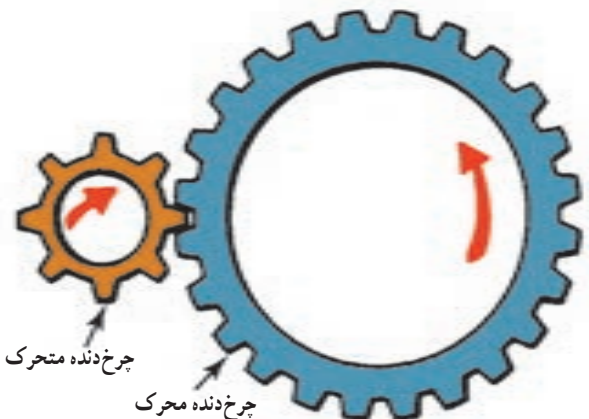
۳: i یک نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ) است و با این نسبت دنده، چرخ دنده متحرک باید سه بار دَوَران کند تا چرخ دنده متحرک یکبار دَوَران کند. در حالی که گشتاور چرخ دنده متحرک سه برابر گشتاور چرخ دنده متحرک است.

۲-۷-۳- نسبت مستقیم<sup>۱</sup> ( $i = 1$ ): مطابق شکل ۳-۱۲، زمانی که دو چرخ دنده با اندازه و تعداد دندانه های یکسان با هم درگیر باشند، نسبت مستقیم ( $i = 1$ ) ایجاد می شود. در این حالت سرعت دَوَران و گشتاور هر دو چرخ دنده یکسان است.

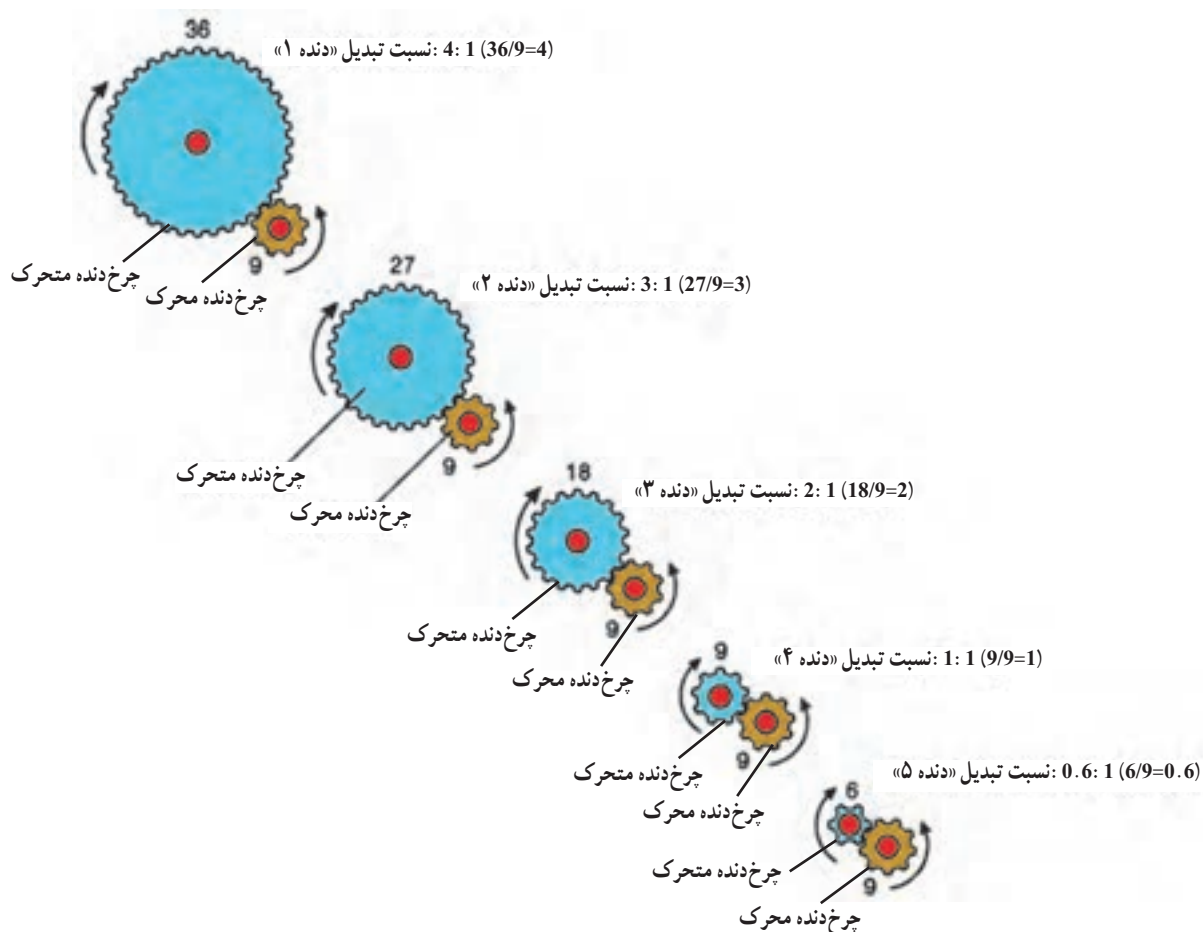


شکل ۳-۱۲ ایجاد نسبت مستقیم ( $i = 1$ )

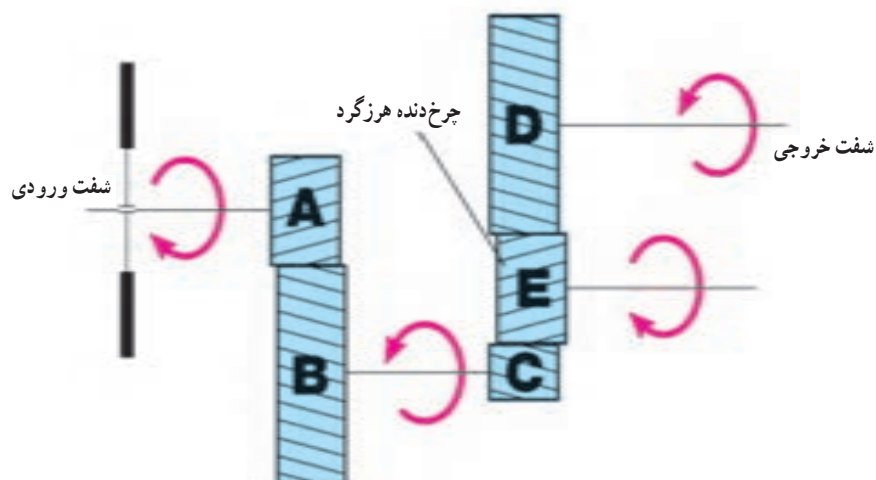
۳-۷-۳- نسبت اُردرایو<sup>۲</sup> ( $i < 1$ ): مطابق شکل ۳-۱۳، این نسبت دنده زمانی ایجاد می شود که قطر چرخ دنده متحرک از قطر چرخ دنده متحرک بزرگ تر باشد. نسبت اُردرایو ( $i < 1$ ) باعث افزایش سرعت و کاهش گشتاور می شود.



شکل ۳-۱۳ ایجاد نسبت اُردرایو ( $i < 1$ )



شکل ۱۴-۳ تغییرات نسبت دنده در وضعیت‌های مختلف یک جعبه دنده پنج سرعته



شکل ۱۵-۳ کاربرد چرخ دنده هرزگرد برای ایجاد وضعیت «دنده عقب»

### ۹-۳- جعبه دنده دستی

جعبه دنده دستی شامل تعدادی چرخ دنده و شفت است. تعداد چرخ دنده ها به تعداد نسبت دنده های جعبه دنده و محرک جلو یا محرک عقب بودن آن بستگی دارد. تعداد شفت های این جعبه دنده ها نیز بسته به اینکه محرک عقب یا محرک جلو هستند، متفاوت است. برای مثال یک جعبه دنده محرک عقب چهار سرعته (چهار دنده) دارای چهار شفت به ترتیب ذیل است:

۱- شفت ورودی یا شفت کلاچ؛

۲- شفت زیر یا شفت همیشه گرد؛

۳- شفت خروجی یا شفت اصلی؛

۴- شفت چرخ دنده هرزگرد. دنده عقب.

این جعبه دنده پنج زوج دنده دارد، که چهار زوج آن برای ایجاد چهار نسبت تبدیل حرکت به جلو و یک زوج دنده و یک

چرخ دنده هرزگرد برای حرکت معکوس است.

شکل های ۱۶-۳ و ۱۷-۳ دو طرح اصلی از جعبه دنده های دستی مورد استفاده در خودروهای سواری را نشان می دهند. جعبه دنده نشان داده شده در شکل ۱۶-۳، در خط انتقال قدرت استاندارد (محرک عقب) مورد استفاده قرار می گیرد. همان گونه که ملاحظه می شود، این جعبه دنده دارای چهار شفت:

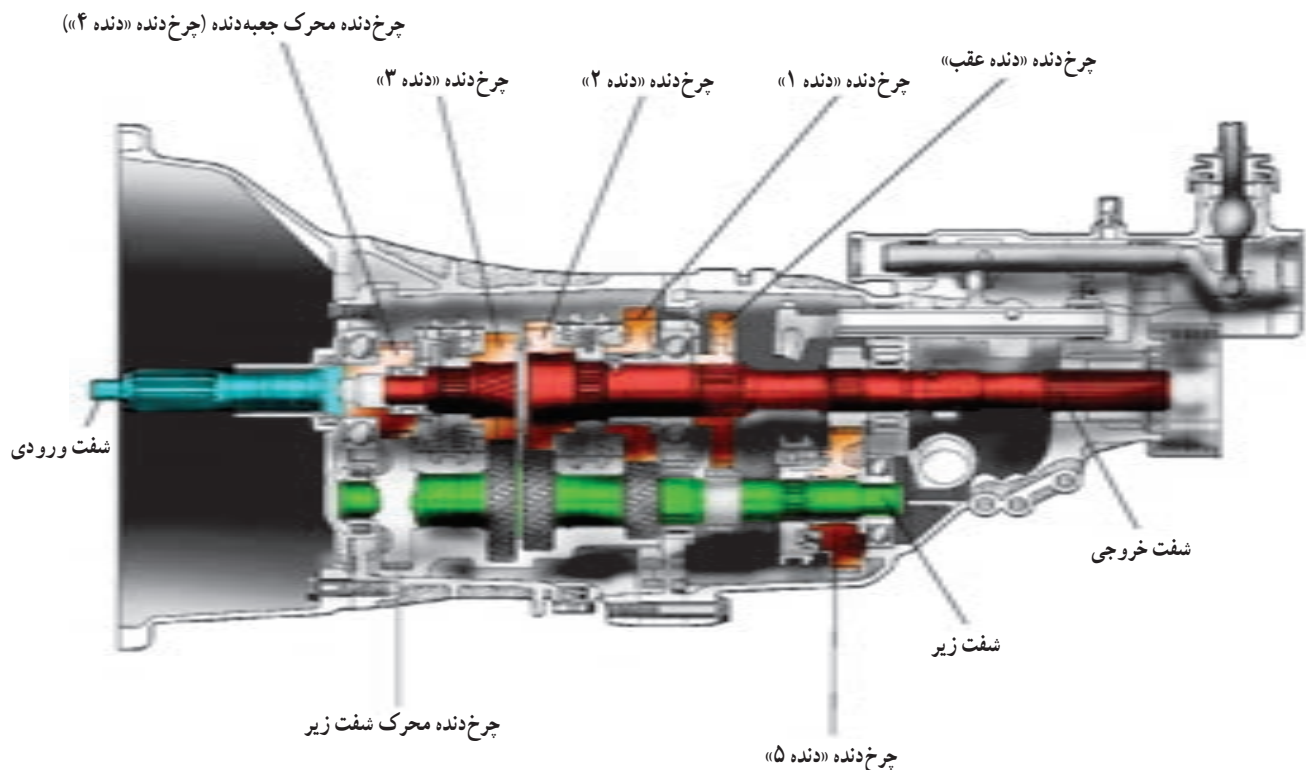
۱- ورودی،

۲- خروجی،

۳- شفت زیر،

۴- شفت چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب» است.

در این طرح دور و گشتاور شفت خروجی از طریق میل گاردان به دیفرانسیل، که در اکسل عقب قرار گرفته است، منتقل می شود.

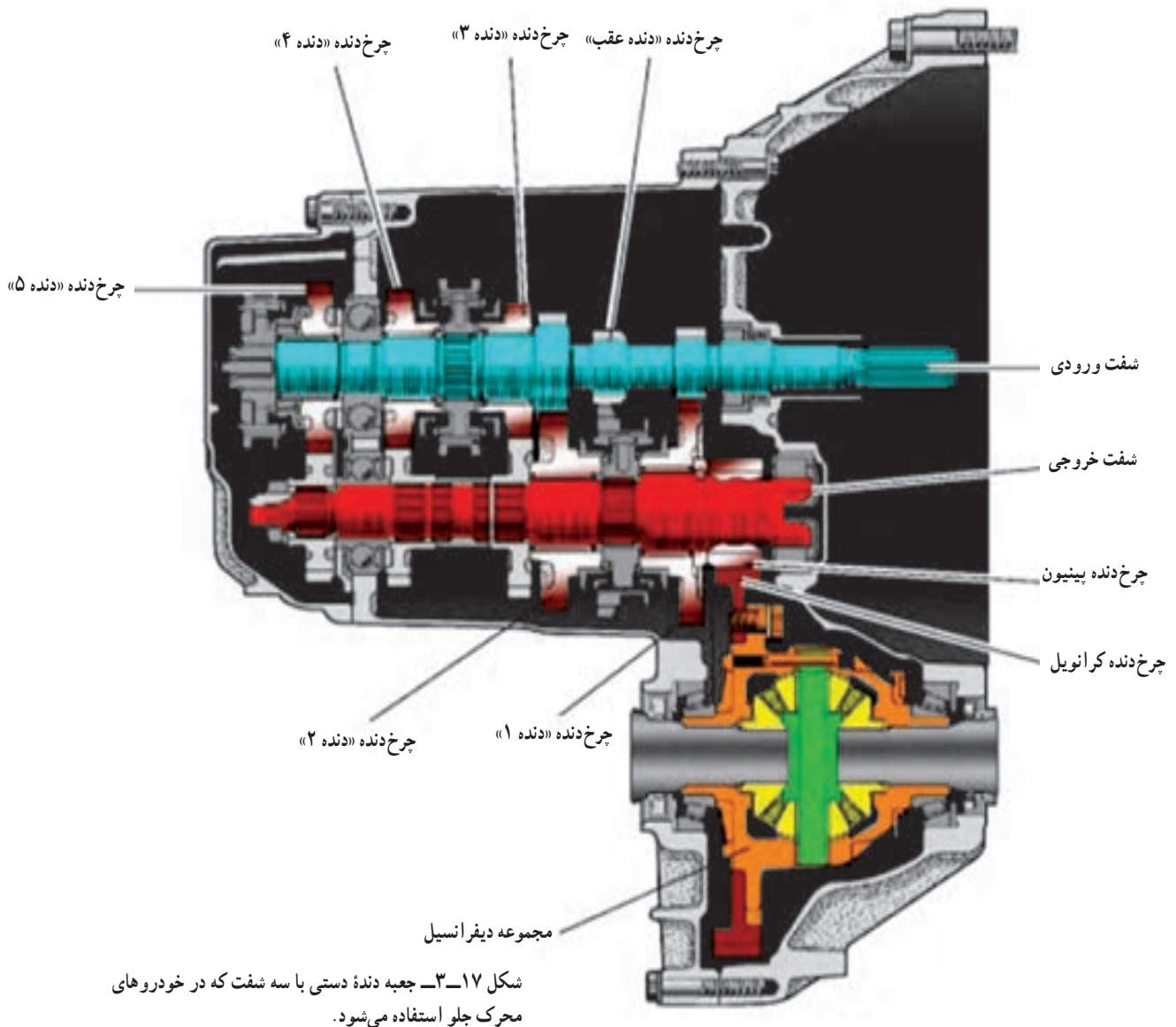


شکل ۱۶-۳- جعبه دنده دستی با چهار شفت که در خودروهای محرک عقب با خط انتقال قدرت استاندارد استفاده می شود.



طرح جعبه دنده نشان داده شده در شکل ۱۷-۳ در سیستم انتقال قدرت خودروهای محرک جلو (که موتور آنها به صورت عرضی قرار گرفته است)، به کار می رود. همان گونه که ملاحظه می شود، این جعبه دنده دارای سه شفت :  
۱- ورودی،

۲- خروجی،  
۳- شفت چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب» است و مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» نیز در پوسته جعبه دنده تعبیه شده است.



شکل ۱۷-۳ جعبه دنده دستی با سه شفت که در خودروهای محرک جلو استفاده می شود.

### ۱۰-۳- مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی

در این بخش مسیر انتقال توان در دو طرح جعبه دنده نشان داده شده در شکل های ۱۷-۳ و ۱۸-۳ بررسی شده است.

۱-۱۰-۳- مسیر انتقال توان در جعبه دنده خودروی محرک عقب : قبل از تشریح مسیر انتقال توان در این جعبه دنده توجه

به نکات ذیل جهت بررسی عملکرد جعبه دنده حائز اهمیت است.  
۱- چرخ دنده های موجود بر روی شفت خروجی (چرخ دنده های متحرک مربوط به دنده های یک، دو و سه) هیچ کدام با شفت خروجی درگیری ندارند و همگی در حالت عادی بر روی شفت

یاتاقان تکیه کرده است و دَوَران می‌کند. این چرخ‌دنده محرک شفت زیر جعبه‌دنده می‌باشد و به آن چرخ‌دنده محرک جعبه‌دنده نیز گفته می‌شود.

با توجه به مطالب فوق مسیر انتقال توان در حالت‌های مختلف برای جعبه‌دنده نشان داده شده در شکل ۱۶-۳ به شرح ذیل است :

**۱- حالت خلاص :** در حالت خلاص، شفت ورودی تمام چرخ‌دنده‌های شفت زیر را می‌چرخاند. از طرفی چرخ‌دنده‌های شفت زیر با تمام چرخ‌دنده‌های متحرک واقع شده بر روی شفت خروجی درگیرند. در این حالت چون هیچ کدام از چرخ‌دنده‌ها به شفت خروجی وصل نیستند و روی آن به صورت هرز می‌چرخند از این رو توان به شفت خروجی منتقل نمی‌شود.

**۲- حالت «دنده ۱» :** شکل ۱۸-۳ مسیر انتقال توان در «دنده ۱» را نشان می‌دهد. در این وضعیت، با حرکت کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲ به سمت چرخ‌دنده متحرک «دنده ۱» این چرخ‌دنده با شفت خروجی یکپارچه می‌شود، در حالی که بقیه چرخ‌دنده‌های روی شفت خروجی هرزگردند. بنابراین با توجه به شکل، دور و گشتاور به ترتیب ذیل منتقل می‌شود :

شفت ورودی، چرخ‌دنده «دنده ۴» یا محرک جعبه‌دنده روی شفت ورودی، چرخ‌دنده «دنده ۴» روی شفت زیر یا چرخ‌دنده

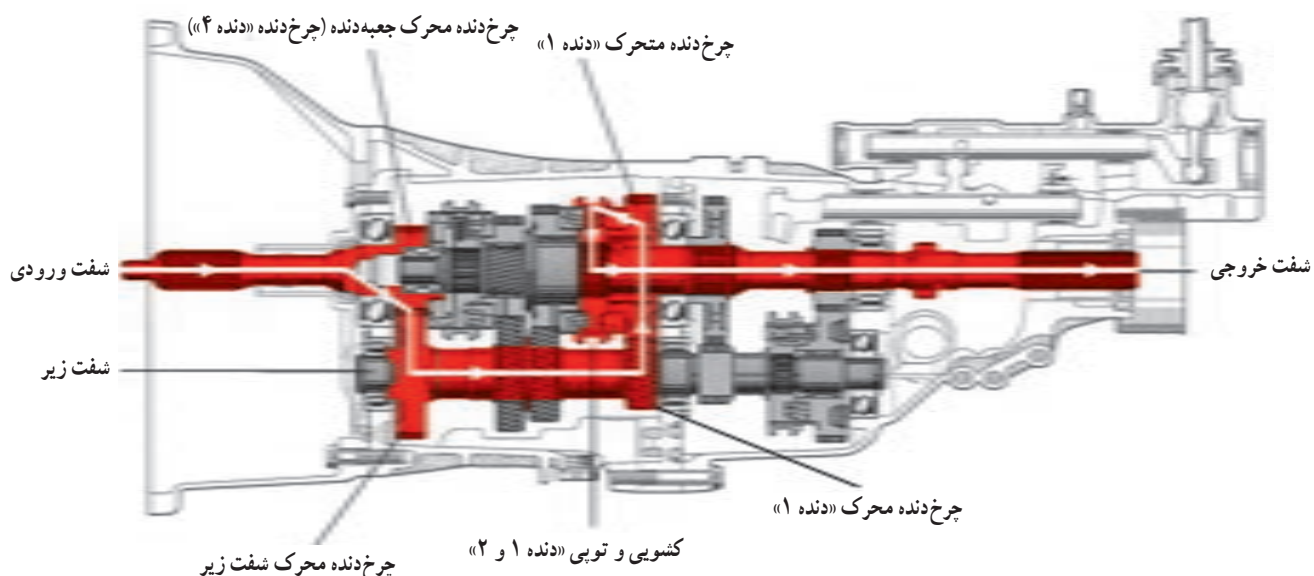
خروجی هرزگردند. به عبارت دیگر، تمامی این چرخ‌دنده‌ها در حالت عادی حول محور شفت خروجی و بدون ارتباط با شفت خروجی دَوَران می‌کنند. این چرخ‌دنده‌ها همگی «متحرک» اند.

**۲- تمامی چرخ‌دنده‌های شفت زیر (غیر از دنده ۵) با هم یکپارچه‌اند و توان را از شفت ورودی و چرخ‌دنده محرک جعبه‌دنده دریافت و همواره دَوَران می‌کنند.** از طرف دیگر شفت زیر، چرخ‌دنده‌های مربوط به دنده‌های یک تا پنج روی شفت خروجی را دَوَران می‌دهد و همان گونه که ذکر شد، این چرخ‌دنده‌ها نیز در حالت خلاص، به صورت هرزگرد، حول محور شفت خروجی دَوَران می‌کنند.

**۳- چرخ‌دنده هرزگرد «دنده عقب»** روی شفت خود به صورت هرزگرد قرار دارد و به صورت محوری جابه‌جا می‌شود. این چرخ‌دنده فقط در «دنده عقب» مورد استفاده قرار می‌گیرد و ضمن معکوس کردن جهت دَوَران، توان را منتقل می‌کند.

**۴- چرخ‌دنده «دنده عقب»** روی شفت خروجی، همواره به آن وصل بوده و دَوَران آن با دَوَران شفت خروجی یکسان است.

**۵- چرخ‌دنده «دنده ۴»** به صورت یکپارچه در انتهای شفت ورودی است. انتهای شفت ورودی به صورت توخالی است و داخل آن یک یاتاقان لغزشی (بوش برنجی) یا غلتشی (رولبرینگ سوزنی) قرار دارد که سر شفت خروجی در داخل آن، روی این



شکل ۱۸-۳- مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده ۱»

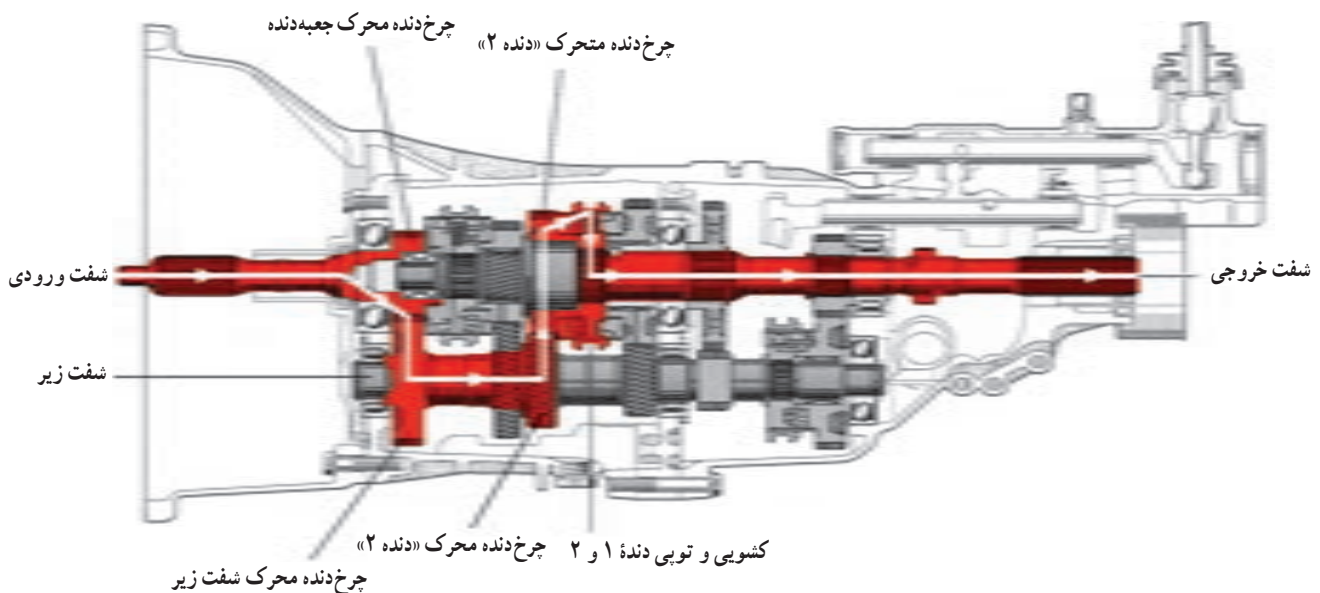
محرك شفت زیر، چرخ دنده محرك «دنده ۱» روی شفت زیر چرخ دنده متحرك «دنده ۱» روی شفت خروجی، کشویی مربوط به دنده های ۱ و ۲، تویی، شفت خروجی جعبه دنده.

معمولاً بزرگ ترین نسبت دنده جعبه دنده در وضعیت «دنده ۱» ایجاد می شود. بنابراین در این حالت دور خروجی کاهش و گشتاور خروجی جعبه دنده افزایش می یابد. باید توجه نمود که با صرف نظر کردن از اتلاف توان در جعبه دنده، توان ورودی به جعبه دنده با توان خروجی از آن برابر خواهد بود. فقط در این حالت دور خروجی کاهش و گشتاور خروجی افزایش می یابد.

**۳- حالت «دنده ۲»:** شکل ۱۹-۳ مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۲» را نشان می دهد. در این وضعیت با حرکت کشویی مربوط به دنده های ۱-۲ به سمت چرخ دنده متحرك

«دنده ۲»، این چرخ دنده با شفت خروجی یکپارچه می شود. باید توجه کرد که ابتدا چرخ دنده «دنده ۱» از حالت درگیری خارج و جعبه دنده خلاص می شود، سپس با یکپارچه شدن چرخ دنده متحرك «دنده ۲» با شفت خروجی، وضعیت «دنده ۲» مطابق شکل ایجاد می شود. مسیر انتقال توان به ترتیب زیر است:

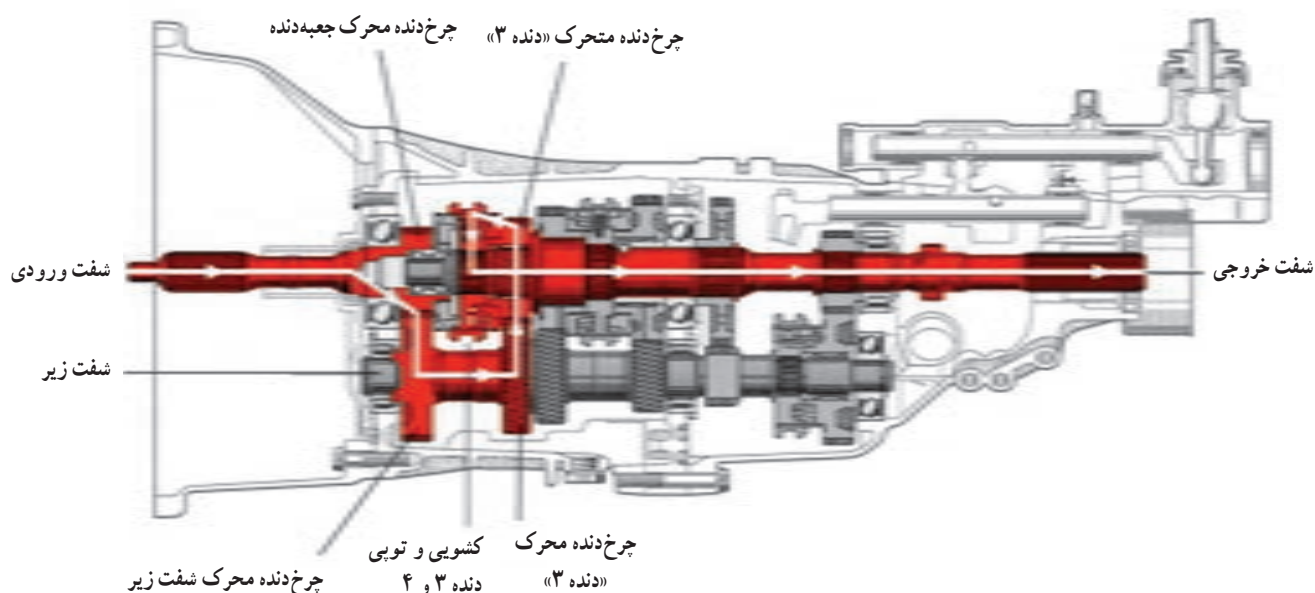
شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» روی شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» روی شفت زیر، چرخ دنده محرك «دنده ۲» روی شفت زیر، چرخ دنده متحرك «دنده ۲» روی شفت خروجی، کشویی مربوط به دنده های ۱ و ۲، تویی، شفت خروجی جعبه دنده. در این وضعیت نیز نسبت دنده از یک بزرگ تر است و حالت آندردرایو ( $i > 1$ ) ایجاد می شود. اما نسبت به وضعیت «دنده ۱» دور خروجی بیشتر و گشتاور خروجی کمتر است.



شکل ۱۹-۳ مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده ۲»

**۴- حالت «دنده ۳»:** شکل ۲۰-۳ مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۳» را نشان داده است. ابتدا با قرار گرفتن کشویی مربوط به دنده ۱ و ۲ در موقعیت وسط، جعبه دنده خلاص می شود. سپس با حرکت کشویی مربوط به دنده های ۳ و ۴ به سمت چرخ دنده متحرك «دنده ۳» روی شفت خروجی، این چرخ دنده با شفت خروجی یکپارچه می شود. در حالی که بقیه چرخ دنده های روی شفت خروجی هز می چرخند. در نتیجه وضعیت «دنده ۳»

ایجاد می شود و مسیر انتقال توان به ترتیب زیر است. شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» یا محرك جعبه دنده روی شفت ورودی، چرخ دنده محرك «دنده ۴» یا «دنده ۴» روی شفت زیر، چرخ دنده محرك «دنده ۳» روی شفت زیر، چرخ دنده متحرك «دنده ۳» روی شفت خروجی، کشویی مربوط به دنده های ۳ و ۴، تویی، شفت خروجی جعبه دنده.



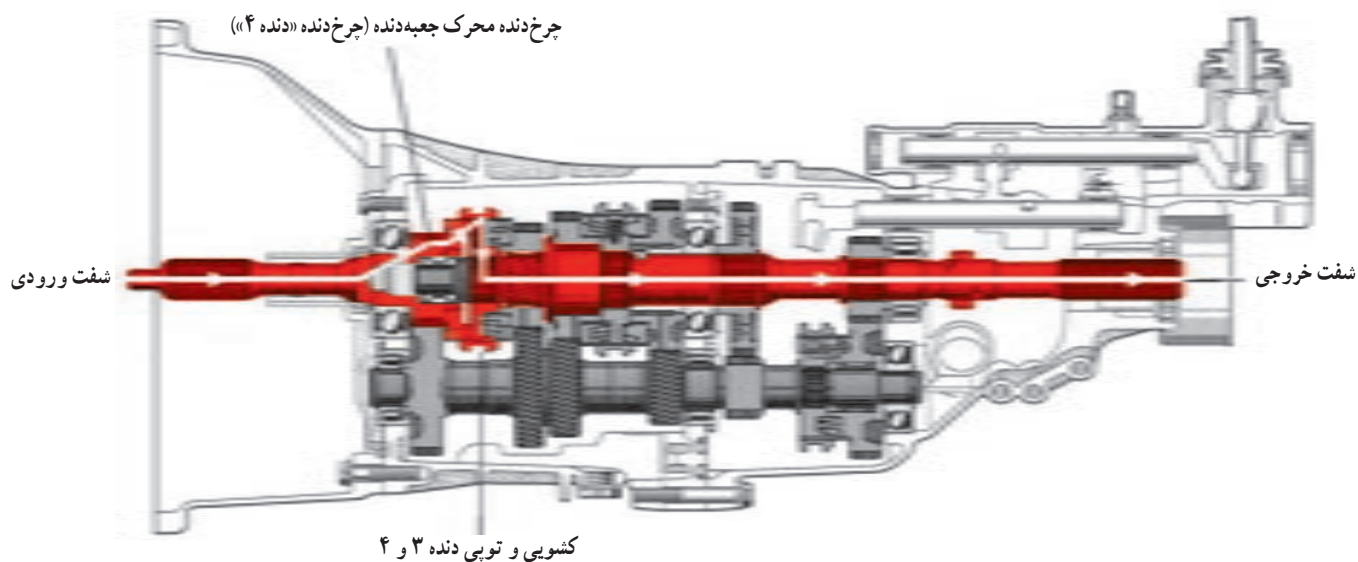
شکل ۲۰-۳ مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده ۳»

روی شفت ورودی، ابتدا جعبه دنده از وضعیت «دنده ۳» خلاص می شود، سپس این کشویی شفت ورودی و خروجی را به هم وصل می کند. از این رو، وضعیت انتقال قدرت مستقیم ایجاد می شود. مسیر انتقال توان به ترتیب زیر است:

شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» یا محرک جعبه دنده روی شفت ورودی، کشویی مربوط دنده های ۳ و ۴، تویی، شفت خروجی جعبه دنده.

در وضعیت «دنده ۳» نیز یک نسبت دنده آندردرایو ( $i > 1$ ) ایجاد می شود. اما باید توجه کرد که نسبت به «دنده ۲» دور خروجی بیشتر و گشتاور خروجی کمتر می شود و همچنین با صرف نظر کردن از اتلاف توان، توان ورودی و خروجی جعبه دنده برابر است.

**۵- حالت «دنده ۴»:** شکل ۲۱-۳ مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۴» را نشان می دهد. در این وضعیت، با حرکت کشویی مربوط به دنده های ۳ و ۴ به سمت چرخ دنده «دنده ۴»



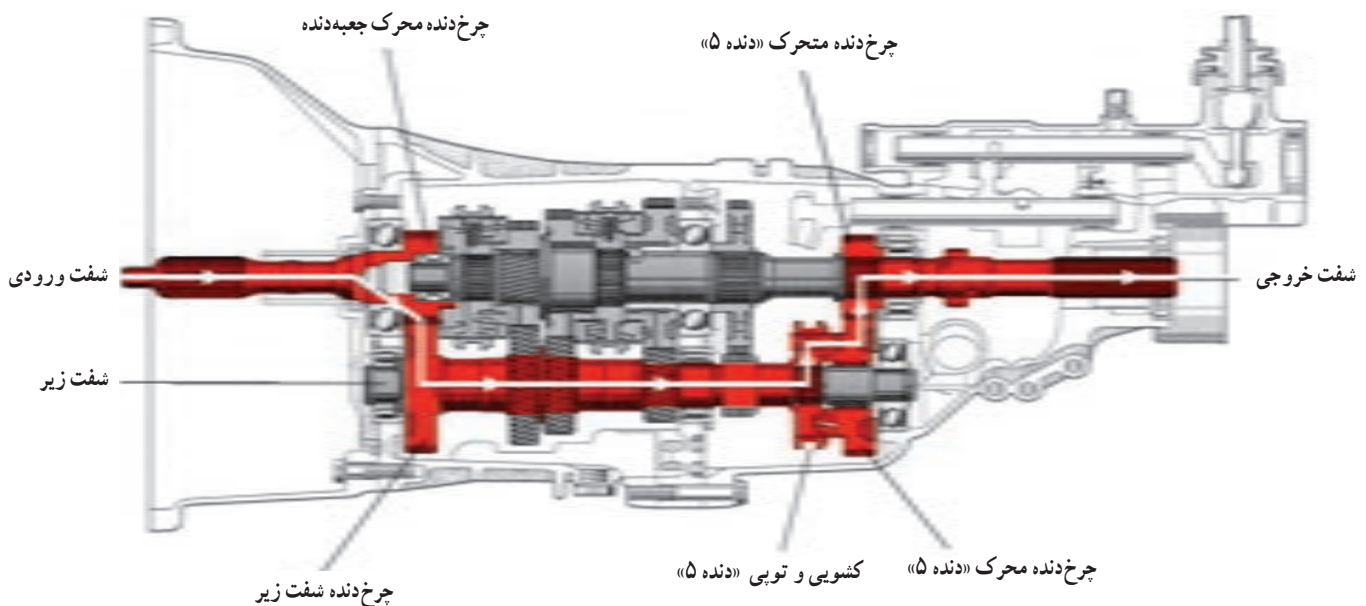
شکل ۲۱-۳ مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده ۴»



در «دنده ۴» نسبت به «دنده ۳»، دور خروجی بیشتر و گشتاور خروجی کمتر می شود و از آنجایی که شفت ورودی و خروجی به هم متصل شده اند، دور و گشتاور آنها برابر است، به عبارت دیگر نسبت مستقیم (۱: ۱) ایجاد شده است.

**۶- حالت «دنده ۵»:** شکل ۲۲-۳ مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۵» را نشان داده است. در این وضعیت با حرکت کشویی «دنده ۵» به سمت چرخ دنده «دنده ۵» روی شفت زیر، وضعیت «دنده ۵» مطابق شکل ایجاد می شود. بنابراین مسیر انتقال توان به ترتیب ذیل خواهد بود:

شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» یا محرک جعبه دنده



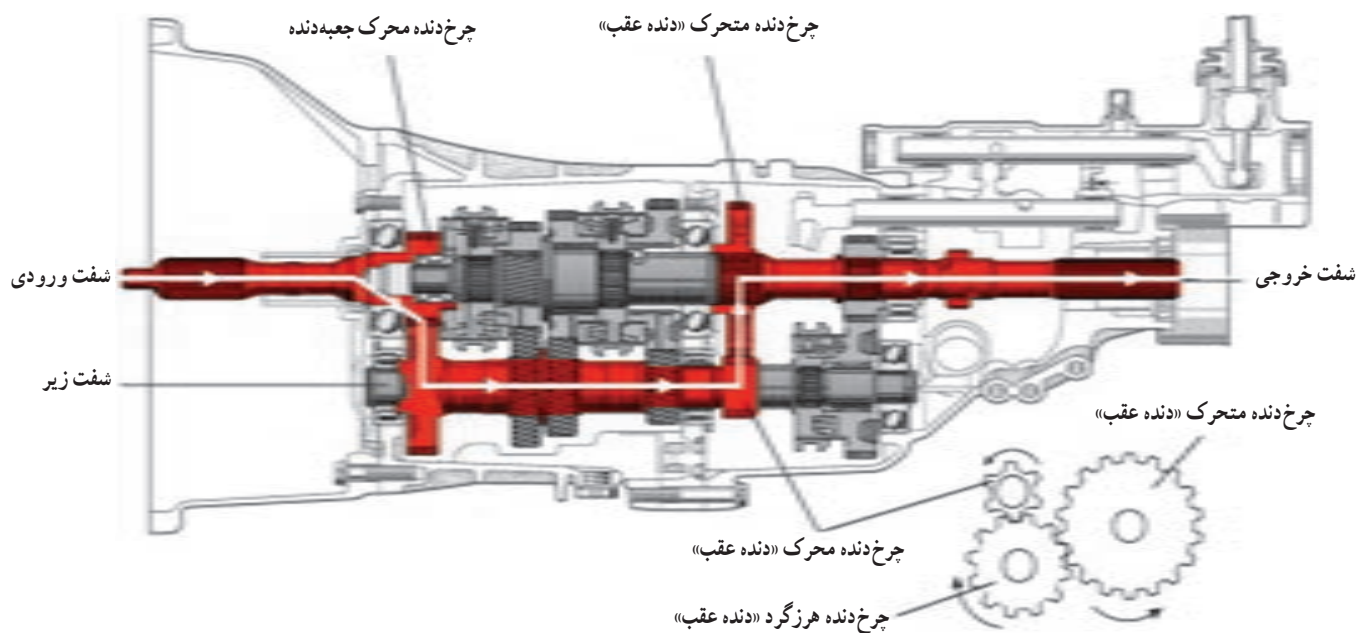
شکل ۲۲-۳ مسیر انتقال توان در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده ۵»

**۷- حالت «دنده عقب»:** شکل ۲۳-۳، مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده عقب» را نشان داده است. در این وضعیت ابتدا کشویی های مربوط دنده های ۱ و ۲ و نیز ۳ و ۴ در موقعیت وسط قرار می گیرند و جعبه دنده خلاص می شود. سپس با حرکت محوری چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب»، این چرخ دنده بین چرخ دنده های محرک «دنده عقب» روی شفت زیر و متحرک «دنده عقب» روی شفت خروجی قرار می گیرد و ضمن معکوس کردن جهت دوران از شفت ورودی به شفت خروجی، توان را انتقال می دهد. مسیر

انتقال توان در این وضعیت به ترتیب زیر است:  
شفت ورودی، چرخ دنده «دنده ۴» یا محرک جعبه دنده  
روی شفت ورودی، چرخ دنده محرک شفت زیر یا «دنده ۴»  
روی شفت زیر، چرخ دنده محرک «دنده عقب» روی شفت زیر،  
چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب»، چرخ دنده متحرک «دنده عقب»  
روی شفت خروجی، شفت خروجی جعبه دنده.  
در وضعیت «دنده عقب» نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ) ایجاد می شود و همچنین جهت دوران تغییر می کند. به عبارت دیگر، شفت

گشتاور شفت خروجی از گشتاور شفت ورودی بیشتر است. این موضوع در حالی ست که با صرف نظر از افت توان در جعبه دنده، توان ورودی جعبه دنده با توان خروجی آن برابر است.

ورودی چرخ دنده در جهت راست گرد دَوَران و شفت خروجی به صورت چپ گرد دَوَران می کنند. این تغییر جهت دَوَران توسط چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب» ایجاد می شود. در این وضعیت نیز دور شفت خروجی از دور شفت ورودی کمتر است. در حالی که



شکل ۲۳-۳- مسیر انتقال قدرت در جعبه دنده دستی در وضعیت «دنده عقب»

متحرک مربوط به دنده های سه، چهار و پنج به صورت یکپارچه روی شفت خروجی نصب شده اند.

۳- این جعبه دنده دارای سه مجموعه سنکرونیزه است. یک مجموعه سنکرونیزه بین چرخ دنده های «دنده ۱» و «دنده ۲» روی شفت خروجی، مجموعه دیگر سنکرونیزه بین چرخ دنده های «دنده ۳» و «دنده ۴» روی شفت ورودی و مجموعه سوم سنکرونیزه روی چرخ دنده «دنده ۵» روی شفت ورودی، خارج از پوسته اصلی جعبه دنده، قرار گرفته اند.

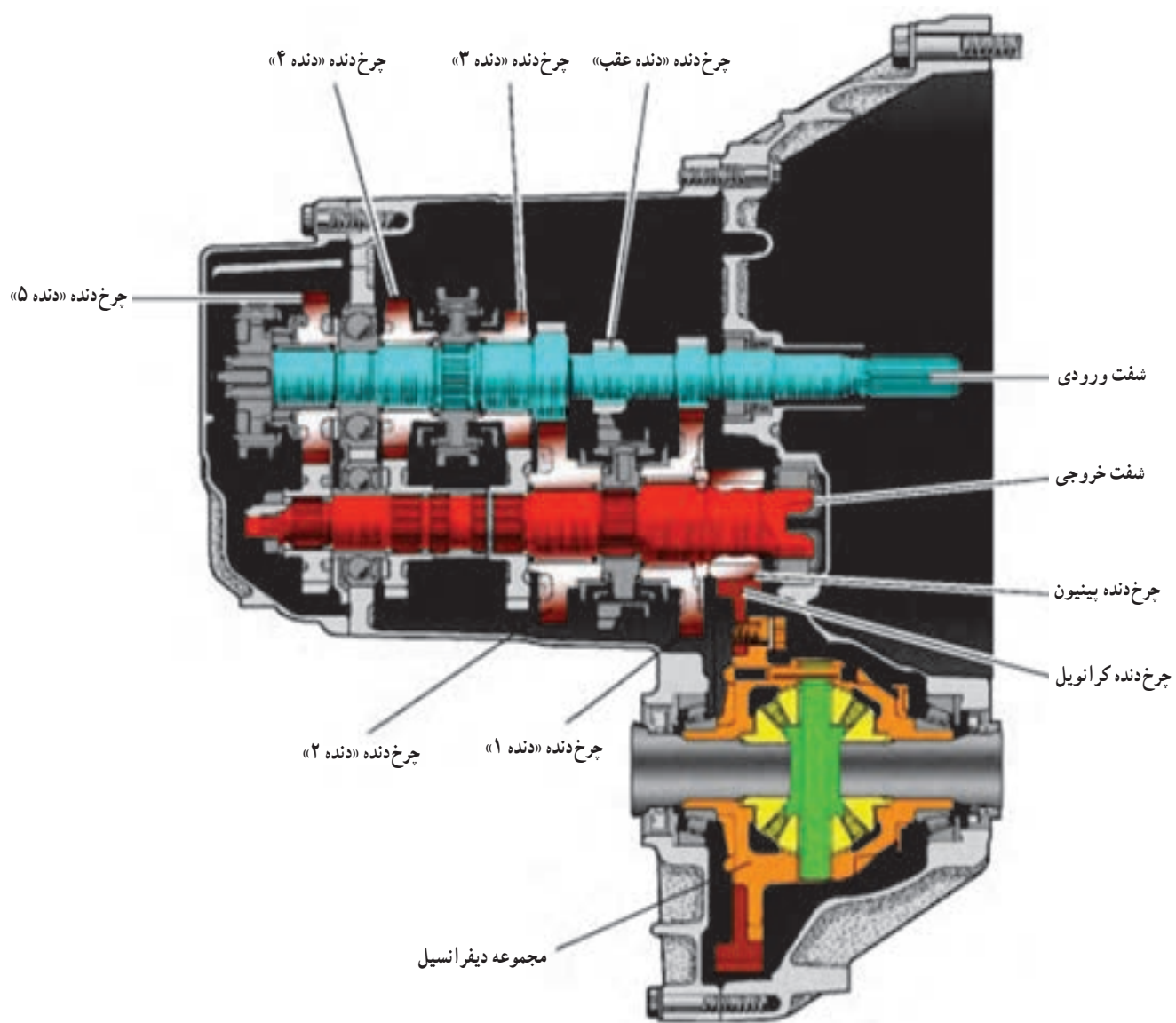
۴- چرخ دنده متحرک «دنده عقب» روی شفت خروجی، همواره توسط کشویی و تویی (مکانیزم سنکرونیزه) دنده های ۱ و ۲ به شفت خروجی وصل است.

این موضوع باعث می شود حجم و وزن جعبه دنده به دلیل ادغام محل قرارگیری دنده عقب متحرک و کشویی دنده ۱ و ۲ کاهش یابد.

۲-۱۰-۳- مسیر انتقال توان در جعبه دنده خودروی محرک جلو: در ادامه، مسیر انتقال توان در دنده های مختلف جعبه دنده نشان داده شده در شکل ۲۴-۳، که مربوط به خودروهای جلو محرک است، بررسی می شود. این جعبه دنده دارای سه شفت ورودی، خروجی و شفت چرخ دنده هرزگرد «دنده عقب» است. نکات ذیل جهت بررسی عملکرد این جعبه دنده حائز اهمیت است:

۱- چرخ دنده های محرک مربوط به دنده های یک، دو و عقب روی شفت ورودی یکپارچه هستند و چرخ دنده های محرک مربوط به دنده های سه، چهار و پنج روی شفت ورودی به صورت هرزگردند.

۲- چرخ دنده های متحرک مربوط به دنده های یک و دو روی شفت خروجی به صورت هرزگرد هستند و چرخ دنده های

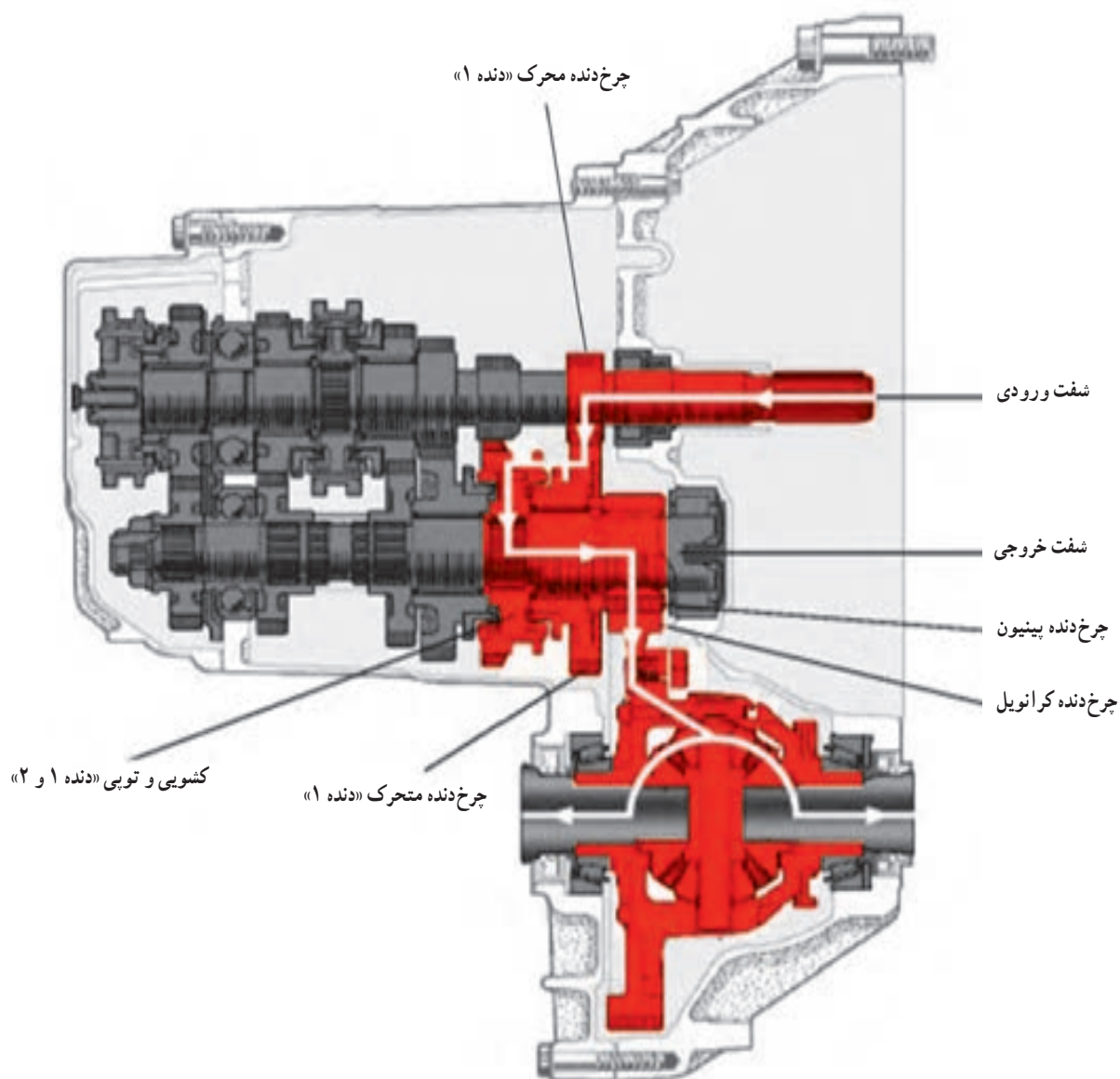


شکل ۲۴-۳- جعبه دنده خودروی محرک جلو

# ۱- حالت «دنده ۱»: شکل ۲۵-۳ مسیر انتقال توان

زیر است :  
 شفت ورودی، چرخ دنده محرک «دنده ۱» روی شفت  
 ورودی، چرخ دنده متحرک «دنده ۱» روی شفت خروجی، کشویی  
 مربوط به دنده های ۱ و ۲، تویی، شفت خروجی، چرخ دنده پینیون  
 گرداننده نهایی.

در «دنده ۱» را نشان می دهد. در این وضعیت با حرکت  
 کشویی مربوط به دنده های ۱ و ۲ به سمت چرخ دنده متحرک  
 «دنده ۱» روی شفت خروجی، این چرخ دنده با شفت خروجی  
 یکپارچه می شود. بنابراین مسیر انتقال دور و گشتاور به ترتیب



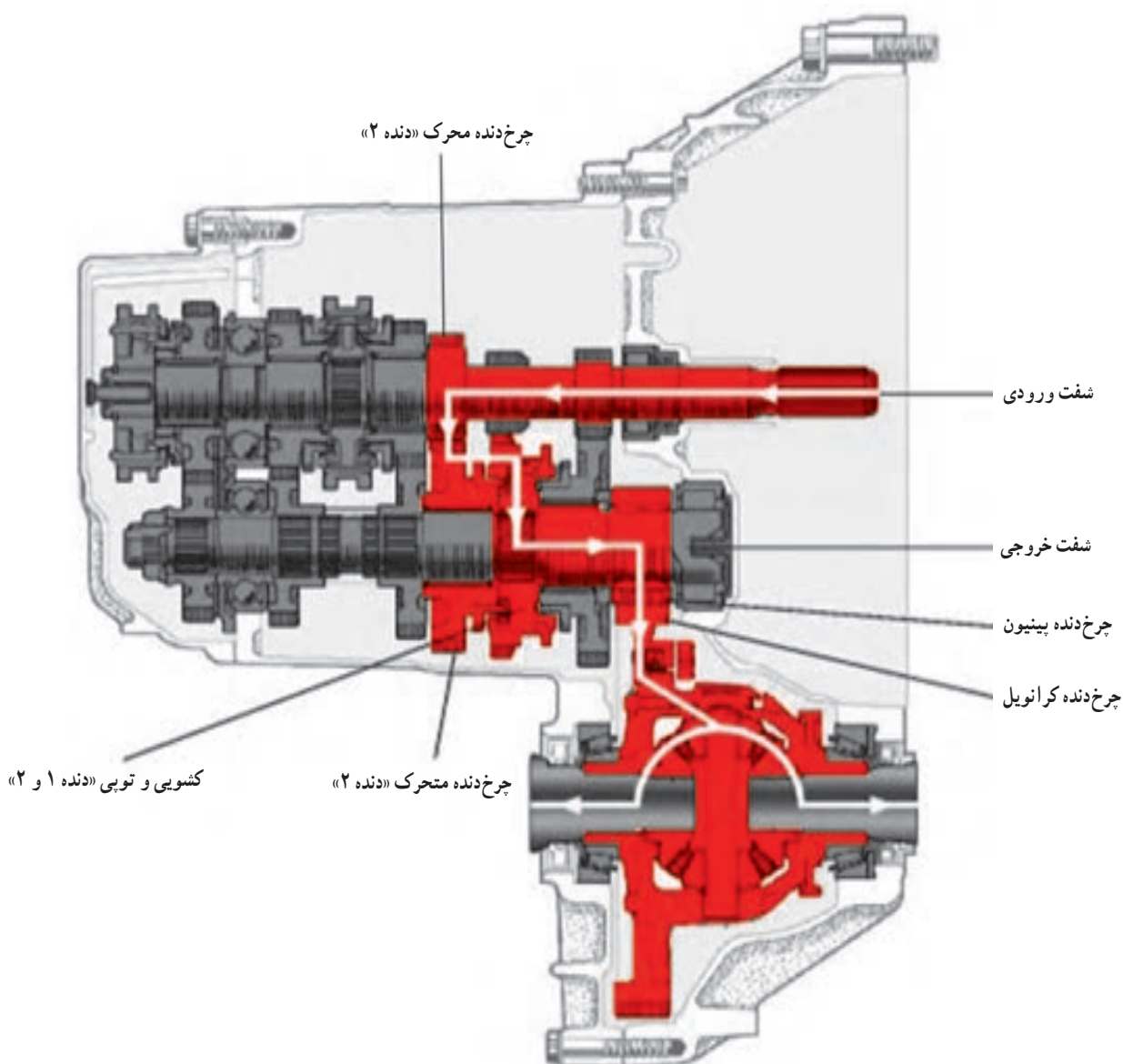
شکل ۲۵-۳ مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۱»



## ۲- حالت «دنده ۲»: شکل ۲۶-۳ مسیر انتقال

توان در «دنده ۲» را نشان می‌دهد. در این وضعیت با حرکت کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲ به سمت چرخ‌دنده متحرک «دنده ۲» روی شفت خروجی، این چرخ‌دنده با شفت خروجی یکپارچه می‌شود. بنابراین مسیر انتقال توان به ترتیب زیر است:

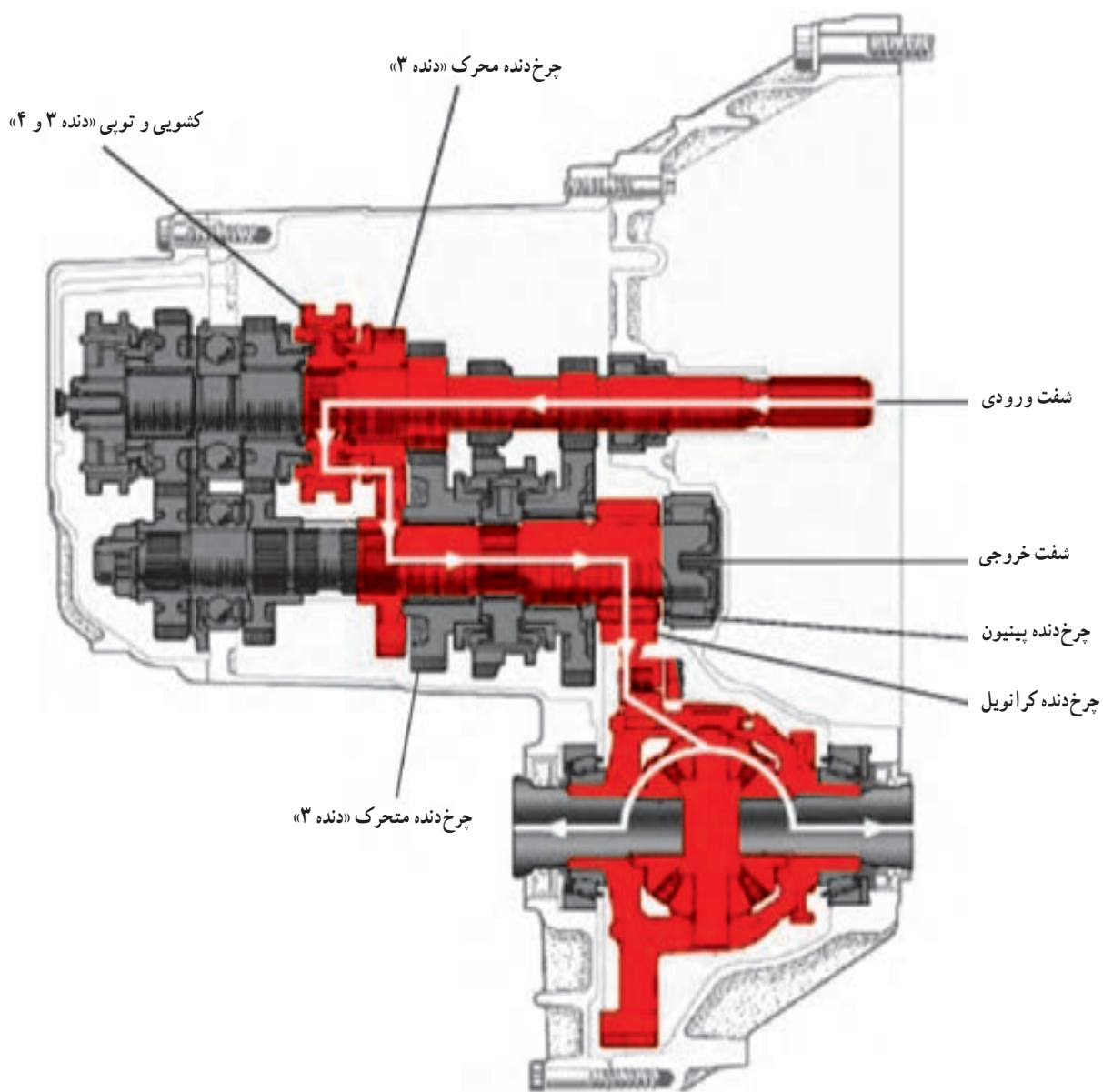
شفت ورودی، چرخ‌دنده محرک «دنده ۲» روی شفت ورودی، چرخ‌دنده متحرک «دنده ۲» روی شفت خروجی، کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲، تویی، شفت خروجی، چرخ‌دنده پینیون گرداننده نهایی.



شکل ۲۶-۳- مسیر انتقال توان در وضعیت «دنده ۲»

شفت ورودی، تویی، کشویی مربوط به دنده‌های ۳ و ۴، چرخ دنده محرک «دنده ۳» روی شفت ورودی، چرخ دنده متحرک «دنده ۳» روی شفت خروجی، شفت خروجی، چرخ دنده پینیون گرداننده نهایی.

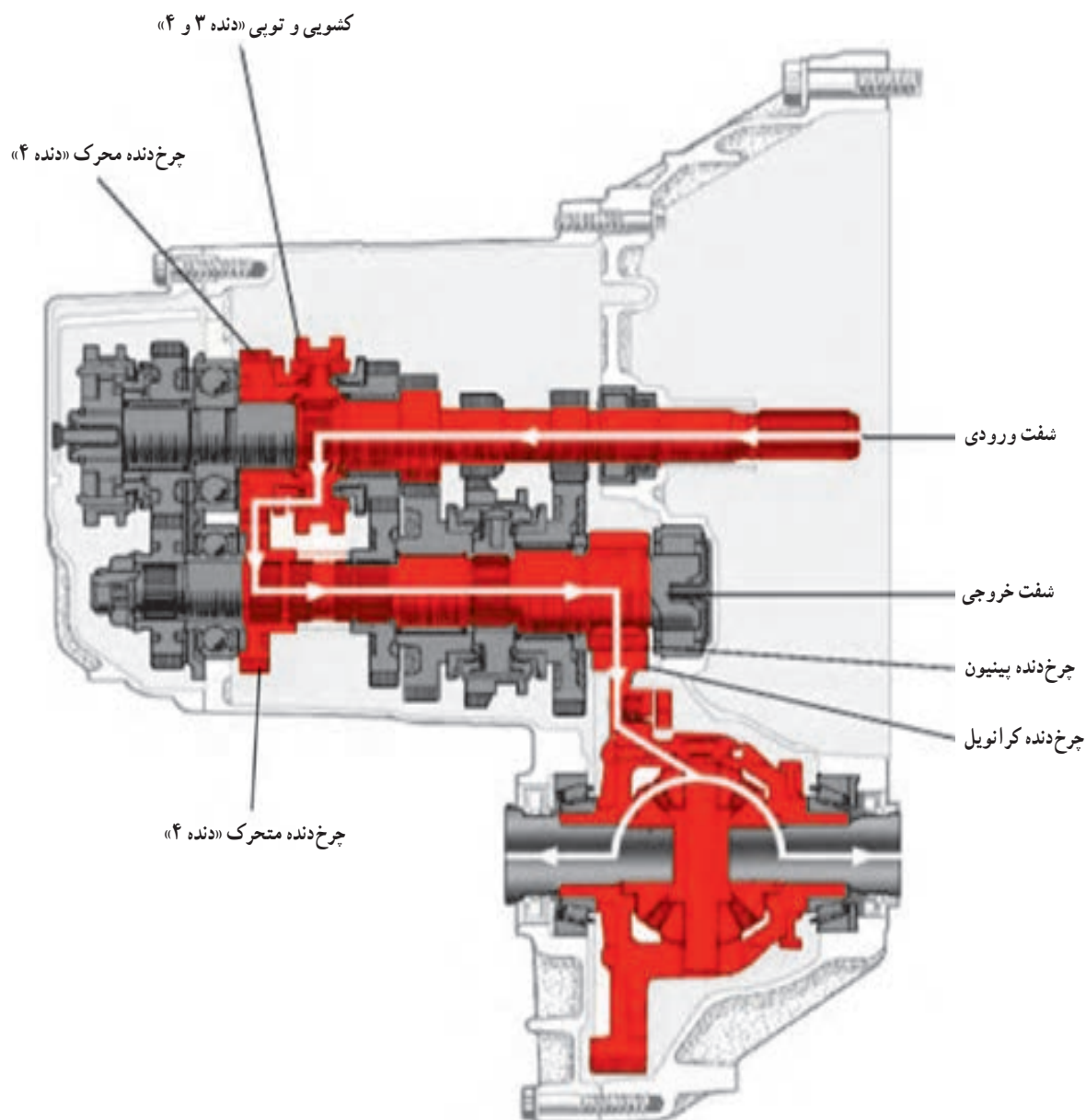
۳- حالت «دنده ۳»: شکل ۲۷-۳ مسیر انتقال توان در «دنده ۳» را نشان می‌دهد. در این وضعیت با حرکت کشویی مربوط به دنده‌های ۳ و ۴ به سمت چرخ دنده محرک «دنده ۳» روی شفت ورودی، این چرخ دنده با شفت خروجی یکپارچه می‌شود. بنابراین مسیر انتقال دور و گشتاور به ترتیب زیر است:



شکل ۲۷-۳- مسیر انتقال توان در «دنده ۳»

شفت ورودی، توپی، کشویی مربوط به دنده‌های ۳ و ۴، چرخ دنده محرک «دنده ۴» روی شفت ورودی، چرخ دنده متحرک «دنده ۴» روی شفت خروجی، شفت خروجی، چرخ دنده پینیون گرداننده نهایی.

۴- حالت «دنده ۴»: شکل ۲۸-۳ مسیر انتقال توان در «دنده ۴» را نشان می‌دهد. در این وضعیت با حرکت کشویی مربوط به دنده‌های ۳ و ۴ به سمت چرخ دنده محرک «دنده ۴» روی شفت ورودی، این چرخ دنده با شفت ورودی یکپارچه می‌شود. بنابراین مسیر انتقال دور و گشتاور به ترتیب زیر است:

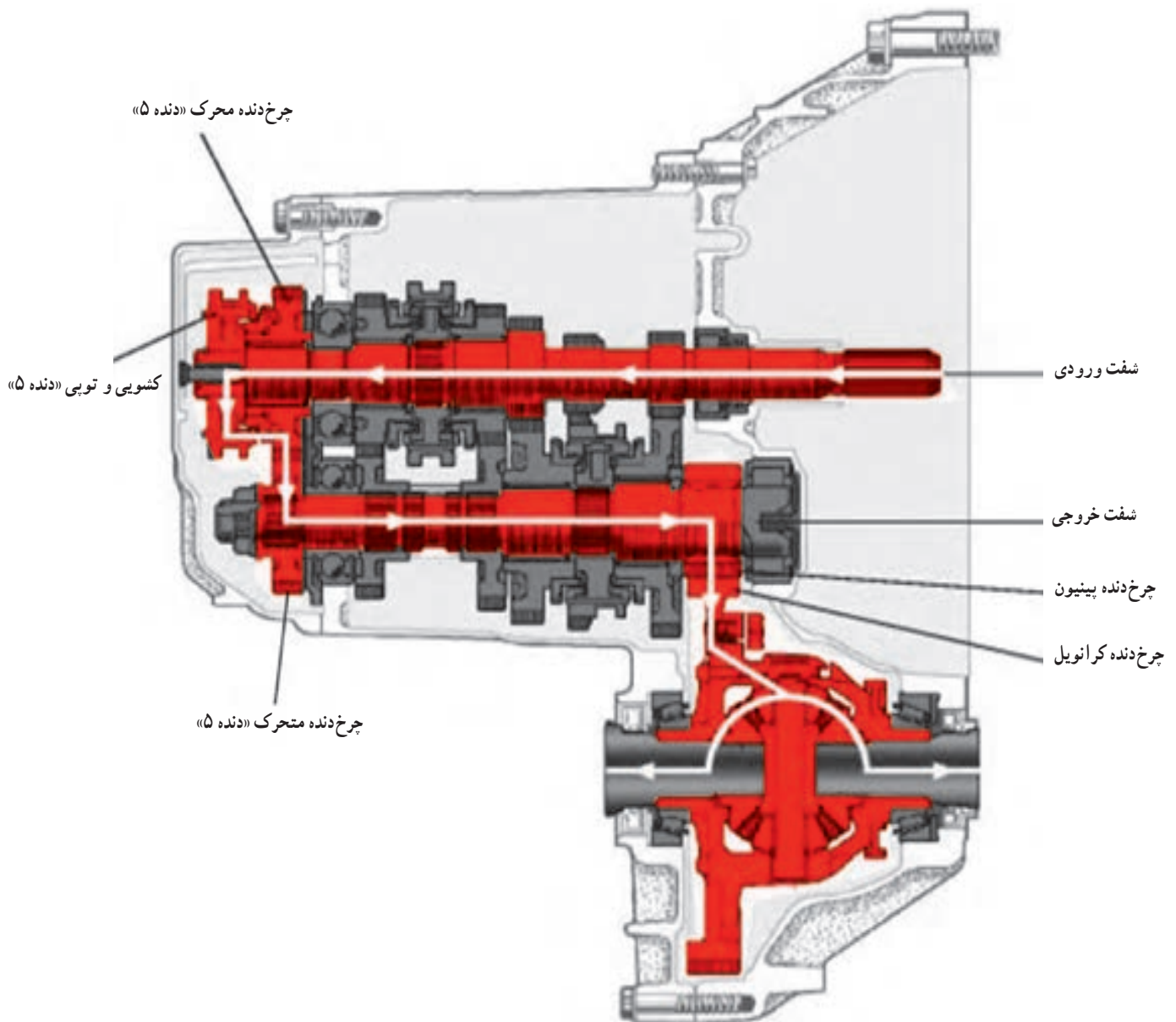


شکل ۲۸-۳- مسیر انتقال توان در «دنده ۴»

## ۵- حالت «دنده ۵»: شکل ۲۹-۳ مسیر انتقال توان

در «دنده ۵» را نشان می‌دهد. در این وضعیت با حرکت کشویی مربوط به «دنده ۵» به سمت چرخ‌دنده محرک «دنده ۵» روی شفت ورودی، این چرخ‌دنده با شفت ورودی یکپارچه می‌شود. بنابراین مسیر انتقال دور و گشتاور به ترتیب زیر است:

شفت ورودی، تویی، کشویی مربوط به «دنده ۵»، چرخ‌دنده محرک «دنده ۵» روی شفت ورودی، چرخ‌دنده متحرک «دنده ۵» روی شفت خروجی، شفت خروجی، چرخ‌دنده پینیون گرداننده نهایی.



شکل ۲۹-۳- مسیر انتقال توان در «دنده ۵»

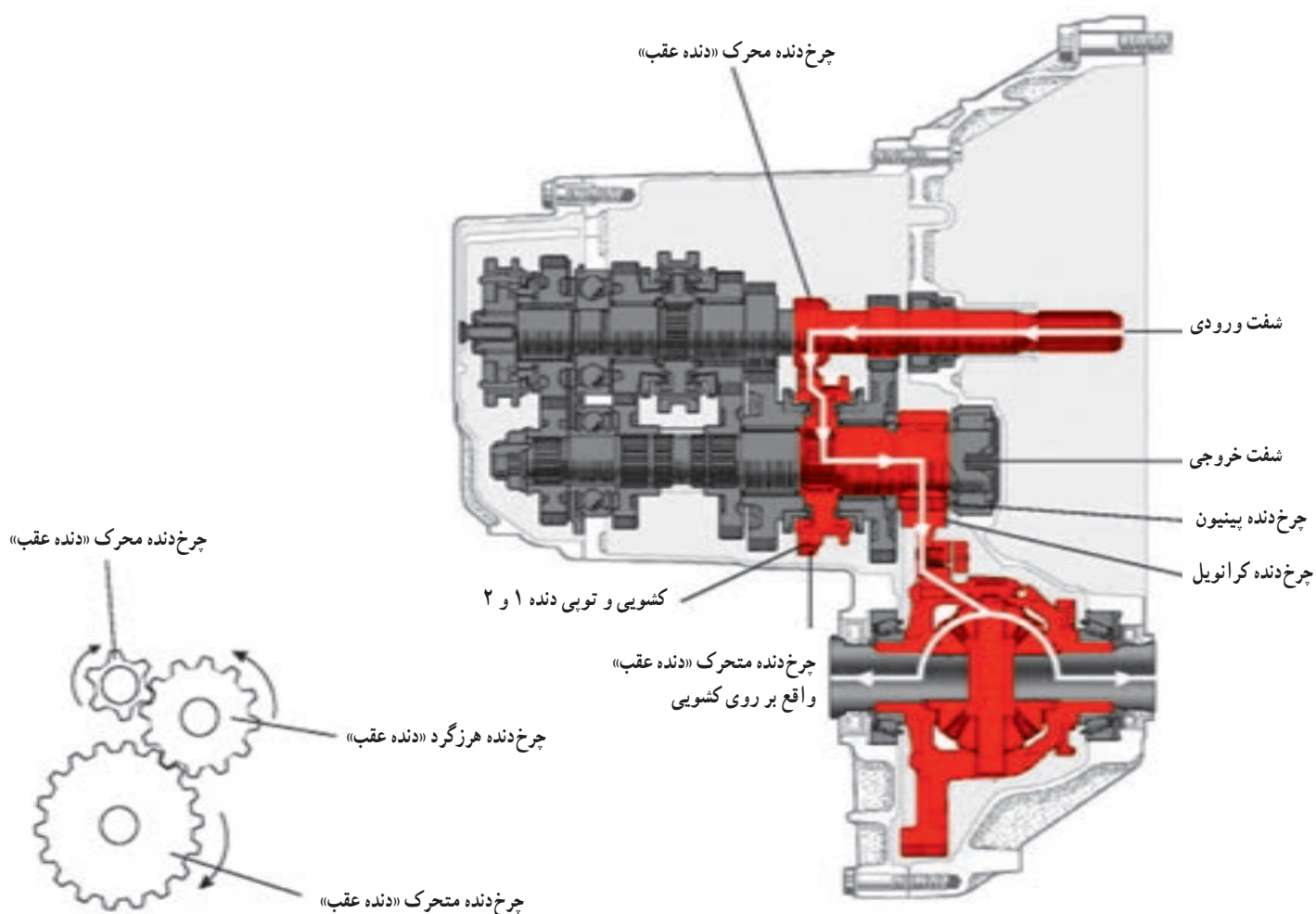


ورودی به شفت خروجی، توان را انتقال می‌دهند. بنابراین مسیر انتقال دور و گشتاور به ترتیب زیر است :

شفت ورودی، چرخ‌دنده محرک «دنده عقب» روی شفت ورودی، چرخ‌دنده هرزگرد، کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲ (کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲ دارای دندانه‌های خارجی ست، که به صورت چرخ‌دنده متحرک دنده عقب در نظر گرفته شده است)، تویی، شفت خروجی، چرخ‌دنده پینیون گرداننده نهایی.

## ۶- حالت «دنده عقب»: شکل ۳-۳ مسیر انتقال

قدرت در «دنده عقب» را نشان می‌دهد. در این وضعیت کشویی مربوط به دنده‌های ۱ و ۲ و کشویی مربوط به دنده‌های ۳ و ۴ در وسط قرار دارند. سپس با حرکت محوری چرخ‌دنده هرزگرد «دنده عقب»، این چرخ‌دنده بین چرخ‌دنده‌های محرک «دنده عقب» روی شفت ورودی و متحرک «دنده عقب» روی شفت خروجی قرار می‌گیرد و ضمن معکوس کردن جهت دوران از شفت



شکل ۳-۳- مسیر انتقال توان در «دنده عقب»

نکته: همان گونه که ملاحظه شد، در جعبه‌دنده محرک جلو برای ایجاد هر وضعیت (نسبت دنده) از یک زوج چرخ‌دنده استفاده می‌شود. در حالی که در جعبه‌دنده محرک عقب از دو زوج چرخ‌دنده استفاده می‌شود. بنابراین مسیر انتقال توان در جعبه‌دنده‌های محرک جلو کوتاه‌تر و اتلاف توان در این جعبه‌دنده‌ها کمتر است.

### ۳-۱۱ مکانیزم هماهنگ کننده سرعت (مکانیزم سنکرونیزه)

در جعبه دنده های اولیه از چرخ دنده های ساده استفاده می شد. در این جعبه دنده ها برای درگیری و خلاص شدن دنده ها، چرخ دنده ها باید روی شفت جعبه دنده حرکت محوری داشته باشند. این نوع مکانیزم تعویض دنده امروزه منسوخ شده اند و جعبه دنده های دستی از چرخ دنده های مارپیچ بهره می برند. چرخ دنده های مارپیچ را نمی توان با حرکت محوری با یکدیگر درگیر یا خلاص کرد بلکه این چرخ دنده ها همواره با یکدیگر درگیر هستند. در این جعبه دنده ها از دو چرخ دنده، که با هم درگیر هستند، یکی از آن دو با شفت خود یکپارچه است و همراه با آن دوران می کند و دیگری به صورت هرز روی شفت خود دوران می کند.

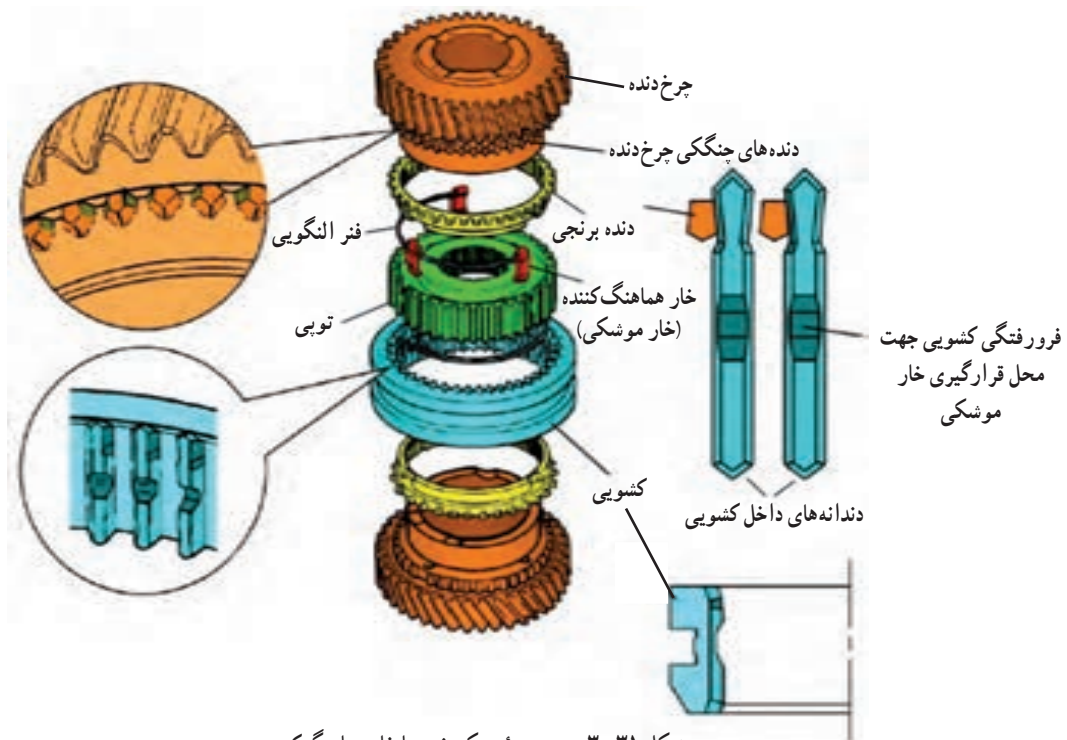
در این مکانیزم، چنانچه به انتقال توان توسط چرخ دنده های مذکور نیاز باشد، باید به وسیله مکانیزم هماهنگ کننده سرعت (مکانیزم سنکرونیزه) چرخ دنده ای را که به صورت هرز روی شفت خود دوران می کند، ابتدا با شفت مربوطه خود هم سرعت کرد، تا به نرمی و بدون صدا تعویض شود و سپس آن را با شفت یکپارچه کرد.

### ۳-۱۲ انواع مکانیزم سنکرونیزه

- انواع مکانیزم های سنکرونیزه، که از آنها در جعبه دنده های دستی استفاده می شود عبارت اند از :
- ۱- مکانیزم سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده (خار موشکی)؛
  - ۲- مکانیزم سنکرونیزه ساچمه - فنر؛
  - ۳- مکانیزم سنکرونیزه بین دار؛
  - ۴- مکانیزم سنکرونیزه دوپل.

### ۳-۱۳ مکانیزم سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده (خار موشکی)

شکل ۳-۳۱ اجزای مختلف یک مکانیزم سنکرونیزه خار موشکی را نشان می دهد. همان گونه که ملاحظه می شود، یک مجموعه سنکرونیزه معمولاً بین دو چرخ دنده از دو دنده مختلف قرار می گیرد. برای مثال دنده های ۱ و ۲ دارای یک مجموعه سنکرونیزه و دنده های ۳ و ۴ نیز دارای یک مجموعه سنکرونیزه دیگری است.



شکل ۳-۳۱ مجموعه سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده



شکل ۳-۳۲ مقطع برش خورده یک مجموعه سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده را نشان داده است.

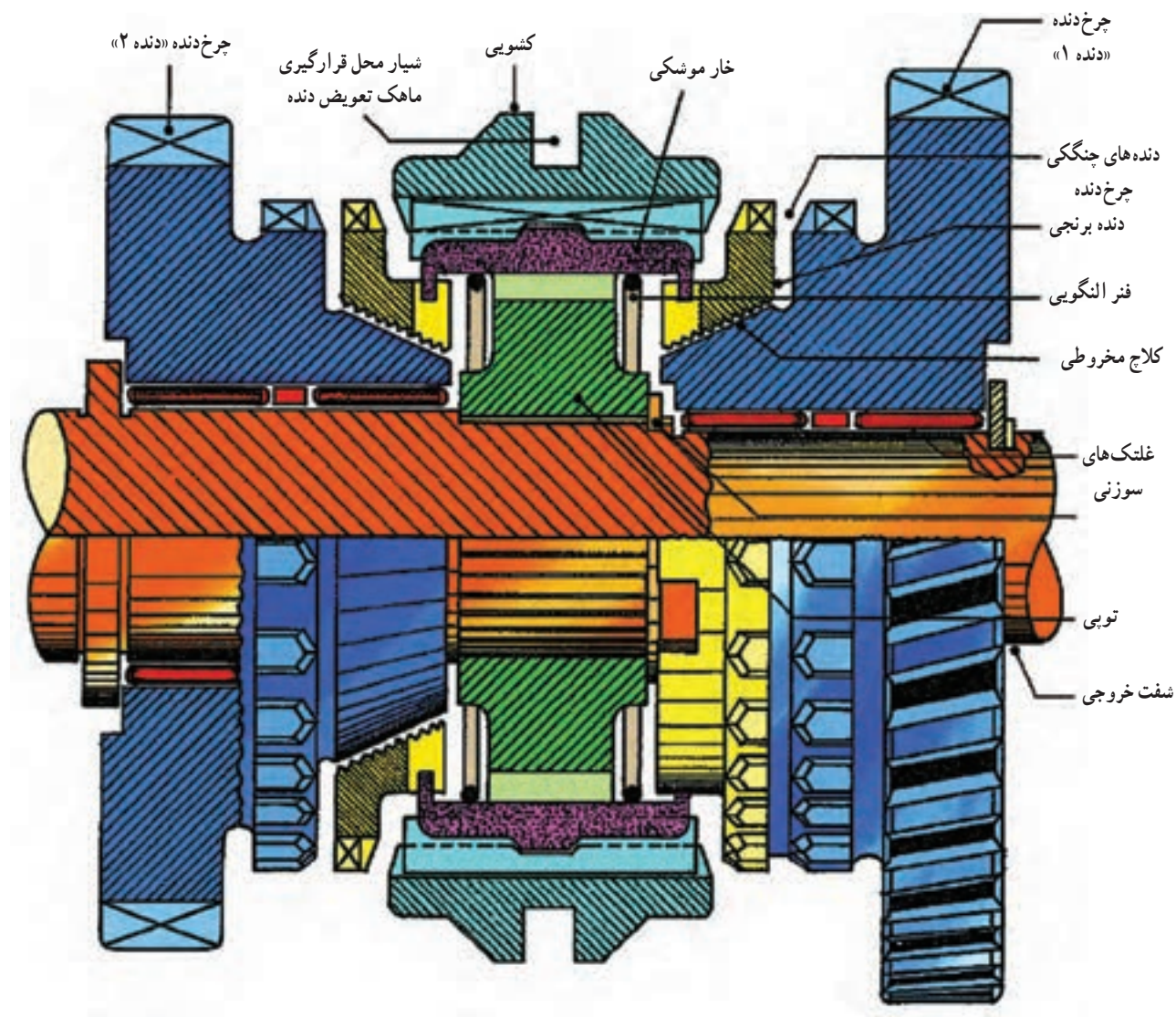
مطابق شکل ۳-۳۲، هر چرخ دنده از سه قسمت به شرح زیر تشکیل شده است:

۱- قسمت مخروطی چرخ دنده که به همراه قسمت مخروطی دنده هماهنگ کننده (دنده برنجی)، که دارای شیارهای اصطکاکی است، یک کلاچ مخروطی را تشکیل می دهند. به عبارت

دیگر، اگر سطح مخروطی دنده برنجی به سطح مخروطی چرخ دنده در جهت محوری نیرو وارد کند، این دو سطح مانند یک کلاچ اصطکاکی عمل می کنند و با یکدیگر هم دور می شوند.

۲- قسمت چنگکی چرخ دنده که به صورت قسمت قفل یا درگیر کننده چرخ دنده با شفت خروجی است.

۳- قسمت دندانه های خارجی چرخ دنده که با چرخ دنده محرک خود درگیر است و وظیفه انتقال توان را بر عهده دارد.



شکل ۳-۳۲- مقطع برش خورده یک مجموعه سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده

### ۱۴-۳- اجزای سیستم سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده و وظایف آنها

با توجه به شکل های ۳-۳۱ و ۳-۳۲، اجزای سیستم سنکرونیزه خار موشکی و وظایف هر یک از آنها را می توان به صورت ذیل تشریح کرد:

۱-۱۴-۳- توپی: توپی به وسیله هزار خار به شفت مورد نظر وصل می شود و با آن دوران می کند. این قطعه روی محیط خارجی خود دارای شیارهای طولی است و این شیارها با شیارهای داخلی کشویی درگیر است، به طوری که کشویی می تواند روی توپی حرکت محوری داشته باشد.

۲-۱۴-۳- کشویی: کشویی دارای شیارهای داخلی است. این شیارها جهت درگیری و حرکت روی توپی تعبیه شده است. در قسمت وسط شیارهای کشویی فرورفتگی هایی جهت انطباق با برجستگی های خار هماهنگ کننده (خار موشکی) وجود دارد. در قسمت خارجی کشویی نیز شیار حلقوی وجود دارد که ماهک روی آن قرار می گیرد. با حرکت محوری ناشی از نیروی دست راننده، عملیات درگیر و خلاص کردن دنده مورد نظر صورت می پذیرد.

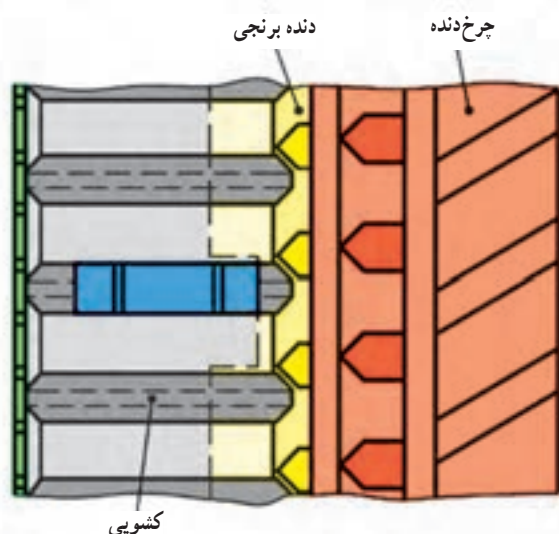
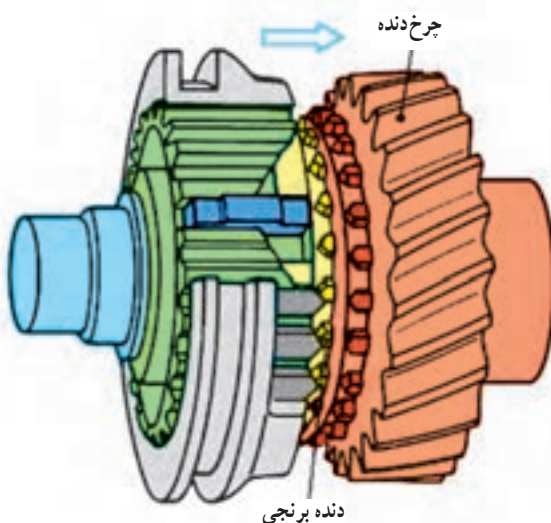
۳-۱۴-۳- خار هماهنگ کننده (خار موشکی): سیستم سنکرونیزه معمولاً دارای سه عدد خار موشکی است که در سه شیار تعبیه شده روی توپی قرار می گیرند و همراه با آن دوران می کنند. برجستگی خار موشکی با فرورفتگی داخلی کشویی هماهنگ شده است، به طوری که با حرکت کشویی، خار موشکی

نیز حرکت محوری می کند. حرکت محوری خار موشکی به دنده برنجی منتقل می شود و دنده برنجی به قسمت مخروطی چرخ دنده نیرو اعمال می کند و دور چرخ دنده را با دور خود یکسان می سازد. ۴-۱۴-۳- فنر خار موشکی (فنر النگویی): این فنر که در دو طرف توپی و در قسمت داخلی آن قرار می گیرد با اعمال یک نیروی شعاعی پشت خار موشکی، باعث می شود که برجستگی خار موشکی با نیروی پیش بار با کشویی درگیر شود.

۵-۱۴-۳- دنده هماهنگ کننده (دنده برنجی): قسمت داخلی این دنده به صورت مخروطی و دارای شیارهای اصطکاکی است. این دنده روی قسمت مخروطی چرخ دنده قرار می گیرد و همراه با آن یک کلاچ اصطکاکی مخروطی را تشکیل می دهد. این دنده، حرکت محوری را از خار موشکی دریافت می کند و با اعمال نیرو به قسمت مخروطی چرخ دنده مورد نظر، دور آن چرخ دنده را با دور خود یکسان می سازد.

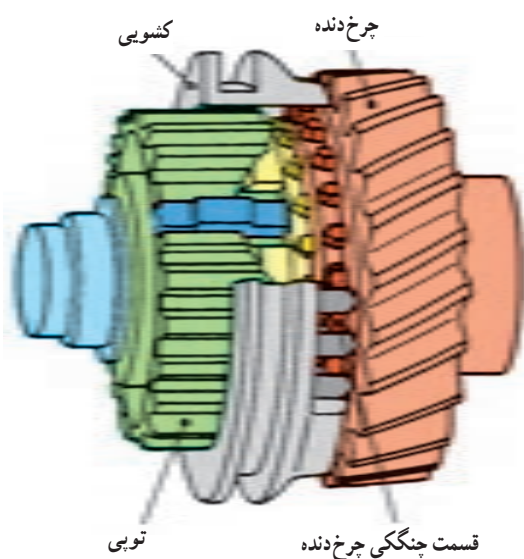
### ۱۵-۳- نحوه عملکرد مکانیزم سنکرونیزه با خار هماهنگ کننده (خار موشکی)

با حرکت اهرم تعویض دنده به منظور تعویض دنده، این حرکت از طریق اهرم بندی به ماهک منتقل می شود و ماهک (که روی شیار خارجی کشویی قرار دارد) نیز کشویی را مطابق شکل ۳-۳۳ به سمت چرخ دنده مربوط به آن دنده حرکت می دهد.

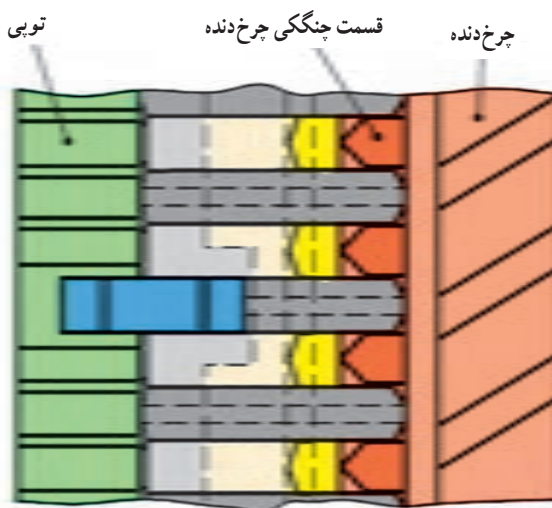


شکل ۳-۳۳- حرکت کشویی به سمت چرخ دنده

هنگامی که کشویی و چرخ دنده هم دور شدند، چون دنده برنجی و خار موشکی امکان حرکت خطی بیشتر ندارند، با اعمال نیروی بیشتر، دندانه‌های داخلی کشویی به برآمدگی خار موشکی نیرو وارد می‌سازند و خار موشکی‌ها نیز فنر النگویی را کمی جمع می‌کنند و به سمت داخلی تویی به حرکت درمی‌آیند. در این صورت امکان حرکت خطی بیشتر کشویی، مطابق شکل ۳-۳۴ فراهم می‌گردد و دندانه‌های داخلی کشویی با دندانه‌های چنگکی چرخ دنده درگیر می‌شوند. در نتیجه چرخ دنده‌ای که بر روی شفت هرز بوده است، از طریق کشویی و تویی به شفت وصل می‌گردد.



درون کشویی فرورفتگی‌هایی وجود دارد که برجستگی خار موشکی‌ها بر آنها منطبق می‌شود. از این رو با حرکت کشویی، ابتدا کشویی خار موشکی را به صورت محوری حرکت می‌دهد و از آنجایی که لبه خار موشکی نیز در شیار دنده برنجی قرار گرفته است، دنده برنجی نیز حرکت محوری انجام می‌دهد و به سمت چرخ دنده مورد نظر حرکت می‌کند. با اعمال نیرو از دنده برنجی به قسمت مخروطی چرخ دنده، نیروی اصطکاک ایجاد شده بین دو سطح مخروطی باعث می‌شود چرخ دنده (که قبلاً به صورت هرز بر روی شفت خروجی در حال دوران بوده است) با دنده برنجی، خار موشکی، کشویی، تویی و نهایتاً شفت خروجی هم دور شود.



شکل ۳-۳۴- درگیری کشویی با چرخ دنده

## ۱۶-۳- مکانیزم تعویض دنده

همان گونه که ملاحظه می‌شود، اهرم تعویض دنده<sup>۱</sup> که توسط راننده حرکت داده می‌شود، در بالای پوسته جعبه دنده قرار گرفته است. انتهای اهرم تعویض دنده درون شکاف‌های روی میل ماهک‌ها<sup>۲</sup> قرار می‌گیرد. بنابراین با حرکت اهرم تعویض دنده، میل ماهک به سمت جلو یا عقب حرکت می‌کند. روی هر یک از میل ماهک‌ها، قطعه‌ای به نام ماهک قرار گرفته که توسط

همان گونه که تشریح شد، برای درگیری یک دنده در جعبه دنده دستی، کشویی مجموعه سنکرونیزه باید به سمت چرخ دنده مربوط به آن دنده حرکت کند و آن چرخ دنده را با شفت جعبه دنده یکپارچه کند. بنابراین برای انتقال حرکت از اهرم تعویض دنده به کشویی، به «مکانیزم تعویض دنده»<sup>۱</sup> نیاز است. شکل ۳-۳۵ مکانیزم تعویض دنده در جعبه دنده دستی یک خودروی محرک عقب را نشان می‌دهد.

۱- Gear shift mechanism

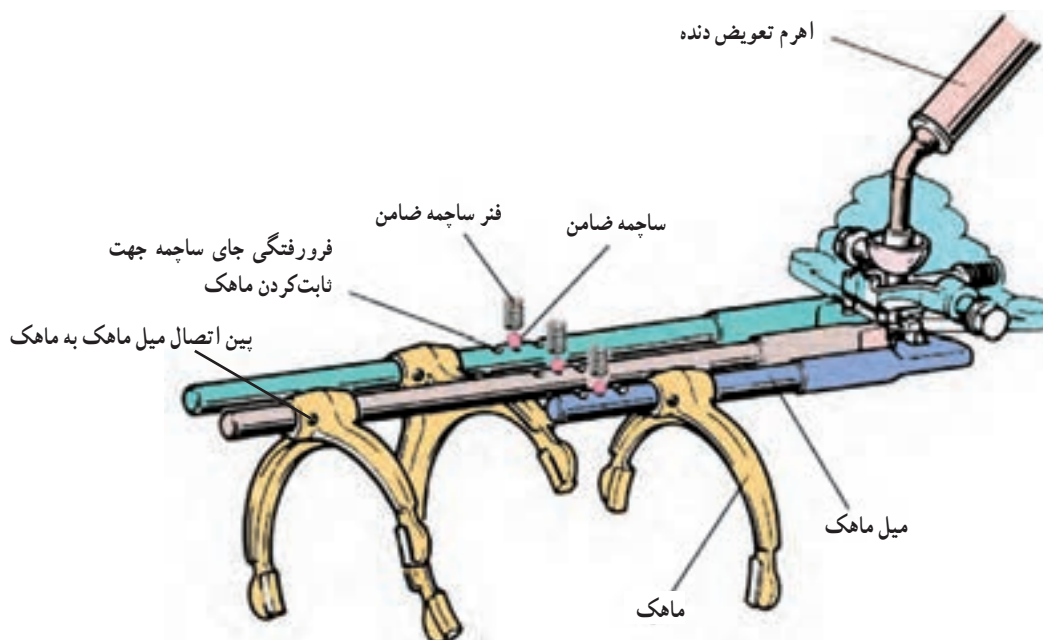
۲- Shift lever

۲- Shift fork shaft

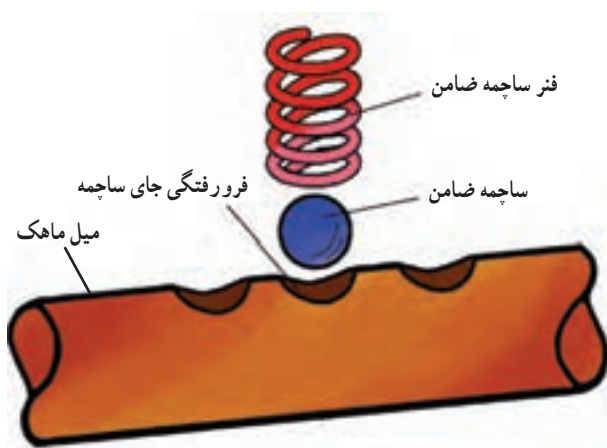


عقب و جلو حرکت می‌کند. روی میل ماهک‌ها سه فرورفتگی ایجاد شده، که مربوط به ساچمه ضامن است.

پیچ یا پین به میل ماهک متصل شده است. بنابراین با حرکت اهرم تعویض دنده به سمت عقب و جلو، ماهک مورد نظر نیز به سمت



شکل ۳-۳۵- اجزای مکانیزم تعویض دنده جعبه‌دنده دستی در خودروی محرک عقب



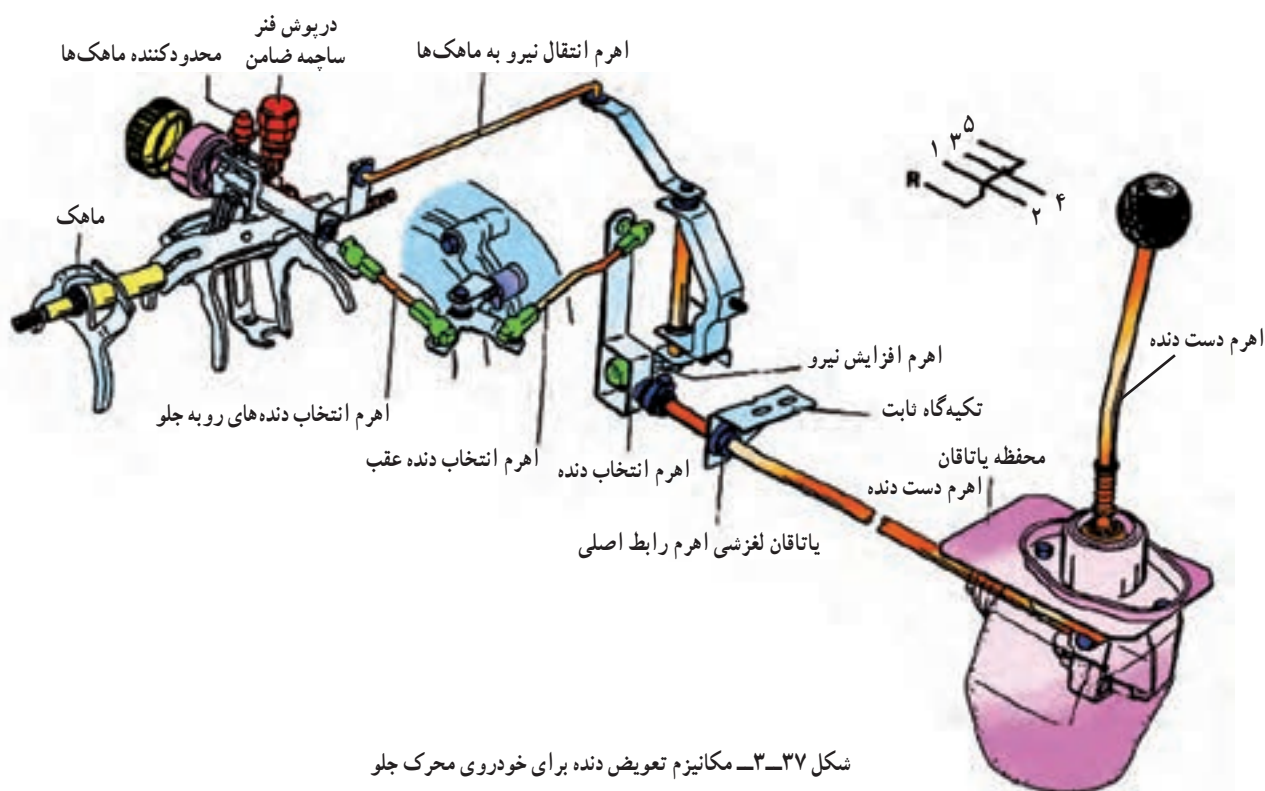
شکل ۳-۳۶- فرورفتگی‌های روی میل ماهک

شکل ۳-۳۷- اجزای مکانیزم تعویض دنده برای خودروی محرک جلو را نشان داده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، در این مکانیزم، حرکت اهرم تعویض دنده از طریق یک اهرم بندی به میل ماهک‌ها منتقل می‌شود.

در مکانیزم تعویض دنده برای جلوگیری از حرکت ناخواسته میل ماهک‌ها از ساچمه ضامن استفاده شده است. این ساچمه دارای سه موقعیت روی میل ماهک و به شکل فرورفتگی است و در شکل ۳-۳۶ نشان داده شده است. موقعیت وسط مربوط به وضعیت خلاص است. زمانی که اهرم تعویض دنده در وضعیت خاصی قرار می‌گیرد، حرکت اهرم به میل ماهک منتقل می‌شود و آن را حرکت می‌دهد.

با حرکت میل ماهک، ساچمه در خلاف جهت نیروی فنر به حرکت درمی‌آید و فنر را جمع می‌کند و سپس به فرورفتگی مربوط به وضعیت انتخاب شده می‌رسد و داخل آن قرار می‌گیرد و تا تعویض دنده بعدی میل ماهک را در آن وضعیت نگه می‌دارد. باید توجه شود که نیروی فنر به گونه‌ای طراحی شده که تنها با حرکت میل ماهک، که ناشی از اعمال نیروی دست راننده به اهرم تعویض دنده است، ساچمه می‌تواند حرکت کند.

چگونگی ایجاد وضعیت دنده عقب نسبت به وضعیت‌های دنده رو به جلو اندکی متفاوت می‌باشد. معمولاً در اغلب جعبه دنده‌ها برای ایجاد وضعیت دنده عقب از چرخ دنده‌های مستقیم استفاده می‌شود که برای ایجاد این وضعیت، چرخ دنده هرزگرد توسط مکانیزم تعویض دنده حرکت محوری کرده و بین چرخ دنده‌های محرک و متحرک دنده عقب قرار می‌گیرد.

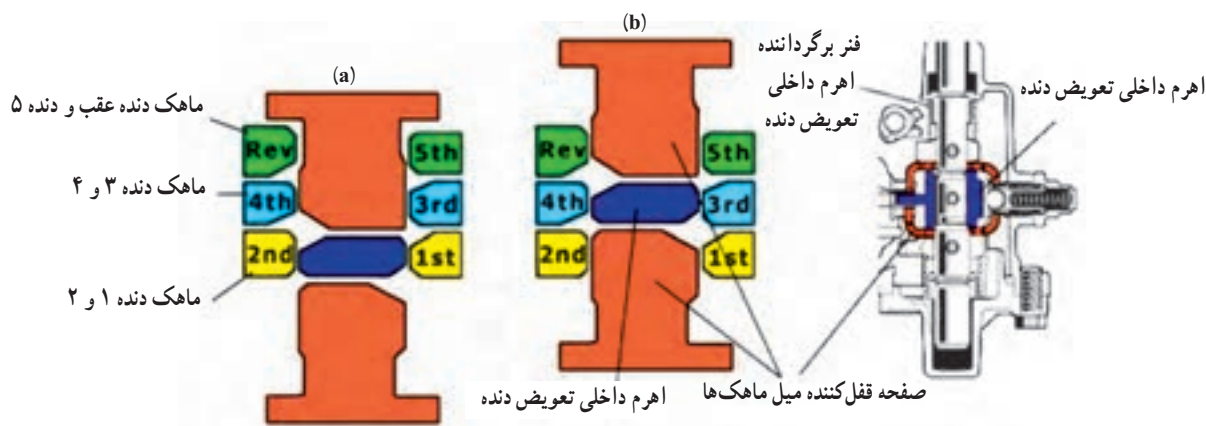


شکل ۳۷-۳. مکانیزم تعویض دنده برای خودروی محرک جلو

### ۱۷-۳. مکانیزم محدودکننده ماهک

جعبه دنده، به آن آسیب شدید می‌رسد. برای جلوگیری از درگیر شدن هم‌زمان دو دنده در جعبه دنده‌ها از یک مکانیزم ایمنی استفاده شده است که «مکانیزم محدودکننده ماهک» نامیده می‌شود. شکل ۳۸-۳ مکانیزم محدودکننده ماهک را نشان می‌دهد.

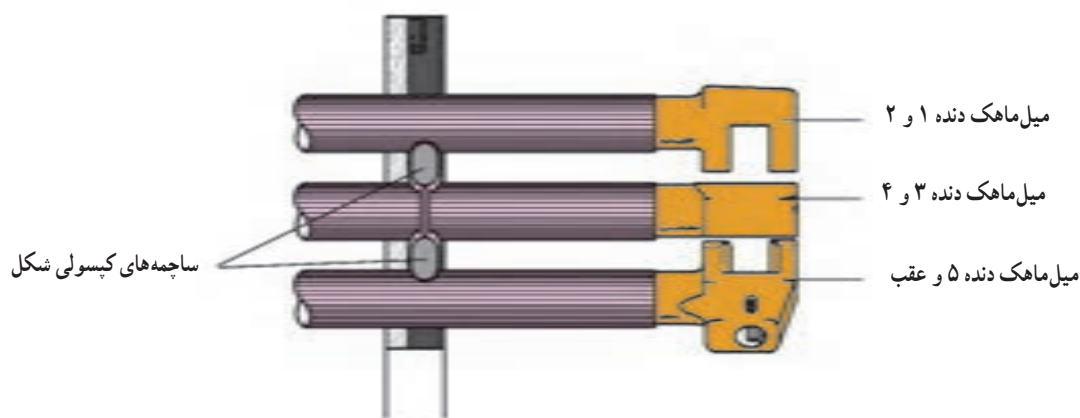
هرگاه در وضعیت حرکت، دو ماهک حرکت کنند و دو دنده جعبه دنده توأم درگیر شوند، در این حالت شفت خروجی جعبه دنده باید هم‌زمان با دو دور متفاوت (با توجه به نسبت دنده‌های متفاوت دنده‌ها) دوران کند، که عملاً امکان‌پذیر نیست و با قفل شدن



شکل ۳۸-۳. مکانیزم محدودکننده ماهک

فک‌های آن مانع حرکت میل ماهک مربوط به دنده ۱ و ۲ و میل ماهک مربوط به دنده ۵ و عقب شده است. ملاحظه می‌گردد که با استفاده از این مکانیزم، در هر لحظه فقط یک دنده درگیر می‌شود و همین از درگیری هم‌زمان دو دنده و آسیب دیدن جعبه‌دنده جلوگیری می‌کند.

در برخی از جعبه‌دنده‌ها برای محدود کردن ماهک‌ها و جلوگیری از حرکت هم‌زمان دو ماهک، مطابق شکل ۳-۳۹، از ساچمه‌های کپسولی شکل و شیارهایی بر روی میل ماهک‌ها استفاده شده است. در این روش با حرکت میل ماهک و شیار روی آن، ساچمه کپسولی شکل دچار حرکت جانبی می‌گردد و در شیار میل ماهک مجاور نشسته و آن را قفل می‌کند. بنابراین از درگیری هم‌زمان دو دنده و آسیب دیدن جعبه‌دنده جلوگیری می‌شود.



شکل ۳-۳۹- مکانیزم محدودکننده ماهک با ساچمه کپسولی شکل

مطابق وضعیت (a) شکل ۳-۳۸، هرگاه اهرم تعویض دنده، برای انتخاب دنده ۱ یا ۲ حرکت جانبی داشته باشد، صفحه قفل‌کننده میل ماهک‌ها به سمت راست حرکت می‌کند، به گونه‌ای که فک‌های آن درون شیار میل ماهک دنده‌های ۳ و ۴ و ۵ و عقب قرار می‌گیرد و از حرکت میل ماهک‌های دنده‌های ۳ و ۴ و ۵ و عقب جلوگیری می‌کند. بنابراین، شکاف صفحه قفل‌کننده ماهک در وضعیتی قرار می‌گیرد که اهرم داخلی تعویض دنده می‌تواند با بالا و پایین رفتن، میل ماهک مربوط به دنده ۱ و ۲ را حرکت دهد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در وضعیت (b) نیز اهرم تعویض دنده در حالت انتخاب دنده ۳ یا ۴ قرار گرفته است. در این وضعیت صفحه قفل‌کننده میل ماهک طوری قرار گرفته که

فکر می‌کنید چه باید کرد؟ آیا به تولید خارجی باید رو آورد؟ نه، راه حل این نیست. حمایت از تولید داخلی وظیفه همه ماست. اما اعتمادآفرینی هم مهم‌ترین و فوری‌ترین نیاز و وظیفه همه بنگاه‌های تولیدی است. راستی اعتماد مردم چگونه جلب می‌شود؟ ممکن است شما هم فردا یک کار تولیدی یا خدماتی را بر عهده بگیرید برای جلب اعتماد مشتریان خود چه خواهید کرد؟

## حمایت از کار و سرمایه ایرانی

احتمالاً شاهد برخی از قضاوت‌ها و گفت‌وگوهای گله‌مندانه مردم درباره خودرو تولید داخل که از یکی از کارخانجات خریداری کرده‌اند، بوده‌اید. اگر شرایط اقتصادی در دهه‌های اخیر مانند، محاصره اقتصادی، شرایط دوران دفاع مقدس، ممنوعیت ورود و امثال این‌ها نبود، آیا فروش آنها از آنچه بوده، پایین‌تر نمی‌آمد،



- ۱- وظایف جعبه دنده در خودرو را بیان کنید.
- ۲- انواع جعبه دنده های مورد استفاده در خودروهای سواری را نام ببرید.
- ۳- چرخ دنده ماریچ را توضیح داده و مزایا و معایب آن را بیان کنید.
- ۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید.  
الف) گام دنده                      ب) نسبت دنده
- ۵- نسبت دنده اوردرایو را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۶- چهار شفت موجود در جعبه دنده محرک عقب چهار سرعته را نام ببرید.
- ۷- مسیر انتقال قدرت در حالت دنده ۱ جعبه دنده محرک عقب را شرح دهید.
- ۸- مکانیزم سنکرو نیزه با خار هماهنگ کننده را توضیح دهید.
- ۹- در مکانیزم تعویض دنده برای جلوگیری از حرکت ناخواسته میل ماهک ها از چه وسیله ای استفاده می شود؟  
توضیح دهید.
- ۱۰- وظیفه مکانیزم محدود کننده ماهک چیست؟ توضیح دهید.

## میل گاردان و مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»

هدف‌های رفتاری : از هنجار انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

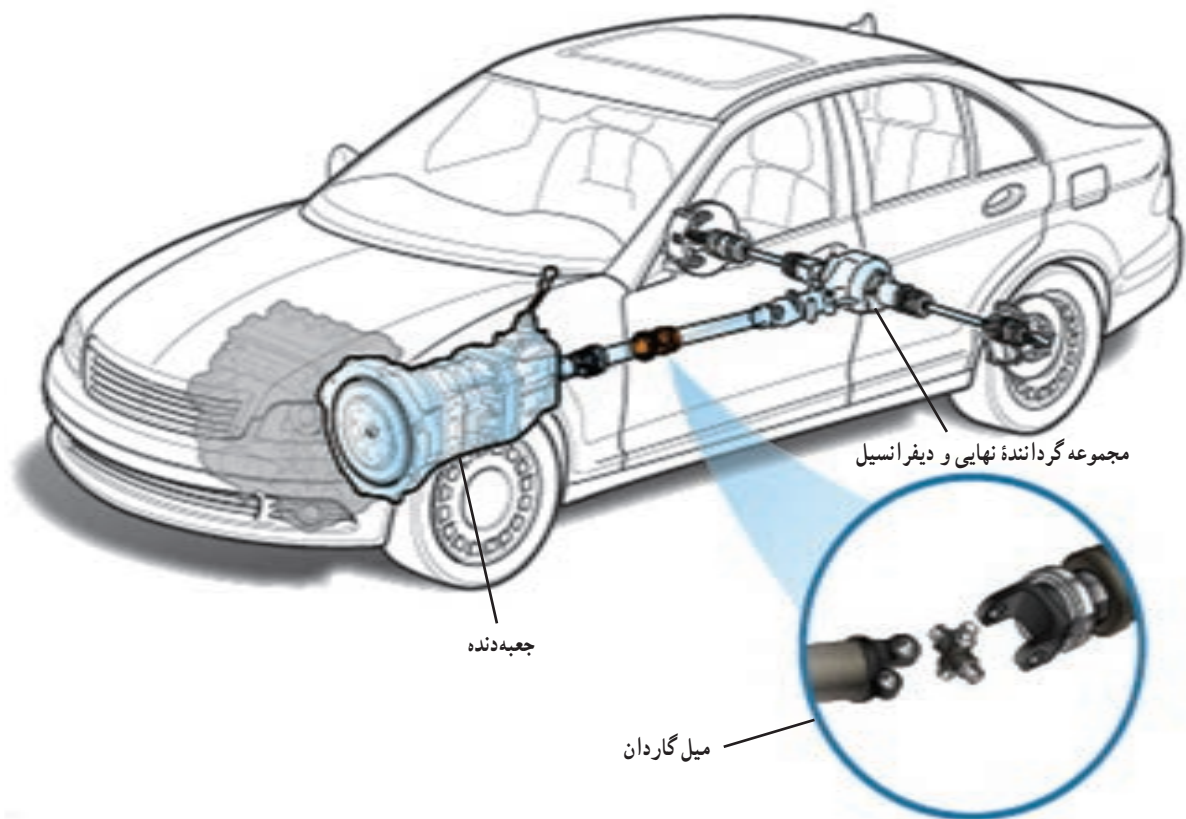
- ۱- وظایف میل گاردان را شرح دهد.
- ۲- اجزای میل گاردان را نام ببرد.
- ۳- اجزای چهارشاخه گاردان را نام ببرد.
- ۴- انواع میل گاردان را نام ببرد.
- ۵- وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را شرح دهد.
- ۶- انواع چرخ‌دنده‌های مورد استفاده در گرداننده نهایی را نام ببرد.
- ۷- مزایا و معایب چرخ‌دنده‌های هیپویدی را شرح دهد.
- ۸- نحوه عملکرد دیفرانسیل را شرح دهد.
- ۹- انواع یاتاقان‌بندی پلوس در اکسل یکپارچه را شرح دهد.
- ۱۰- انواع مفصل‌های پلوس را نام ببرد و آنها را شرح دهد.

### ۴-۱- میل گاردان

زیاد است. از این‌رو برای انتقال توان از جعبه‌دنده به مجموعه گرداننده نهایی از محوری توخالی به نام «میل گاردان»<sup>۱</sup> استفاده می‌شود (شکل ۴-۱).

در خودروهای محرک عقب با طرح انتقال قدرت استاندارد، فاصله بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار دارد،

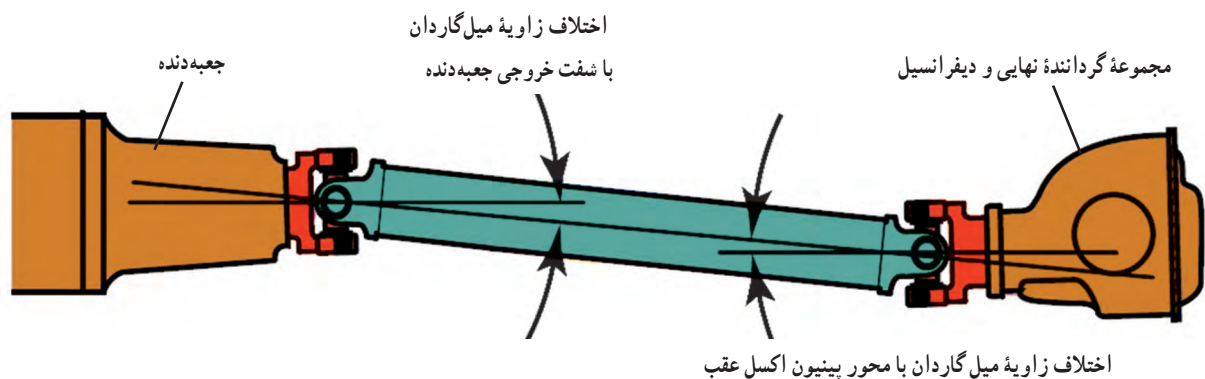
**نکته :** به‌منظور کاهش وزن و از محور خارج نشدن میل گاردان به دلیل وزن زیاد و همچنین افزایش استحکام پیچشی آن، میل گاردان را معمولاً توخالی می‌سازند.



شکل ۴-۱- انتقال توان به مجموعه «گرداننده نهایی» توسط میل گاردان

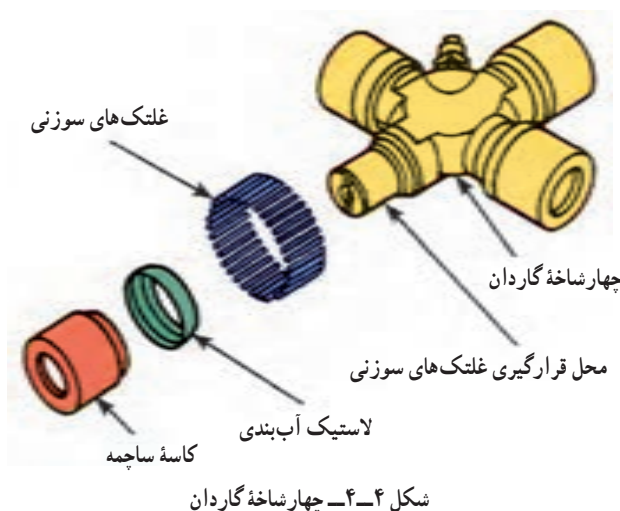
لازم است قابلیت تغییر زاویه داشته باشد. به همین منظور در دو طرف میل گاردان از مفصل‌های صلیبی به نام «چهارشاخه گاردان» استفاده می‌شود. چهارشاخه گاردان، مطابق شکل ۴-۲، به میل گاردان اجازه می‌دهد که دور و گشتاور را تحت زاویه قابل تغییر از شفت خروجی جعبه دنده به گرداننده نهایی منتقل کند.

میل گاردان از یک طرف به شفت خروجی جعبه دنده اتصال دارد و از طرف دیگر به شفت ورودی گرداننده نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار گرفته، متصل است. در خودروهای با اکسل یک پارچه با حرکت خودرو روی سطح جاده، چرخ‌ها و مجموعه گرداننده نهایی با توجه به ناهمواری‌های جاده نوسان می‌کنند (بالا و پایین می‌روند)، از این رو برای جلوگیری از شکست میل گاردان



شکل ۴-۲- قابلیت انتقال توان توسط میل گاردان تحت زاویه

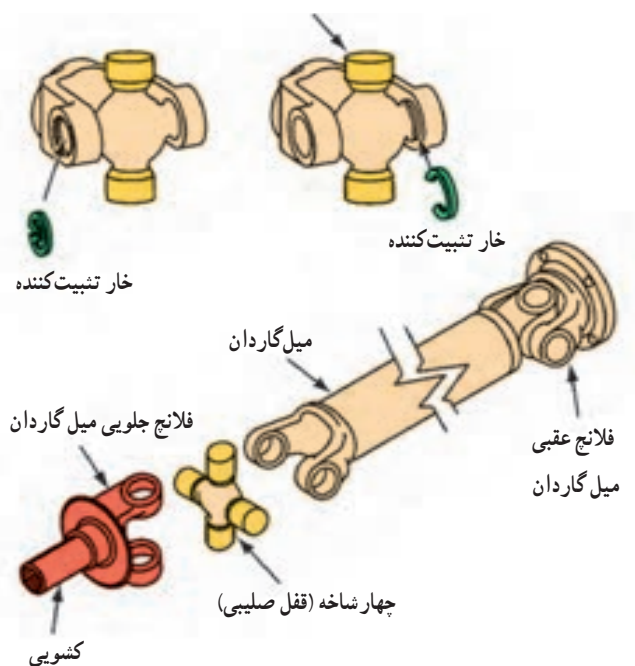
شکل ۴-۴، اجزای یک چهارشاخه گاردان را نشان می‌دهد.



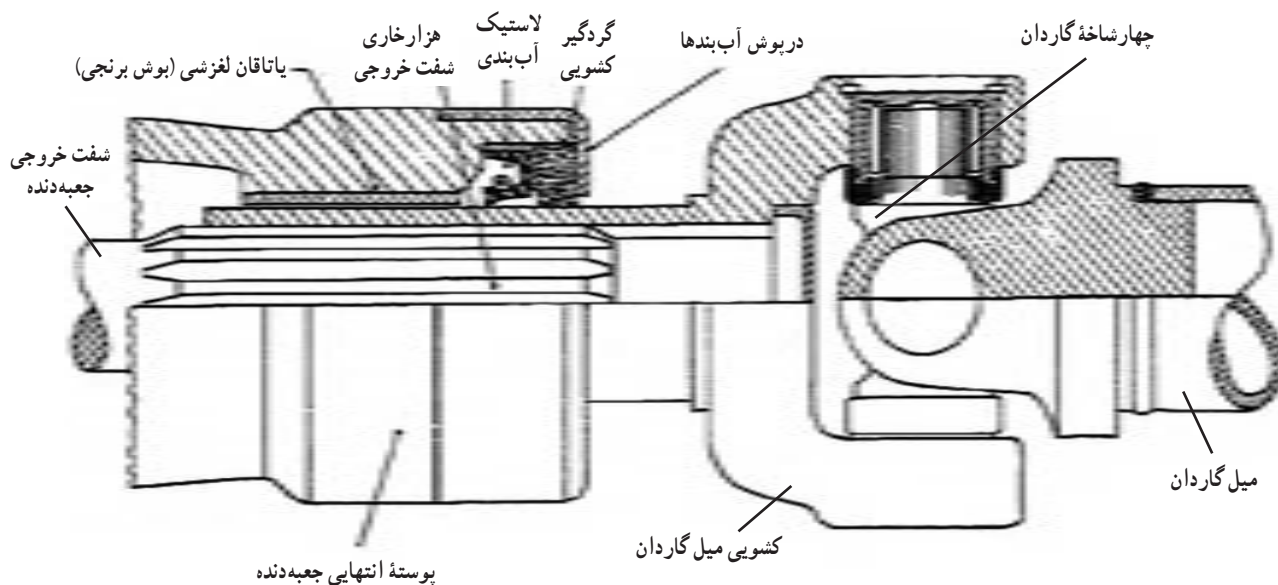
شکل ۴-۴- چهارشاخه گاردان

چهارشاخه گاردان باید حول دو محور صلیبی خود دَوَران داشته باشد تا بتواند به میل گاردان اجازه تغییر زاویه بدهد. از این رو از چهار کاسه ساچمه سوزنی به منظور یاتاقان‌بندی کم اصطکاک چهارشاخه گاردان، در راستای دو محور عمود بر هم استفاده می‌شود. این کاسه ساچمه‌ها، توسط خار فکری در فلانچ‌ها مهار می‌شوند. یادآوری می‌شود بین چهارشاخه و محفظه ساچمه‌ها جهت جلوگیری از ورود گرد و غبار و خروج گریس آن از یک لاستیک

شکل ۴-۳ محل قرارگیری چهارشاخه گاردان‌ها و نحوه ارتباط آنها با میل گاردان را نشان می‌دهد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، چهارشاخه گاردان‌ها از یک طرف به میل گاردان و از طرف دیگر به یک فلانچ اتصال دارند. این فلانچ‌ها نیز به شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی متصل‌اند.

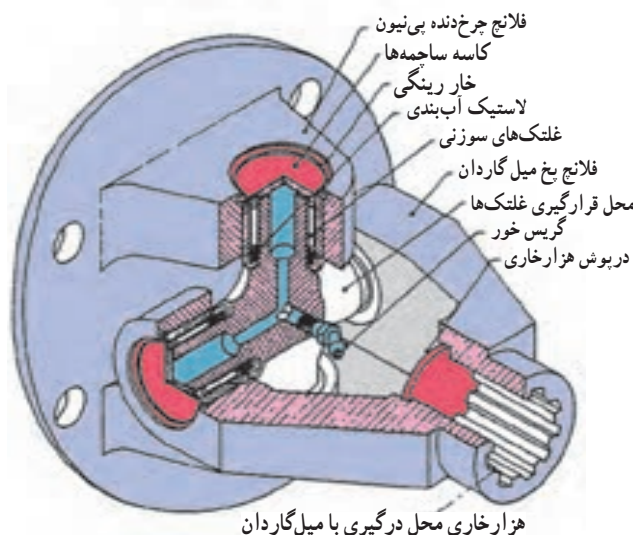


شکل ۴-۳- نحوه اتصال چهارشاخه گاردان به میل گاردان



شکل ۴-۵- نحوه اتصال فلانچ جلویی میل گاردان با شفت خروجی جعبه‌دنده

آب بندی استفاده می شود.



شکل ۴-۶- نحوه اتصال فلانچ عقب میل گاردان با شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی

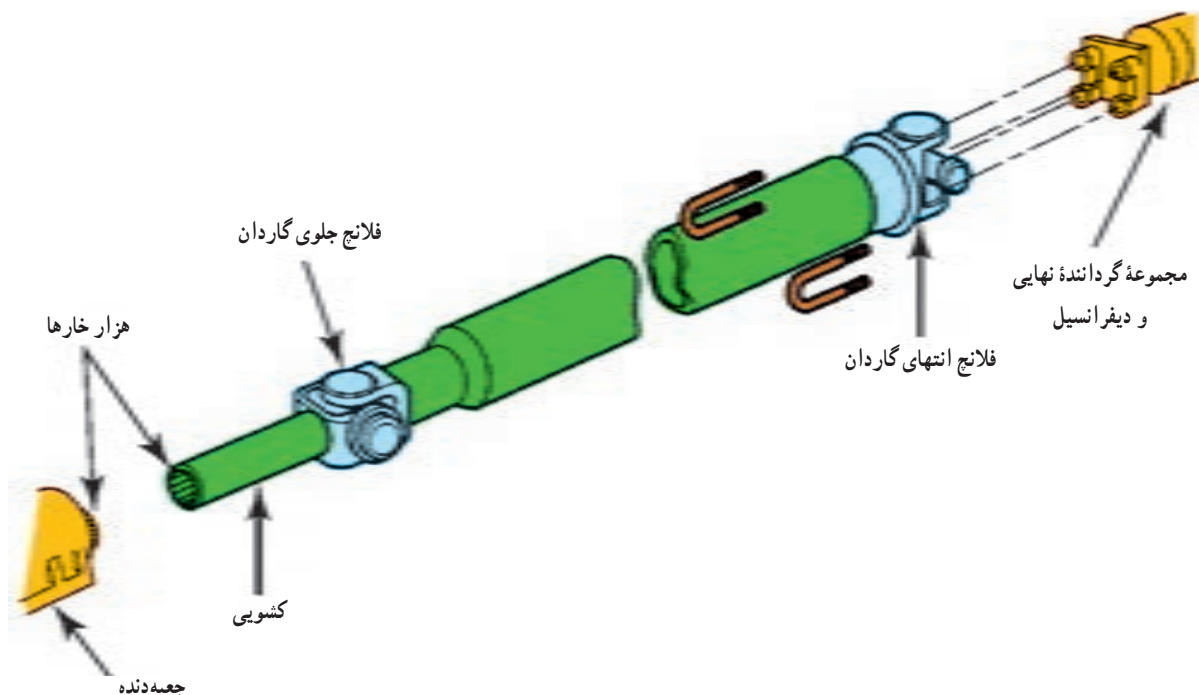
شکل ۴-۵، نحوه ارتباط فلانچ جلوی میل گاردان با شفت خروجی جعبه دنده را نشان می دهد. این فلانچ که به آن «فلانچ لغزشی» گفته می شود به صورت هزار خار به شفت خروجی جعبه دنده متصل شده و به گونه ای است که می تواند روی شفت خروجی جعبه دنده حرکت طولی داشته باشد. از این رو در صورت تغییر فاصله بین شفت خروجی جعبه دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی (ناشی از نوسانات اکسل عقب) با وجود این فلانچ لغزشی، تغییر فاصله بین شفت خروجی جعبه دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی در حین تغییر زاویه میل گاردان، امکان پذیر می شود.

شکل ۶-۴، فلانچ عقب میل گاردان را نشان می‌دهد که توسط پیچ و مهره به فلانچ پایه‌دار شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی متصل می‌شود.

## ۲-۴- انواع میل گاردان

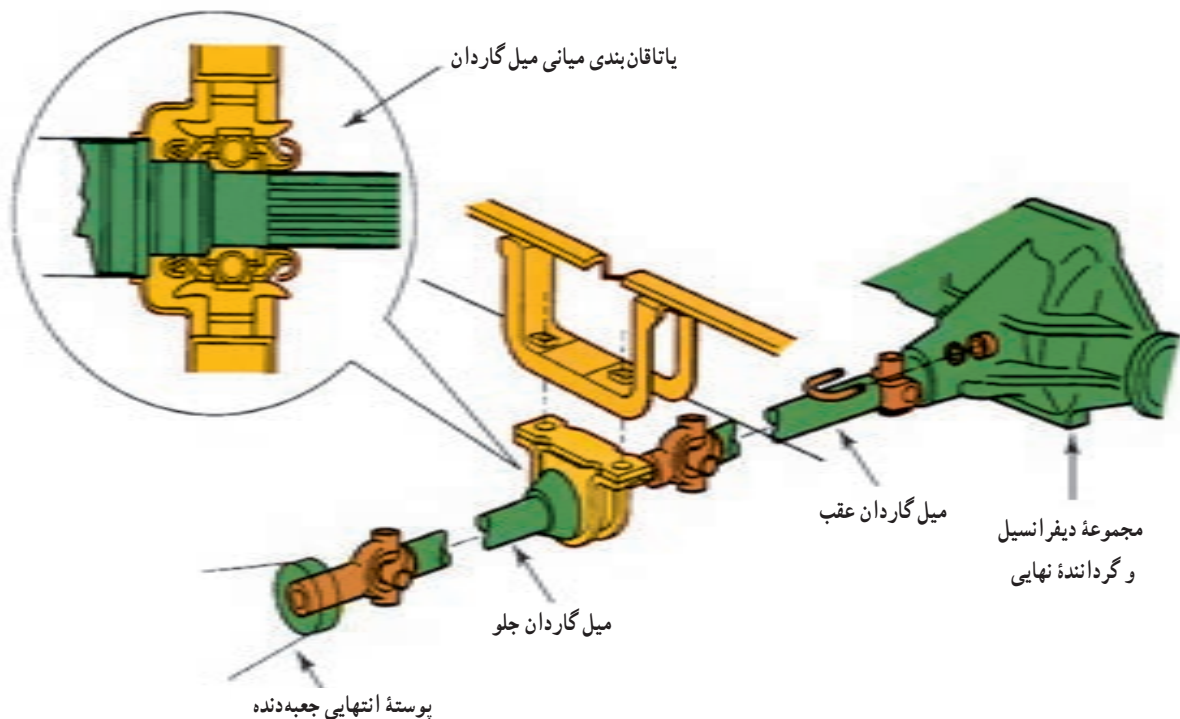
نباید بیشتر از  $1/5\text{ m}$  باشد. در خودروهایی که میل گاردان آن طول بیشتری دارد، از میل گاردان دو تکه استفاده می‌شود. شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸، این دو نوع میل گاردان را نشان می‌دهند.

به‌طور کلی می‌توان میل‌گاردان را در خودروهای سواری به دو دسته «میل‌گاردان یک‌تکه» و «میل‌گاردان دو‌تکه» تقسیم نمود. برای جلوگیری از نوسانات و ارتعاشات میل‌گاردان، طول آن

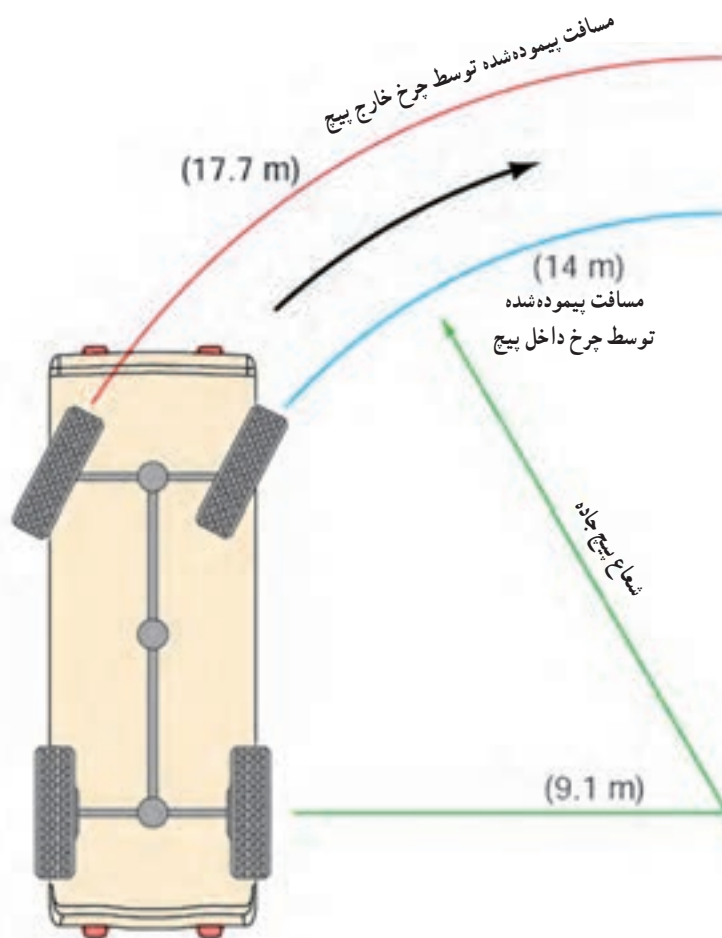


شکل ۷-۴- میل گاردان یک تکه





شکل ۸-۴- میل گاردان دو تکه



شکل ۹-۴- اختلاف در مسیر طی شده توسط چرخ‌های داخل و خارج پیچ جاده

### ۴-۳- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»

مطابق شکل ۹-۴، هنگامی که خودرویی در حال طی کردن پیچ جاده است، چرخ خارج پیچ باید مسیر طولانی‌تری را نسبت به چرخ داخل پیچ طی کند. بنابراین برای حرکت هماهنگ چرخ‌ها، چرخ خارج پیچ باید سرعت بیشتری نسبت به چرخ داخل پیچ داشته باشد. در غیر این صورت چرخ‌ها دچار لغزش می‌شوند که علاوه بر تخریب تایر، جاده و قطعات سیستم تعلیق، ناپایداری خودرو را نیز در پی خواهد داشت.

با توجه به مطالب فوق، خودرو نیازمند مکانیزمی است که در مواقع لزوم اختلاف دور بین چرخ‌های محرک چپ و راست را ایجاد کند. این موضوع بر عهده مجموعه «گرداننده

موتور به چرخ‌های محرک در خودروهایی که موتور آنها در جهت طول خودرو نصب شده است.

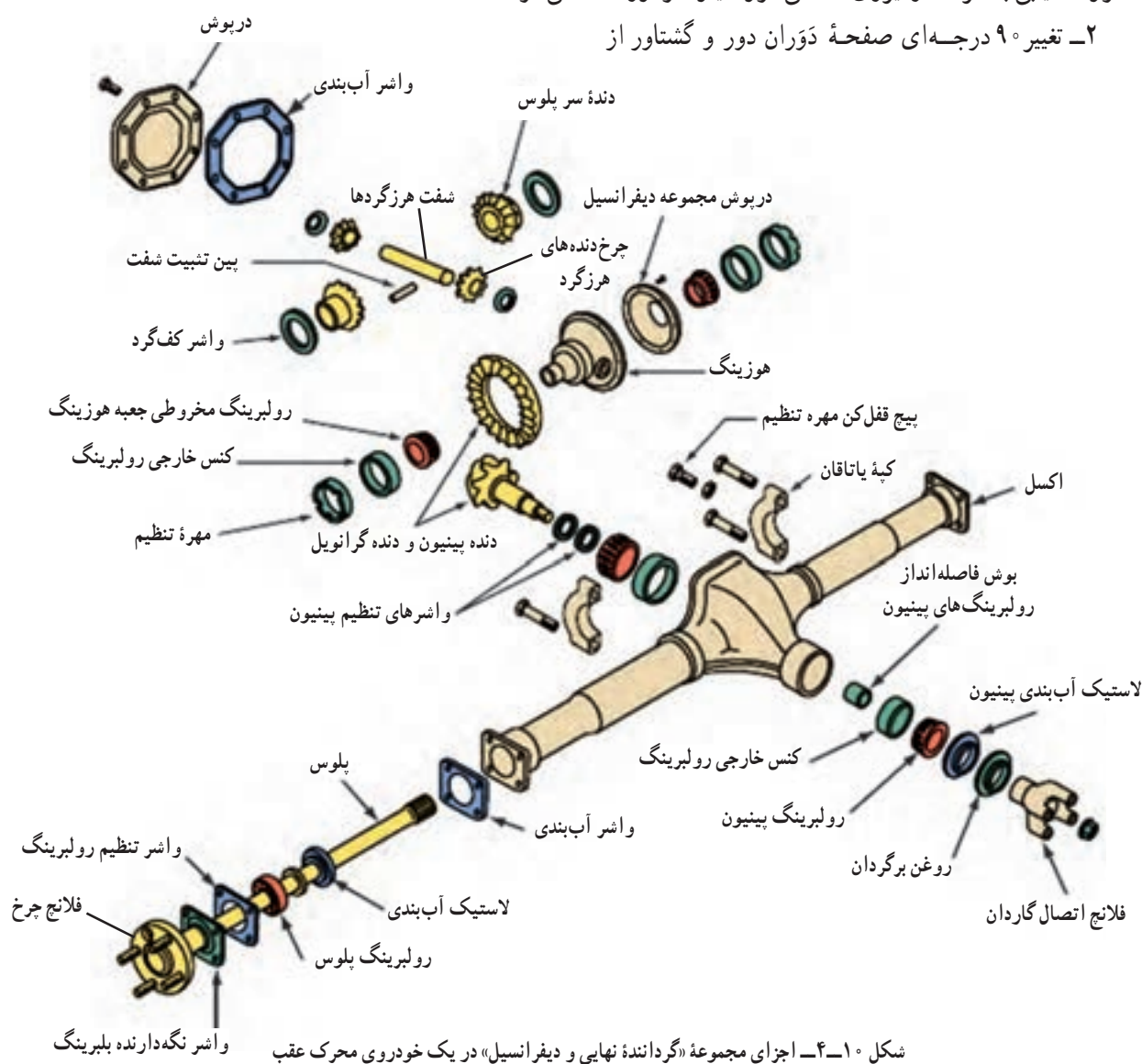
۳- ایجاد اختلاف دور مناسب بین چرخ‌های داخل و خارج پیچ در هنگام حرکت خودرو در پیچ جاده، برای دستیابی به پایداری مطلوب خودرو.

شکل ۱-۴، اجزای مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را در یک خودروی محرک عقب نشان می‌دهد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، این مجموعه در محور عقب خودرو قرار می‌گیرد و دور و گشتاور خروجی جعبه‌دنده توسط میل گاردان به آن منتقل می‌شود.

نهایی<sup>۱</sup> و دیفرانسیل<sup>۲</sup> است. در سیستم انتقال قدرت، آخرین واحدی که در دور و گشتاور خروجی موتور تغییر ایجاد می‌کند، مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» است. این مجموعه در خودروهای محرک جلو در محفظه جعبه‌دنده و در خودروهای محرک عقب در محور عقب خودرو قرار دارد.

وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» عبارت‌اند از:

- ۱- کاهش دور و افزایش گشتاور خروجی جعبه‌دنده، به منظور دستیابی به سرعت و نیروی کششی مورد نیاز خودرو؛
- ۲- تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دَوَران دور و گشتاور از

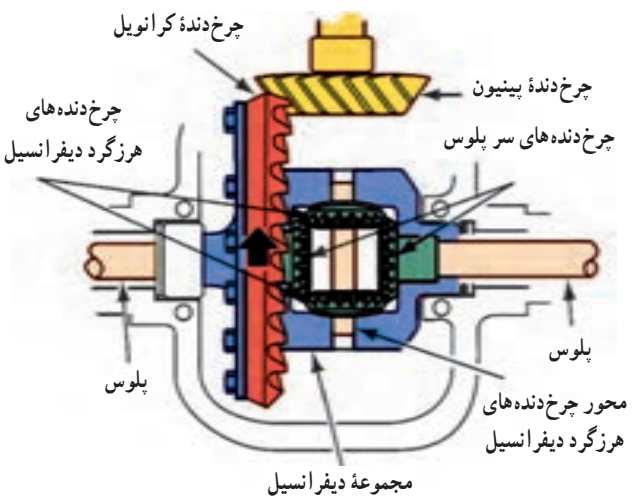


شکل ۱-۴- اجزای مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» در یک خودروی محرک عقب

## ۴-۴- کاهش دور و افزایش گشتاور در گرداننده نهایی

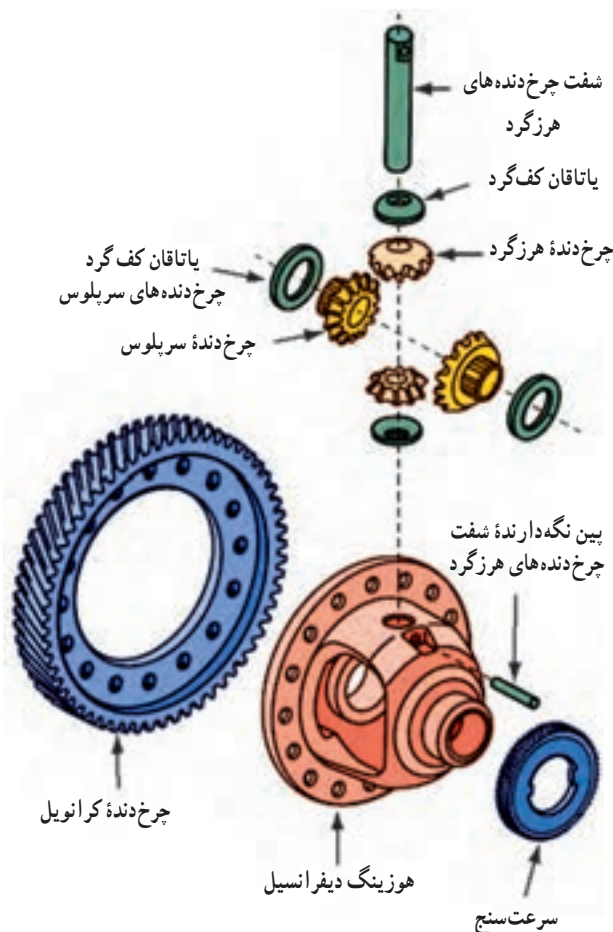
عمل کاهش دور و افزایش گشتاور خروجی جعبه‌دنده در گرداننده نهایی، به وسیله یک جفت چرخ‌دنده به نام «چرخ‌دنده پینیون<sup>۱</sup>» و «چرخ‌دنده کرانویل<sup>۲</sup>» انجام می‌شود. چرخ‌دنده محرک که کوچک‌تر است «چرخ‌دنده پینیون» و چرخ‌دنده بزرگ‌تر که متحرک است، «چرخ‌دنده کرانویل» نامیده می‌شود. ترکیب این دو چرخ‌دنده یک نسبت دنده آندردرایو ( $i > 1$ ) را ایجاد می‌کند که باعث افزایش گشتاور و کاهش دور می‌شود. این نسبت دنده برای خودروهای مختلف در حدود «۱:۴ ≈ i» است.

با توجه به شکل ۴-۱۱، در خودروهای محرک عقب که موتور در جهت طول خودرو نصب شده، گرداننده نهایی شامل یک جفت چرخ‌دنده مخروطی است، که ضمن تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دَوَران، وظیفه افزایش گشتاور و کاهش دور را نیز برعهده دارد.



شکل ۴-۱۱- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک عقب

در خودروهای محرک جلو به دلیل هم‌راست بودن محور دَوَران موتور و محور چرخ‌های محرک، گرداننده نهایی شامل یک جفت چرخ‌دنده موازی محور از نوع چرخ‌دنده مارپیچ است که در شکل ۴-۱۲ قابل ملاحظه است.



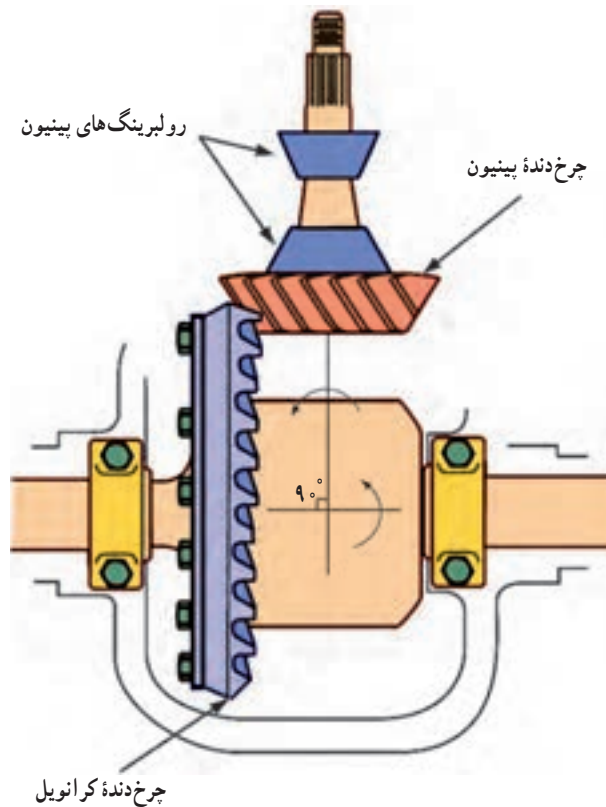
شکل ۴-۱۲- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک جلو

## ۴-۵- تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دَوَران

وظیفه تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دَوَران مختص خودروهای محرک عقبی است که در آنها موتور در جهت طول خودرو نصب شده است. در این خودروها، مطابق شکل ۴-۱۳، گرداننده نهایی دارای یک جفت چرخ‌دنده مخروطی است. درگیری این دو چرخ‌دنده به گونه‌ای است که یک اختلاف ۹۰ درجه‌ای در صفحه دَوَران آنها وجود دارد. از این رو هنگامی که دور و گشتاور از چرخ‌دنده پینیون به چرخ‌دنده کرانویل منتقل می‌شود صفحه دَوَران دور و گشتاور، تغییر جهت ۹۰ درجه‌ای خواهد داشت.

۱- Pinion gear

۲- Crown wheel gear



شکل ۱۳-۴ تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دُوران در گرداننده نهایی

**نکته :** در خودروهایی که موتور در جهت طولی خودرو قرار گرفته است، بین صفحه دُوران میل‌لنگ و چرخ‌های محرک خودرو اختلاف صفحه دُوران ۹۰ درجه‌ای وجود دارد.

عبارت‌اند از :

۱- چرخ‌دنده مخروطی با دندانه‌های مستقیم؛

۲- چرخ‌دنده مخروطی مارپیچ؛

۳- چرخ‌دنده مخروطی هیپویدی.

امروزه چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل با فرم دنده هیپویدی، تقریباً در تمام گرداننده نهایی خودروهای سواری محرک عقب به کار می‌رود.

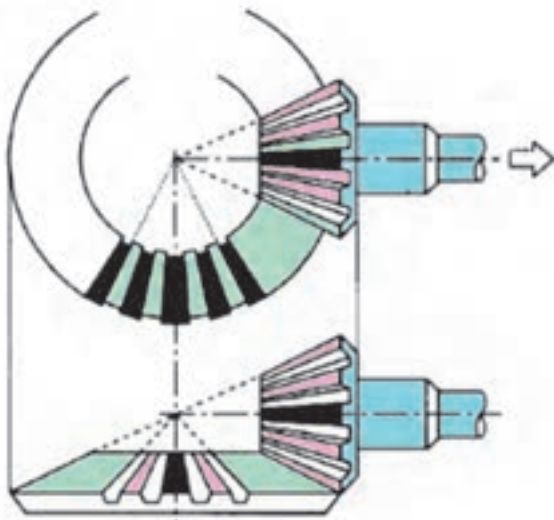
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل با فرم دنده هیپویدی، به گونه‌ای درگیر می‌شوند که محور چرخ‌دنده پینیون پایین‌تر از محور چرخ‌دنده کرانویل باشد. این موضوع سبب می‌شود ارتفاع تونل میل‌گاردان درون بدنه طولی

در خودروهایی که موتور آنها به صورت عرضی نصب شده به تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دُوران نیاز نیست. گرداننده نهایی در این خودروها در پوسته جعبه‌دنده قرار دارد و چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل از نوع چرخ‌دنده مارپیچ‌اند. در این طرح، چرخ‌دنده پینیون روی شفت خروجی جعبه‌دنده قرار می‌گیرد و همراه با آن دُوران می‌کند. بنابراین چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل خودروهای محرک جلو نیاز به تنظیم ندارند و هزینه تولید کمتری دارند که از مزایای این سیستم به شمار می‌آید.

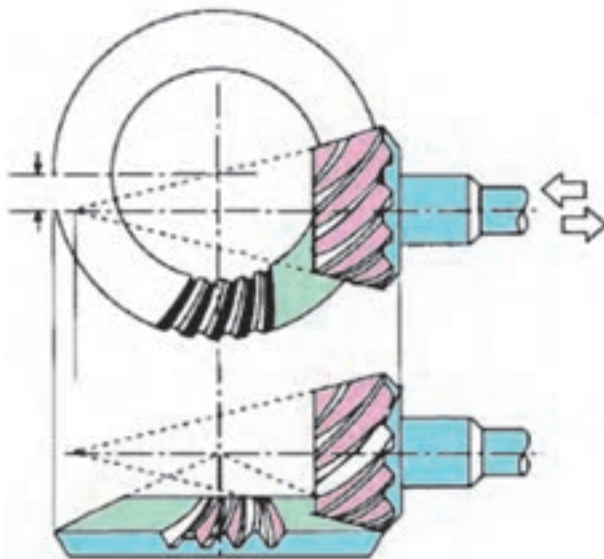
در شکل ۱۴-۴، سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل، که در گرداننده نهایی خودروهای محرک عقب به کار می‌روند، نشان داده شده است. این سه نوع چرخ‌دنده



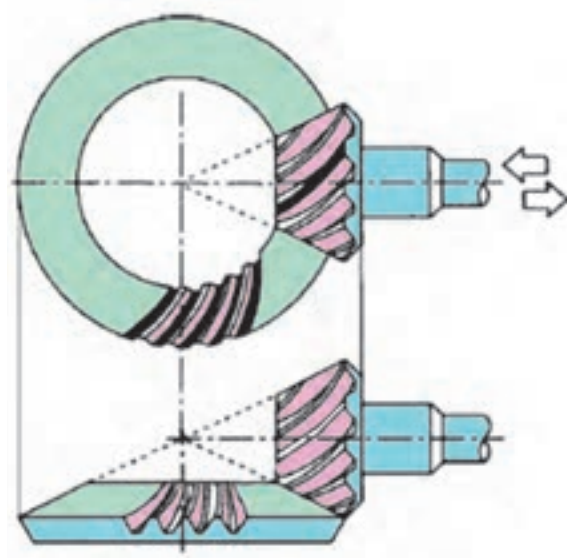
خودرو کاهش یابد بنابراین راحتی سرنشین خودرو افزایش می‌یابد. چرخ‌دنده‌های هیپویدی به دلیل فرم دندانه‌های آنها، بسیار بی‌صداتر از چرخ‌دنده‌های مخروطی کار می‌کنند که این موضوع به سبب کاهش آلودگی صوتی در خودروهای سواری حائز اهمیت می‌باشد و از محاسن این نوع چرخ‌دنده‌ها به‌شمار می‌آید. عیب اصلی چرخ‌دنده‌های مخروطی هیپویدی، در حین انتقال دور و گشتاور، اتلاف توان بیشتر نسبت به سایر چرخ‌دنده‌ها می‌باشد. تنظیم این نوع چرخ‌دنده‌ها مشکل‌تر و نیاز به مهارت خاص دارد و در صورت تنظیم نبودن دنده‌ها استهلاک و صدای آنها افزایش می‌یابد.



چرخ‌دنده‌های مخروطی با دندانه مستقیم



چرخ‌دنده‌های مخروطی با دندانه هیپویدی

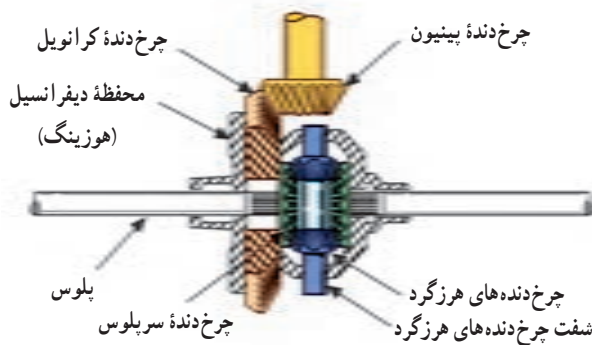


چرخ‌دنده‌های با دندانه مارپیچ

شکل ۱۴-۴ سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل که در گرداننده نهایی خودروهای محرک عقب به کار می‌روند.

## ۶-۴ ایجاد اختلاف دور بین چرخ‌ها

هنگام حرکت خودرو در مسیر پیچ جاده، برای ایجاد اختلاف دور بین چرخ‌های محرک داخل و خارج پیچ، از مجموعه چرخ‌دنده‌ای به نام دیفرانسیل که در داخل یک محفظه، که به عنوان «هوزینگ دیفرانسیل» شناخته می‌شود، استفاده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱۵-۴ ملاحظه می‌شود، داخل هوزینگ چهار عدد چرخ‌دنده مخروطی ساده وجود دارد که با یکدیگر درگیر هستند. هوزینگ نیز با پیچ به چرخ‌دنده کرانویل



شکل ۱۵-۴ چرخ‌دنده‌های داخل هوزینگ دیفرانسیل



گرانده نهایی متصل است و همواره با آن دوران می‌کند.

دو عدد از چرخ‌دنده‌های مخروطی، که کوچک‌ترند و به وسیله محوری به هوزینگ دیفرانسیل متصل شده‌اند، «چرخ‌دنده‌های هرزگرد» نامیده می‌شوند. دو چرخ‌دنده دیگر «چرخ‌دنده‌های سر پلوس» نامیده می‌شوند. چرخ‌دنده‌های سر پلوس توسط هزار خار به پلوس‌ها متصل می‌شوند و دور و گشتاور را از طریق پلوس‌ها به چرخ‌های محرک خودرو منتقل می‌کنند.

چرخ‌دنده‌های هرزگرد دارای دو نوع حرکت به شرح زیرند:

- ۱- دوران چرخ‌دنده‌های هرزگرد با هوزینگ یا چرخ‌دنده کرانویل، که به آن «حرکت انتقالی» گفته می‌شود.

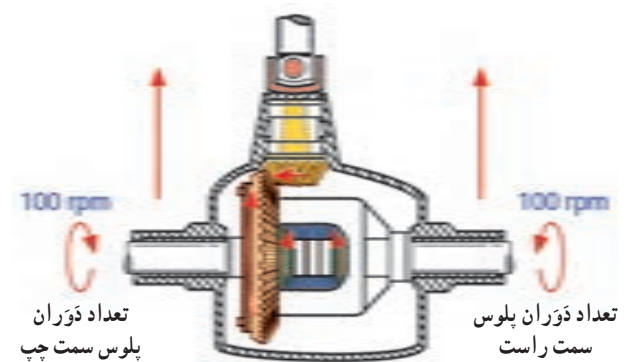
- ۲- دوران چرخ‌دنده‌های هرزگرد حول محور خودشان، که به آن «حرکت وضعی» گفته می‌شود.

با توجه به مطالب فوق، عملکرد دیفرانسیل را می‌توان در دو وضعیت حرکت خودرو در مسیر مستقیم و حین طی کردن پیچ جاده به صورت ذیل تشریح کرد:

**۱- حرکت خودرو در مسیر مستقیم:** در این وضعیت نیروی مقاوم اعمالی به چرخ‌های محرک چپ و راست، با یکدیگر برابرند و چرخ‌دنده‌های هرزگرد فقط حرکت انتقالی دارند و حرکت وضعی آنها صفر است. از این رو، مطابق شکل ۴-۱۶، کل مجموعه هم دور با هم دوران می‌کنند و چرخ‌دنده‌های سر پلوس با دور یکسان موجب چرخش پلوس‌ها و چرخ‌ها می‌شوند.

مطابق شکل ۴-۱۶ مسیر انتقال دور و گشتاور در این وضعیت به ترتیب زیر است:

چرخ‌دنده پینیون، چرخ‌دنده کرانویل، هوزینگ دیفرانسیل،



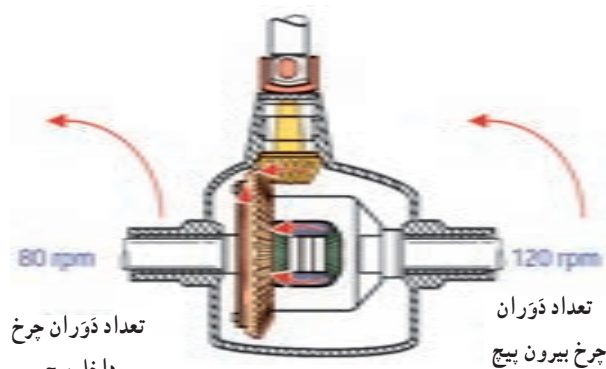
شکل ۴-۱۶- عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو در مسیر مستقیم

محور چرخ‌دنده‌های هرزگرد، چرخ‌دنده‌های هرزگرد، چرخ‌دنده‌های سر پلوس، پلوس‌ها و چرخ‌های محرک.

## ۲- حرکت خودرو حین طی کردن مسیر پیچ جاده:

با توجه به شکل ۴-۱۷ در این وضعیت نیروی مقاوم روی چرخ محرک داخل پیچ بیشتر است. از این رو حرکت انتقالی چرخ‌دنده سر پلوس چرخ داخل پیچ، کاهش می‌یابد و به صورت تکیه‌گاهی برای چرخ‌دنده‌های هرزگرد عمل می‌کند.

در این حالت چرخ‌دنده‌های هرزگرد حول این چرخ‌دنده سر پلوس (چرخ‌دنده سر پلوس چرخ داخل پیچ) شروع به دوران می‌کنند و علاوه بر داشتن حرکت انتقالی، حرکت وضعی (دوران حول محورشان) نیز دارند. چرخ‌دنده‌های هرزگرد حرکت انتقالی و وضعی خود را به چرخ‌دنده سر پلوس چرخ خارج پیچ منتقل می‌کنند و باعث دوران بیشتر چرخ خارج پیچ نسبت به چرخ داخل پیچ می‌شوند.

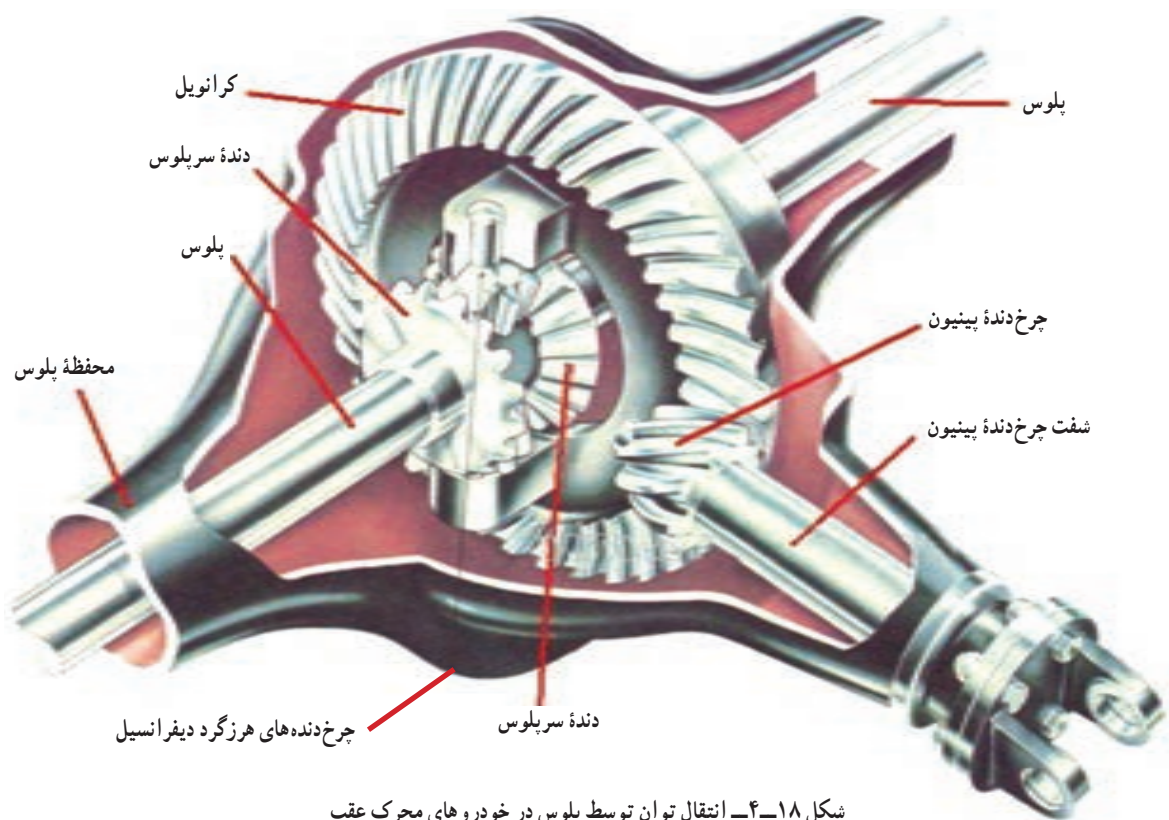


شکل ۴-۱۷- عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو حین طی کردن مسیر پیچ جاده

## ۴-۷- پلوس و یاتاقان بندی آن

پلوس شفتی‌ست که وظیفه انتقال دور و گشتاور از دیفرانسیل به چرخ‌های محرک خودرو را بر عهده دارد. در خودروهای محرک عقب با اکسل یکپارچه، مطابق شکل ۴-۱۸، پلوس در داخل پوسته اکسل تعبیه شده است. در این طرح، به منظور تحمل نیروها و گشتاورهای مختلف، پلوس باید داخل پوسته اکسل یاتاقان بندی شود.

انواع یاتاقان بندی پلوس در داخل پوسته اکسل به شرح



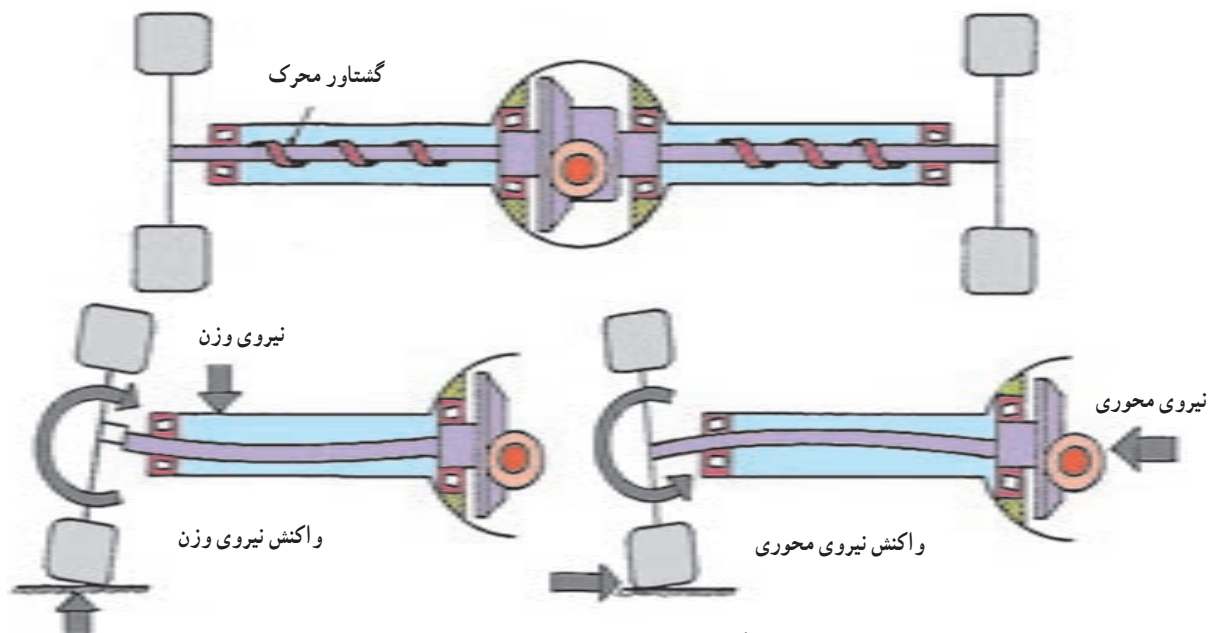
شکل ۴-۱۸- انتقال توان توسط پلوس در خودروهای محرک عقب

در نتیجه پلوس، علاوه بر گشتاور پیچشی برای تولید نیروی محرک خودرو، گشتاور خمشی حاصل از وزن خودرو را نیز تحمل می‌کند. یادآوری می‌شود که در این نوع یاتاقان بندی، در صورت شکست پلوس، چرخ از محل خود خارج و خودرو منحرف می‌شود.

زیر است :

۴-۷-۱- یاتاقان بندی نیمه شناور : در این نوع

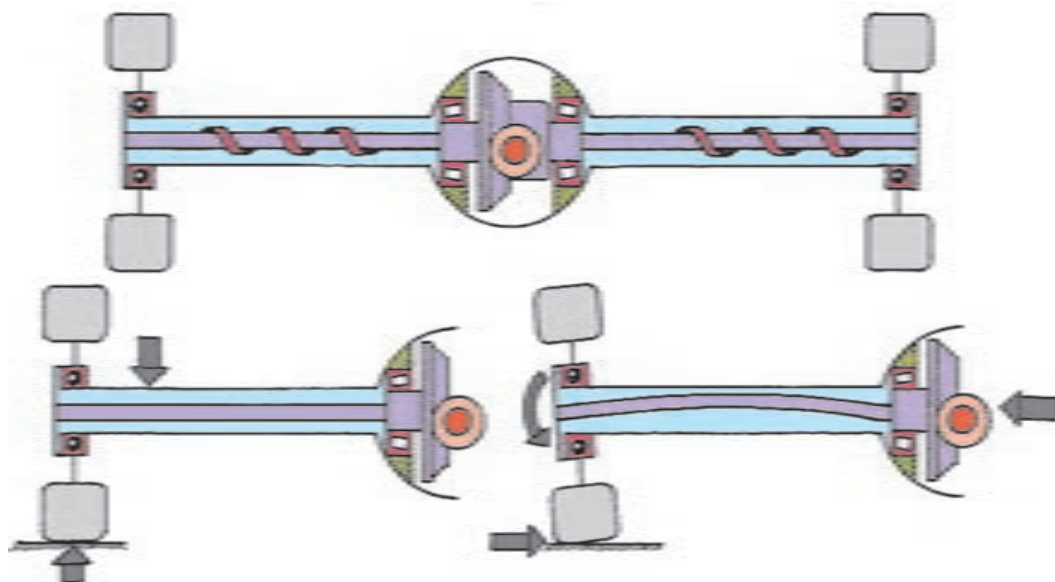
یاتاقان بندی، مطابق شکل ۴-۱۹، از یک بلبرینگ یا رولبرینگ بین پوسته داخلی اکسل و محیط خارجی پلوس استفاده شده است.



شکل ۴-۱۹- یاتاقان بندی نیمه شناور پلوس

که مورد استفاده خودروهای اندازه متوسط و کامیونت است، نیروی وزن و گشتاور خمشی به پلوس اعمال نمی‌گردد و در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نمی‌شود.

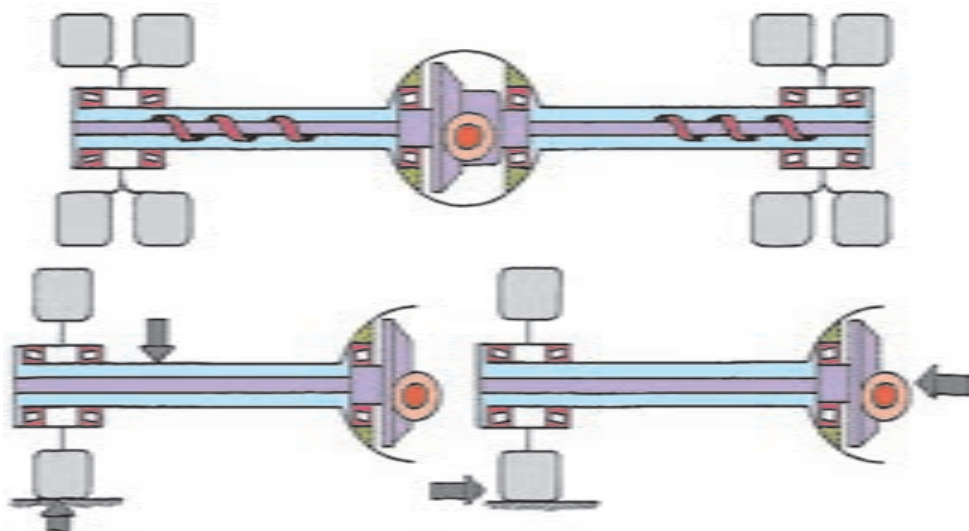
۴-۷-۲- یاتاقان بندی سه چهارم شناور : مطابق شکل ۴-۲۰ در این نوع یاتاقان بندی از بلبرینگ یک ردیفه یا دو ردیفه استفاده می‌شود و بلبرینگ بین پوسته خارجی اکسل و پوسته داخلی فلانج چرخ قرار دارد. در این نوع یاتاقان بندی



شکل ۴-۲۰- یاتاقان بندی سه چهارم شناور پلوس

خودروهای سنگین استفاده می‌شود. در این طرح، پلوس توسط پیچ به فلانج چرخ متصل می‌شود و فقط گشتاور پیچشی را از دیفرانسیل به چرخ منتقل می‌کند. از این رو در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نخواهد شد.

۴-۷-۳- یاتاقان بندی تمام شناور : مطابق شکل ۴-۲۱ در این نوع یاتاقان بندی از دو عدد رولبرینگ مخروطی که وزن خودرو به آنها و پوسته دیفرانسیل اعمال می‌شود، استفاده شده است. این دو عدد رولبرینگ قادرند نیروهای وزن زیاد و نیروی جانبی را تحمل کنند. به همین جهت از این نوع یاتاقان بندی در



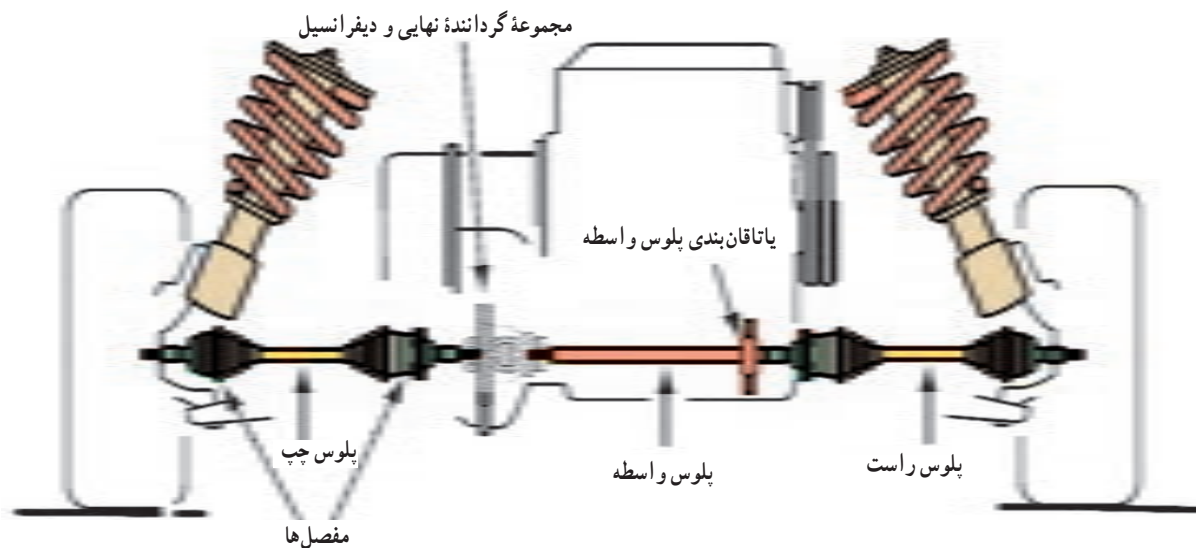
شکل ۴-۲۱- یاتاقان بندی تمام شناور پلوس

## ۸-۴- مفصل پلوس (مفصل سرعت ثابت)

مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز تغییر می‌کند. بنابراین باید امکان تغییر فاصله بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز وجود داشته باشد. به همین منظور در پلوس خودرو با سیستم تعلیق مستقل از دو نوع مفصل پلوس «کروی» و «سه شاخه‌ای» استفاده می‌شود.

مطابق شکل ۲۲-۴، هر پلوس دارای دو مفصل است. به طوری که معمولاً مفصل نزدیک به چرخ از نوع کروی و مفصل نزدیک به دیفرانسیل از نوع سه شاخه‌ای است.

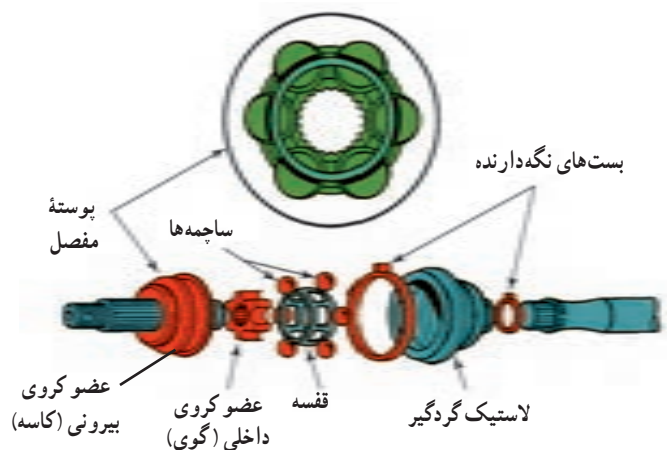
در خودروهای محرک عقب با سیستم تعلیق مستقل و به خصوص خودروهای محرک جلو با سیستم تعلیق مستقل، پلوس‌ها به مفصلی نیاز دارند تا چرخ‌های جلوی خودرو بتوانند حرکت‌های لازم را، از قبیل حرکت عمودی (به واسطه ناهمواری جاده) و حرکت دَوْرانی (به واسطه فرمان‌پذیری خودرو) انجام دهند. هنگامی که چرخ‌ها حرکت عمودی یا دَوْرانی انجام دهند، فاصله بین



شکل ۲۲-۴- پلوس و مفصل‌های آن

جلو، ضمن محرک بودن، به راحتی می‌توانند به صورت عمودی حرکت کنند و فرمان‌پذیری نیز داشته باشند.

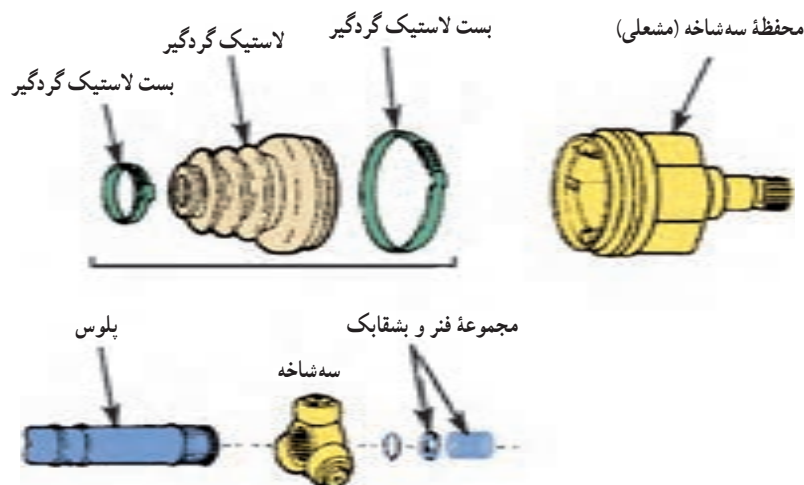
شکل ۲۳-۴، مفصل کروی پلوس را نشان می‌دهد. این مفصل فقط مجاز به تغییر زاویه بین چرخ و پلوس است و چرخ‌های



شکل ۲۳-۴- مفصل کروی پلوس

شکل ۲۴-۴، مفصل سه شاخه ای پلوس را نشان می دهد. این مفصل، ضمن آنکه اجازه می دهد تغییر زاویه بین شفت خروجی از دیفرانسیل و پلوس صورت گیرد قسمت سه شاخه ای پلوس درون محفظه آن حرکت محوری انجام می دهد و از این رو در هنگام ایجاد حرکت عمودی یا فرمان پذیری چرخ، که فاصله بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل تغییر می کند، اجازه می دهد تغییر فاصله

بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز صورت گیرد. بنابراین، ضمن آنکه گشتاور و دور خروجی دیفرانسیل از طریق پلوس ها به چرخ های جلو منتقل می شود، چرخ های جلو به راحتی قادرند حرکت عمودی و فرمان پذیری مورد نیاز را داشته باشند. به عبارت دیگر، عملکرد سیستم های تعلیق، فرمان و انتقال قدرت، که به چرخ ختم می شود، دچار اختلال و نقص نمی گردد.



شکل ۲۴-۴ مفصل پلوس سه شاخه ای

## آزمون پایانی

- ۱- وظیفه میل گاردان را بیان کنید.
- ۲- به چه دلیل در سیستم انتقال قدرت از چهار شاخه گاردان استفاده می شود؟
- ۳- دلیل استفاده از میل گاردان دو تکه را شرح دهید.
- ۴- وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را بیان کنید.
- ۵- کاهش دور و افزایش گشتاور در گرداننده نهایی چگونه صورت می گیرد؟ توضیح دهید.
- ۶- نحوه ایجاد اختلاف دور بین چرخ ها توسط مجموعه دیفرانسیل را شرح دهید.
- ۷- پلوس را تعریف کنید.
- ۸- یاتاقان بندی سه چهارم شناور را توضیح دهید.



### جعبه دنده اتوماتیک

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند:

- ۱- مزایای جعبه دنده‌های اتوماتیک را شرح دهد.
- ۲- اجزای اصلی جعبه دنده اتوماتیک را شرح دهد.
- ۳- وظیفه و نحوه عملکرد مبدل گشتاور را شرح دهد.
- ۴- اجزای اصلی مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای را نام ببرد.
- ۵- وضعیت‌های مختلف مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای را شرح دهد.
- ۶- اجزای کنترل کننده مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای را نام ببرد.
- ۷- انواع سیستم سی‌وی‌تی را نام ببرد.
- ۸- نحوه عملکرد سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهد.

#### ۱-۵- جعبه دنده‌های اتوماتیک

امروزه بسیاری از خودروهای سواری به جعبه دنده‌های اتوماتیک<sup>۱</sup> مجهز هستند و استفاده از این نوع جعبه دنده‌ها به دلایل زیر در حال افزایش است:

۱- خودروهای مجهز به جعبه دنده اتوماتیک، فاقد پدال کلاچ است و راننده در انجام تعویض دنده دخالت مستقیم ندارد. از این رو با جلوگیری از استفاده مکرر کلاچ و تعویض دنده‌های متوالی، به خصوص در ترافیک و جاده‌های شلوغ، راحتی و آسایش راننده افزایش یافته و آلودگی ناشی از سایش ذرات معلق لنت کلاچ نیز کاسته شده است.

۲- جعبه دنده اتوماتیک با دریافت اطلاعات مختلف از شرایط عملکردی خودرو (از قبیل بار موتور، سرعت خودرو و غیره) بهترین و مناسب‌ترین دور موتور را برای تعویض دنده

انتخاب می‌کند. از این رو شرایط عملکردی خودرو به وضعیت ایده‌آل نزدیک می‌گردد که باعث افزایش راحتی سرنشین، عملکرد بهتر موتور و کاهش مصرف سوخت می‌شود (البته لغزش بین پمپ و توربین تورک کانورتور یا مبدل گشتاور نسبت به عملکرد کلاچ خشک در جعبه دنده دستی، به افزایش مصرف سوخت منجر می‌شود).

جعبه دنده‌های اتوماتیک از چهار بخش اصلی به شرح زیر تشکیل شده‌اند:

- ۱- مبدل گشتاور، که وظیفه انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده را به صورت اتوماتیک بر عهده دارد.
- ۲- اجزای مکانیکی، که شامل مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای، کلاچ‌های چند صفحه‌ای، کلاچ‌های یک طرفه و باند ترمزی است.
- ۳- مدارهای هیدرولیکی، که شامل بلوک هیدرولیک (صفحه

سوپاپ)، شیرهای هیدرولیکی، سروو (Servo) و آکومولاتور است.  
۴- اجزای الکترونیکی، که شامل واحد کنترل الکترونیکی، حسگرها و شیرهای برقی است.

## ۵-۲- مبدل گشتاور

در خودروهای مجهز به جعبه دنده اتوماتیک برای انتقال دور و گشتاور موتور به شفت ورودی جعبه دنده، بدون دخالت مستقیم راننده، از نوعی کوپلینگ هیدرولیکی خاص به نام «مبدل گشتاور»<sup>۱</sup> استفاده می شود. شکل های ۵-۱ و ۵-۲ به ترتیب نمای ظاهری و اجزای داخلی مبدل گشتاور را نشان می دهند.



شکل ۵-۱- نمای ظاهری مبدل گشتاور



شکل ۵-۲- اجزای داخلی مبدل گشتاور

## ۵-۳- اجزای مبدل گشتاور

مطابق شکل ۵-۳، مبدل گشتاور شامل سه عضو اصلی ایمپلر<sup>۲</sup> یا پمپ<sup>۳</sup>، توربین<sup>۴</sup> و استاتور<sup>۵</sup> است.

همه اعضای مبدل گشتاور در داخل یک پوشش فلزی قرار می گیرند و اطراف این پوشش فلزی برای آب بندی کامل جوشکاری می شود. داخل این مجموعه با روغن تغذیه شده از پمپ روغن جعبه دنده اتوماتیک پر می شود. زمانی که مبدل گشتاور به همراه میل لنگ شروع به دوران می کند، روغن در داخل آن جریان می یابد و انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده صورت می گیرد.

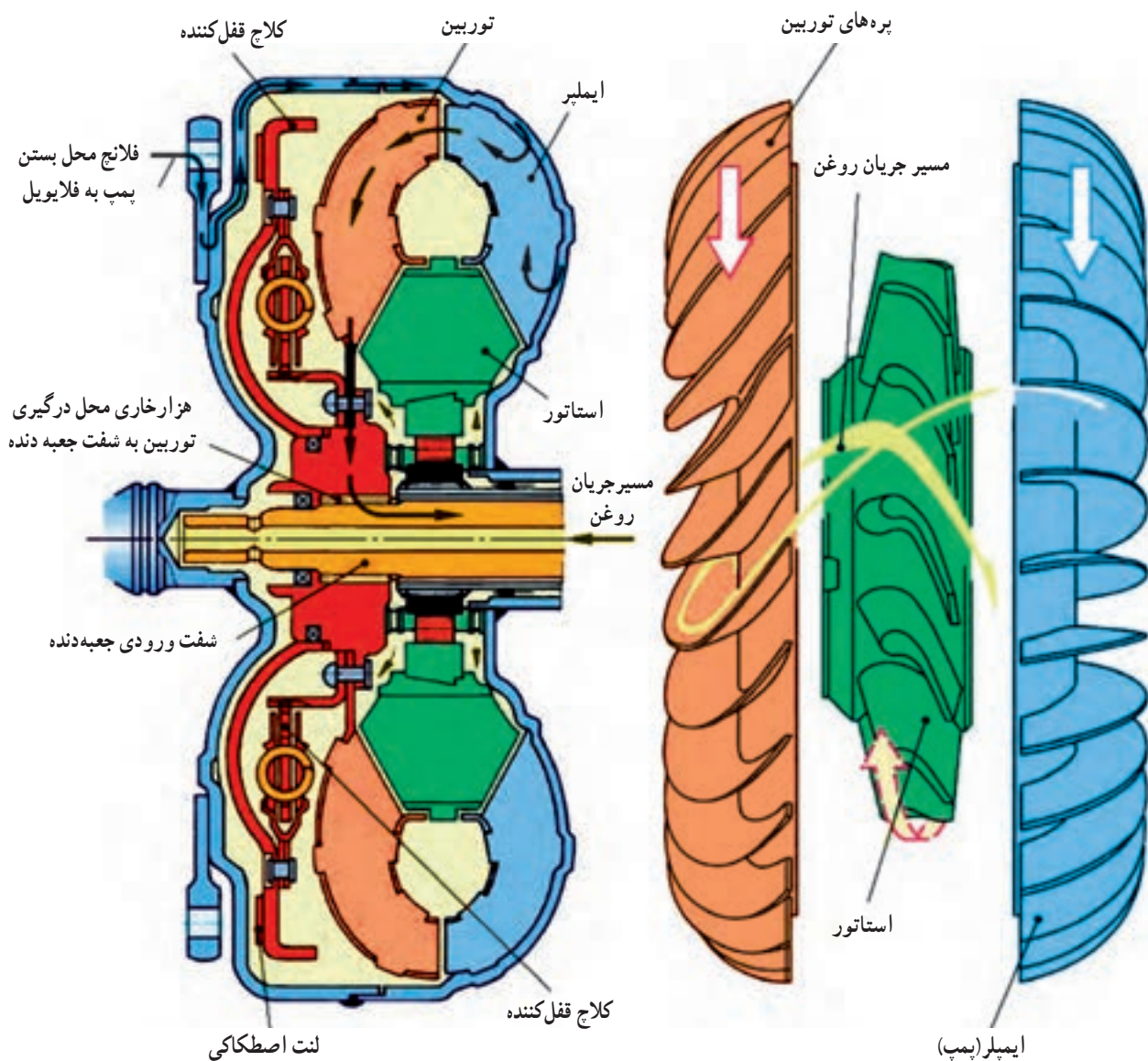
۱- Torque converter

۲- Pump

۳- Stator

۴- Impeller

۵- Turbine



شکل ۳-۵- اعضای مبدل گشتاور

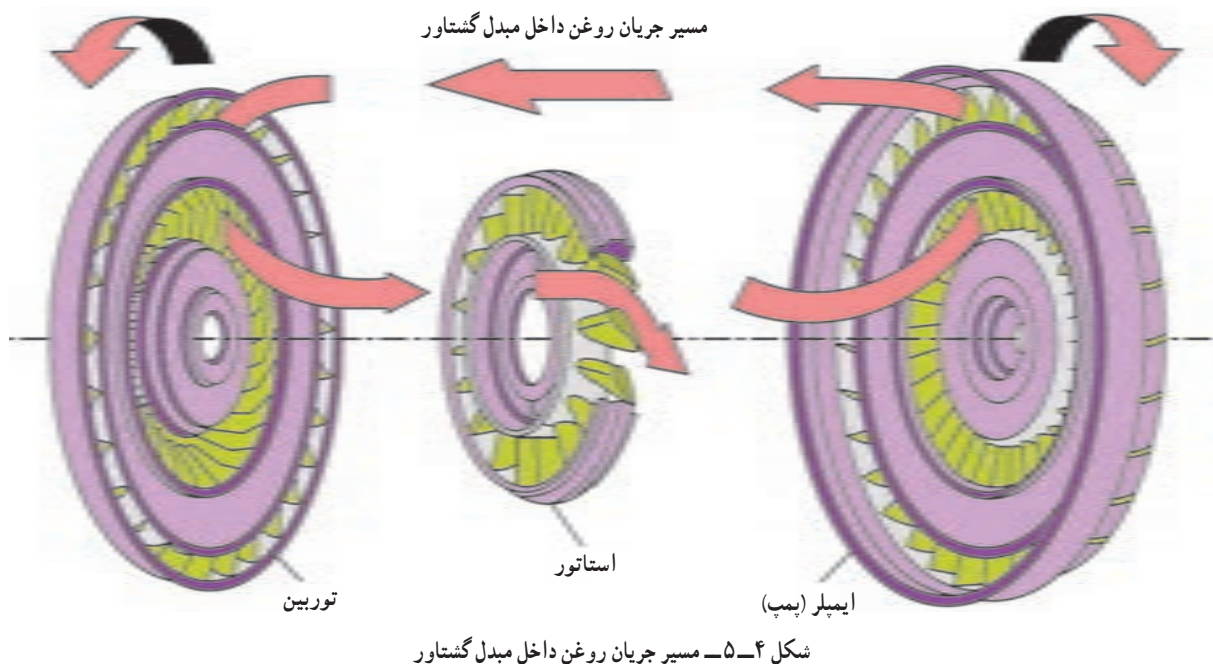
#### ۴-۵- نحوه عملکرد مبدل گشتاور

شکل ۴-۵، مسیر جریان روغن داخل مبدل گشتاور را هنگام دوران آن، نشان می دهد.

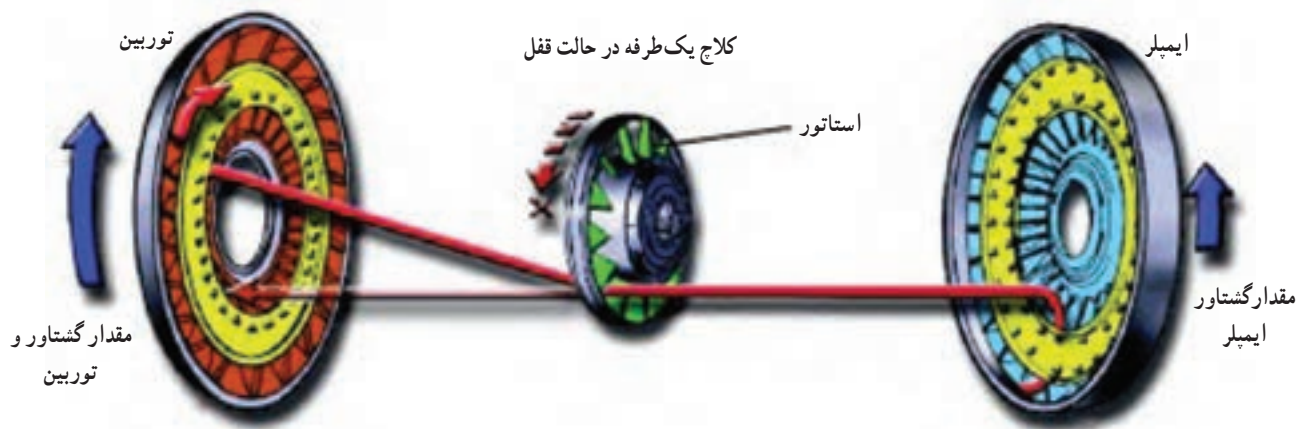
با شروع به کار موتور، دوران میل لنگ به پوسته مبدل گشتاور منتقل می شود و ایمپلر را دوران می دهد. با دوران ایمپلر، روغن داخل مبدل گشتاور با توجه به دخالت نیروی جانب مرکز (نیروی جانب مرکز از جرم سیال و شعاع دوران ایمپلر ایجاد می شود) به سمت لبه خارجی ایمپلر به حرکت درمی آید و انرژی

جنبشی را ذخیره می کند. از آنجا روغن به سمت پره های توربین پرتاب می شود و با برخورد به پره های آن، انرژی جنبشی خود را صرف دوران توربین می کند. از این رو شفت ورودی جعبه دنده نیز دوران خواهد کرد.

سپس روغن به سمت مرکز توربین جریان می یابد و طی این حرکت به پره های توربین نیز، نیرو وارد می کند تا از لبه داخلی توربین خارج شود. بعد از اینکه جریان روغن از توربین خارج می شود به پره های استاتور برخورد می کند. جریان روغن در جهتی



به پره‌های استاتور برخورد می‌کند که استاتور روی کلاچ یکطرفه به پره‌های آن برخورد کند. شکل ۵-۵، عملکرد استاتور را قفل می‌شود. در این حالت، پره‌های استاتور مسیر جریان روغن را نشان می‌دهد. به گونه‌ای تغییر می‌دهند که جریان روغن در جهت دوران ایمپلر



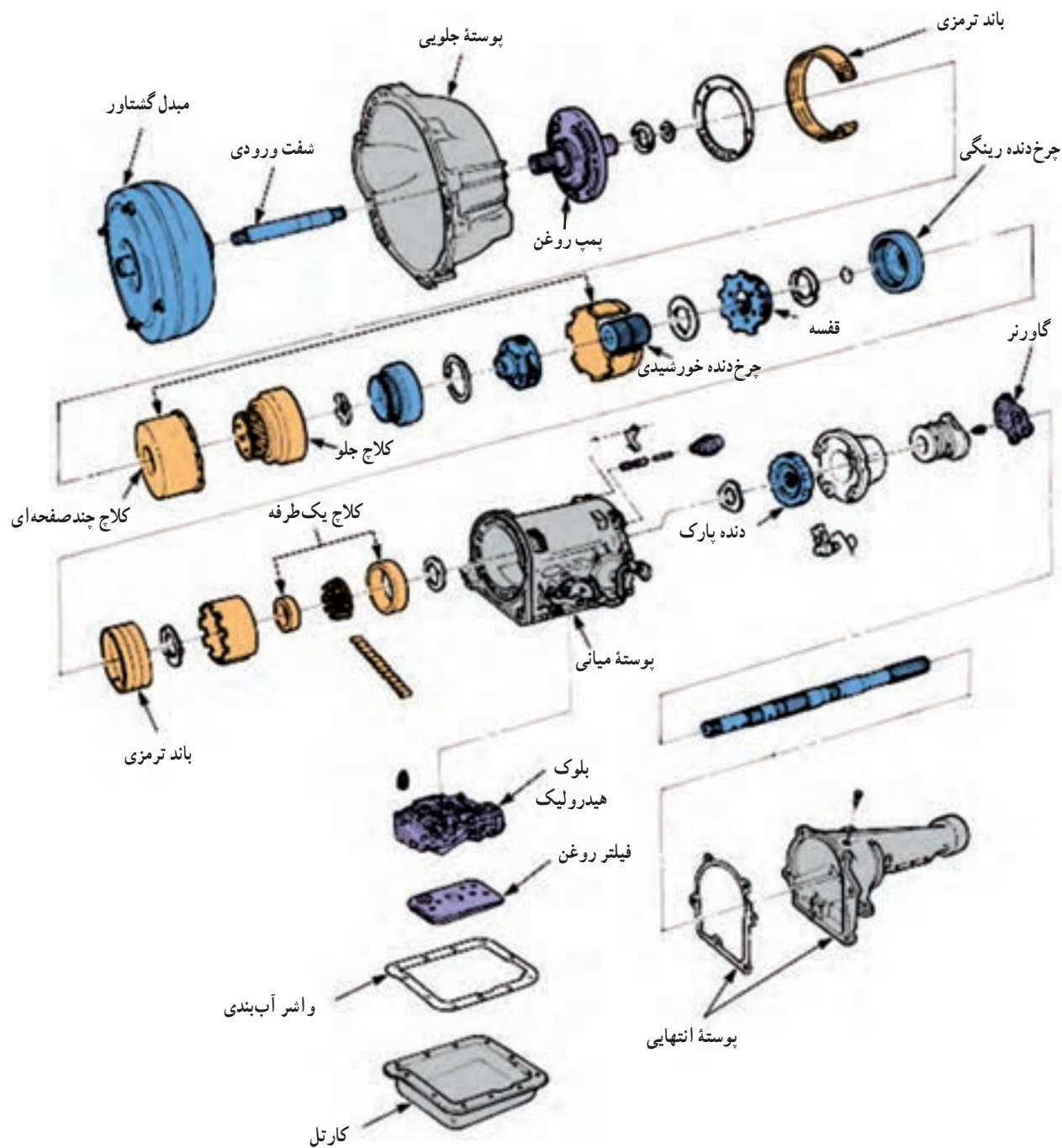
شکل ۵-۵- تغییر مسیر سیال خروجی از توربین به سمت ایمپلر توسط استاتور

## ۵-۵- اجزای مکانیکی جعبه دنده اتوماتیک

شکل ۵-۶، نمایی کلی از اجزای مکانیکی جعبه دنده

اتوماتیک را نشان می‌دهد.





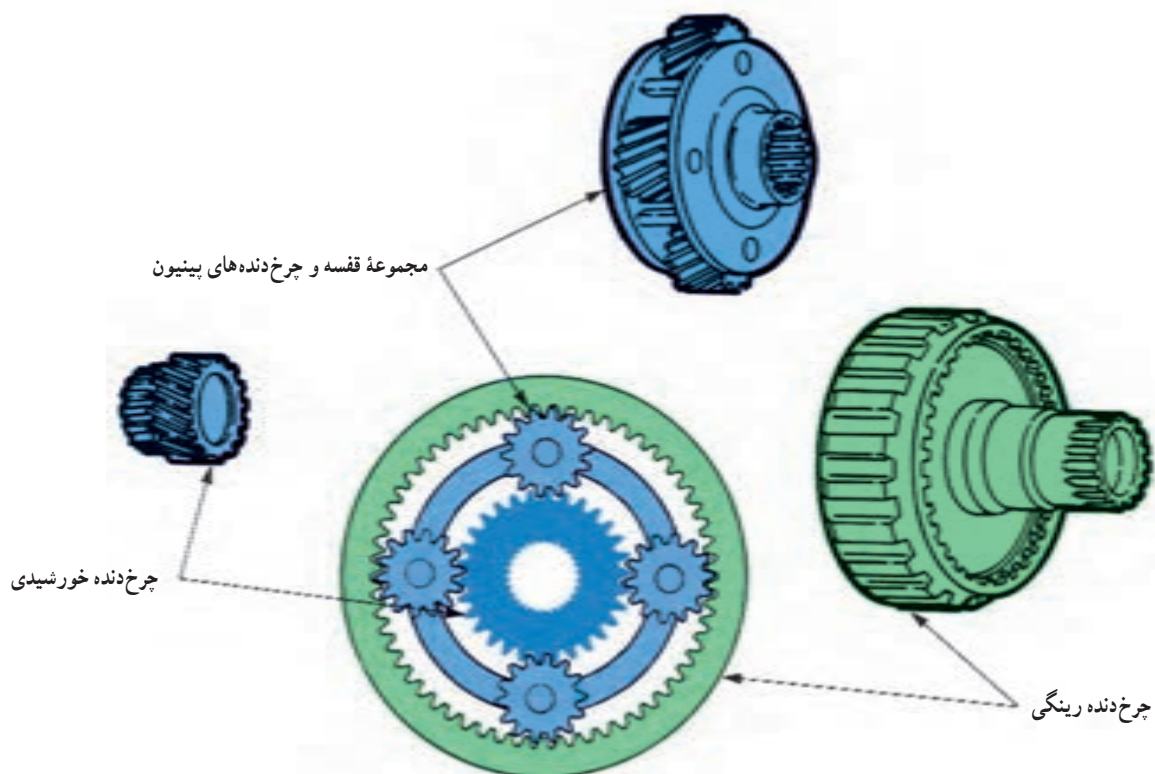
شکل ۵-۶- اجزای مکانیکی جعبه دنده اتوماتیک

## ۵-۶- مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای

می‌شود که به آن «مجموعه چرخ دنده سیاره‌ای» گفته می‌شود (شکل ۵-۷). این مجموعه بخش اصلی اجزای مکانیکی یک جعبه دنده اتوماتیک را تشکیل می‌دهد.

برای ایجاد نسبت دنده‌های مختلف به صورت اتوماتیک در جعبه دنده اتوماتیک از مکانیزم خاصی از چرخ دنده‌ها استفاده





شکل ۵-۷- مجموعه چرخ دنده سیاره ای

## ۵-۷- اعضای مجموعه چرخ دنده سیاره ای

مطابق شکل ۵-۷، یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای شامل سه عضو اصلی به شرح ذیل است :

- ۱- چرخ دنده خورشیدی<sup>۱</sup> : چرخ دنده خورشیدی دارای دندانه های خارجی است و در وسط مجموعه قرار گرفته است. چرخ دنده خورشیدی دائماً با چرخ دنده پینیون ها درگیر است.
- ۲- چرخ دنده رینگی<sup>۲</sup> : چرخ دنده رینگی دارای دندانه های داخلی ست و دائماً با چرخ دنده پینیون ها درگیر است. این عضو، مجموعه چرخ دنده سیاره ای را احاطه کرده است.

۳- قفسه و چرخ دنده پینیون ها<sup>۳</sup> : قفسه یک قاب یا بدنه است که می تواند از آلومینیوم یا فولاد ساخته شود. روی قفسه محورهایی قرار گرفته اند که چرخ دنده پینیون ها روی آنها سوار می شوند. چرخ دنده پینیون ها از سمت داخل قفسه با چرخ دنده

خورشیدی و از سمت بیرون قفسه با چرخ دنده رینگی درگیر هستند. چرخ دنده پینیون ها در مجموعه چرخ دنده سیاره ای دارای دو حرکت است :

- ۱- دوران حول محور خودشان که «حرکت وضعی» نامیده می شود.
- ۲- حرکت روی دندانه های چرخ دنده خورشیدی یا چرخ دنده رینگی که «حرکت انتقالی» نامیده می شود.

## ۵-۸- وضعیت های عملکردی مجموعه چرخ دنده سیاره ای

به وسیله یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای می توان پنج حالت رو به جلو، دو حالت معکوس و یک وضعیت خلاص به دست آورد. پنج حالت رو به جلو شامل : دو نسبت آندردرایو ( $i > 1$ )،

۱- Sun gear

۲- Ring gear

۳- Carrier and pinion gear

به عضو ثابت مجموعه «عضو واکنشی»، به عضوی که دور و گشتاور را دریافت می‌کند «عضو ورودی یا عضو محرک» و به عضو سوم مجموعه «عضو خروجی یا عضو متحرک» گفته می‌شود.

ترکیب‌های مختلف از ورودی، ثابت و خروجی بودن اعضای مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای، وضعیت‌های مختلف را ایجاد می‌کند که در جدول ۵-۱ قابل ملاحظه است.

یک نسبت مستقیم ( $i:1$ ) و دو نسبت اوردرایو ( $i<1$ ) است. دو حالت معکوس نیز شامل: یک نسبت آندردرایو ( $i>1$ ) و یک نسبت اوردرایو ( $i<1$ ) است.

برای ایجاد هر یک از این وضعیت‌ها (به جز حالت مستقیم  $i:1$ ) و حالت خلاص باید در حالی که یکی از اعضای مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ثابت است، دور و گشتاور به یکی از اعضای مجموعه منتقل شود تا عضو سوم مجموعه شروع به دوران کند.

جدول ۵-۱

وضعیت	عضو ثابت	عضو محرک	عضو متحرک	جهت دوران عضو متحرک	نسبت دنده
۱	چرخ‌دنده خورشیدی	چرخ‌دنده رینگی	قفسه	موافق دوران عضو محرک	آندردرایو ( $i>1$ )
۲	چرخ‌دنده خورشیدی	قفسه	چرخ‌دنده رینگی	موافق دوران عضو محرک	اوردرایو ( $i<1$ )
۳	چرخ‌دنده رینگی	چرخ‌دنده خورشیدی	قفسه	موافق دوران عضو محرک	آندردرایو ( $i>1$ )
۴	چرخ‌دنده رینگی	قفسه	چرخ‌دنده خورشیدی	موافق دوران عضو محرک	اوردرایو ( $i<1$ )
۵	قفسه	چرخ‌دنده خورشیدی	چرخ‌دنده رینگی	مخالف دوران عضو محرک	آندردرایو ( $i>1$ ) وضعیت معکوس
۶	قفسه	چرخ‌دنده رینگی	چرخ‌دنده خورشیدی	مخالف دوران عضو محرک	اوردرایو ( $i<1$ ) وضعیت معکوس
۷	هرگاه دو عضو مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای محرک باشند کل مجموعه به صورت واحد یکپارچه شروع به دوران می‌کند.		موافق دوران عضو محرک	نسبت مستقیم ( $i:1$ )	
۸	هرگاه دو عضو از مجموعه آزاد باشند یا در مجموعه عضو ثابت وجود نداشته باشد، آن مجموعه خلاص است.				

یکی از اعضای مجموعه و انتقال توان به یک عضو دیگر است تا با توجه به شرایط رانندگی، وضعیت مورد نظر ایجاد گردد و نسبت دنده مناسب در شفت خروجی جعبه دنده به دست آید. باندهای ترمزی، کلاچ‌های چندصفحه‌ای اصطکاکی و کلاچ‌های یک‌طرفه اجزائی هستند که در جعبه‌دنده‌های اتوماتیک این وظیفه را بر عهده دارند.

## ۹-۵- کنترل مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای

همان‌گونه که ذکر شد، برای ایجاد وضعیت‌های مختلف، (غیر از وضعیت مستقیم  $i=1$ )، باید در حالی که یکی از اعضای مجموعه ثابت است، دور و گشتاور به یک عضو منتقل شود تا مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای دارای یک عضو خروجی باشد. منظور از «کنترل مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای» ثابت نگه داشتن

## ۱۰-۵- جعبه دنده متغیر پیوسته<sup>۱</sup> (CVT)

همان گونه که بیان شد، جعبه دنده های دستی شامل چرخ دنده هایی هستند که وظیفه ایجاد نسبت دنده های مختلف را (به منظور فراهم کردن نیروی کششی و سرعت مناسب خودرو) بر عهده دارند. هنگامی که اهرم تعویض دنده در وضعیت خاصی (برای مثال «دنده ۲») قرار می گیرد، دور و گشتاور خروجی موتور از طریق چرخ دنده های مربوط به آن وضعیت از شفت ورودی به شفت خروجی منتقل می شود. در این جعبه دنده ها، با توجه به ملاحظات، از قبیل محدود بودن فضا و ابعاد جعبه دنده، وزن خودرو و غیر آنها، از تعداد محدودی چرخ دنده می توان استفاده نمود و همین سبب شده است که خودروها دنده های محدودی داشته باشند (برای مثال سه، چهار یا پنج).

تعویض دهنده در این جعبه دنده ها، با توجه به محدود بودن تعداد دنده ها، به صورت مرحله ای یا گسسته انجام می شود. به عبارت دیگر، هنگامی که تعویض دنده از «دنده ۱» (با نسبت  $i = 3/8$ ) به

«دنده ۲» (با نسبت  $i = 2/1$ ) انجام می گیرد، نسبت دنده مسیر انتقال توان از  $3/8$  به  $2/1$  تبدیل می شود. از آنجایی که هر نسبت دنده نیروی کششی و سرعت خاصی را برای خودرو فراهم می کند (برای هر نسبت دنده تغییرات دور و گشتاور خاصی وجود دارد) تغییر نیروی کششی و سرعت برای سرنشینان خودرو مشهود است، به طوری که همراه با ضربه ای توسط آنها حس می شود. این تغییر در خصوص جعبه دنده های اتوماتیک نیز تا حدودی صادق است.

امروزه در سیستم انتقال قدرت برخی از خودروها از جعبه دنده متغیر پیوسته یا سی وی تی (CVT) استفاده می شود که در آن دیگر جعبه دنده شامل تعداد محدودی دنده نیست. در این جعبه دنده ها بین بزرگ ترین نسبت دنده (برای مثال  $i = 2/4$ ) و کوچک ترین نسبت دنده (برای مثال  $i = 0/4$ ) بی نهایت نسبت دنده ایجاد شده و عمل تعویض بین این بی نهایت دنده نیز کاملاً اتوماتیک و به صورت پیوسته (بدون گسستگی) انجام می گیرد و عملکرد خودرو را بسیار مطلوب ساخته است.

نکته: یکی از معایب سیستم سی وی تی (CVT) محدودیت در نسبت انتقال آنهاست. به عبارت دیگر، میزان تغییر دور و گشتاور آنها محدود است. لذا در برخی خودروها نمونه هایی از این سیستم را با جعبه دنده اتوماتیک به صورت سری مورد استفاده قرار می دهند.

## ۱۱-۵- انواع سیستم سی وی تی (CVT)

انواع مختلفی از سیستم های سی وی تی ابداع شده و بعضاً در خودروها نیز مورد استفاده قرار گرفته اند. این سیستم ها عبارت اند از:

- ۱- سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر<sup>۲</sup>؛
  - ۲- سی وی تی نوع غلتکی<sup>۳</sup> یا چنبری<sup>۴</sup>؛
  - ۳- سی وی تی هیدرواستاتیک<sup>۵</sup>.
- رایج ترین نوع این سیستم، سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر است که در ادامه به تشریح ساختار و طرز کار آن پرداخته می شود.

نکته: مبدل گشتاور که وظیفه انتقال دور و گشتاور موتور به شفت ورودی جعبه دنده اتوماتیک را بر عهده دارد نیز نوعی سی وی تی است. بزرگ ترین نسبت تبدیل این سیستم دو و کوچک ترین نسبت تبدیل آن حدود یک است.

۱- Continuously variable Transmission

۲- Variable – diameter pulley (VDP)

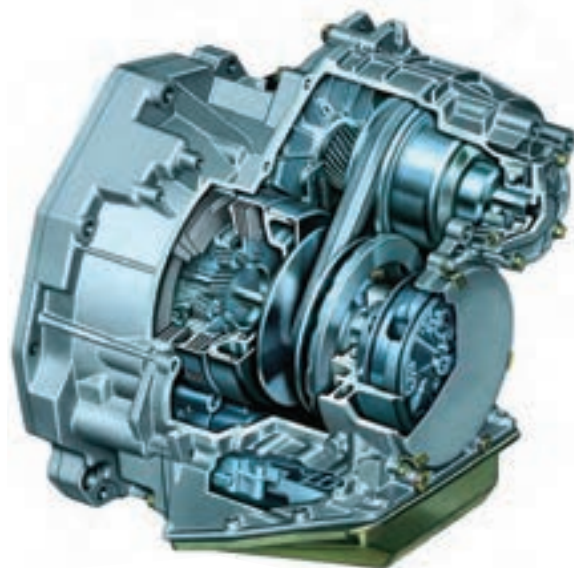
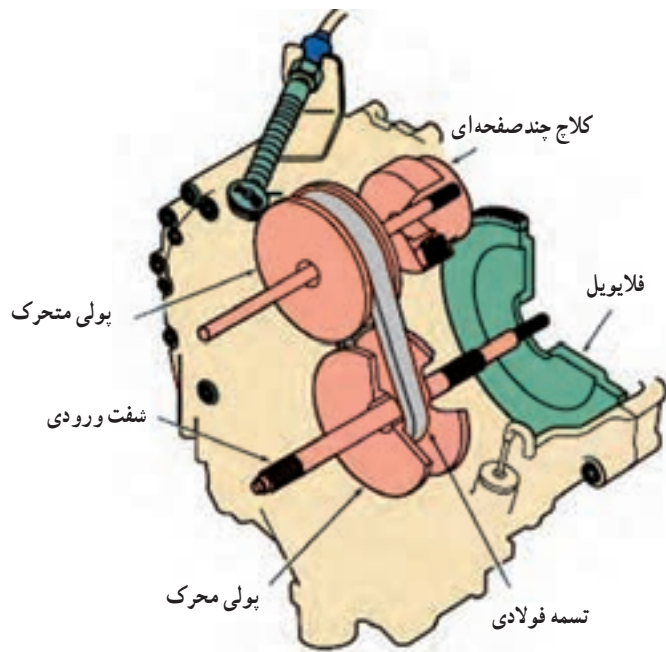
۳- Roller – based CVT

۴- Toroidal CVT

۵- Hydrostatic CVT

## ۱۲-۵- سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

همان گونه که در شکل ۵-۸ ملاحظه می شود، این نوع سی وی تی از دو مجموعه پولی محرک و متحرک تشکیل شده است. پولی محرک روی شفت ورودی قرار می گیرد و دور و گشتاور موتور توسط یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای به آن منتقل



شکل ۵-۸- سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

است. یکی از نیم پولی ها روی شفت ثابت است در حالی که نیم پولی دیگر می تواند روی شفت حرکت محوری داشته باشد و هر دو نیم پولی با شفت دوران می کنند. هنگامی که دو پولی از هم فاصله می گیرند قطر مؤثر پولی کاهش می یابد و هنگامی که به هم نزدیک می شوند قطر مؤثر پولی افزایش می یابد.

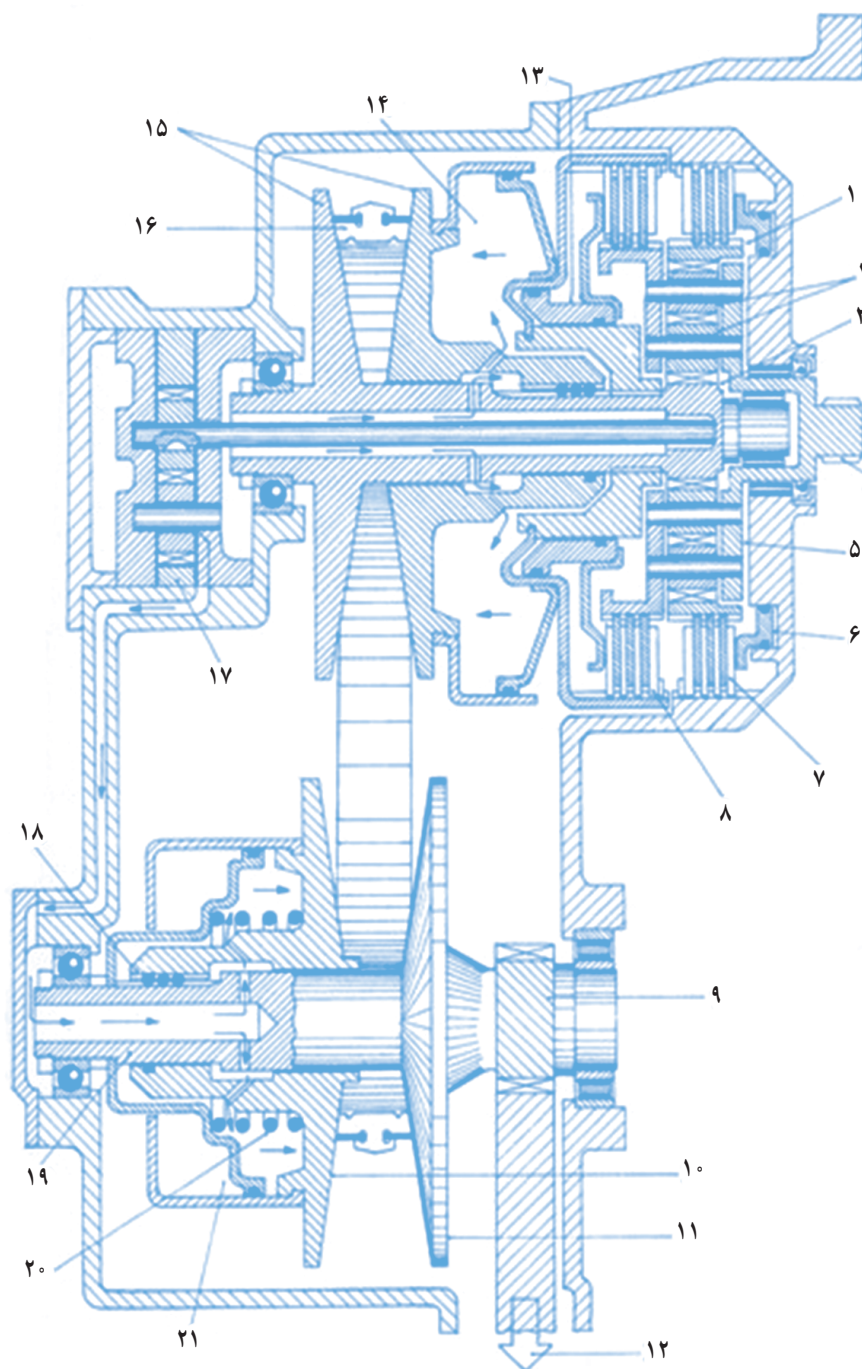
شکل ۵-۹، نحوه ارتباط پولی محرک و متحرک توسط تسمه فولادی را نشان داده است.

شکل ۵-۱۰، مقطع برش خورده یک سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را نشان می دهد که در آن انتقال دور و گشتاور بین پولی های محرک و متحرک توسط تسمه فولادی انجام می شود. همان گونه که ملاحظه می شود، هر پولی از دو نیم پولی ساخته شده



شکل ۵-۹- انتقال توان بین پولی محرک و متحرک توسط تسمه فولادی





شکل ۱۰-۵- مقطع برش خورده یک سی‌وی تی مجهز به بولی با شعاع متغیر

۱- چرخ‌دنده رینگ‌گی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ۲- چرخ‌دنده‌های پینیون ۳- چرخ‌دنده خورشیدی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ۴- شفت ورودی از موتور ۵- قفسه مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای دابل ۶- پیستون فعال و غیر فعال کردن کلاچ چندصفحه‌ای ۷- کلاچ چندصفحه‌ای عقب برای تثبیت یا آزاد کردن چرخ‌دنده رینگ‌گی ۸- کلاچ چندصفحه‌ای جلو برای قطع و وصل کردن قفسه به شفت یا بولی ورودی سی‌وی تی ۹- شفت خروجی سی‌وی تی که چرخ‌دنده پینیون دیفرانسیل نیز به آن وصل است. ۱۰- نیم‌بولی لغزان روی شفت خروجی ۱۱- نیم‌بولی ثابت روی شفت خروجی ۱۲- چرخ‌دنده‌های واسط کاهش دور ۱۳- پیستون فعال یا غیر فعال کردن کلاچ چندصفحه‌ای جلو ۱۴- سیلندر هیدرولیک اعمال حرکت محوری به نیم‌بولی لغزان روی شفت ورودی ۱۵- نیم‌بولی لغزان و ثابت روی شفت ورودی ۱۶- تسمه فلزی ۱۷- پمپ روغن دنده‌ای ۱۸- ساچمه یا غلتک به منظور حرکت محوری روان نیم‌بولی لغزان روی شفت ۱۹- شفت خروجی یا متحرک ۲۰- فنر برگرداننده ۲۱- سیلندر هیدرولیک اعمال حرکت محوری به نیم‌بولی لغزان روی شفت خروجی



### ۱۳-۵- نحوه عملکرد سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

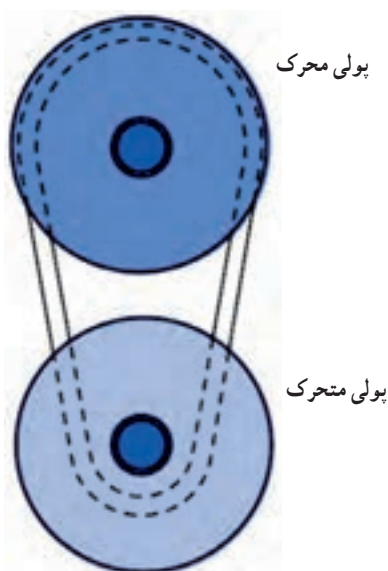
همان گونه که ذکر شد، با دور یا نزدیک کردن نیم پولی های محرک و متحرک، قطر مؤثر پولی ها تغییر می کند. عملکرد این نوع سی وی تی نیز بر اساس همین تغییر قطر مؤثر پولی های محرک و متحرک است.

شکل ۱۱-۵، وضعیت افزایش گشتاور و کاهش دور را نشان می دهد. در این حالت دو نیم پولی محرک از هم فاصله می گیرند و قطر مؤثر پولی محرک کاهش می یابد. از طرف دیگر دو نیم پولی متحرک به یکدیگر نزدیک می شوند و قطر مؤثر آن افزایش می یابد و یک نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ) را ایجاد می کند. یعنی گشتاور پولی متحرک بیشتر و دور آن از پولی محرک کمتر است.

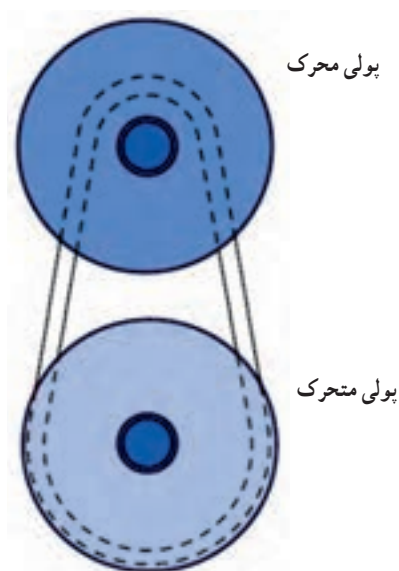
شکل ۱۲-۵، وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور را نشان می دهد. در این حالت دو نیم پولی محرک به هم نزدیک

می شوند و قطر مؤثر آن افزایش می یابد. از طرف دیگر دو نیم پولی متحرک از یکدیگر فاصله می گیرند و قطر مؤثر پولی متحرک کاهش می یابد. در این وضعیت یک نسبت اوردرایو ( $i < 1$ ) ایجاد می شود. به طوری که با یک بار دَوَران پولی محرک، پولی متحرک چند بار دوران می کند و دور شفت خروجی از دور شفت ورودی بیشتر خواهد شد.

باید توجه نمود هنگامی که قطر مؤثر دو پولی محرک و متحرک برابر باشد، نسبت انتقال  $i:1$  ایجاد می شود. از این رو دور و گشتاور شفت ورودی با دور و گشتاور شفت خروجی برابر است. با توجه به مطالب فوق، در این سیستم نسبت انتقال دور بین «بزرگ ترین نسبت انتقال» و «کوچک ترین نسبت انتقال» به صورت پیوسته تغییر می کند. از این رو تغییر دور و گشتاور نیز کاملاً تدریجی و پیوسته است. عمل دور یا نزدیک شدن نیم پولی ها به صورت هیدرولیکی و به وسیله سیستم کنترل الکترونیکی صورت می پذیرد.



شکل ۱۲-۵- وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور



شکل ۱۱-۵- وضعیت افزایش گشتاور و کاهش دور

اگر قرار باشد که فارغ التحصیلان رشته‌های فنی و حرفه‌ای که می‌خواهند وارد بازار کار شوند سوگندنامه‌ای تنظیم شود متن زیر پیشنهاد می‌شود. راجع به آن در کلاس گفت‌وگو کنید.

### بسم الله الرحمن الرحيم

«من به عنوان یک فارغ التحصیل رشته فنی و حرفه‌ای در پیشگاه قرآن کریم به خداوند قادر متعال سوگند یاد می‌کنم که به امور زیر و در حرفه خودم وفادار باشم».

۱- به عنوان یک فرد دین‌باور، خدای مهربان را همیشه یاور خود و ناظر بر کارهایم داشته و معتقدم که کوچک‌ترین کارها از نگاه او پنهان نخواهد ماند.

۲- به انسان، به عنوان یک موجود صاحب خرد و شگفت‌انگیزترین پدیده آفرینش بیاندیشم، صدیق و واقع‌بین باشم و به هیچ اقدامی که به انسان و انسانیت آسیب رساند مبادرت نورزم.

۳- دانش و تجربه حرفه‌ای خود را که موهبت الهی و میراث مشترک بشری است مغتنم بدانم و بکوشم تا آن را به روز نگه‌دارم و در حد توان خود به گنجینه دانش و تجربیات سودمند بشری بیفزایم.

۴- ایران زادگاه من است و در آن پرورده شده‌ام، کوشش خواهم کرد تا دین خود را به سرزمینم، مردمانم، نیاکانم و آیندگان ادا کنم.

۵- در طول زندگی حرفه‌ای خود تلاش کنم تا نقش مؤثری در پیشرفت و تعالی معنوی و مادی کشورم داشته باشم.

۶- در حد توان به مدرسی که مربی علمی و فنی من است خدمت کنم.

۷- سرمایه‌های هستی که از جانب خدای متعال به ما ارزانی شده است چون ماده، انرژی، محیط زیست و نیروی کار را سرمایه‌های تمام بشر بدانم و در حفظ، کاربرد درست و بهسازی آنها کوشش کنم.

۸- در تمام فعالیت‌های شغلی خود صداقت، دقت، نظم، عدالت، سرعت عمل، حفظ منافع اجتماع و حقوق دیگران را مراعات کنم.

۹- در کار، سلامت، ایمنی و آینده انسان‌ها را به عنوان مخلوقات الهی در نظر داشته و نسبت به آنان مهربان، دلسوز و متعهد باشم و همواره سود خویش را در منافع همگان جست‌وجو کنم، رشوه‌خواری و دیگر رذایل اخلاقی را طرد سازم و ارزش مادی زحمات خود را در حد معقول و متعارف طلب کنم.

۱۰- در انجام وظایف محوله، فردی متعهد، مسئولیت‌پذیر، مشارکت‌جو و رازدار باشم.

۱۱- محیطی پر از محبت و صفا و عشق و علاقه به خدمتگزاری بی‌ریا برای مردم و وطن به وجود آورم و همکاران خود را دوست بدارم و ارزش‌های الهی و انسانی را در خود و در آنان پرورش دهم.

۱۲- در شغل خود همیشه فردی متواضع باشم. موفقیت‌های به‌دست آمده را مرهون لطف الهی و تلاش خود و کمک همکارانم بدانم و شکرگزار خداوند و قدردان دوستان باشم.

۱۳- در تمام مدت خدمت خود پذیرای نقد و اظهار نظر صادقانه همکاران باشم. خطاهای خود را اصلاح کنم و برای همکاری گروهی و نقش دیگران ارزش قائل باشم و از لطمه زدن به حیثیت، شهرت، دارایی یا اشتغال دیگران پرهیز و از اقدامات بدخواهانه برای آنان خودداری کنم.

۱۴- مشوق همکارانم به رعایت اصول اخلاق و وجدان حرفه‌ای باشم.

منبع: برگرفته از اخلاق مهندسی و مهندسی اخلاقی

تألیف دکتر بهادری نژاد، صفحه ۲۰۷

## آزمون پایانی

- ۱- اجزای اصلی جعبه دنده اتوماتیک را نام ببرید.
- ۲- اجزای اصلی مبدل گشتاور را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.
- ۳- وضعیت های عملکردی مجموعه چرخ دنده سیاره ای را شرح دهید.
- ۴- جعبه دنده متغیر پیوسته را توضیح دهید.
- ۵- نحوه عملکرد سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهید.

### شاسی، بدنه و رنگ

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- شاسی و بدنه خودرو را تعریف کند.
- ۲- انواع بدنه خودرو را از لحاظ جنس و مواد سازنده آنها دسته‌بندی کند.
- ۳- انواع شاسی خودرو را دسته‌بندی کند.
- ۴- خودروی سواری را تعریف کند.
- ۵- انواع خودروی سواری را از لحاظ شکل اتاق دسته‌بندی کند.
- ۶- انواع رنگ در صنعت خودرو را دسته‌بندی کند.
- ۷- اجزای تشکیل دهنده رنگ را نام ببرد.
- ۸- انواع آستر و پرکننده‌ها را نام ببرد.
- ۹- انواع بتونه را نام ببرد.

#### مقدمه

وجود مجموعه‌ای محکم و در عین حال سبک که بتوان سایر قسمت‌های خودرو را روی آن نصب نمود کاملاً ضروری‌ست. در خودروهایی که برای شرایط و بارهای سنگین طراحی می‌شوند از قبیل خودروهای سنگین، وانت و غیر آنها، از چهارچوبی فلزی و محکم، که اصطلاحاً «شاسی» نامیده می‌شود، استفاده می‌شود و سایر قسمت‌های خودرو به آن وصل می‌گردد.

در خودروهای سواری، به دلیل آنکه بار اعمالی به آن کمتر و اصولاً سبک بودن خودرو بسیار حائز اهمیت است، بدنه خودرو را به نحوی طراحی می‌کنند که بدون نیاز به شاسی بتوان سایر سیستم‌های خودرو را به آن متصل نمود. در این بخش انواع شاسی و بدنه خودرو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۱-۶- بدنه

مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند :

- ۱- بدنه فولادی
- ۲- بدنه آلومینیومی
- ۳- بدنه فایبرگلاس

با توجه به شکل ۱-۶، به قسمت ظاهری خودرو که شامل محفظه سرنشین، محفظه موتور و صندوق است، «اتاق» یا «بدنه» خودرو می‌گویند.

۱-۱-۶- بدنه فولادی : این نوع بدنه‌ها از فولاد

بدنه خودروها از نظر نوع جنس و مواد سازنده به انواع

خوردگی ۳- نیاز نداشتن به پرس‌های سنگین برای شکل‌دهی

#### ❖ معایب

۱- استحکام پایین ۲- تغییر شکل و آسیب‌دیدگی زیاد در تصادف

۳-۱-۶- بدنه فایبرگلاس : این نوع بدنه‌ها از فایبرگلاس ساخته می‌شوند و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند :  
❖ مزایا

۱- سبکی ۲- هزینه تولید پایین ۳- عایق‌بندی مناسب صدا

#### ❖ معایب

۱- تردی و شکنندگی در برابر ضربه و تصادف ۲- ویژگی‌های نامناسب رطوبتی و گرمایی

### ۲-۶- شاسی

به بخشی از خودرو که اتاق بر روی آن نصب می‌شود و به منظور بالابردن استحکام، تحمل بار و وزن بدنه مورد استفاده قرار می‌گیرد «شاسی» گویند که به‌طور کلی به انواع ذیل تقسیم‌بندی می‌شود :

۱-۲-۶- شاسی یکپارچه : با توجه به شکل ۲-۶، در این نوع خودروها شاسی و بدنه از یکدیگر قابل تفکیک نیستند و به‌صورت یکپارچه‌اند. این نوع شاسی‌ها دارای مزایا و



شکل ۱-۶- بدنه خودرو

ساخته شده‌اند مزایا و معایب آنها به شرح زیرند :

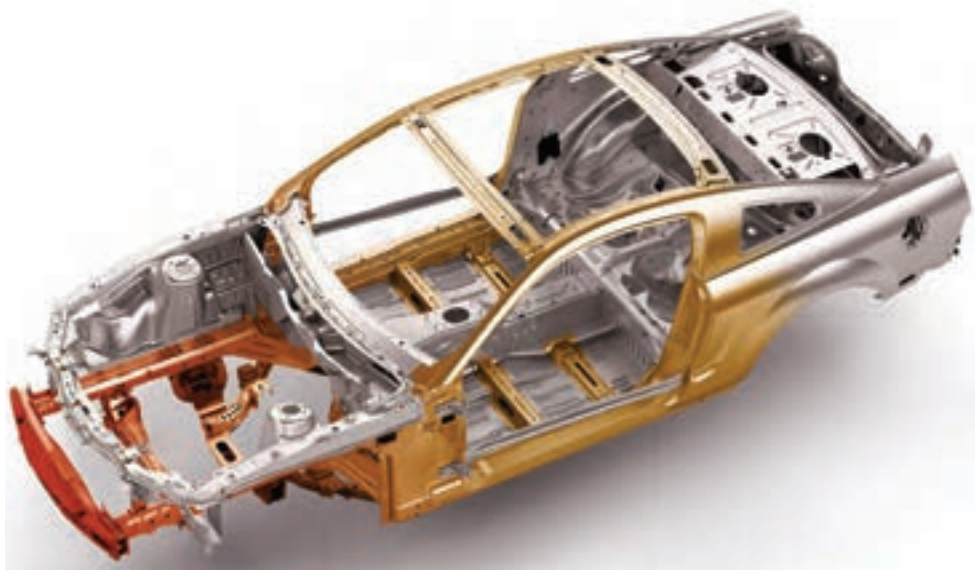
#### ❖ مزایا

۱- عمر طولانی ۲- قیمت تمام شده کمتر در تولید انبوه  
۳- حفظ شکل در دراز مدت ۴- امکان تعمیر بخش‌های آسیب دیده  
❖ معایب

۱- سنگین بودن ۲- زنگ زدگی، پوسیدگی و خوردگی  
۳- نیاز به پرس‌های سنگین به منظور شکل‌دهی  
۲-۱-۶- بدنه آلومینیومی : این نوع بدنه‌ها از آلومینیوم ساخته شده و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند :

#### ❖ مزایا

۱- وزن کم ۲- مقاومت بالا در برابر زنگ‌زدگی و



شکل ۲-۶- شاسی یکپارچه



معایبی به شرح زیرند :

❖ مزایا

۱- وزن کم ۲- شتاب گیری بهتر خودرو به دلیل وزن کم  
۳- مصرف پایین سوخت به دلیل وزن کم ۴- ایمنی بالاتر در هنگام تصادف، به دلیل جذب انرژی بیشتر توسط بخش جلو و عقب خودرو ۵- عایق بندی صوتی مناسب و ایجاد صدای کمتر به دلیل یکپارچه بودن اتصالات

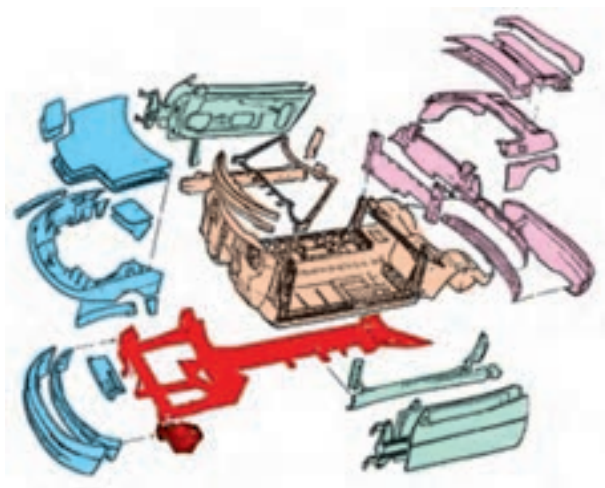
❖ معایب

۱- بالا بودن قیمت تمام شده ۲- بالا بودن هزینه های تعمیر، نگهداری و تعویض قطعات آسیب دیده  
۳-۲-۶- شاسی جداشدنی : با توجه به شکل ۳-۶، در این نوع خودروها، شاسی را به صورت جداگانه می سازند و بدنه خودرو توسط اتصالات موقت، مانند پیچ و مهره و ضربه گیر لاستیکی به آن متصل می شود.

به دلیل استفاده از اتصالات موقت

### ۳-۲-۶- شاسی نیمه جدا

با توجه به شکل ۴-۶، در این نوع خودروها شاسی و قسمت هایی از بدنه را به صورت یکپارچه می سازند و قسمت دیگر شاسی که معمولاً محل قرارگیری موتور و تعلیق است (دارای استحکام بیشتری است)، از طریق پیچ و مهره به آن متصل می شود.



شکل ۴-۶- شاسی نیمه جدا

مزایا و معایب این نوع شاسی ها به شرح زیرند :

❖ مزایا

۱- سادگی ۲- هزینه پایین نگهداری، تعمیر و تعویض قطعات آسیب دیده ۳- عایق بندی مناسب صوتی ۴- سهولت تغییر شکل ظاهری خودرو با تغییر شکل دادن گلگیرها، سقف و جلوی خودرو ۵- نصب قسمت های خودرو مانند موتور و مجموعه تعلیق بر روی بخش های جدای شاسی که دارای استحکام بیشتری است.

### ۳-۶- دسته بندی انواع بدنه خودروهای سواری

به خودروهایی با گنجایش حداکثر ۹ نفر سرنشین، که دارای محفظه بار (صندوق عقب) نیز هستند «خودروی سواری» گفته می شود. استانداردها و روش های مختلفی برای دسته بندی این نوع خودروها وجود دارد و نیز این خودروها از لحاظ شکل و نوع بدنه دارای نام های متفاوتی هستند. در شکل ۵-۶ به معرفی برخی از آنها پرداخته می شود.



شکل ۳-۶- شاسی جداشدنی

مزایا و معایب این نوع شاسی ها را می توان به صورت زیر

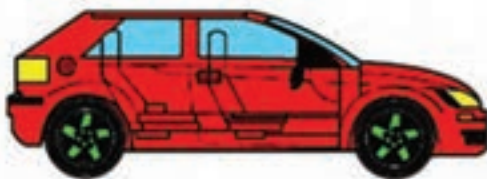
بیان نمود :

❖ مزایا

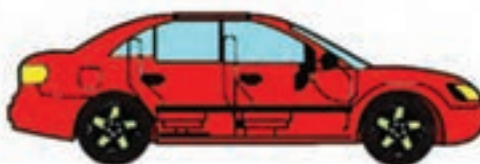
۱- سادگی ۲- هزینه پایین تعمیر، نگهداری و تعویض قطعات آسیب دیده در تصادف ۳- مناسب بودن قیمت تمام شده مجموعه شاسی و بدنه

❖ معایب

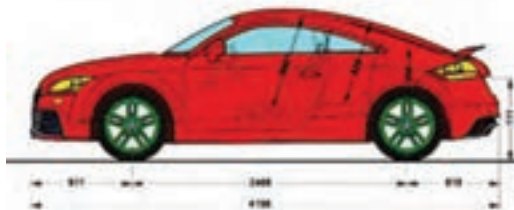
۱- سنگینی ۲- شتاب گیری کمتر خودرو به دلیل سنگین بودن خودرو ۳- ایمنی پایین تر در تصادف به دلیل انتقال بیشتر ضربات به سرنشین ۴- بالا بودن هزینه راه اندازی تجهیزات خط تولید ۵- عایق بندی صوتی نامناسب و ایجاد صدای بیشتر،



ب) خودروی هاچ بک<sup>۳</sup>



الف) خودروی سالون<sup>۱</sup> یا سدان<sup>۲</sup>



ت) خودروی کوپه<sup>۵</sup>



پ) خودروی ناچ بک<sup>۴</sup>



ج) خودروی فست بک<sup>۷</sup>



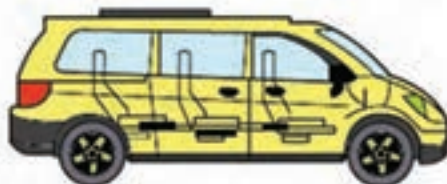
ث) خودروی کروکی<sup>۶</sup>



ح) خودروی ورزشی<sup>۹</sup> (اس یو وی)



ج) خودروی لیموزین<sup>۸</sup>



د) خودروی ون<sup>۱۱</sup>



خ) خودروی چند منظوره<sup>۱۰</sup> (ام پی وی)



ز) خودروی تجاری سبک<sup>۱۳</sup>



ذ) خودروی استیشن<sup>۱۲</sup>

شکل ۵-۶- انواع خودرو از لحاظ شکل و نوع بدنه

۱- Saloon car

۲- Sedan car

۳- Hatch back

۴- Natch back

۵- Coupe

۶- Crocke

۷- Fast back

۸- Limousine

۹- Sport utility vehicle (SUV)

۱۰- Multi purpose vehicles (MPV)

۱۱- Van

۱۲- station

۱۳- Light commercial Vehicles (LCV)

## ۴-۶- انواع رنگ در صنعت خودرو

به طور کلی در صنعت خودرو رنگ ها به دو گروه اصلی

ذیل تقسیم می شوند :

۱- رنگ های ترموپلاست

۲- رنگ های ترموست

۱-۴-۶- رنگ های ترموپلاست : این نوع رنگ ها

شامل رنگ های روغنی، رنگ های تینر فوری و رنگ های آب حلال اند، که با فرایند حرارت نرم می شوند. رزین رنگ های ترموپلاست با حرارت نرم می شوند و خاصیت پلاستیکی پیدا می کنند و در حلال نیز قابل انحلال اند. عامل خشک کن آنها نیز فیزیکی است و از طریق تبخیر تینر موجود در رنگ خشک می شوند (مانند رنگ های تینر و سلولز، بوتیرات استات سلولز و رزین آکریلیک ترموپلاست). در حالی که در رنگ های آب حلال، آب موجود در آنها تبخیر می شود و باعث خشک شدن آنها می گردد.

۲-۴-۶- رنگ های ترموست : این نوع رنگ ها

به اصطلاح شامل رنگ های دو جزئی هستند. رزین این نوع رنگ ها، در فرایند شیمیایی، که شامل افزودن خشک کن یا هاردنر به رنگ است، از خود واکنش نشان می دهد و در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد به بالا باعث خشک شدن سطح رنگ می گردد. هر چه حرارت بالاتر رود سرعت خشک شدن آنها بیشتر خواهد شد. البته باید در این مورد به توصیه های شرکت تولید کننده رنگ توجه داشت.

این نوع رنگ ها با گرم کردن مجدد نرم نمی شوند و نسبت

به حل شدن در حلال، از خود مقاومت بیشتری نشان می دهند. برای مثال می توان از رزین ملامین، رزین پلی یورتان، رزین اپوکسی، رزین آکریلیک و رزین پلی آستر نام برد.

امروزه در صنعت خودرو بیشتر از رنگ های ترموست یا

رنگ نهایی دو پوشش و آب حلال استفاده می شود. قابل توجه است که رنگ های استفاده شده در صنعت خودرو همگی از نوع کوره پخت اند و در دمای بالای ۱۶۰ درجه سانتی گراد با واکنش شیمیایی انجام شده بین اجزای خود، خشک می شوند. این در حالی ست که رنگ های تعمیراتی استفاده شده در کارگاه های

خدمات پس از فروش از نوع رنگ های هوا خشک هستند که به رنگ تعمیراتی (دو جزئی) معروف اند.

## ۵-۶- اجزای تشکیل دهنده رنگ

اجزای تشکیل دهنده رنگ را می توان به چهار بخش زیر

تقسیم نمود :

۱- رزین : ماده ای که رنگ دانه ها را به هم متصل می کند و به لایه رنگ جلا و قوام می دهد.

۲- رنگ دانه : به پودرهای رنگین قابل انحلال در آب یا حلال می گویند که پوشش رنگی ایجاد می کند و خود به دو گروه رنگ دانه های معدنی و آلی تقسیم می شوند.

الف) رنگ دانه های معدنی

این رنگ دانه ها از کانی های طبیعی تشکیل شده اند، مثل فیروزه، عقیق، گل ماش و غیر آنها  
ب) رنگ دانه های آلی

این رنگ دانه ها از مواد خام پتروشیمی تهیه می شوند که با توجه به کاربریشان به گروه های زیر تقسیم می شوند :

● رنگ دانه های رنگین : این نوع رنگ دانه ها را در پوشش نهایی به کار می برند و به رنگ قدرت پوشش می دهد.

● رنگ دانه های اضافی یا پرکننده ها : از این نوع رنگ دانه ها در پوشش میانی استفاده می شود و وظیفه آنها مقاومت در برابر ساییدگی است.

● رنگ دانه های ضد زنگ : از این نوع رنگ دانه ها در مراحل زیرسازی استفاده می شود و وظیفه آنها جلوگیری از زنگ زدگی ست.

۳- حلال : عامل حل شدن رزین رنگ را حلال می نامند.

۴- تینر : مایعی که از آن برای رقیق تر نمودن رنگ استفاده می شود.

## ۶-۶- انواع آسترها و پرکننده ها

آستر مورد استفاده در صنعت خودروسازی شامل آستر واش پرایمر، اچ پرایمر، آستر میانی، آستر پرکننده (بتونه فوری) و بتونه سنگی می باشد.

روغنی سیاه و از نوع دو جزئی آن برای ورق‌های آلیاژی و سطوح فایبرگلاس استفاده می‌شود.

**۳- رنگ میانی (آستر پرکننده):** از این نوع آسترها که شامل آستر میانی و آستر سیلر است، می‌توان به منظور برطرف ساختن و پرکردن برخی خش‌های جزئی باقی‌مانده از سمباده‌کاری و بعضی ناهمواری‌های جزئی استفاده کرد.

## ۶-۷- بتونه‌ها

از بتونه‌ها که شامل بتونه سنگی، بتونه فوری و بتونه روغنی‌ست، به منظور پرکردن خش‌های عمیق و ناهمواری‌هایی که در سطح فلز یا در رنگ به وجود آمده استفاده می‌شود.

## ۶-۸- رنگ رویه

از رنگ رویه به منظور زیباسازی سطح نهایی (نما) اتومبیل استفاده می‌شود که شامل انواع مختلفی از این جمله‌اند: آکرلیک رنگ‌های نیتروسولولزی، روغنی آکرلیک، لعابی آکرلیک، یورتان آکرلیک و رنگ ملامینی.

رنگ‌های آستر در پوشش زیر کار مورد استفاده قرار می‌گیرند و بر روی سطح فلز پاشیده می‌شوند تا رنگ اصلی به خوبی به سطح فلز خام بچسبد و دوامش بیشتر شود.

**۱- آستر واش پرایمر (اچ پرایمر):** آستر واش پرایمر یک آستر اسیدی‌ست که از زنگ‌زدگی فلز جلوگیری می‌نماید و باعث چسبندگی بهتر رنگ به سطح آستر میانی می‌گردد. این آستر در دو نوع تک جزئی و دو جزئی به کار گرفته می‌شود. آستر واش پرایمر تک جزئی روی ورق‌های روغنی سیاه (بدون آلیاژ) و آستر واش پرایمر دو جزئی بر روی ورق‌های آلیاژدار (مثل ورق گالوانیزه، ورق‌های آلومینیوم، مسی، برنجی و غیر آنها) پاشیده می‌شود.

**۲- آستر میانی:** وظیفه این آستر جلوگیری از زنگ‌زدگی سطح فلز و ایجاد چسبندگی میان آستر واش پرایمر و پوشش‌های بعدی‌ست. این نوع آستر از رنگ‌دانه‌های ضد زنگ با کیفیت عالی و رنگ‌دانه‌هایی که روغن را بسیار کم به خود جذب می‌کنند، تشکیل شده و برای پرکردن خش‌های ظریف سمباده‌کاری نیز مناسب است. این نوع آستر نیز مانند آستر واش پرایمر دارای دو نوع تک جزئی و دو جزئی‌ست. از نوع تک جزئی آن برای ورق‌های

## آزمون پایانی

- ۱- بدنه خودرو را تعریف کنید.
- ۲- مزایا و معایب بدنه آلومینیومی را بیان کنید.
- ۳- شاسی یکپارچه و شاسی جداشدنی را باهم مقایسه کنید.
- ۴- رنگ‌های ترموپلاست را توضیح دهید.
- ۵- اجزای تشکیل‌دهنده رنگ را نام ببرید.
- ۶- به چه دلیل از بتونه استفاده می‌شود؟

## سیستم تعلیق

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- دلایل لزوم سیستم تعلیق را شرح دهد.
- ۲- انواع رفتار خودرو را، هنگام طی مسیر پیچ جاده، نام ببرد.
- ۳- محور مختصاتی خودرو را رسم کند.
- ۴- دَوَران‌های بدنه خودرو را حول محورهای مختصاتی شرح دهد.
- ۵- نیروهای وارد بر خودرو را در حالت ساکن نام ببرد.
- ۶- نیروهای وارد بر خودرو را در حال حرکت نام ببرد.
- ۷- نیروهای وارد بر خودرو را در حالت ترمزگیری نام ببرد.
- ۸- نیروهای وارد بر خودرو را هنگام طی مسیر پیچ جاده نام ببرد.
- ۵- زوایای چرخ را در نماهای مختلف دسته‌بندی کند.
- ۹- دلایل لزوم سیستم فنربندی را بیان کند.
- ۱۰- اجزای سیستم تعلیق را نام ببرد.
- ۱۱- انواع فنر را دسته‌بندی کند.
- ۱۲- انواع کمک فنر را دسته‌بندی کند.
- ۱۳- انواع سیستم‌های تعلیق را از دیدگاه ارتعاشی نام ببرد.
- ۱۴- انواع مکانیزم‌های تعلیق را دسته‌بندی کند.
- ۱۵- مزایا و معایب انواع مکانیزم‌های تعلیق را بیان کند.

### مقدمه

در سیستم تعلیق نحوه ارتباط و اتصال چرخ‌ها به بدنه یا شاسی خودرو مورد بررسی قرار می‌گیرد. همان‌گونه که از عنوان این سیستم پیداست، چرخ‌ها باید بتوانند معلق باشند. به عبارت دیگر، چرخ‌ها باید قادر باشند در راستای عمودی نسبت به بدنه خودرو حرکت کنند. به همین منظور با نصب فنر بین چرخ و بدنه خودرو، انرژی جنبشی ناشی از حرکت عمودی چرخ یا بدنه خودرو در فنرها به صورت انرژی پتانسیل ذخیره می‌شود و از طریق کمک فنر به انرژی گرمایی تبدیل می‌گردد و این انرژی گرمایی به هوای محیط منتقل می‌شود.



به این ترتیب انرژی جنبشی چرخ‌ها و بدنه خودرو در راستای عمودی، که عمدتاً ناشی از ناهمواری جاده است، به وسیله کمک فنر مستهلک و به افزایش راحتی سرنشین و آسیب ندیدن بدنه و قطعات خودرو منجر می‌گردد. از این رو به مجموعه فنر و کمک فنر سیستم تعلیق، «فربندی» گفته می‌شود.

به علاوه چرخ باید در جهات طولی و عرضی نیز مهار شود تا نیروهای طولی ایجاد شده در چرخ را مانند نیروی ناشی از شتاب مثبت، که توسط موتور ایجاد می‌شود و نیروی ناشی از شتاب منفی که توسط ترمز ایجاد می‌گردد، به بدنه خودرو منتقل نماید.

همچنین نیروهای عرضی که توسط نیروی جانب مرکز در مسیر پیچ جاده ایجاد می‌شود به چرخ‌ها انتقال دهد تا خودرو از طریق اصطکاک بین چرخ و جاده در مسیر پیچ به طور مناسب و پایدار هدایت شود. برای انتقال نیروهای فوق‌الذکر از بدنه خودرو به تایرها یا بالعکس از بازوهای فلزی استفاده می‌شود.

بازوها با مفصل‌های فلزی و لاستیکی به بدنه یا شاسی متصل می‌شوند. به مجموع بازوها و مفصل سیستم تعلیق «مکانیزم تعلیق» می‌گویند. از طرفی زوایا و فواصل هندسی مکانیزم تعلیق و چرخ‌ها باید بتوانند در طی مسیر پیچ جاده به طور مناسب تغییر کنند تا به افزایش ایمنی و راحتی سرنشین و پایداری خودرو منجر گردد. در مکانیزم‌های مختلف تعلیق، شکل و نحوه اتصال این بازوها متفاوت است که در ادامه این فصل، به تشریح آنها پرداخته می‌شود. بنابر موارد ذکر شده به طور خلاصه اهم وظایف سیستم تعلیق عبارت‌اند از:

۱- انتقال نیروهای طولی، عرضی و عمودی از تایر به بدنه خودرو و بالعکس

۲- جلوگیری از انتقال مستقیم ارتعاشات ناشی از ناهمواری جاده به بدنه خودرو و مستهلک کردن ارتعاشات چرخ و بدنه خودرو؛

۳- تماس مطمئن و دائمی چرخ با زمین؛

۴- تغییر مناسب زوایا و فواصل مکانیزم تعلیق، به منظور ایمنی و راحتی سرنشین و افزایش پایداری خودرو.

شناخت این مفاهیم برای بررسی عملکرد و مقایسه انواع مکانیزم‌های تعلیق لازم و ضروری‌ست. در این فصل، ابتدا برخی مفاهیم پایه‌ای خودرو بیان می‌شود.

## ۷-۱- رفتار خودرو طی حرکت در مسیر پیچ جاده

چنانچه هنگام حرکت خودرو در طی مسیر پیچ جاده با شعاع ثابت و ثابت‌نگه‌داشتن زاویهٔ غریبک فرمان، سرعت خودرو به آرامی افزایش یابد، خودرو مطابق شکل ۷-۱ دارای رفتارهای زیر خواهد بود.

۷-۱-۱- حالت کم فرمانی<sup>۱</sup>: مطابق شکل ۷-۱، در

این حالت خودرو تمایل دارد به سمت بیرون پیچ جاده حرکت

کند. در نتیجه شعاع مسیر حرکت خودرو افزایش می‌یابد. افزایش شعاع مسیر حرکت خودرو (R) با توجه به رابطه (۷-۱)، به کاهش نیروی جانب مرکز و حرکت رول می‌انجامد. این امر به استقرار بهتر خودرو بر روی سطح جاده و به افزایش پایداری خودرو منجر می‌شود.

$$F = \frac{mV^2}{R} \quad (7-1)$$

## ۷-۲- سیستم مختصات خودرو

با توجه به شکل ۷-۲، خودرو حول محورهای طولی، عرضی و عمودی دَوَران‌هایی به شرح زیر دارد:

۷-۲-۱- دَوَران بدنه، حول محور طولی: دَوَران بدنه خودرو حول محور طولی آن (محور  $x$ ) را حرکت غلت (رول)<sup>۱</sup> می‌نامند. این حرکت اغلب در اثر نیروی عرضی (جانب مرکز) طی مسیر پیچ جاده به وجود می‌آید و در حرکت خودرو بر روی ناهمواری‌های نامتقارن نیز ایجاد می‌شود.

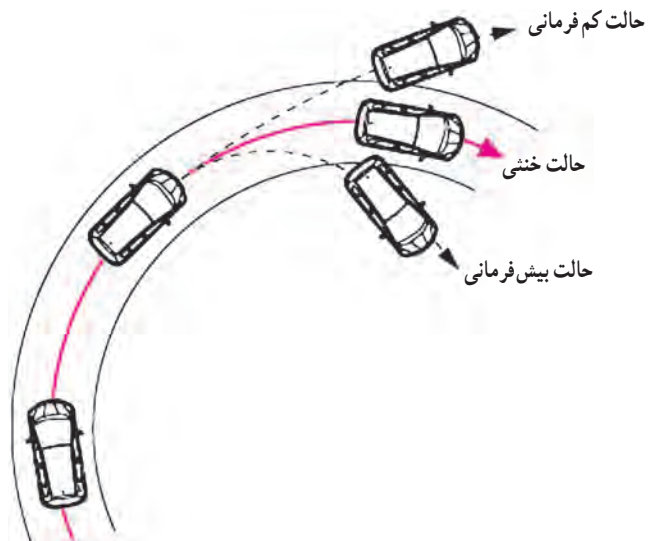


شکل ۷-۲- سیستم مختصات خودرو

۷-۲-۲- دَوَران بدنه حول محور عرضی: دَوَران بدنه خودرو حول محور عرضی آن (محور  $y$ ) را حرکت پیچ<sup>۲</sup> می‌نامند. این حرکت بیشتر در اثر نیروهای طولی نظیر شتاب‌گیری و ترمزگیری ایجاد می‌شود. مطابق شکل ۷-۳، حرکت پیچ بدنه خودرو شامل دو حرکت بدنه به صورت زیر است:

(الف) حرکت قسمت جلوی خودرو به سمت پایین، که به اصطلاح شیرجه<sup>۵</sup> نامیده می‌شود. این حرکت معمولاً در اثر ترمزگیری ایجاد می‌شود.

(ب) حرکت قسمت عقب بدنه خودرو به سمت پایین، که به اصطلاح چمباتمه<sup>۶</sup> نامیده می‌شود. این حرکت معمولاً در اثر شتاب‌گیری ایجاد می‌شود.



شکل ۷-۱- انواع رفتار خودرو طی حرکت در مسیر پیچ جاده

$F$ : نیروی جانب مرکز (N)

$m$ : جرم خودرو (kg)

$V$ : سرعت خودرو (m/s)

$R$ : شعاع مسیر حرکت خودرو (m)

۷-۱-۲- حالت بیش فرمانی<sup>۱</sup>: در این حالت خودرو

تمایل دارد به سمت داخل پیچ جاده حرکت کند و شعاع مسیر حرکت خودرو نیز به تدریج کاهش می‌یابد. این موضوع، با توجه به رابطه (۷-۱) باعث افزایش نیروی جانب مرکز و حرکت رول می‌شود و پایداری خودرو طی مسیر پیچ، کاهش می‌یابد.

۷-۱-۳- حالت خنثی<sup>۲</sup>: در این حالت خودرو در

مسیر پیچ جاده باقی می‌ماند و با افزایش سرعت خودرو، شعاع دَوَران خودرو تغییر نخواهد کرد. این موضوع از آن جهت که خودرو رفتاری را از خود نشان نمی‌دهد و راننده احساس خاصی از رفتار آتی خودرو ندارد، می‌تواند خطرناک باشد. چرا که با افزایش بیشتر سرعت، خودرو به صورت ناگهانی بیش فرمان یا کم فرمان می‌شود و راننده قادر به کنترل خودرو نخواهد بود.

۱ - over steer

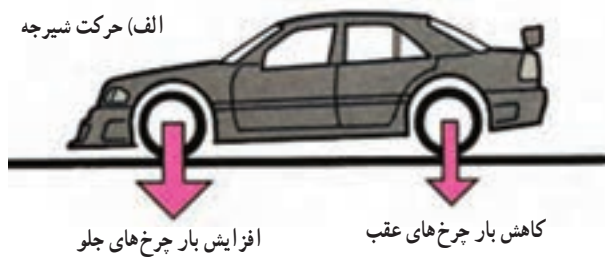
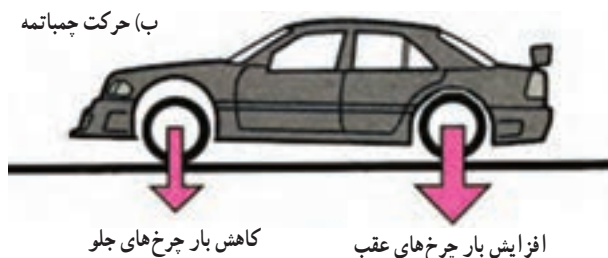
۳ - Roll

۵ - Dive

۲ - Neutral steer

۴ - pitch

۶ - squat



شکل ۷-۳- حرکت شیرجه و چمباتمه

۷-۲-۳- دَوَران بدنه، حول محور عمودی: دَوَران بدنه خودرو، حول محور عمودی آن (محور z) را حرکت یاو می نامند. می آید. این حرکت در اثر تغییر جهت خودرو به دلیل فرمان گیری به وجود می آید.

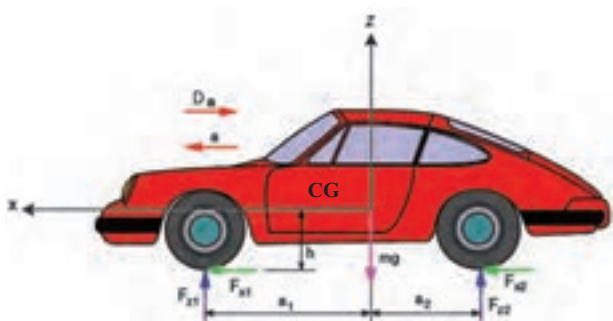
نکته: گفتنی است که بروز حرکت های غلت (رول) و پیچ در بدنه خودرو باعث کاهش راحتی سرنشین و کاهش ایمنی خودرو می شود. لذا طراحان خودرو تلاش می کنند در حد امکان حرکت های رول و پیچ بدنه خودرو را کاهش دهند.

### ۷-۳- نیروهای وارد بر خودرو در حالت های مختلف

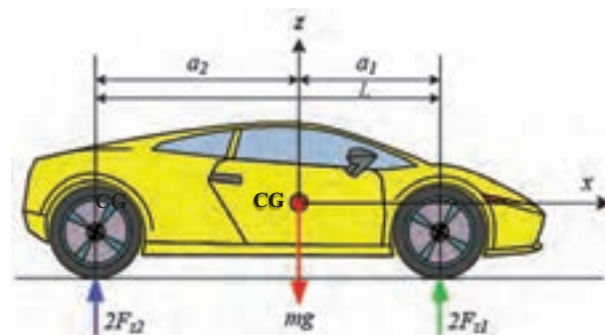
در این بخش نیروهای وارد بر خودرو در شرایط مختلف مورد بررسی قرار می گیرد.

#### ۷-۳-۱- نیروهای وارد بر خودرو در حالت سکون:

شکل ۷-۴، نیروهای وارد بر خودرو را در حالت سکون نشان



شکل ۷-۵- نیروهای وارد بر خودرو در حال حرکت



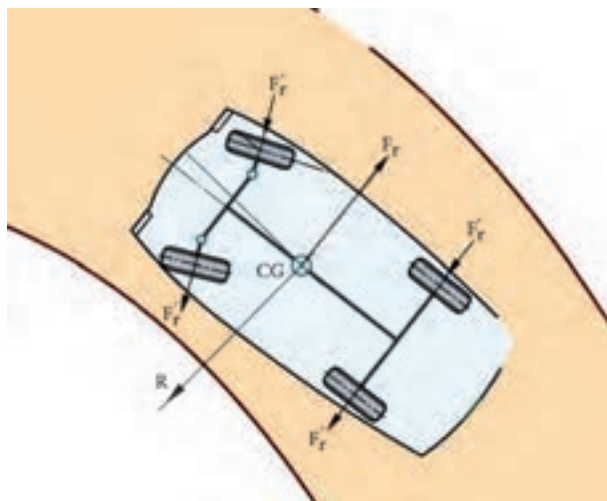
شکل ۷-۴- نیروهای وارد بر خودرو در حالت سکون

h: ارتفاع مرکز ثقل خودرو:  $a$ : شتاب خودرو:  $D_\phi$ : نیروی مقاومت هوا:  $x$ : محور طولی خودرو:  $z$ : محور عمودی خودرو:  $mg$ : وزن خودرو:  $CG$ : مرکز ثقل خودرو:  $a_1$ : فاصله طولی مرکز چرخ جلو تا مرکز ثقل خودرو:  $a_2$ : فاصله طولی مرکز چرخ عقب تا مرکز ثقل خودرو:  $F_{x1}$ : نیروی عکس العمل عمودی وزن وارد بر چرخ های جلو (نیروی عکس العمل وزن):  $F_{x2}$ : نیروی عکس العمل عمودی وزن وارد بر چرخ های عقب (نیروی عکس العمل وزن):  $F_{x1}$ : نیروی اصطکاک بین تایر و زمین برای چرخ های جلو:  $F_{x2}$ : نیروی اصطکاک بین تایر و زمین برای چرخ های عقب

$x$ : محور طولی خودرو:  $z$ : محور عمودی خودرو:  $mg$ : وزن خودرو:  $CG$ : مرکز ثقل خودرو:  $a_1$ : فاصله طولی مرکز چرخ جلو تا مرکز ثقل خودرو:  $a_2$ : فاصله طولی مرکز چرخ عقب تا مرکز ثقل خودرو:  $F_{x1}$  و  $F_{x2}$ : نیروهای عکس العمل عمودی وزن وارد بر هر چرخ (نیروی عکس العمل وزن):  $L = a_1 + a_2$ : فاصله مرکز چرخ جلو تا مرکز چرخ عقب (wheel base)

۷-۳-۴- نیروهای وارد بر خودرو هنگام عبور از

پیچ جاده : شکل ۷-۷، نیروهای وارد بر خودرو را هنگام عبور از پیچ جاده نشان می‌دهد.



شکل ۷-۷- نیروهای وارد بر خودرو هنگام عبور از پیچ جاده

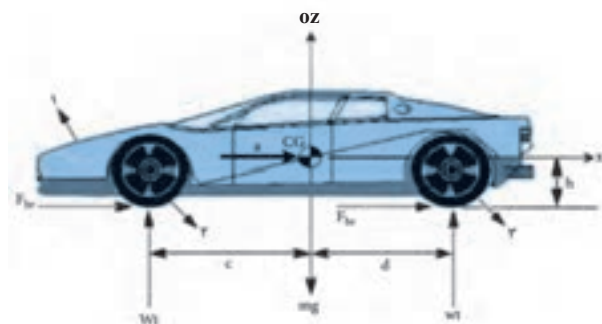
$F_r$ : نیروی جانب مرکز وارد بر خودرو که برابر با  $F_r = \frac{mV^2}{R}$  است.

$m$ : جرم خودرو  $v$ : سرعت خطی خودرو  $R$ : شعاع پیچ جاده

$F'_r$ : عکس العمل نیروی جانب به مرکز وارد بر هر چرخ که برابر با  $F'_r = \frac{1}{4} F_r$  است.

۷-۳-۳- نیروهای وارد بر خودرو در حالت ترمزگیری :

شکل ۷-۶، نیروهای وارد بر خودرو را در حالت ترمزگیری نشان می‌دهد.



شکل ۷-۶- نیروهای وارد بر خودرو در حالت ترمزگیری

۱- خودرو ۲- چرخ‌های جلو ۳- چرخ‌های عقب  $h$ : ارتفاع مرکز نقل خودرو  $a$ : شتاب منفی  $mg$ : وزن خودرو  $CG$ : مرکز نقل خودرو  $x$ : محور طولی خودرو  $z$ : محور عمودی خودرو  $d$ : فاصله طولی مرکز چرخ عقب تا مرکز نقل خودرو  $c$ : فاصله طولی مرکز چرخ جلو تا مرکز نقل خودرو  $F_{br}$ : نیروی ترمزی چرخ‌های جلو  $F_{br}$ : نیروی ترمزی چرخ‌های عقب  $w_r$ : نیروی عکس العمل عمودی وزن وارد بر چرخ‌های جلو (نیروی عکس العمل وزن)  $w_f$ : نیروی عکس العمل عمودی وزن وارد بر چرخ‌های جلو (نیروی عکس العمل وزن)

## ۷-۴- فاصله طولی بین محور چرخ‌ها

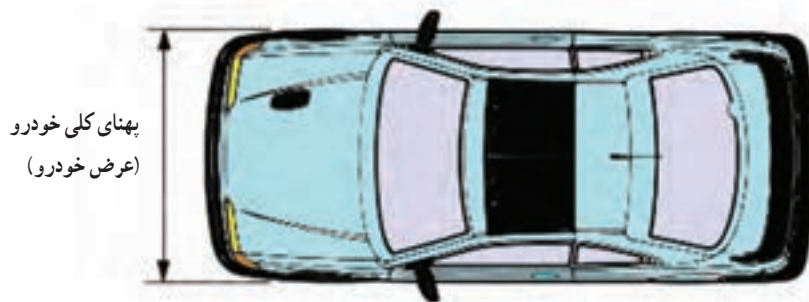
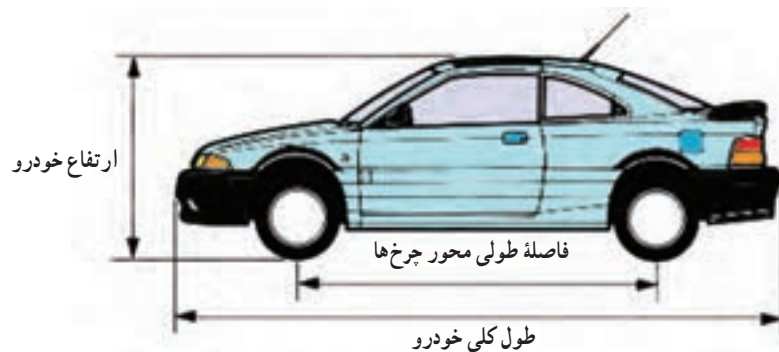
با توجه به شکل ۷-۸، فاصله بین مرکز چرخ جلو تا مرکز چرخ عقب را فاصله طولی محور چرخ‌ها<sup>۱</sup> گویند. با زیادتیر شدن فاصله طولی بین محور چرخ‌های خودرو وضعیت‌هایی به شرح زیر ایجاد می‌شود :

۱- توزیع وزن روی محورهای عقب و جلو یکنواخت‌تر می‌شود.

۲- انتقال بار در زمان ترمزگیری و شتاب‌گیری روی محورهای کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش حرکت پیچ خودرو می‌شود.

۳- باعث بزرگ شدن محفظه سرنشین و راحتی سرنشین می‌شود.

۴- فرمان‌پذیری خودرو، به خصوص در فضاها کوچک، کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۷- فاصله طولی و عرضی محور چرخ‌ها

## ۵-۷- فاصله عرضی بین محور چرخ‌ها

مطابق شکل ۸-۷، فاصله عرضی بین مرکز چرخ‌های چپ و راست روی سطح زمین از دید روبه‌رو را «ترک»<sup>۱</sup> گویند. این فاصله به دلایل زیر همواره از بهنای کلی (عرض خودرو) خودرو کوچک‌تر است.

۱- افزایش فرمان‌پذیری چرخ‌های جلو؛

۲- ایجاد فضای کافی برای نصب زنجیر چرخ.  
همچنین به دلایل زیر بهتر است فاصله عرضی در حرکت مستقیم ثابت باقی بماند:

- ۱- افزایش پایداری سویی خودرو؛
- ۲- جلوگیری از فرسودگی زیاد تایر؛
- ۳- کاهش مقاومت غلتشی چرخ‌ها در حال حرکت.

نکته: تمایل خودرو (هنگام حرکت در مسیر مستقیم) به حفظ مسیر خود و انحراف نداشتن به چپ و راست را «پایداری سویی»<sup>۲</sup> یا «پایداری جهتی»<sup>۱</sup> گویند.

## ۶-۷- زوایای چرخ

به منظور دستیابی به اهداف مختلف، از جمله پنج مورد زیر، زوایایی برای چرخ‌های خودرو در نظر گرفته می‌شود:

- ۱- افزایش پایداری خودرو؛
- ۲- برگشت‌پذیری فرمان بعد از عبور از پیچ جاده؛

افزایش این فاصله، هنگامی که خودرو در حال عبور از مسیر پیچ جاده است، باعث عواملی به شرح زیر می‌شود:

- ۱- انتقال بار کمتر از چرخ داخل پیچ به چرخ خارج پیچ؛
- ۲- کاهش حرکت غلت (رول) بدنه خودرو و در نتیجه افزایش پایداری و راحتی سرنشین.



۳- عدم سایش غیرعادی تایر؛

۴- ایجاد نشدن صدای غیرعادی توسط تایر حین حرکت روی سطح جاده؛

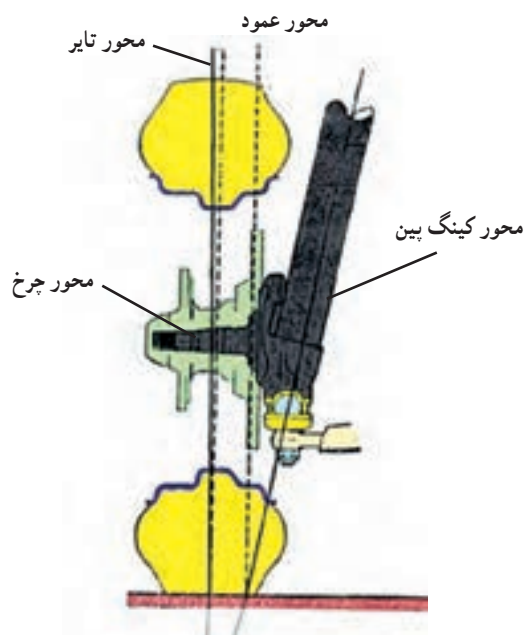
۵- احساس مطلوب راننده از عکس العمل غریبک فرمان و جلوگیری از انحراف خودروی در حال حرکت به سمت چپ و راست.

بنابراین شناخت زوایای مختلف چرخ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این بخش زوایای مختلف چرخ و ویژگی هر یک از آنها بررسی می‌شود.

پیش از بررسی زوایای چرخ، با توجه به شکل ۷-۹، به بیان چند مفهوم، که در بررسی زوایای چرخ مورد نیاز است، پرداخته می‌شود:

۱- به محور دَوَران چرخ، مطابق شکل ۷-۹، اصطلاحاً «محور چرخ» گویند.

۲- هنگام چرخش غریبک فرمان، به محوری که چرخ حول آن دَوَران می‌کند «محور کینگ پین» گویند.



شکل ۷-۹- چرخ خودرو در نمای روبه‌رو

۳- سینماتیک چرخ: تغییرات به وجود آمده در زوایای

چرخ را هنگام حرکت خودرو یا جابه‌جایی عمودی چرخ، که به منظور افزایش پایداری خودرو، راحتی سرنشین و کاهش سایش نامناسب تایر خودرو صورت می‌گیرد، «سینماتیک چرخ» گویند. زوایای چرخ از سه نمای، روبه‌رو، جانبی و بالا به ترتیب زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۶-۷- زوایای چرخ در نمای روبه‌رو: در نمای

روبه‌رو، چرخ دارای زوایای کمبر<sup>۱</sup> و زاویه کینگ پین به شرح زیر است:

زاویه کمبر: زاویه بین محور قائم و محور تقارن چرخ در نمای روبه‌رو را زاویه کمبر نامند. این زاویه، با توجه به شکل ۷-۱۰، سه حالت دارد:

الف) کمبر مثبت<sup>۲</sup>: چنانچه قسمت بالای تایر به سمت بیرون خودرو منحرف شود.

ب) کمبر منفی<sup>۳</sup>: چنانچه قسمت بالای تایر به سمت داخل خودرو منحرف شود.

ج) کمبر صفر: چنانچه محور چرخ و خط عمود بر زمین بر روی یکدیگر منطبق باشند و تایر به صورت کاملاً عمود بر سطح جاده قرار گیرد.

کمبر مثبت باعث افزایش فاصله مرکز ثقل خودرو از زمین و کاهش ترک چرخ‌ها می‌شود. همچنین سایش غیریکنواخت تایر را نیز از قسمت شانه بیرونی آن در پی خواهد داشت. با توجه به موارد ذکر شده در اکثر خودروها در چرخ‌های جلو با تعلیق مستقل از زاویه کمبر مثبت به اندازه ۵ تا ۱۰ دقیقه به دلایل ذیل استفاده می‌شود:

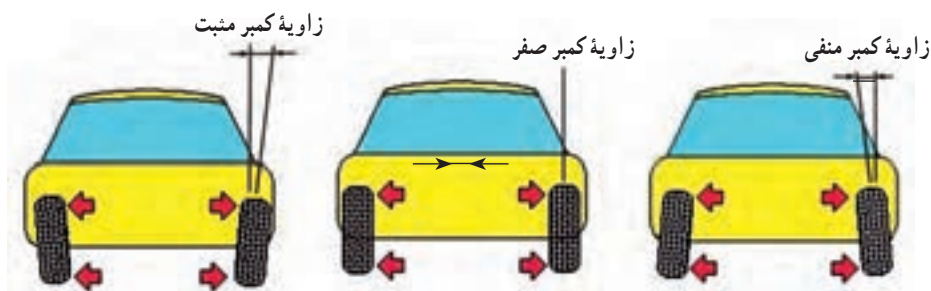
۱- فرمان دادن به چرخ‌های جلو با نیروی کمتری توسط راننده صورت می‌گیرد (نرم شدن فرمان).

۲- با افزایش نیروی وزن عملی به چرخ‌های جلو، مقدار زاویه کمبر صفر می‌شود و سایش تایر به حداقل ممکن می‌رسد.

۱ - Camber angle

۲ - Positive camber

۳ - Negative camber



شکل ۱۰-۷- حالت‌های مختلف زاویه کمر چرخ

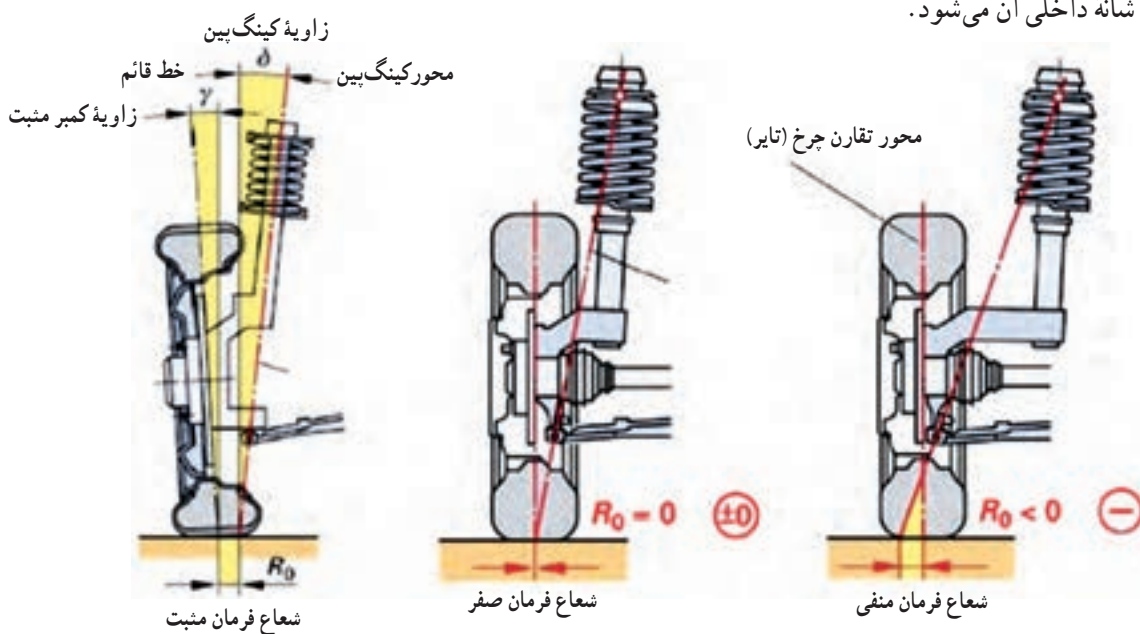
**نکته:** اختلاف زاویه کمر بین چرخ چپ و راست نباید بیش از بیست دقیقه باشد. در غیر این صورت خودرو در حال حرکت مستقیم به یک سمت منحرف می‌شود.

زاویه کینگ پین<sup>۱</sup>: مطابق شکل ۱۱-۷، زاویه بین محور کینگ پین و خط قائم را در نمای روبه‌رو «زاویه کینگ پین» می‌نامند. این زاویه مختص چرخ‌های فرمان‌پذیر است و در حدود  $15^\circ$  در نظر گرفته می‌شود.

زاویه کینگ پین باعث ایجاد موارد زیر در چرخ‌های فرمان‌پذیر می‌شود:

۱- برگشت پذیری فرمان پس از رها کردن فرمان در حین حرکت خودرو

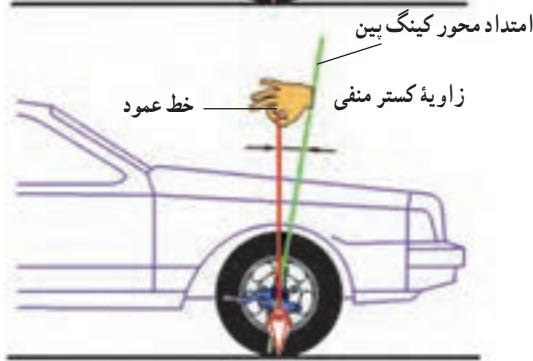
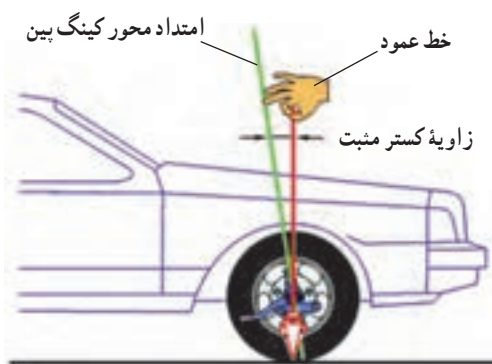
با استفاده از زاویه کمر منفی علاوه بر اینکه فاصله عرضی بین چرخ‌های چپ و راست (ترک) افزایش می‌یابد، از ارتفاع مرکز ثقل خودرو نیز کاسته می‌شود که نهایتاً به کاهش حرکت رول و در نتیجه افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین منجر می‌شود. برای این منظور ممکن است در چرخ‌های جلو با تعلیق مستقل از زاویه کمر بین صفر تا  $2^\circ$  و  $1^\circ$  استفاده شود و در چرخ‌های عقب از زاویه کمر  $30' \pm 30'$  و  $1^\circ$  استفاده شود. قابل ذکر است که کمر منفی باعث سایش غیریکنواخت تایر از قسمت شانه داخلی آن می‌شود.



شکل ۱۱-۷- زاویه کینگ پین و انواع شعاع فرمان

- ۲- کاهش شعاع فرمان و بنابراین کاهش گشتاور فرمان دادن توسط راننده (نرم شدن فرمان)
- ۳- با وجود این زاویه، نیاز به زاویه کمر مثبت (برای کوچک شدن شعاع فرمان) کاهش می‌یابد و در نتیجه سایش غیر یکنواخت تایر ناشی از کمر مثبت کمتر می‌شود.
- ۴- باعث خاصیت کم فرمانی و پایداری خودرو می‌شود.

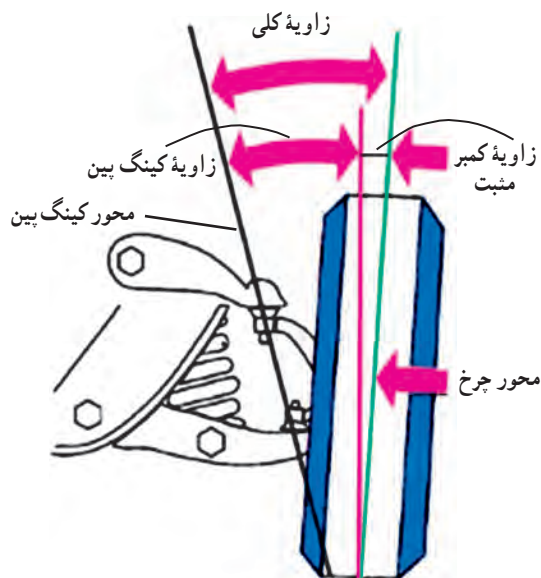
نکته: مطابق شکل ۷-۱۱، به فاصله عرضی محل تقاطع محور تقارن چرخ با زمین و محور کینگ بین با زمین در نمای روبه‌رو «شعاع فرمان» گویند. هرگاه این دو محور در بالای سطح زمین یکدیگر را قطع کنند شعاع فرمان منفی و هرگاه در پایین سطح زمین یکدیگر را قطع نمایند شعاع فرمان مثبت نامیده می‌شود.



شکل ۷-۱۳- انواع حالت‌های زاویه کستر

مقدار شعاع فرمان بین ۲۵+ تا ۱۸- میلی‌متر است. کاهش مقدار شعاع فرمان و به خصوص منفی بودن آن باعث کاهش گشتاور فرمان (نرم شدن فرمان) می‌گردد.

زاویه کلی: مطابق شکل ۷-۱۲، به مجموع زاویه کینگ بین و زاویه کمر، «زاویه کلی» گویند.



شکل ۷-۱۲- زاویه کلی چرخ

۲-۶-۷- زوایای چرخ در نمای جانبی: در نمای جانبی برای چرخ خودرو «زاویه کستر» در نظر می‌گیرند که در ادامه بررسی خواهد شد.

زاویه کستر: مطابق شکل ۷-۱۳، انحراف محور کینگ بین

را، نسبت به خط قائم در نمای جانبی، «زاویه کستر» گویند. این زاویه سه حالت دارد:

۱- **زاویه کستر مثبت**: مطابق شکل ۷-۱۳، هرگاه محور کینگ‌پین به سمت عقب خودرو منحرف باشد زاویه کستر مثبت ایجاد می‌شود.

۲- **زاویه کستر منفی**: با توجه به شکل ۷-۱۳، هرگاه محور کینگ‌پین به سمت جلوی خودرو منحرف باشد زاویه کستر منفی است.

۳- **زاویه کستر صفر**: با توجه به شکل ۷-۱۳، هرگاه محور کینگ‌پین منطبق بر خط قائم باشد زاویه کستر صفر می‌شود. در چرخ‌های جلو از کستر مثبت به اندازه حداکثر ۱۴ درجه استفاده می‌شود. کستر مثبت در چرخ‌های جلو خواصی به شرح زیر ایجاد می‌کند:

۱- مطابق شکل ۷-۱۴ نقطه اثر وزن، روی محور کینگ‌پین در جلوی نقطه تماس تایر با سطح جاده است. بنابراین چرخ، به اصطلاح، دنباله‌رو نیروست و این حالت باعث برگشت‌پذیری فرمان، افزایش پایداری سویی و ممانعت از گنجی فرمان می‌شود.



شکل ۷-۱۴- تأثیر زاویه کستر مثبت در پایداری سویی خودرو

۲- چرخ، در طی مسیر پیچ جاده، به علت تمایل برای برگشت به حالت اولیه (مستقیم)، باعث کم فرمانی می‌شود.

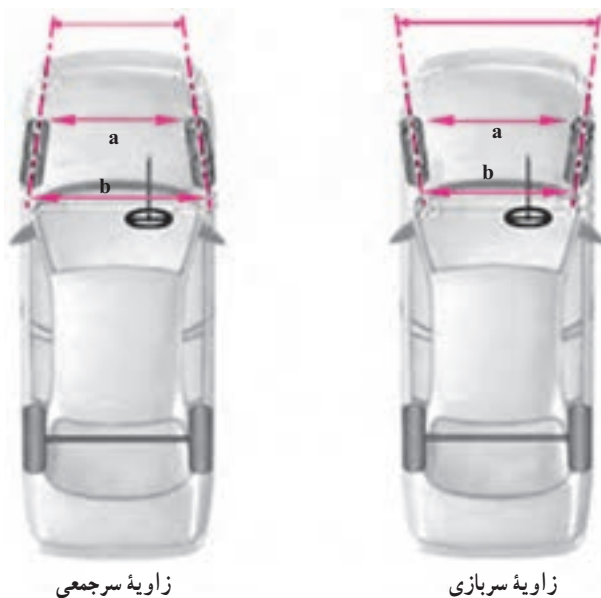
۳- وجود این زاویه در هنگام ترمزگیری، مانع از پایین آمدن بیش از حد قسمت جلوی خودرو می‌شود و حالت ضد شیرجه<sup>۱</sup> ایجاد می‌نماید.

گفتنی است زاویه کستر مثبت باعث سفتی فرمان می‌شود اما به دلایل ذکر شده امروزه در چرخ‌های جلوی خودروهای سواری از زاویه کستر مثبت استفاده می‌شود. در حالی که اگر مکانیزم تعلیق عقب خودرو از نوع مستقل باشد با در نظر گرفتن زاویه کستر منفی برای چرخ‌های عقب، میزان کم فرمانی خودرو تقویت می‌شود.

۳-۶-۷- **زوایای چرخ در نمای بالا**: برای چرخ خودرو در نمای افق، زاویه<sup>۲</sup> در نظر گرفته می‌شود که در ادامه به بررسی آن پرداخته می‌شود.

**زاویه تو**: مطابق شکل ۷-۱۵، انحراف محور چرخ نسبت به خط افق در دید از بالا را «زاویه تو» یا «زاویه انحراف سر چرخ» می‌نامند.

مطابق شکل ۷-۱۵، هرگاه سرچرخ به سمت داخل خودرو منحرف باشد، به آن «زاویه سرجمعی»<sup>۳</sup> گفته می‌شود. در این



شکل ۷-۱۵- انواع حالت‌های زاویه تو

۱ - Antidive

۲ - Toe Angle

۳ - Toe in

حالت مطابق شکل،  $b > a$  است. هرگاه سرچرخ به سمت خارج خودرو منحرف باشد، به آن «زاویهٔ سربازی»<sup>۱</sup> گفته می‌شود. در این حالت مطابق شکل،  $b < a$  است.

نکته: مقدار سربازی و سرجمی چرخ‌های جلو و عقب خودرو توسط سازندگان خودرو تعیین می‌شود. این مقدار در چرخ‌های جلو توسط اهرم میل فرمان قابل تنظیم است.

## ۷-۸- فنر و انواع آن

در یک تعریف کلی، هر جسمی که دارای خاصیت ارتجاعی یا کشسانی باشد، فنر نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، اگر جسمی در فاز جامد، مایع و گاز، پس از بارگذاری تغییر شکل دهد و پس از برداشتن بار به حالت اولیه باز گردد «فنر» نامیده می‌شود.

هر فنر دارای سه کمیت فیزیکی است شامل نیرو یا بار وارد بر آن  $(F)$ ، مقدار تغییر شکل در اثر این نیرو  $(X)$  و سختی فنر  $(K)$  (که خاصیت ارتجاعی فنر را نشان می‌دهد) و به صورت رابطه  $(۷-۲)$  تعریف می‌گردد.

$$K = \frac{F}{X} \quad (۷-۲) \Rightarrow K = \frac{\text{نیرو یا بار وارد بر فنر}}{\text{مقدار تغییر شکل در اثر نیرو}} = \text{سختی فنر}$$

با توجه به رابطه فوق فنرها به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

۱- فنر نرم: به فنری گفته می‌شود که سختی آن کم باشد. به عبارت دیگر، با افزایش نیروی اعمالی به فنر میزان تغییر شکل و جابه‌جایی طول فنر افزایش می‌یابد. از این رو استفاده از این نوع فنر در سیستم تعلیق خودرو باعث کاهش پایداری خودرو می‌شود، ولی از آنجایی که سرنشین ناهمواری‌های جاده را مستقیماً احساس نمی‌کند احساس راحتی وی (سرنشین) افزایش می‌یابد.

۲- فنر سخت: به فنری گفته می‌شود که سختی آن زیاد باشد. این فنر از نظر کاهش حرکت رول و پیچ‌بندۀ خودرو، باعث افزایش پایداری خودرو می‌شود ولی سرنشین، ناهمواری‌های جاده را بیشتر احساس می‌کند. بنابراین راحتی سرنشین کاهش می‌یابد.

دلایل استفاده از «زاویهٔ تو» در چرخ‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- هنگام حرکت خودرو، اعمال نیروهای نظیر نیروی اصطکاک، نیروی محرک و نیروی ترمزگیری از سوی چرخ و وجود شعاع فرمان باعث اعمال گشتاوری به محور چرخ‌ها می‌شود که حالت سربازی یا سرجمی در چرخ ایجاد می‌کند. از آنجایی که ایجاد این‌گونه سربازی و سرجمی به افزایش سایش تایر منجر می‌گردد، لذا به صورت پیش فرض مقداری سربازی یا سرجمی برای چرخ‌ها در نظر گرفته می‌شود تا پس از اعمال نیروهای مذکور مقدار سربازی یا سرجمی چرخ خنثی شود و چرخ‌ها به صورت موازی با افق قرار گیرند.
- ۲- تغییرات «زاویهٔ تو» در چرخ‌های جلو و عقب باید به نحوی باشد که باعث کم فرمانی خودرو گردد.

## ۷-۷- سیستم فنربندی

همان‌گونه که در مقدمهٔ این فصل بیان شد به مجموع فنر و کمک فنر «سیستم فنربندی» گویند که به‌طور کلی دارای وظایفی به شرح زیر است:

- ۱- ضربات و ارتعاشات ناشی از ناهمواری‌های جاده توسط فنر و کمک فنر جذب و مستهلک می‌شوند تا باعث افزایش راحتی سرنشین و پایداری خودرو شود.
- ۲- به‌منظور افزایش قابلیت شتاب‌گیری، ترمزگیری و مانورپذیری خودرو، تماس دائمی چرخ با زمین را برقرار می‌سازد. در ادامه، اجزای مختلف سیستم فنربندی بررسی خواهد شد.

<sup>۱</sup> - toe out



شکل ۱۶-۷، نمودار عملکرد فنرهای مختلف را نشان می‌دهد.

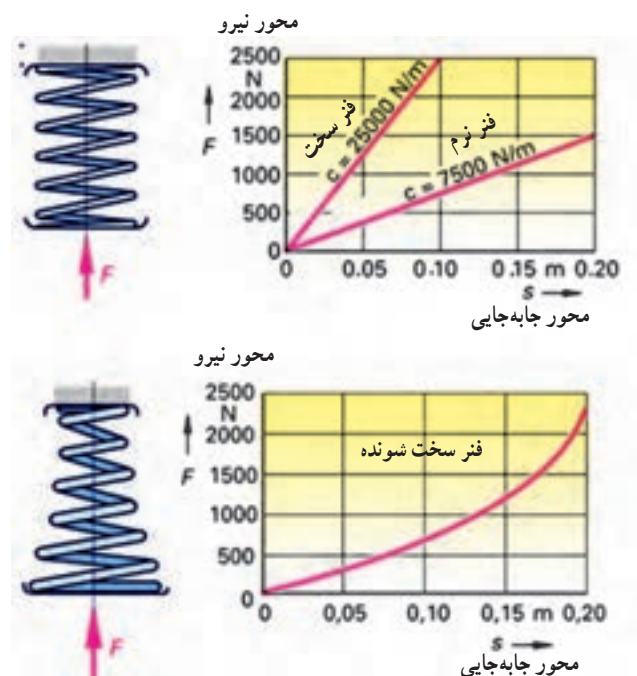
فنرها از لحاظ فرم و جنس به انواع مختلف زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- ۱- فنرهای فولادی که عبارت‌اند از: فنرهای شمشیری (برگی)، مارپیچ (لول) و پیچشی؛
- ۲- فنرهای گازی که عبارت‌اند از: فنرهای هوایی و گاز بی اثر (ازت).

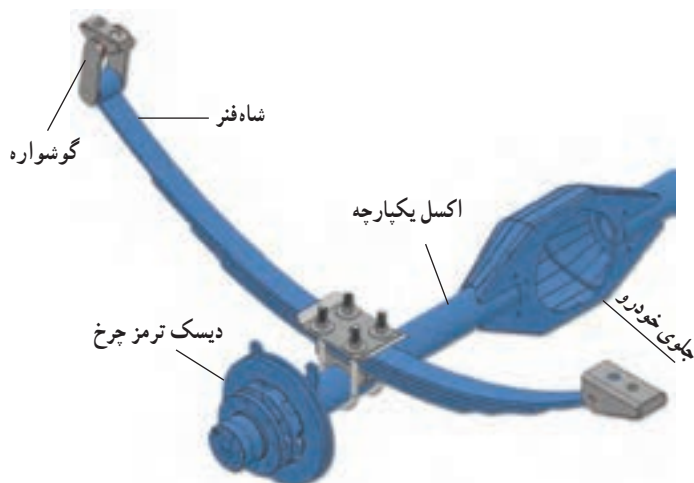
۱-۸-۷- فنر شمشیری (برگی): فنرهای شمشیری که در شکل ۱۷-۷ ملاحظه می‌شود، معمولاً در سیستم تعلیق یکپارچه به صورت طولی بر روی خودرو نصب می‌شود. اولین و بلندترین لایه فنر را «لایه اصلی» یا «شاه فنر» گویند. دو سر این فنر را به صورت حلقه درمی‌آورند و توسط بوش‌های لاستیکی به بدنه یا شاسی خودرو متصل می‌کنند.

۳- فنر سخت شونده: این فنر، که فنر ایده‌آل نیز نامیده می‌شود، فنری است که با افزایش نیرو مقدار تغییر شکل آن کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، فنر در ابتدا نرم است و با ازدیاد بار به تدریج سخت و سخت‌تر می‌شود. بنابراین در ناهمواری‌های کوچک به نرمی عمل می‌کند و با ازدیاد بار سخت می‌شود تا پایداری خودرو افزایش یابد.

امروزه سعی بر این است که در اکثر خودروهای سواری از این نوع فنر استفاده شود. در این حالت با نرم بودن فنر تحت بارهای کم، با ناهمواری‌های پر تعداد ولی کم ارتفاع جاده، فنر نرم عمل می‌کند و سرنشین، ناهمواری‌های جاده را مستقیماً احساس نمی‌کند. هنگامی که ارتفاع ناهمواری‌های جاده زیاد شود یا نیروی وزن اِعمالی به فنرها افزایش یابد، فنر سخت می‌شود و به منظور افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین مانع از ایجاد نوسان‌های بزرگ در بدنه خودرو می‌گردد.



شکل ۱۶-۷، نمودار عملکرد فنرها



شکل ۱۷-۷، فنر شمشیری

نکته: بوش‌های لاستیکی مانع از انتقال ضربات و ارتعاشات فنر به بدنه یا شاسی خودرو می‌شود. در کامیون‌ها، به دلیل داشتن بار سنگین، از بوش‌های برنجی، که با گریس روان کاری می‌گردند، استفاده می‌شود.

عمودی اعمالی به فنر، گوشواره اجازه تغییر شعاع انحنای فنر را می‌دهد. با قرار گرفتن گوشواره در قسمت عقب فنر شمش، هنگام حرکت رو به جلوی خودرو و برخورد چرخ‌ها با ناهمواری‌ها، ضرباتی در چرخ ایجاد می‌شود که گوشواره با حرکت پاندولی مانع از انتقال مستقیم این ضربات به بدنه یا شاسی خودرو می‌شود.

در زیر لایه اصلی (شاه فنر) از لایه‌هایی با طول کمتر استفاده می‌شود تا میزان تحمل بار مجموعه فنر افزایش یابد. این لایه‌ها با یک پیچ به نام «سنتر بولت» یا «پیچ مرکزی» تقریباً در موقعیت وسط فنر به یکدیگر متصل می‌شوند.

تکیه گاه متحرک عقب فنر توسط یک رابطه «U شکل» که گوشواره نامیده می‌شود، به شاسی متصل می‌گردد. هنگام تغییر بار

**نکته:** در بین لایه‌های فنر شمش خودروهای سواری بعضاً از یک لایه تفلون یا پلاستیک فشرده و یا لاستیک به منظور کاهش اصطکاک بین لایه‌ها، عدم خوردگی و تولید صدا استفاده می‌شود.

گوشواره در قسمت عقب فنر، و منجر شدن به بیش فرمانی خودرو. ۲-۸-۷- فنر مارپیچ (لول): شکل ۱۸-۷، انواع مختلف این نوع فنر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸-۷- انواع فنرهای مارپیچ

در سیستم تعلیق خودروهای سواری، این نوع فنرها به دلیل داشتن مزایای زیاد کاربرد فراوانی دارند. مزایا و معایب این نوع فنرها به شرح زیرند:

#### ❖ مزایا

- ۱- اشغال کردن فضای کم؛
- ۲- داشتن وزن کم؛
- ۳- نیاز نداشتن به تعمیر و نگهداری؛
- ۴- سخت تر نمودن فنر، از طریق اضافه کردن قطر مفتول و استوانه فنر؛

به‌طور خلاصه مزایا و معایب فنر شمش عبارت‌اند از:

#### ❖ مزایای فنر شمش

- ۱- انتقال نیروهای طولی، عرضی و عمودی از چرخ به بدنه خودرو و بالعکس؛
- ۲- تحمل گشتاورهای عکس‌العملی ایجاد شده در تعلیق در اثر نیروهای طولی شتاب‌گیری و ترمزگیری که موجب استفاده نکردن از اهرم‌ها و بازوهای دیگر در مکانیزم تعلیق می‌شود. بنابراین هزینه تولید و قطعات مکانیزم تعلیق با استفاده از این نوع فنر کاهش می‌یابد.
- ۳- ایجاد فنری سخت با تحمل بار بیشتر با اضافه کردن لایه‌های فنر؛

#### ❖ معایب فنرهای شمش

- ۱- اشغال کردن فضای زیاد؛
- ۲- داشتن وزن زیاد؛
- ۳- نیاز داشتن به تعمیر و نگهداری؛
- ۴- زیاد بودن قیمت تمام شده فنر؛
- ۵- با نفوذ آب و گرد و غبار بین لایه‌های فنر اصطکاک، خوردگی و زنگ‌زدگی بین لایه‌ها زیاد می‌شود که باعث عملکرد نامناسب فنر همراه با صدا می‌شود.
- ۶- کم بودن فاصله عرضی بین فنر چپ و راست که باعث افزایش حرکت رول می‌گردد.
- ۷- کم فرمان شدن تعلیق عقب در طی مسیر پیچ به دلیل وجود

۵- داشتن صدای کمتر و همچنین عملکرد نرم تر به دلیل تماس نداشتن حلقه‌های فنر با یکدیگر؛

۶- زیادتر کردن فاصله عرضی بین فنرهای دو سمت از طریق استفاده از آنها (نسبت به فنر شمشلی) و در نتیجه کاسته شدن حرکت رول خودرو (که به افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین منجر می‌شود)؛

۷- داشتن قیمت پایین تر.

۸- با مخروطی ساختن شکل فنر می‌توان خاصیت سخت‌شوندگی در آن ایجاد نمود.

#### ❖ معایب

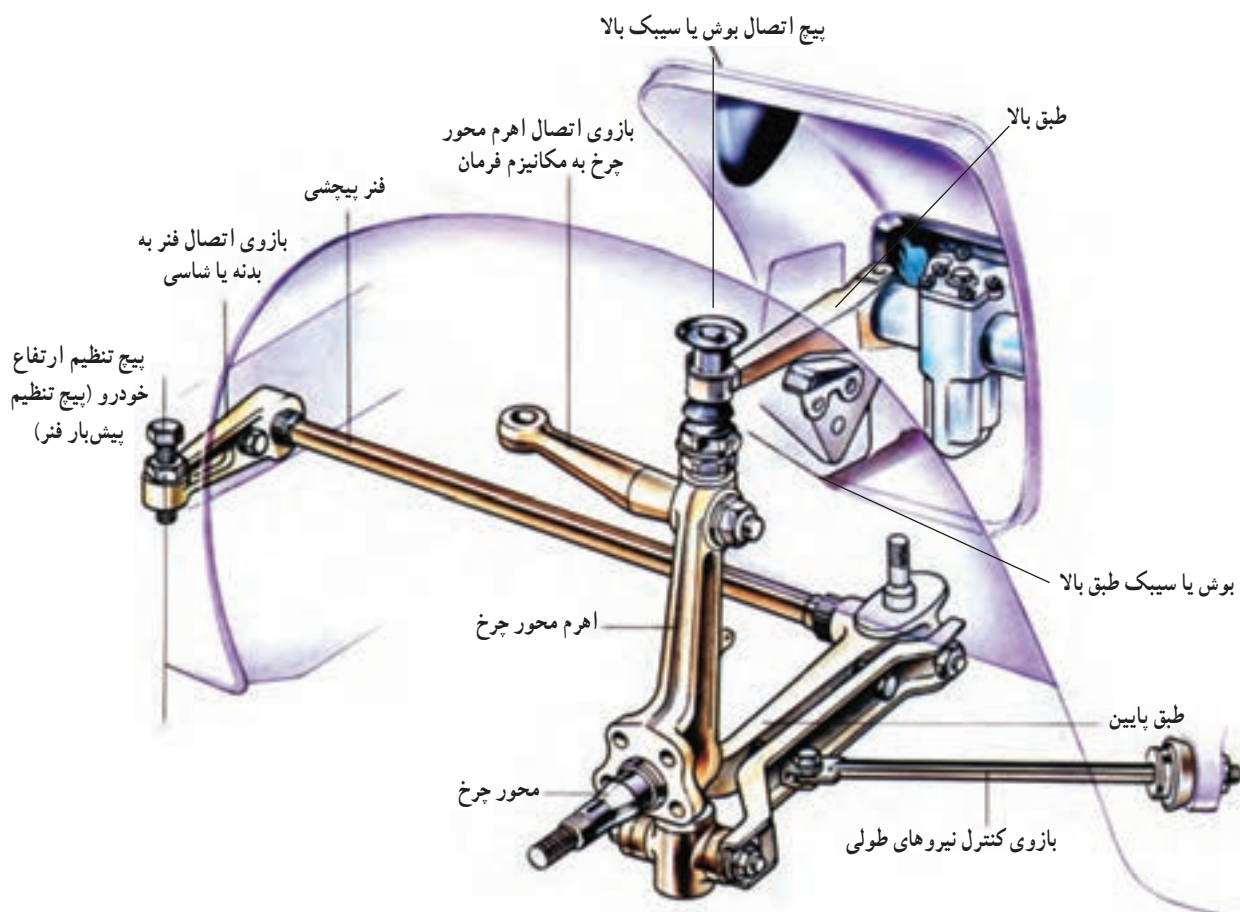
- ۱- تحمل نکردن نیروهای طولی، عرضی و گشتاورهای حاصل از ترمزگیری و شتاب‌گیری که باعث می‌شود با استفاده از بازوهای دیگری به مکانیزم تعلیق، تحمل این نیروها میسر گردد. (بنابراین قیمت تمام شده سیستم تعلیق و خودرو بیشتر می‌شود)؛
- ۲- احتمال بروز خطر کماتش و انحراف فنر از حالت عمودی با ازدیاد طول فنر.

۳- بیشتر بودن نوسان این فنر نسبت به فنرهای دیگر (در نتیجه حساسیت استفاده از کمک فنر مناسب با این نوع فنر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند).

۳-۸-۷- فنر پیش‌چشی: مطابق شکل ۱۹-۷، این فنرها در واقع میله‌هایی هستند که انعطاف‌پذیری پیش‌چشی مناسبی دارند. این فنرها از یک سمت در بدنه خودرو ثابت می‌شوند و از سمت دیگر به یکی از بازوهای متحرک مکانیزم تعلیق متصل می‌گردند. شکل ۱۹-۷، استفاده از فنر پیش‌چشی را به صورت طولی در مکانیزم طبق دار دوبل نشان می‌دهد.

#### ❖ مزایا

- ۱- اشغال کردن فضای کم؛
- ۲- داشتن عمر و دوام طولانی؛
- ۳- داشتن قابلیت تنظیم ارتفاع؛
- ۴- اشغال نکردن فضای عمودی، که در صورت استفاده در سیستم تعلیق عقب، به بزرگ شدن فضای صندوق عقب و محفظه سرنشین عقب منجر می‌شود (در صورت استفاده در سیستم تعلیق



شکل ۱۹-۷- استفاده از فنر پیش‌چشی نصب شده به صورت طولی در مکانیزم تعلیق طبق دار دوبل

## ❖ معایب

نیاز داشتن به تقویت محل اتصال این نوع فنر به شاسی.

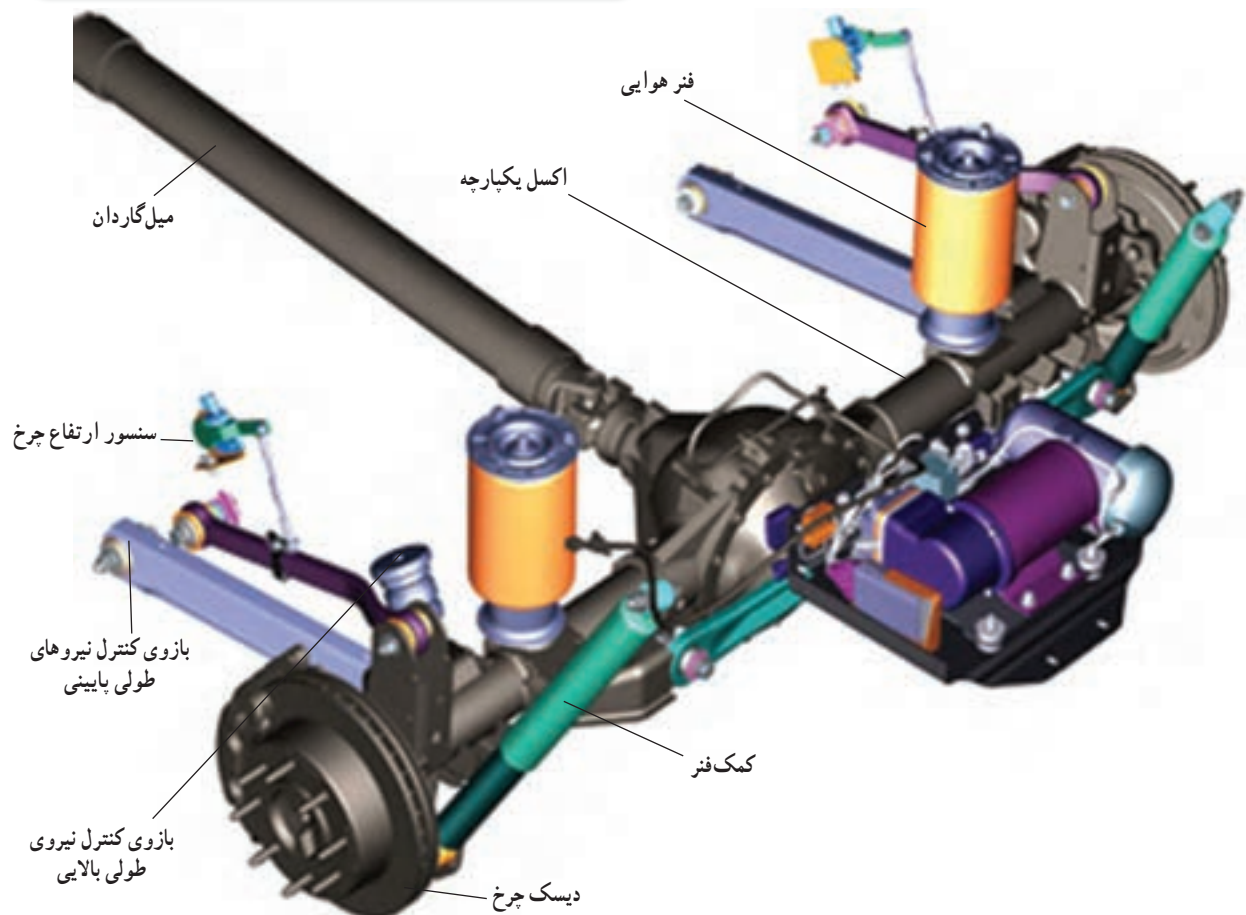
نکته: به بازوی کنترل نیروهای عرضی به اصطلاح «طبق» گویند.

جلو نیز فضای کافی برای نصب موتور ایجاد می‌شود؛

۵- داشتن خاصیت ضربه‌گیری مطلوب و سخت‌شوندگی؛

۶- بیشتر شدن فاصله عرضی بین فنرها نسبت به سایر فنرها

که به کاهش حرکت رول و افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین منجر می‌شود.



شکل ۷-۲۰- استفاده از فنر هوایی در سیستم تعلیق عقب یکپارچه

و نهایتاً زیاد شدن حرکت غلت بدنه خودرو می‌باشد.

## ۷-۹- کمک فنر<sup>۱</sup>

شکل ۷-۲۱، ساختار کمک فنر و نحوه عملکرد آن را

نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۷-۲۱ عملکرد کمک فنر به دو حالت زیر

تقسیم می‌شود:

الف) حالت انقباض: با توجه به شکل ۷-۱-a هنگامی

۷-۸-۴- فنر هوایی: شکل ۷-۲۰، نحوه استفاده از

فنر هوایی را در سیستم تعلیق عقب یکپارچه نشان می‌دهد.

در این نوع فنرها می‌توان با تغییر فشار هوای فشرده‌شده،

سختی آن را تغییر داد. از این رو با توجه به شرایط مختلف عملکردی

خودرو، می‌توان از فنری با سختی مناسب برخوردار شد. در

این صورت پایداری و راحتی سرنشین تا حد زیادی افزایش می‌یابد.

از معایب این نوع فنرها دشواری در افزایش فاصله عرضی بین فنرها

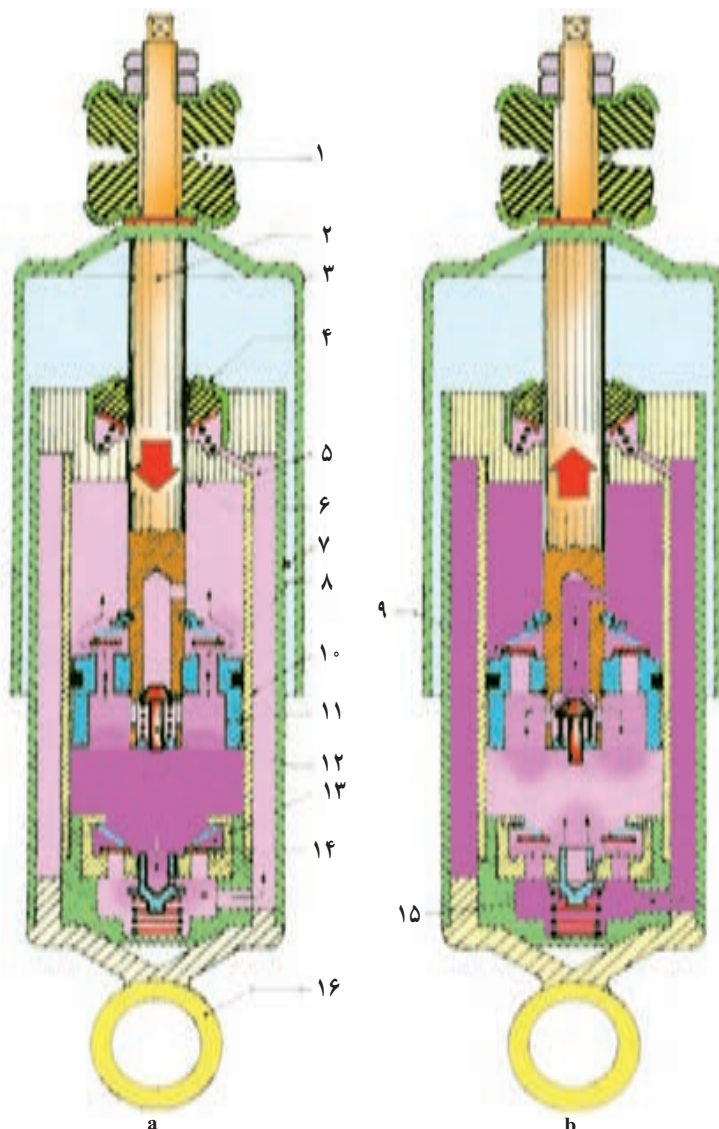
۱- Shock absorber



روغن اضافه زیر پیستون به مخزن ذخیره راه می‌یابد تا از شل شدن کمک جلوگیری شود.

ب) حالت انبساط کمک فتر : هنگامی که چرخ به سمت پایین یا بدنه خودرو به سمت بالا حرکت نماید مطابق حالت b شکل ۲۱-۷، زیر پیستون افزایش حجم و کاهش فشار (حالت مکشی) ایجاد می‌شود در این حالت سوپاپ یک طرفه ۱۱ باز شده و مایع هیدرولیک به زیر پیستون انتقال می‌یابد به علت کمتر بودن حجم

که چرخ به سمت بالا یا بدنه خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند، در این حالت فشار مایع زیر پیستون افزایش می‌یابد و سوپاپ‌های (۹) و (۱۵) باز می‌شوند. از این رو مایع هیدرولیک زیر پیستون، از طریق مجرای ریز سوپاپ‌ها به بالای پیستون و مخزن ذخیره منتقل می‌شود. لازم به ذکر است که سوپاپ (۱۵) به دلیل بیشتر بودن حجم روغن زیر پیستون نسبت به بالای آن (به دلیل وجود دسته پیستون در بالا) استفاده می‌شود. بنابراین با باز شدن آن



شکل ۲۱-۷- ساختمان کمک فتر

۱- تکیه‌گاه‌های لاستیکی به همراه واشرهای فلزی برای اتصال دسته پیستون به بدنه خودرو ۲- دسته پیستون ۳- گردگیر ۴- آب‌بند دسته پیستون و مخزن ۵- مجرای برگشت روغن ناشی از اطراف دسته پیستون به مخزن ذخیره ۶- راهنمای دسته پیستون ۷- پوسته خارجی و مخزن ذخیره روغن (تیوب خارجی) ۸- مجرای سوپاپ یک طرفه ۹- سوپاپ یک طرفه تخلیه روغن زیر پیستون ۱۰- سیلندر کمک فتر (تیوب داخلی) ۱۱- سوپاپ برگشت روغن از بالای پیستون به زیر پیستون ۱۲- پیستون ۱۳- مجرای سوپاپ یک طرفه تغذیه زیر پیستون از مخزن ذخیره ۱۴- سوپاپ یک طرفه تغذیه زیر پیستون از مخزن ذخیره ۱۵- سوپاپ کفی تخلیه روغن به مخزن ذخیره ۱۶- محل اتصال کمک فتر به یکی از اجزای متحرک سیستم تعلیق



که با عبور از مجاری کوچک پیستون کمک فنر انجام می‌پذیرد، نیروی اصطکاک و یسکوزی در جهت مخالف حرکت چرخ و بدنه خودرو در داخل کمک فنر ایجاد می‌شود که این امر باعث جذب و مستهلک نمودن ارتعاشات بدنه و چرخ خودرو می‌شود.

روغن بالای پیستون (به دلیل وجود دسته پیستون در بالا) نسبت به حجم روغن زیر پیستون، با باز شدن سوپاپ ۱۴ مقداری روغن نیز از مخزن ذخیره به محفظه زیر پیستون منتقل می‌شود. با توجه به توضیح فوق، با انتقال مایع هیدرولیک از زیر پیستون به بالای آن و بالعکس

**نکته :** به دلیل آنکه مجاری انتقال روغن از زیر پیستون به بالای آن بزرگ‌تر از مجاری انتقال روغن از بالای پیستون به زیر آن می‌باشد. بنابراین مرحله انقباض کمک فنر سریع‌تر از مرحله انبساط آن می‌باشد و کمک فنر نیروی مقاوم بیشتری در مرحله انبساط ایجاد می‌کند. که این موضوع باعث می‌شود انرژی مرحله باز شدن فنر مستهلک شود و ارتعاش آن شدید نشود.

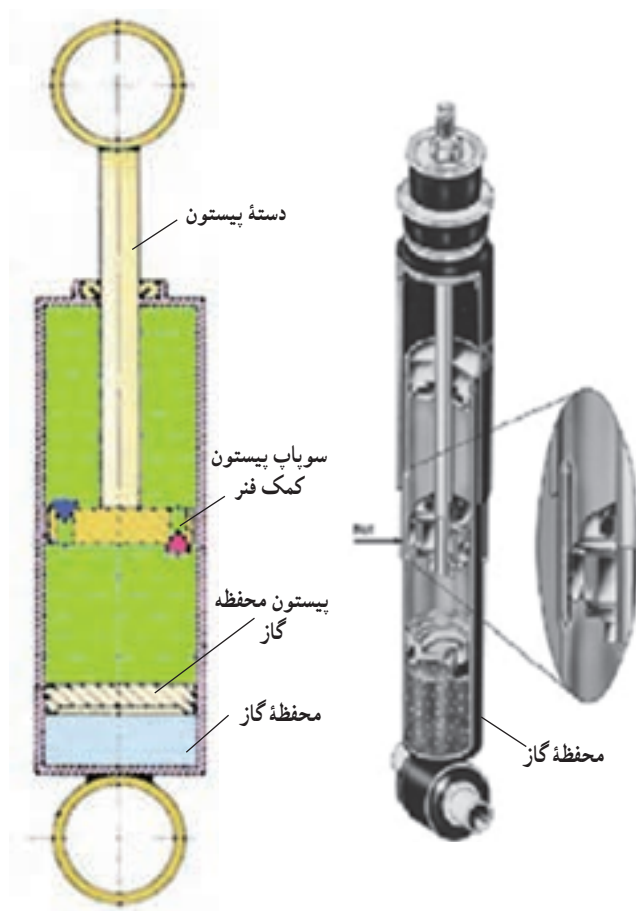
**نکته :** به این نوع کمک فنرها به دلیل اینکه دارای سیلندر اصلی و مخزن ذخیره‌اند، کمک فنرهای دو لوله‌ای<sup>۱</sup> نیز گفته می‌شود.

#### ۱-۹-۷- کمک فنر گازی (تک لوله‌ای) : چنانچه،

مطابق شکل ۷-۲۲، از مخزن ذخیره در کمک فنر استفاده نشود، کمک فنر گازی یا کمک فنر تک لوله‌ای<sup>۲</sup> شکل می‌گیرد. در این نوع کمک فنر به دلیل یکسان نبودن حجم روغن تبادل شده بین قسمت بالا و پایین پیستون از محفظه‌ای که حاوی گاز تراکم پذیر ازت است استفاده می‌گردد. در این صورت اختلاف بین روغن قسمت بالا و پایین پیستون با انبساط و انقباض حجم محفظه گاز جبران می‌گردد. محفظه، حاوی گاز ازت است، که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد دارای فشاری حدود ۲۵ بار است.

مطابق شکل ۷-۲۲، در زمان انقباض کمک فنر، روغن زیر پیستون به بالای پیستون منتقل می‌شود. حجم این روغن از حجم روغن جابه‌جا شده بالای پیستون بیشتر است (به دلیل وجود دسته پیستون در قسمت بالای پیستون). بنابراین پیستون محفظه گاز کمک فنر با فشرده نمودن گاز ازت داخل محفظه به سمت پایین حرکت می‌کند. در زمان انبساط کمک فنر، حرکت پیستون محفظه گاز به سمت بالا تحت فشار گاز، کاهش حجم روغن محفظه پایین پیستون را جبران می‌کند.

از آنجایی که کمک فنر با ضربه میرایی (دمپینگ) ثابت به تنهایی جوابگوی تمامی شرایط عملکردی خودرو نیست، امروزه



شکل ۷-۲۲- کمک فنر گازی یا تک لوله‌ای

می‌کند و از طریق عبور از شیر برقی تناسبی وارد مخزن ذخیره می‌شود. از طرفی سوپاپ کفی در این حالت باز می‌شود و روغن را از مخزن ذخیره به محفظه زیر پیستون کمک فنر منتقل می‌کند. در هنگام جمع شدن کمک فنر، سوپاپ پیستون باز، و سوپاپ کفی بسته می‌شود. از این رو، روغن موجود در زیر پیستون از طریق سوپاپ پیستون به محفظه بالای پیستون هدایت می‌شود. ولی به منظور جلوگیری از قفل شدن کمک فنر، مقداری روغن از محفظه بالای پیستون از طریق مجرای جابه‌جایی روغن به محفظه سیلندر کنترلی راه می‌یابد و از طریق شیر برقی تناسبی به مخزن ذخیره کمک فنر ارسال می‌شود.

در این نوع کمک فنرها هنگامی که هیچ جریانی از شیر برقی عبور نکند، سوپاپ آن بسته می‌شود و باعث سخت شدن کمک فنر می‌گردد که به کاهش راحتی سرنشین و حداکثر شدن پایداری خودرو، به خصوص در سرعت‌های بالا و حرکت در پیچ جاده، منجر می‌گردد. به تدریج با افزایش جریان عبوری از شیر برقی، سوپاپ بیشتر باز می‌شود که باعث راحتی بیشتر سرنشین و کاهش پایداری خودرو می‌گردد. از این حالت برای سرعت‌های کم و رانندگی در جاده‌های ناهموار استفاده می‌شود.

**۷-۹-۳- کمک فنر قابل تنظیم پیوسته ام آر، (MR)<sup>۱</sup> :** ساختمان ظاهری این نوع کمک فنر در شکل ۷-۲۴ ملاحظه می‌شود.

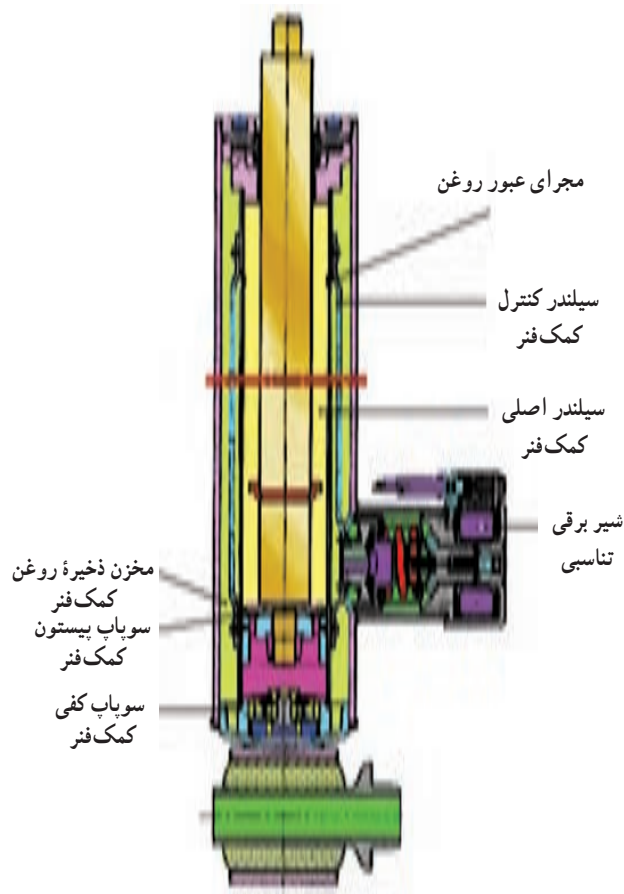


شکل ۷-۲۴- ساختمان ظاهری کمک فنر قابل تنظیم پیوسته از نوع ام آر (MR)

به منظور افزایش راحتی سرنشین و پایداری خودرو، از کمک فنرهای قابل تنظیم استفاده می‌شود که در ذیل به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

## ۷-۹-۲- کمک فنر قابل تنظیم به وسیله شیر برقی

شکل ۷-۲۳، کمک فنر قابل تنظیم به وسیله شیر برقی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲۳- کمک فنر قابل تنظیم به وسیله شیر برقی

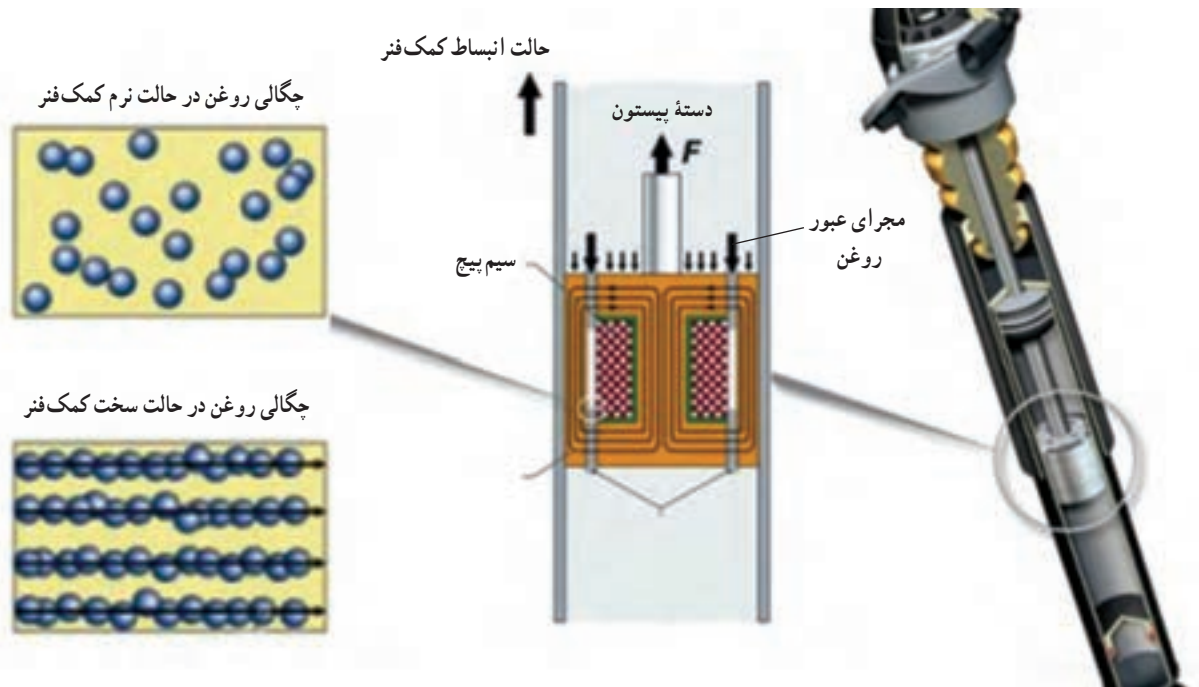
با توجه به شکل ۷-۲۳، سوپاپ پیستون به صورت یک سوپاپ یک طرفه عمل می‌کند. به نحوی که هنگام باز شدن کمک فنر بسته، و هنگام جمع شدن کمک فنر، باز می‌شود، از طرفی سوپاپ کفی نیز در هنگام باز شدن کمک فنر باز، و هنگام جمع شدن کمک فنر، بسته می‌شود.

بنابراین هنگامی که کمک فنر در حال باز شدن است، روغن بالای پیستون از مجرای جابه‌جایی روغن به سیلندر کنترل عبور

در این نوع کمک فرها از مایع ام آر به جای روغن استفاده می‌شود. روغن پایه هیدروکربنی دارد و حاوی درصد متغیری از ذرات آهن، در ابعاد میکرون است.

مطابق شکل ۷-۲۵، هنگامی که هیچ جریانی از سیم پیچ‌ها عبور نکند میدان مغناطیسی در سیم پیچ‌ها ایجاد نمی‌شود و مجاری عبور سیال ام آر کاملاً باز است. از این رو حالت انبساط و انقباض کمک فتر نرم است، که باعث افزایش راحتی سرنشین می‌شود ولی

پایداری خودرو کاهش می‌یابد. با افزایش جریان عبوری از سیم پیچ، میدان مغناطیسی سیم پیچ‌ها قوی‌تر می‌شود، به طوری که بر روی ذرات آهن درون مایع ام آر تأثیر می‌گذارد و با افزایش چگالی روغن ام آر اطراف پیستون، از عبور آسان مایع ام آر از مجاری روغن جلوگیری می‌نماید. بنابراین حالت انبساط و انقباض کمک فتر سخت‌تر صورت می‌پذیرد که باعث کاهش راحتی سرنشین و افزایش پایداری خودرو می‌گردد.



شکل ۷-۲۵- کمک فتر قابل تنظیم پیوسته ام آر (MR)

## ۱۰-۷- سیبک<sup>۱</sup>

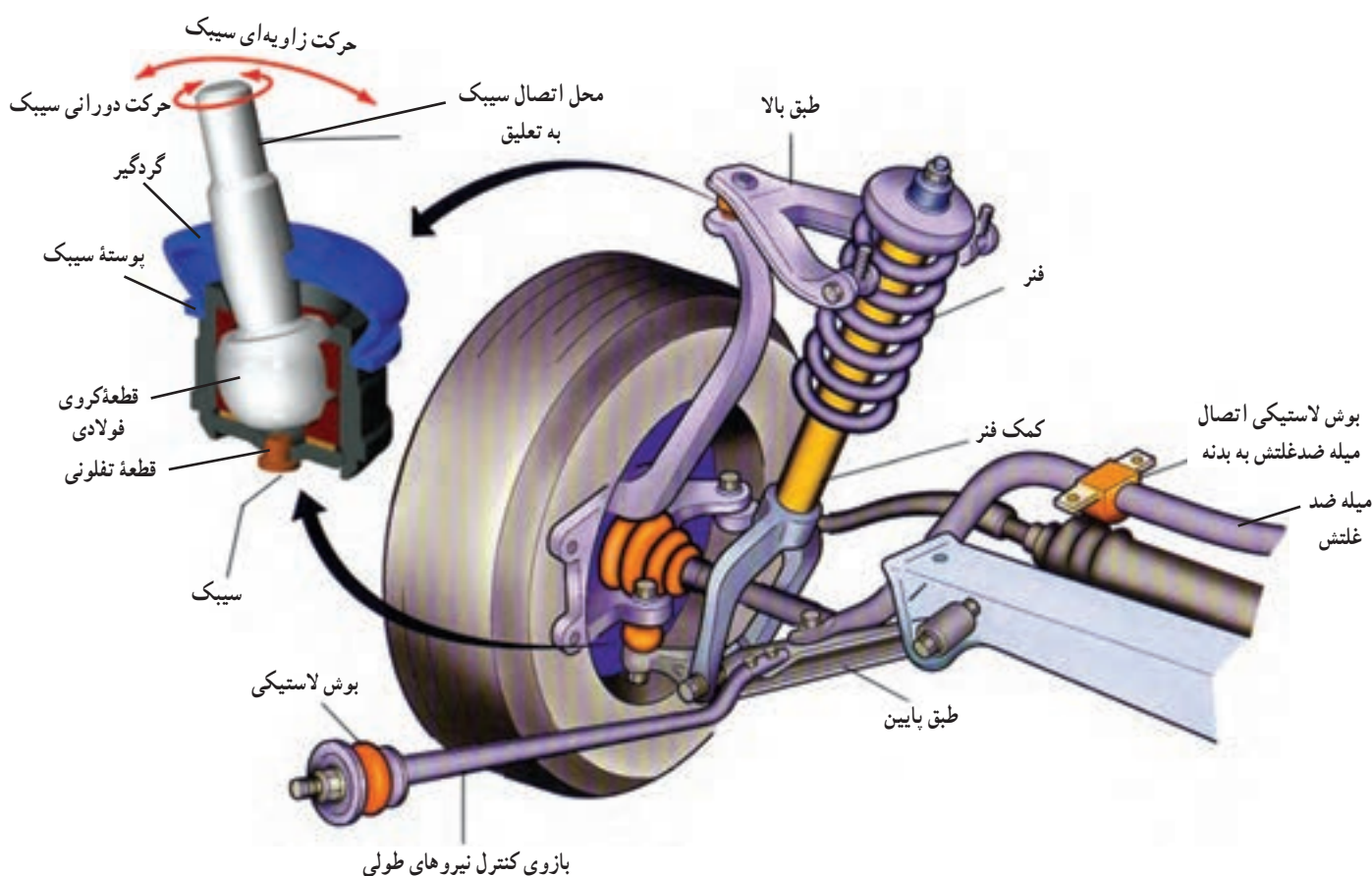
از آنجایی که بازوهای مکانیزم تعلیق و فرمان که به یکدیگر یا به محور چرخ متصل‌اند، باید توانایی حرکت خطی و دَوَرانی داشته باشند، معمولاً در دو سمت آنها از مفاصل مختلفی استفاده می‌شود که نوع کروی آن را اصطلاحاً «سیبک» گویند. با استفاده از سیبک تغییر زاویه بین ۲۰ تا ۳۰ درجه‌ای بازوهای مکانیزم تعلیق و فرمان، امکان‌پذیر می‌گردد.

با توجه به شکل ۷-۲۶، سیبک از یک قطعه فولادی کروی

تشکیل شده است که در داخل محفظه کروی که معمولاً جنس آن از تفلون است قرار گرفته است. قطعه کروی تفلونی نیز درون پوسته سیبک تعبیه شده است.

با توجه به شکل ۷-۲۶، ملاحظه می‌شود که قطعه کروی فولادی که به یکی از اجزای مکانیزم تعلیق یا فرمان وصل می‌شود قابلیت دَوَران درون محفظه کروی تفلونی را، که درون پوسته سیبک تعبیه شده است دارد. پوسته سیبک نیز به یکی دیگر از اجزای مکانیزم تعلیق یا فرمان متصل است.

<sup>۱</sup> ball joint



شکل ۲۶-۷- سیبک

به شرح زیر است.

۱- در طی مسیر پیچ جاده، بدنه خودرو در اثر نیروی جانب مرکز حول محور طولی و به سمت خارج پیچ دَوَران می‌کند. به عبارت دیگر چرخ‌های داخل پیچ تمایل به جدا شدن از زمین دارند و چرخ‌های خارج پیچ با نیروی بیشتری به سطح جاده فشرده می‌شوند. در این حالت میله ضد غلتش با انتقال مقداری از نیروی عمودی رو به پایین چرخ خارج پیچ به چرخ داخل پیچ، مانع از جدا شدن چرخ داخل پیچ از سطح جاده می‌شود شکل (۲۷-۷ ب). از این رو حرکت رول خودرو هنگام حرکت در پیچ جاده کاهش می‌یابد و باعث افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین می‌گردد.

۲- حرکت خودرو بر روی ناهمواری‌های نامتقارن باعث افزایش حرکت رول خودرو می‌گردد. در این حالت میل ضد غلتش با انتقال نیرو از یک چرخ به چرخ دیگر مطابق شکل پ و ت، باعث

## ۱۱-۷- بوش لاستیکی

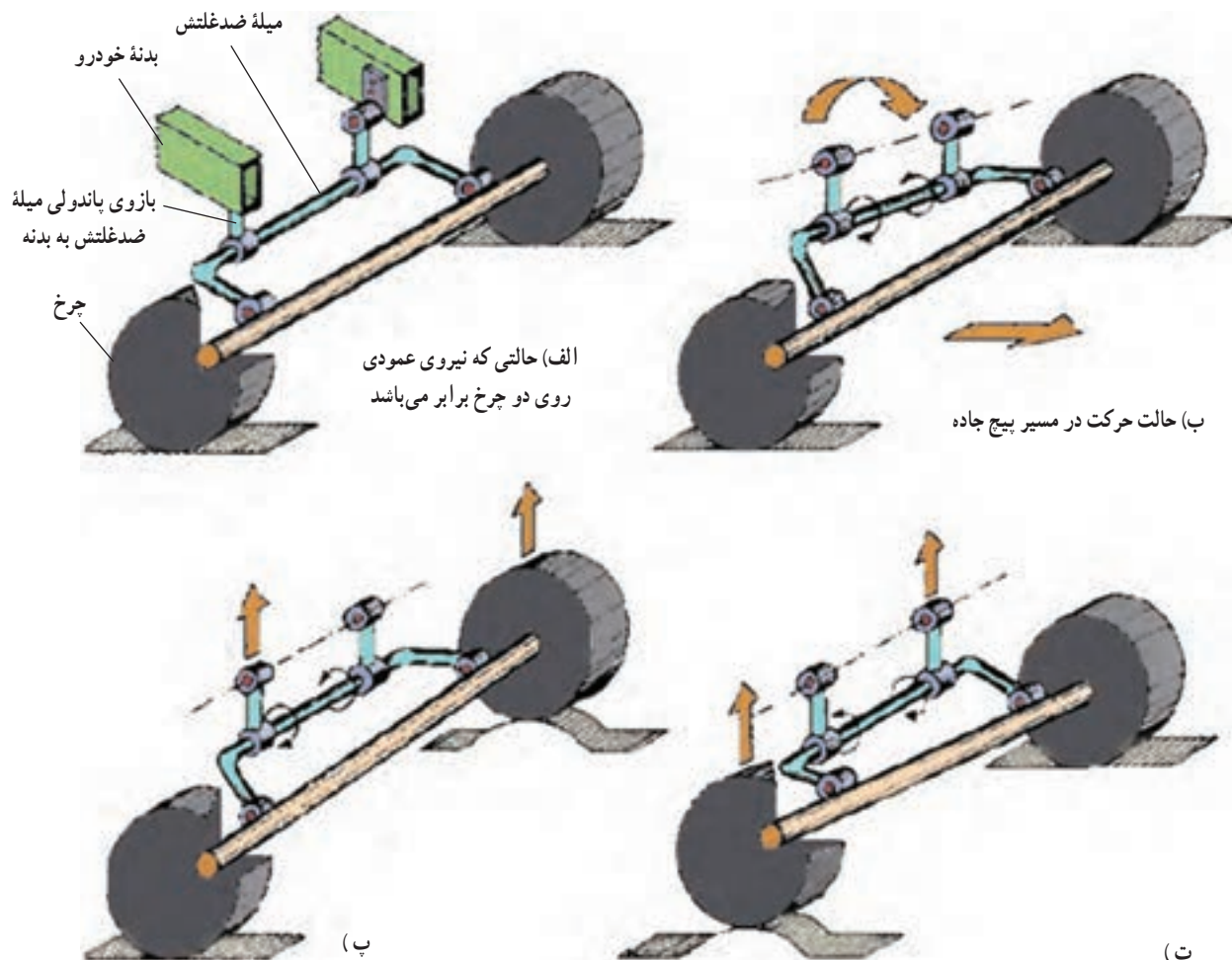
جهت اتصال بازوهای مکانیزم تعلیق به بدنه یا شاسی خودرو از بوش‌های لاستیکی استفاده می‌شود. استفاده از بوش‌های لاستیکی باعث می‌شود که مقداری از ارتعاشات و ضربات ناشی از ناهمواری‌های جاده از طریق این بوش‌های لاستیکی جذب شوند و بنابراین ارتعاشات کمتری از مکانیزم تعلیق به بدنه خودرو منتقل می‌شود.

## ۱۲-۷- میله ضد غلتش

مطابق شکل ۲۷-۷، میله ضد غلتش، قطعه‌ای «U شکل» از جنس فولاد فنر است که در دو سر خود با واسطه یا بدون واسطه به چرخ‌ها متصل می‌شود. همچنین در دو نقطه نیز توسط بوش لاستیکی به بدنه متصل می‌گردد.

با توجه به شکل ۲۷-۷، میله ضد غلتش دارای وظایفی





حرکت بر روی ناهمواری نامتقارن

شکل ۲۷-۷ میل ضد غلتش و نحوه عملکرد آن در حالت های مختلف

### ۱۳-۷ انواع سیستم ها و مکانیزم های تعلیق

با توجه به تعریف های ارائه شده از سیستم تعلیق و فنربندی و مفاهیم پایه آنها، در این بخش به بررسی و شناخت انواع سیستم تعلیق از دو دیدگاه ارتعاشی و مکانیزمی پرداخته می شود.

۱-۱۳-۷ دیدگاه ارتعاشی سیستم تعلیق: از دیدگاه ارتعاشاتی، وظیفه سیستم تعلیق، کاهش انتقال ارتعاشات ناشی از ناهمواری های جاده به بدنه و سرنشین خودروست. با توجه به این دیدگاه سه نوع سیستم تعلیق به شرح ذیل وجود دارد:

۱- سیستم تعلیق غیر فعال<sup>۱</sup>

می شود حرکت رول خودرو به حرکت بالا و پایین بدنه تبدیل گردد تا راحتی سرنشین افزایش یابد.

۳- با وجود میل ضد غلتش در مکانیزم تعلیق جلوی خودرو، انتقال بار زیادی از چرخ داخل پیچ به چرخ بیرون پیچ صورت نمی گیرد و بنابراین میزان نیروی اصطکاک عرضی بین چرخ جلوی خودرو، که در قسمت بیرونی پیچ جاده واقع شده است، با سطح زمین افزایش زیادی نخواهد یافت. از این رو لغزش جانبی قسمت جلوی خودرو به سمت بیرون پیچ زیاد، و نهایتاً خودرو کم فرمان می شود.

<sup>۱</sup> - passive



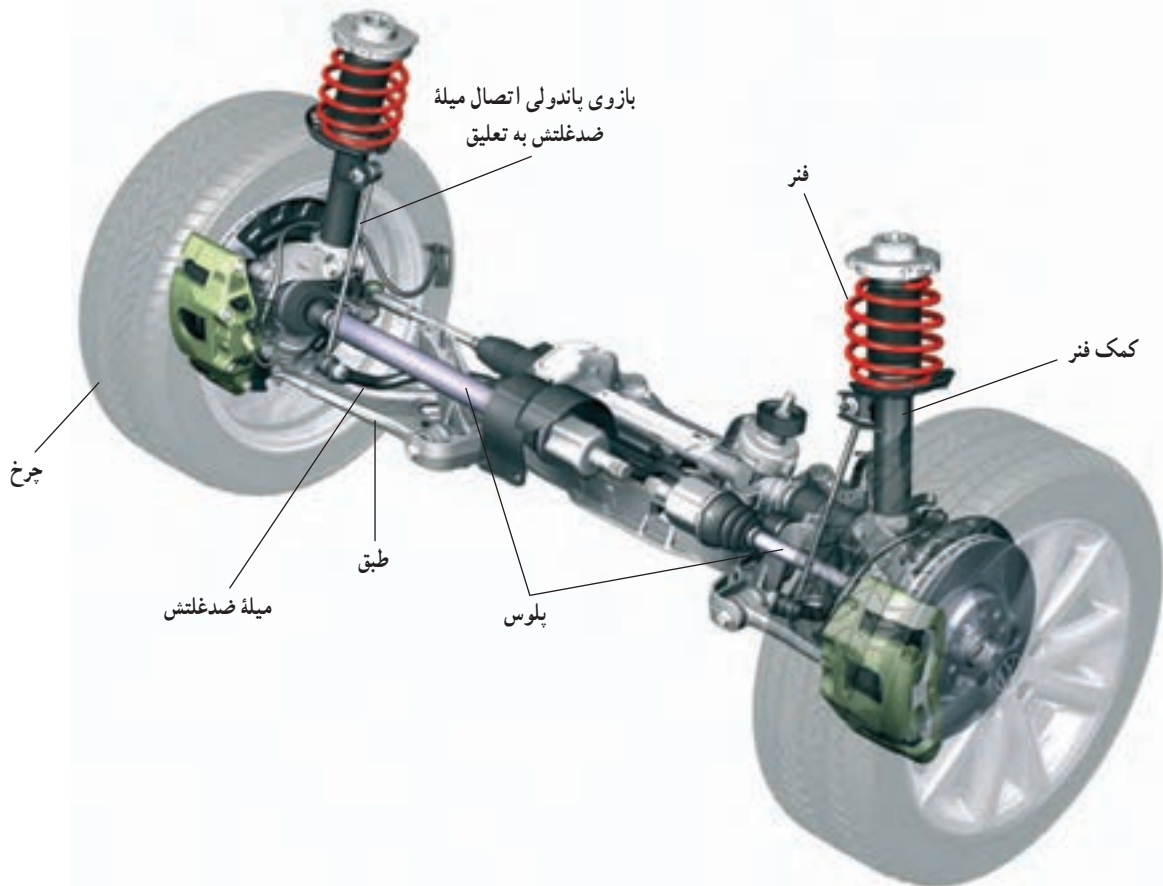
## ۲- سیستم تعلیق نیمه فعال<sup>۱</sup>

## ۳- سیستم تعلیق فعال<sup>۲</sup>

در ادامه، این سیستم‌ها بررسی خواهند شد.

**سیستم تعلیق غیر فعال:** در این نوع سیستم تعلیق، که نوعی از آن در شکل ۲۸-۷ ملاحظه می‌شود، از یک فنر به عنوان نوسان‌ساز و یک کمک فنر به عنوان مستهلک کننده این نوسانات برای هر چرخ استفاده می‌شود.

دلیل اطلاق لغت «غیر فعال» به این نوع سیستم‌های تعلیق این است که در این نوع سیستم‌ها با ثابت بودن مقادیر ضرایب فنر و کمک فنر، فنر و کمک فنر تغییرات ناچیزی نسبت به تغییر بار خودرو، تغییر سرعت خودرو، نحوه ترمزگیری و غیر آنها از خود نشان می‌دهند و از این دیدگاه که این نوع سیستم تعلیق توانایی تغییر ضرایب فنر و کمک فنر را، با توجه به تغییر شرایط جاده و رانندگی، ندارد، لذا به آن سیستم تعلیق غیر فعال گفته می‌شود.



شکل ۲۸-۷- سیستم تعلیق غیر فعال

**سیستم تعلیق نیمه فعال:** در این نوع سیستم تعلیق، ضربه دمپینگ کمک فنر متغیر است و توسط الگوی خاصی یا به صورت دستی، با توجه به شرایط جاده و خودرو، تغییر داده می‌شود. شکل ۲۹-۷، نمونه‌ای از این سیستم را که الگوی کنترلی

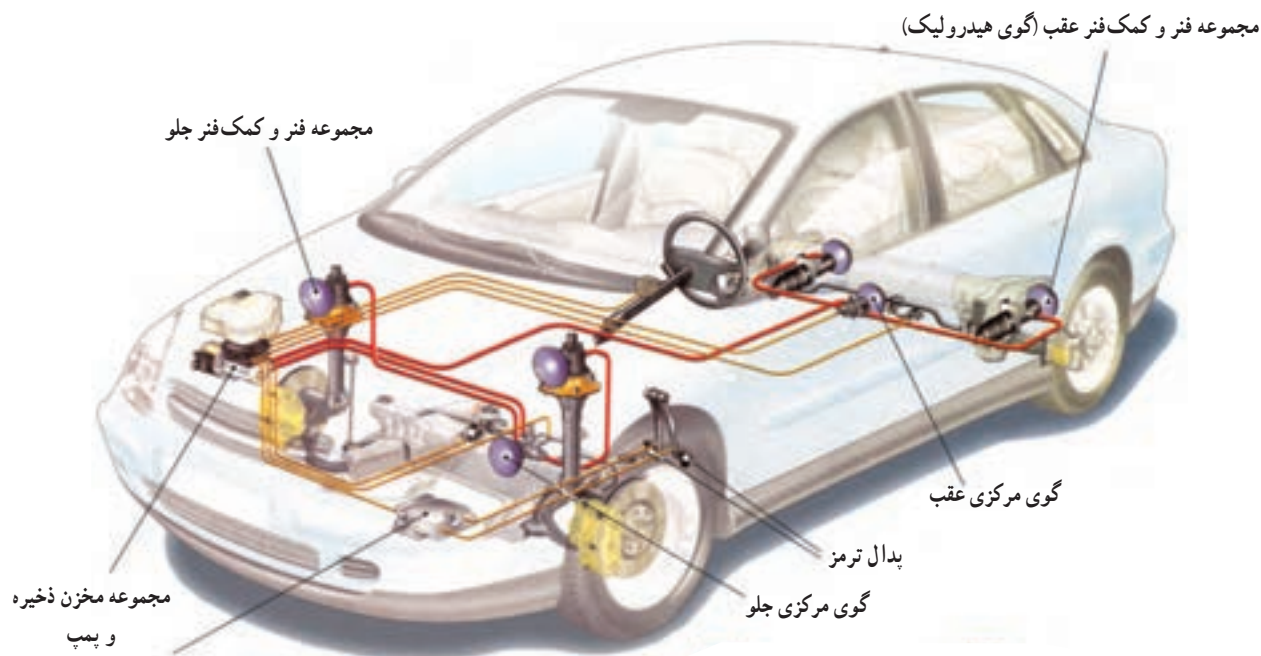
آن به صورت مکانیکی ست نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۲۹-۷، در این نوع سیستم تعلیق از گاز ازت فشرده شده به صورت فنر استفاده شده است. از روغن ال‌اچ‌ام (LHM<sup>۳</sup>) که با فشار تقریبی ۱۰۰ (bar) بار به قسمت زیرین

۱ - semi-Active

۲ - Active

۳ - liquid Hydraulic mineral



شکل ۲۹-۷ سیستم تعلیق نیمه فعال

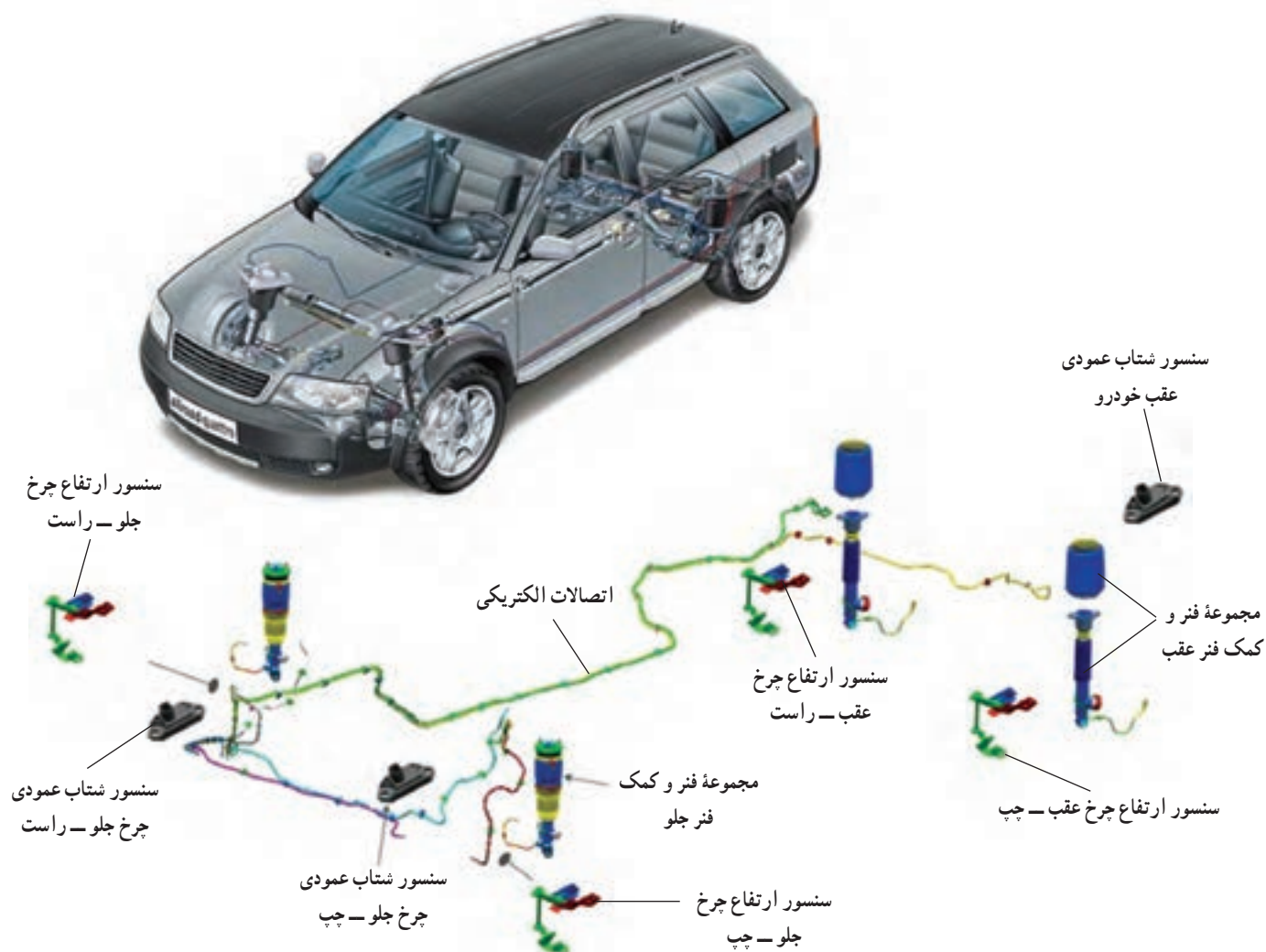
ناهمواری‌های کوچک است. حالت معمولی نیز در شرایط رانندگی معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**سیستم تعلیق فعال:** در این نوع سیستم تعلیق، علاوه بر متغیر بودن ضریب دمپینگ کم فنر، سختی فنر نیز قابل کنترل است. همچنین به جای استفاده از فنر و کمک فنر به صورت مجزا، از عملگری الکترو هیدرولیکی که توسط واحد کنترل الکترونیکی کنترل می‌گردد، استفاده می‌شود. این عملگر مجموع نیروی فنر و کمک فنر را تولید می‌نماید. شکل ۳۰-۷، نمونه‌ای از این نوع سیستم تعلیق را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۳۰-۷، در این نوع سیستم تعلیق، اطلاعات مربوط به شتاب عمودی چرخ و شتاب بدنه خودرو توسط حسگرهای شتاب سنج و اطلاعات ارتفاع هر چرخ نسبت به بدنه توسط سنسورهای ارتفاع سنج به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می‌شود. با توجه به الگوی کنترلی آن، واحد کنترل ای‌سی‌یو (ECU) میزان ارتعاشات بدنه خودرو را توسط نیروی تولیدی عملگر الکترو هیدرولیکی به‌طور مناسب کنترل می‌کند که با توجه به ناهمواری جاده باعث مستهلک‌سازی مطلوب‌تر ارتعاشات می‌گردد.

محفظه گاز فشرده ازت ارسال می‌شود نیز به صورت کمک فنر استفاده می‌شود. در این گونه سیستم‌ها می‌توان با کنترل حجم روغن ال‌اچ‌ام ارسالی به محفظه کمک فنر، ارتفاع خودرو را به صورت دستی و اتوماتیک کنترل نمود. چنانچه یکی از چرخ‌های غیر محرک خودرو (حتی یکی از چرخ‌های محرک، در صورت وجود قفل دیفرانسیل) از خودرو جدا شود، توزیع نیروی عمودی را بر اساس سه چرخ کنترل می‌کند (با توجه به اینکه هر صفحه در فضا با سه نقطه اتکا می‌تواند پایداری خود را حفظ نماید) و خودرو در سرعت‌های کم و جاده‌های با ناهمواری کم پایدار باقی می‌ماند. در برخی از خودروها، از کمک فنرهای الکتریکی استفاده شده است. در این خودروها، علاوه بر وجود سیستم کنترلی به منظور دستیابی به مقدار مناسب ضریب دمپینگ، راننده نیز می‌تواند به صورت دستی، با توجه به شرایط جاده و خودرو، وضعیت‌های نرم، معمولی و سخت را برای کمک فنر انتخاب نماید.

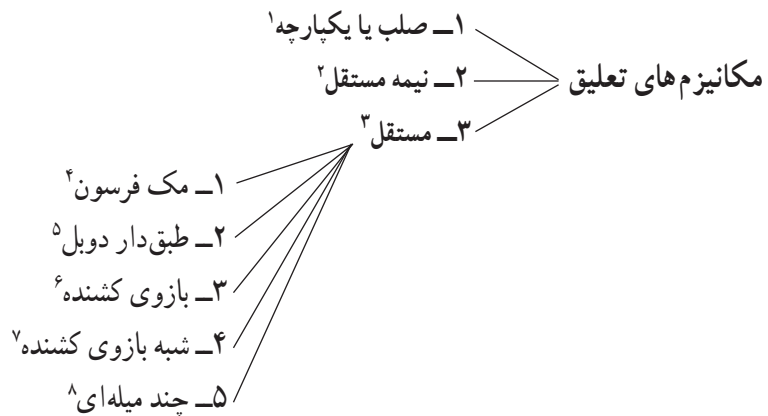
باید توجه داشت که شرایط نرم در سرعت‌های کم و جاده‌های با ناهمواری بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که وضعیت سخت کمک فنر، خاص سرعت‌های بالا و جاده‌های با



شکل ۳-۷- سیستم تعلیق فعال

گفتنی است کلیه مکانیزم‌های تعلیق، برای انتقال نیروهای طولی، عرضی و عمودی از چرخ به بدنه خودرو و بالعکس، از بازوهای برخورد دارند. با توجه به این دیدگاه، مکانیزم‌های تعلیق به صورت صفحه بعد دسته‌بندی می‌شود:

**۲-۱۳-۷ دیدگاه مکانیزمی تعلیق:** از دیدگاه مکانیزمی، تعلیق مکانیزمی است که ضمن مهار چرخ در زیر بدنه خودرو، به چرخ اجازه می‌دهد حرکت‌های مطلوب (دوران چرخ، حرکت عمودی، فرمان گرفتن، تغییر زوایای کمبر، کستر و غیر آنها) داشته باشد تا به افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین منجر گردد.

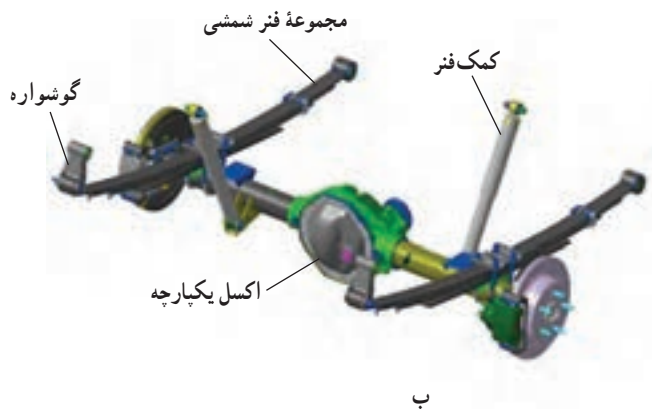


### مکانیزم تعلیق صلب یا یکپارچه

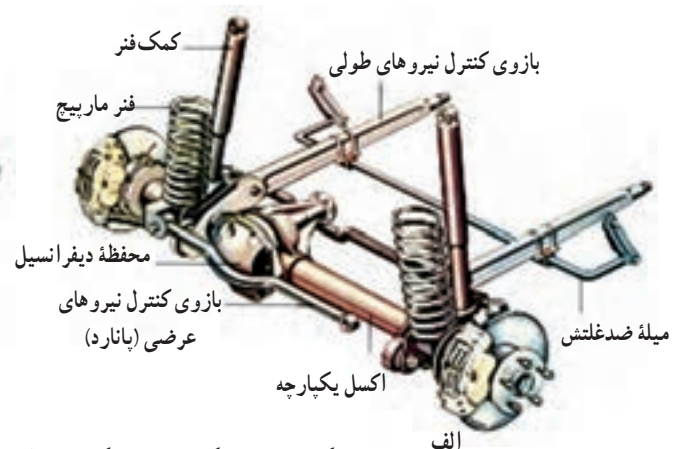
استفاده نمود.

همان گونه که در شکل های ۳۱-۷ پیداست، هنگام استفاده از فنرهای مارپیچ از آنجایی که فنرهای مارپیچ تنها قادرند نیروی عمودی یا نیروی وزن را تحمل کنند، لذا برای انتقال نیروهای طولی و عرضی از چرخ به بدنه خودرو بالعکس باید از بازوهای استفاده کرد.

مطابق شکل ۳۱-۷ در این مکانیزم تعلیق، ارتباط دو چرخ چپ و راست توسط لوله یا تیری<sup>۱</sup> صلب و یکپارچه برقرار می شود. از این رو حرکت عمودی یک چرخ بر اثر ناهمواری جاده بر روی عملکرد چرخ دیگر تأثیر می گذارد. مطابق اشکال نشان داده شده، در این تعلیق می توان از فنرهای شمشی، مارپیچ



ب



الف

شکل ۳۱-۷- مکانیزم تعلیق یکپارچه با استفاده از (الف) فنر مارپیچ (ب) فنر شمشی

نکته: بازوی کنترل نیروهای عرضی در مکانیزم تعلیق یکپارچه را «میله پانارد»<sup>۸</sup> نیز گویند. نصب این میله در قسمت عقب مکانیزم تعلیق عقب خودرو باعث کم فرمانی خودرو می شود.

۱ - Rigid Axle

۲ - Independent

۳ - Double wish bone

۴ - Mc pherson

۵ - semi trailing arm

۶ - Panhard arm

۷ - semi independent

۸ - multi link

## ✱ مزایای مکانیزم تعلیق یکپارچه

۱- این نوع مکانیزم تعلیق، ساده و هزینه تولیدش پایین است.

۱- تغییرات زاویه کستر، سرجمعی و سربازی چرخ‌ها به دلیل ثابت بودن محور چرخ ناچیز است، بنابراین پایداری سویی خودرو مناسب است.

۲- اگر از این مکانیزم در تعلیق عقب استفاده شود، به دلیل ناچیز بودن زاویه کمبر و تغییرات آن، سایش غیریکنواخت تایر آن نیز کم است.

۳- با تغییر محل نصب گوشواره (در قسمت عقب یا جلوی فنر شمشی در مکانیزم تعلیق یکپارچه با فنر شمشی) یا تغییر محل نصب بازوی کنترل نیروهای عرضی در مکانیزم تعلیق یکپارچه که در آن از فنر مارپیچ استفاده شده است، می‌توان وضعیت کم فرمانی یا بیش فرمانی مکانیزم تعلیق و خودرو را به حالت مطلوب‌تری تغییر داد.

## ✱ معایب مکانیزم تعلیق یکپارچه

۱- وزن این نوع مکانیزم تعلیق زیاد است، لذا علاوه بر کاهش راحتی سرنشین و پایداری خودرو، مصرف سوخت خودرو را نیز افزایش می‌دهد.

۲- حرکت چرخ‌ها بر روی یکدیگر تأثیر می‌گذارند، به گونه‌ای که انحراف یک چرخ سبب منحرف شدن چرخ سمت دیگر نیز می‌شود. بنابراین نوسانات و حرکت رول خودرو افزایش می‌یابد و به کاهش راحتی سرنشین و پایداری خودرو نیز منجر می‌شود.

۳- برای نصب این مکانیزم تعلیق نیاز به فضای زیاد است.

۴- نیاز به فضای زیاد برای نصب این مکانیزم تعلیق، فضای

صندوق عقب را کاهش می‌دهد.

۵- در صورت محرک بودن این مکانیزم، هنگام شتاب‌گیری نیروی وزن بین چرخ چپ و راست منتقل می‌شود و بنابراین باعث ایجاد لغزش نامساوی بین چرخ چپ و راست و سایش غیریکنواخت دوتایر می‌گردد.

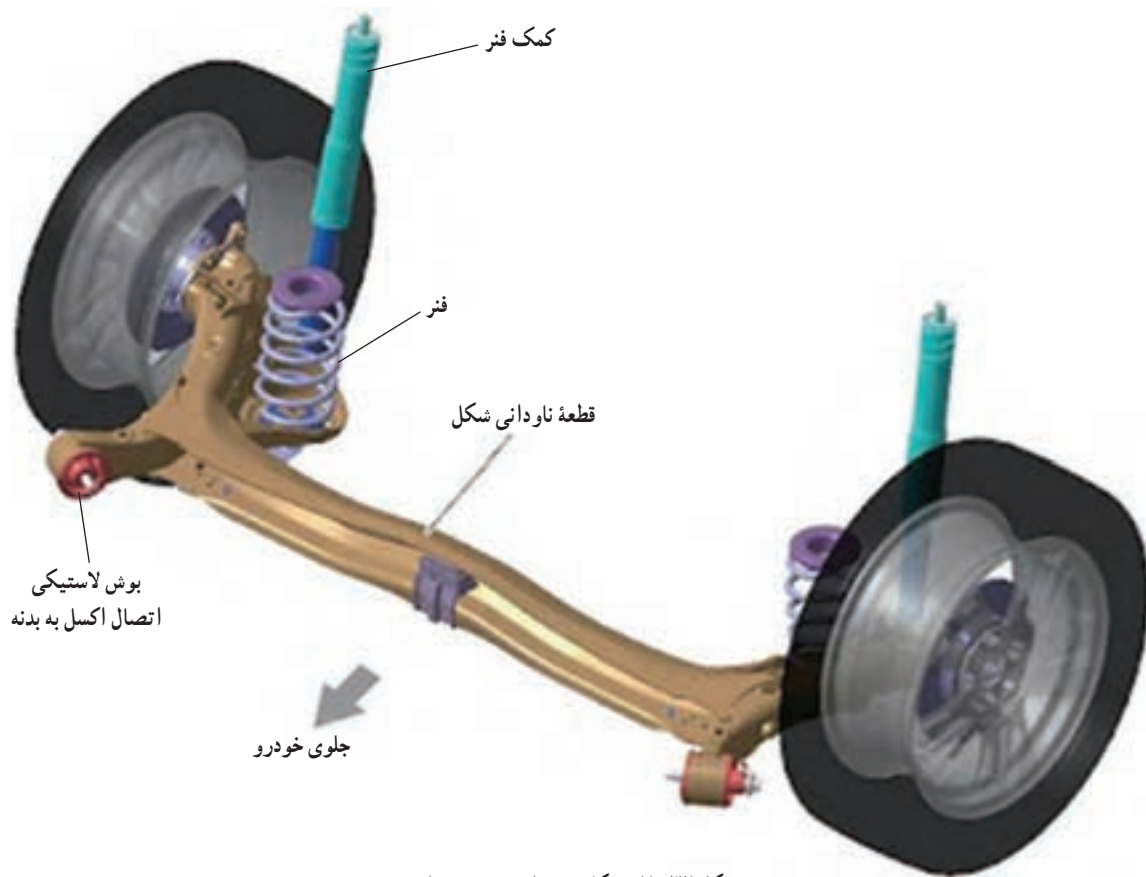
## تعلیق نیمه مستقل

در این مکانیزم تعلیق، مطابق شکل ۷-۳۲، کلیه اجزای تعلیق از جمله محور چرخ، بازوی کنترل نیروهای طولی و عرضی از چرخ به بدنه (بازوهای کشنده) و قطعه ناودانی شکل از ورق‌های فولادی فرم داده شده ساخته می‌شوند و توسط جوش به یکدیگر متصل می‌گردند.

شکل ظاهری این مکانیزم تعلیق مانند مکانیزم تعلیق یکپارچه است، لذا به آن «تعلیق آونگی مرکب»<sup>۱</sup> یا «نیمه مستقل» گفته می‌شود. در این مکانیزم تعلیق با حرکت بازوهای کشنده به سمت بالا و پایین در اثر حرکت چرخ بر روی ناهمواری جاده، در قطعه ناودانی، پیچش ایجاد می‌شود. ناودانی به بازوهای کشنده جوش شده است و از طرف دیگر بازوهای کشنده از طریق مفاصل به بدنه خودرو وصل است.

بنابراین مجموعه متشکل از ناودانی (بخشی از بازوهای کشنده که بین مفاصل تا محل اتصال به ناودانی قرار گرفته‌اند) یک عضو «U شکل» را تشکیل می‌دهند که از دو نقطه به بدنه خودرو (از طریق مفاصل مکانیزم تعلیق) و از دو نقطه دیگر به مکانیزم تعلیق متصل است (محل اتصال ناودانی به بازوهای کشنده). این عضو «U شکل» وظیفه میله ضد غلتش را برعهده دارد که پیشتر توضیح آن ذکر گردید.





شکل ۳۲-۷ مکانیزم تعلیق نیمه مستقل

نکته : در نوع ساده تر این نوع مکانیزم تعلیق، کمک فنر در داخل فنر تعبیه می گردد.

#### \* مزایای مکانیزم تعلیق نیمه مستقل

- ۱- ساده و سبک است.
- ۱- نصب آن ساده است.
- ۲- فضای کمی اشغال می کند. بنابراین فضای صندوق عقب مسطح و وسیع است.
- ۳- در این نوع مکانیزم تعلیق می توان فنرها را تا حد امکان دورتر از یکدیگر نصب نمود، بنابراین حرکت غلت بدنه خودرو کاهش می یابد.
- ۴- عضو پیچشی (قطعه ناودانی) ضمن افزایش استحکام مکانیزم تعلیق، وظیفه میله ضد غلتش را نیز برعهده دارد و موجب سخت شوندگی سیستم فنربندی و عملکرد مناسب آن نیز می گردد.

- ۵- تغییرات زاویه کمر و تغییر فاصله عرضی تایرها زیاد نیست، بنابراین سایش غیریکنواخت تایر کاهش می یابد.
- ۶- استهلاک مکانیزم تعلیق کم و در نتیجه نیاز به نگهداری و تعمیر آن نیز کم است.
- ۷- هزینه طراحی و ساخت آن کم است.

#### \* معایب مکانیزم تعلیق نیمه مستقل

- ۱- این مکانیزم تعلیق که از آن در تعلیق عقب استفاده می شود در طی مسیر پیچ جاده تمایل به کم فرمانی عقب خودرو دارد که به بیش فرمانی خودرو منجر می شود.
- ۲- استحکام این نوع مکانیزم تعلیق کم است، به طوری که برای بارهای زیاد و جاده های با ناهمواری زیاد مناسب نیست.

## مکانیزم تعلیق مستقل

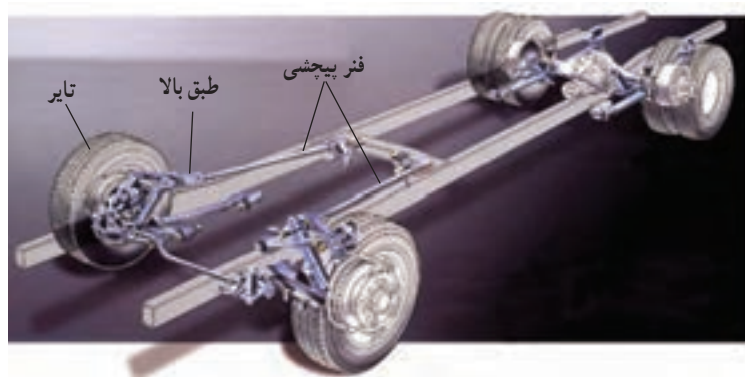
در مکانیزم تعلیق مستقل، ارتباطی بین چرخ چپ و راست (به جز میله ضد غلتش) وجود ندارد و حرکت چرخ چپ و راست آن مستقل از یکدیگرند از این رو حرکت عمودی یک چرخ بر عملکرد چرخ دیگر تأثیر نمی‌گذارد. بنابراین برای افزایش پایداری خودرو و راحتی سرنشین می‌توان تغییرات مطلوبی در زوایای چرخ ایجاد نمود.

مکانیزم تعلیق مستقل، نسبت به مکانیزم‌های تعلیق یکپارچه و نیمه مستقل، دارای طراحی و ساخت مشکل‌تری است و نهایتاً هزینه بیشتری در پی دارد. ارتقای برخی پارامترهای محسوس خودرو،

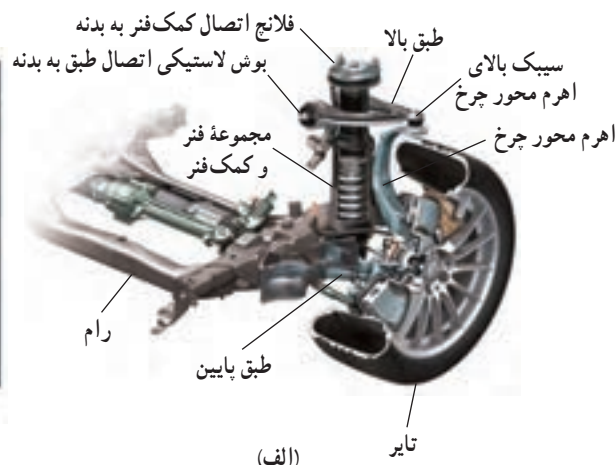
از قبیل راحتی سرنشین، پایداری خودرو، قابلیت شتاب‌گیری و ترمزگیری و کاهش آلاینده‌گی زیست محیطی (صوتی و آلاینده‌گی ناشی از احتراق) از جمله عواملی هستند که گرایش به استفاده از مکانیزم‌های تعلیق مستقل را بیش از پیش افزایش داده است. در ادامه، برخی از انواع پرکاربرد مکانیزم‌های تعلیق مستقل معرفی و بررسی می‌شوند.

**الف) مکانیزم تعلیق طبق‌دار دوپل:** شکل ۷-۳۳،

مکانیزم تعلیق طبق‌دار دوپل را، که در سیستم تعلیق جلوی خودرو مورد استفاده قرار گرفته است، نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۷-۳۳- مکانیزم تعلیق طبق‌دار دوپل با الف) فنر مارپیچ ب) فنر پیش‌شی

شکل ۷-۳۳ ب مکانیزم تعلیق طبق‌دار دوپل را، که در آن از فنر پیش‌شی استفاده شده است، نشان می‌دهد. از آنجایی که این مکانیزم در سیستم تعلیق جلو مورد استفاده قرار گرفته است، و فضای فرمان و سیستم مولد قدرت در آن، محدودیت دارد استفاده از فنر مارپیچ مشکل و پیچیده است. بنابراین از فنرهای پیش‌شی، که به صورت طولی در فضای غیر قابل استفاده خودرو نصب شده‌اند استفاده شده است.

با توجه به مطالب بیان شده می‌توان مزایا و معایب این نوع مکانیزم تعلیق را به شرح ذیل بیان نمود:

### ❖ مزایا

۱- حرکت چرخ‌ها بر روی یکدیگر تأثیر متقابل ندارند.

با توجه به شکل ۷-۳۳، در این مکانیزم تعلیق از دو طبق مثلی استفاده شده که در رأس هر طبق یک سیبک نصب گردیده است. در قسمت قاعده طبق دو بوش لاستیکی پرس شده که مفصل طبق است و طبق را به رام یا بدنه خودرو وصل می‌کند. قسمت بالای اهرم محور چرخ به سیبک طبق بالا و قسمت پایین اهرم محور چرخ نیز به سیبک طبق پایین وصل است. چرخ نیز بر روی محور چرخ نصب گردیده است. از این رو چرخ در زیر بدنه خودرو توسط مکانیزم تعلیق مهار شده است، ضمن آنکه قابلیت انجام حرکت‌های مطلوب (چرخیدن، فرمان گرفتن، حرکت عمودی، تغییر زوایای کمبر، کستر و غیره آنها) را نیز دارد.

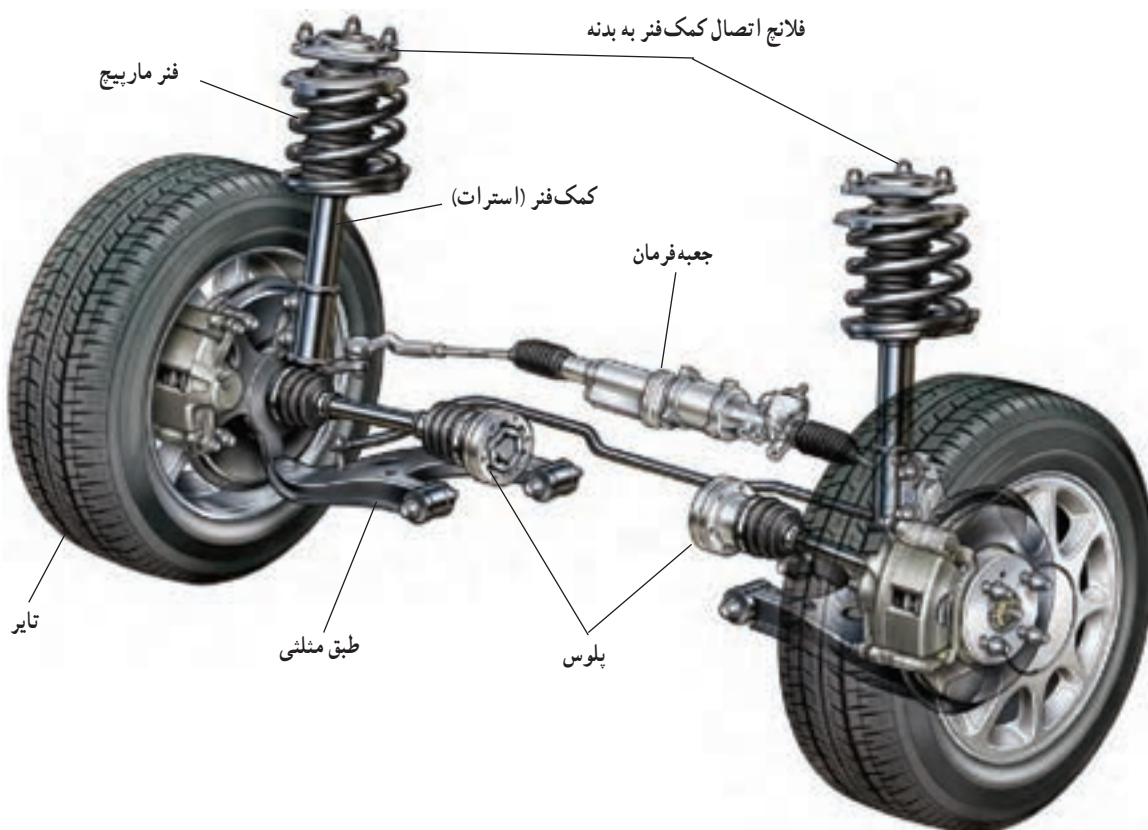
۲- قابلیت فرماندهی به چرخ‌ها بهتر صورت می‌پذیرد.  
۳- بازپاد کردن فاصله دو طبق بالا و پایین از یکدیگر نیروی کمتری در مفاصل و بازوهای مکانیزم تعلیق به وجود می‌آید.

۴- تغییرات کمبر (افزایش کمبر منفی) طی مسیر پیچ جاده، نسبت به مکانیزم‌های دیگر، بهتر است و به افزایش پایداری خودرو و راحتی بیشتر سرنشین نسبت به سایر مکانیزم‌های تعلیق منجر می‌گردد. این موضوع با کوتاه‌تر در نظر گرفتن طول طبق بالا نسبت به طول طبق پایین ایجاد می‌شود.

۵- با تغییر زاویه صفحه طبق بالا و پایین در راستای طول خودرو، می‌توان خاصیت ضد چمباتمه و ضد شیرجه را هنگام شتاب‌گیری و ترمزگیری خودرو ایجاد کرد.

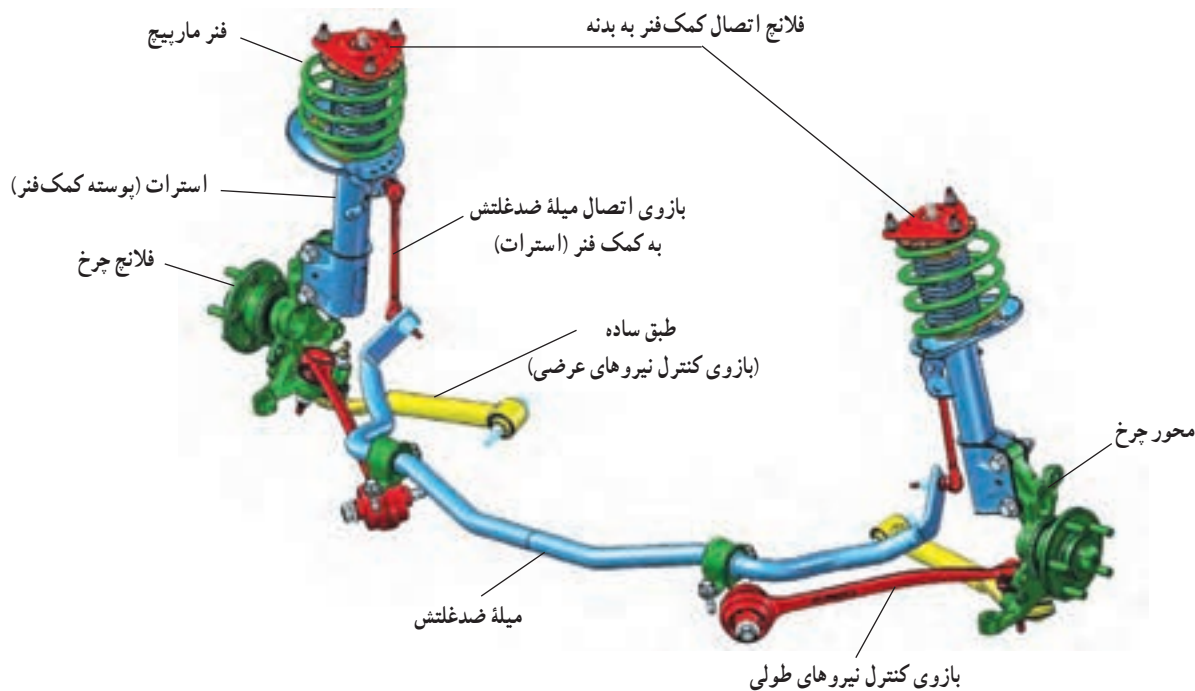
#### ❁ معایب

۱- هزینه طراحی و ساخت آن زیاد است.  
۲- فضای عرضی بیشتری اشغال کرده و برای خودروهایی



شکل ۷-۳۴- مکانیزم تعلیق مک فرسون با طبق مثلثی

تکیه‌گاه بالایی فنر توسط یک فلانج به بدنه خودرو متصل می‌گردد. محور چرخ و یاتاقان‌های چرخ نیز به استرات متصل می‌گردند. در برخی از انواع این تعلیق، مطابق شکل ۳۵-۷، که طبق پایین ساده بوده و به شکل مثلی نیست، طبق تنها قادر به تحمل نیروهای عرضی است. در این نوع تعلیق مک فرسون برای انتقال نیروهای طولی از چرخ به بدنه خودرو و بالعکس از بازوی کنترلی نیروی طولی جداگانه‌ای استفاده شده است. همچنین در برخی از این نوع مکانیزم‌های تعلیق مک فرسون برای تحمل نیروهای طولی از میله ضد غلتشی استفاده شده است. که با این کار حجم و وزن تعلیق کاهش می‌یابد.



شکل ۳۵-۷- مکانیزم تعلیق مک فرسون با طبق ساده

تا محل اتصال کمک فنر به بدنه خودرو، در مفاصل و بازوهای این مکانیزم، نسبت به مکانیزم تعلیق طبق دار دویل، نیروی کمتری ایجاد می‌شود. بنابراین استهلاک کمتر و هزینه نگهداری و تعمیر کمتری دارد.

۵- تغییر ترک (Track) و زوایای کمبر، کستر و تو در این مکانیزم، نسبت به مکانیزم تعلیق طبق دار دویل، کمتر و در نتیجه سایش غیریکنواخت تایر نیز کمتر است.

#### ❖ معایب

۱- به دلیل استفاده از کمک فنر، به منزله یکی از بازوهای مکانیزم تعلیق، آسیب‌پذیری آن زیادتر شده است.

۲- با توجه به اینکه فنر و کمک فنر، در نقش بازوهای مکانیزم تعلیق، مستقیماً به بدنه خودرو متصل‌اند، ارتعاشات و

به‌طور کلی مزایا و معایب این مکانیزم تعلیق به شرح زیر است:

#### ❖ مزایا

۱- فضای عرضی کمی اشغال می‌کند بنابراین برای خودروهای محرک جلو که موتور آن به صورت عرضی نصب می‌شود، مناسب است.

۲- طراحی و ساخت آن نسبت به مکانیزم طبق دار دویل آسان‌تر است.

۳- در این نوع مکانیزم تعلیق از کمک فنر به منزله یکی از بازوهای مکانیزم تعلیق استفاده شده است. درواقع این مکانیزم تعلیق، نسبت به مکانیزم تعلیق طبق دار دویل، بازوها و اتصالات کمتری دارد.

۴- با توجه به زیاد بودن فاصله بین سیبک پایین استرات



ضربات چرخ بیشتری به بدنه خودرو منتقل می‌شود.

۳- به دلیل آنکه فنر و کمک فنر روی یک مجموعه قرار می‌گیرند طراحی و ساخت تکیه‌گاه کمک فنر روی بدنه خودرو مشکل است.

۴- تغییرات فواصل و زوایای چرخ این مکانیزم نسبت به مکانیزم تعلیق طبق دار دابل نامناسب و در نتیجه پایداری خودرو با استفاده از این مکانیزم کمتر است.

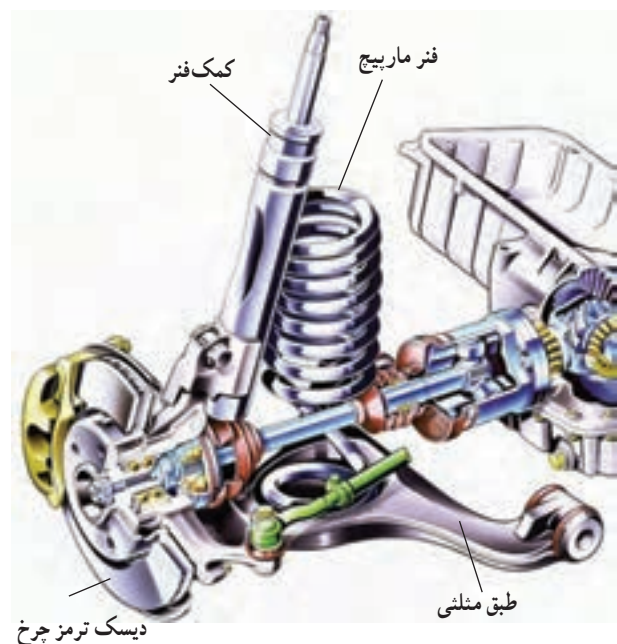
۵- به دلیل آنکه فنر و کمک فنر بر روی استرات نصب شده‌اند و هنگام فرمان دادن، کل مجموعه دَوَران می‌کند، از این رو سفتی فرمان بیشتر می‌شود.

۶- بالانس نبودن تاثیر نسبت به مکانیزم طبق دار دویل، مشکلات بیشتری، به همراه دارد.

۷- با توجه به کم بودن فضای بین کمک فنر و تایر، بستن زنجیر چرخ مشکل تر است.

۸- فضای مورد نیاز برای نصب فنر محدود و از این رو طراحی فنر نیز مشکل است.

با توجه به شکل ۳۶-۷، به منظور افزایش راحتی سرنشین و آسان تر شدن مراحل طراحی و ساخت تکیه‌گاه‌های فنر و کمک فنر،



شکل ۳۶-۷- مکانیزم تعلیق استرات دمپر

در مکانیزم تعلیق مک فرسون، فنر و کمک فنر را جدا از یکدیگر نصب می‌کنند و این نوع مکانیزم تعلیق را «استرات دمپر» می‌نامند.

#### ❖ مزایای مکانیزم تعلیق/استرات دمپر

۱- طراحی تکیه‌گاه فنر و کمک فنر در بدنه خودرو، به سبب جدا بودن فنر از کمک فنر ساده است.

۲- نظر به اینکه فنر به صورت جداگانه نصب می‌شود محدودیت مکانی برای نصب فنر کمتر و طراحی آن راحت تر است.

۳- نصب زنجیر چرخ راحت تر است.

#### ❖ معایب مکانیزم تعلیق/استرات دمپر

۱- فضای عرضی بیشتری اشغال می‌کند و برای خودروهای محرک جلو با موتور عرضی مناسب نیست و در صورت استفاده در سیستم تعلیق عقب، فضای صندوق عقب کوچک و غیرمسطح می‌شود.

۲- به دلیل نزدیک شدن فنر سمت چپ و راست به یکدیگر، حرکت رول (غلت) بدنه خودرو افزایش، و راحتی سرنشین و پایداری خودرو کاهش می‌یابد.

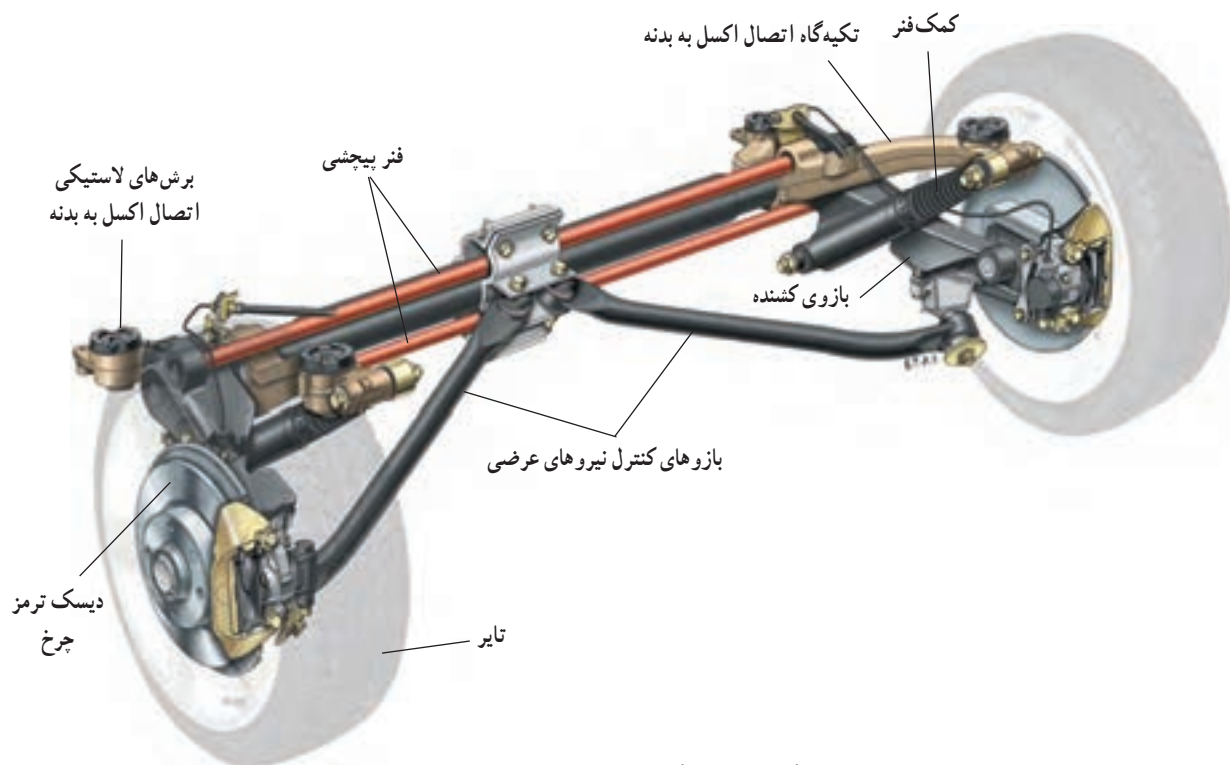
۳- با توجه به اینکه کمک فنر به صورت یکی از بازوهای مکانیزم تعلیق ایفای نقش می‌کند، ضمن آنکه به طور مستقیم به زیر بدنه خودرو نصب گردیده است، ارتعاشات بیشتری را از چرخ به بدنه خودرو منتقل می‌سازد. بنابراین راحتی سرنشین در این مکانیزم نسبت به طبق دار دویل کمتر است.

#### پ) مکانیزم تعلیق بازوی کشنده

از این نوع مکانیزم تعلیق، که در شکل ۳۷-۷، نیز ملاحظه می‌شود، معمولاً در سیستم تعلیق عقب غیر محرک استفاده می‌شود. از آنجایی که در این مکانیزم چرخ‌ها توسط بازوهای کشیده می‌شود، به آن «بازوی کشنده» گفته می‌شود.

مطابق شکل ۳۷-۷، در این مکانیزم تعلیق هر چرخ دارای یک بازوی کشنده برای انتقال نیروهای طولی، عرضی و گشتاورهای حاصل از آنها به بدنه خودرو و بالعکس است. در یک سمت این بازو، محور چرخ را به منظور نصب چرخ و یاتاقان‌های غلتشی آن تعبیه می‌کنند و در طرف دیگر، توسط بوش





شکل ۳۷-۷- مکانیزم تعلیق بازوی کشنده

برای تایر، زاپاس و باک سوخت موجود است.

۳- این مکانیزم تعلیق نسبت به تعلیق نیمه مستقل استحکام بیشتری دارد و با اعمال نیروی وزن زیاد تغییر زوایای کمتری در آن صورت می‌گیرد، از این رو سایش غیر یکنواخت تایر اندک است.

۴- با استفاده از فنرهای پیچشی و انتخاب طول مناسب برای بازوهای کشنده می‌توان برای فنرها خاصیت سخت‌شوندگی ایجاد نمود که به پایداری بهتر و کاهش حرکت رول و پیچ منجر می‌شود.

۵- این مکانیزم تعلیق دارای خاصیت ضد چمباتمه‌است و هنگام شتاب‌گیری، عقب خودرو کمتر به سمت پایین حرکت می‌کند.

۶- استهلاک و هزینه نگهداری و تعمیر آن اندک است.

#### ❖ معایب مکانیزم تعلیق بازوی کشنده

۱- با توجه به هم‌راستا بودن بازوی کشنده با محور عرضی چرخ‌های خودرو، در طی مسیر پیچ هیچ‌گونه تغییر زاویه‌ای ندارد، در نتیجه پایداری در مسیر پیچ کاهش می‌یابد.

۲- به دلیل ایجاد زاویه کمبر منفی دائم (به منظور افزایش

لاستیکی یا رول‌پرینگ سوزنی روی پوسته اکسل یا تاقان‌بندی می‌شود و نهایتاً پوسته اکسل به بدنه خودرو وصل می‌گردد. در این تعلیق می‌توان از دو نوع فنر مارپیچ و پیچشی استفاده نمود. فنرهای پیچشی در جهت محور عرضی و در صورت استفاده از فنر مارپیچ به صورت عمودی نصب می‌شوند.

معمولاً برای افزایش فضای صندوق عقب از فنرهای پیچشی در جهت عرض استفاده می‌شود. در این نوع مکانیزم تعلیق، معمولاً محور دوران بازوهای کشنده با محور عرضی خودرو هم‌راستا و بدون زاویه‌است. بنابراین با حرکت رو به بالا و پایین چرخ، تغییر زاویه کمبر در آن صورت نمی‌گیرد و پایداری جهتی خودرو مطلوب است.

یادآوری می‌شود برای پایداری خودرو، معمولاً زاویه کمبر منفی اولیه  $3^{\circ} \pm 3^{\circ}$  و  $1^{\circ}$  در آن ایجاد می‌شود.

#### ❖ مزایای مکانیزم تعلیق بازوی کشنده

۱- فضای صندوق عقب بیشتر و مسطح‌تر است.

۲- در صورت استفاده از فنرهای پیچشی فضای کافی

ترک در چرخ‌ها) تایرها سایش غیر یکنواخت خواهند داشت.

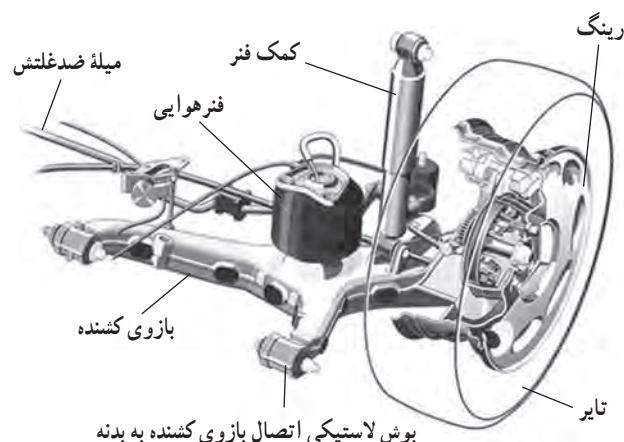
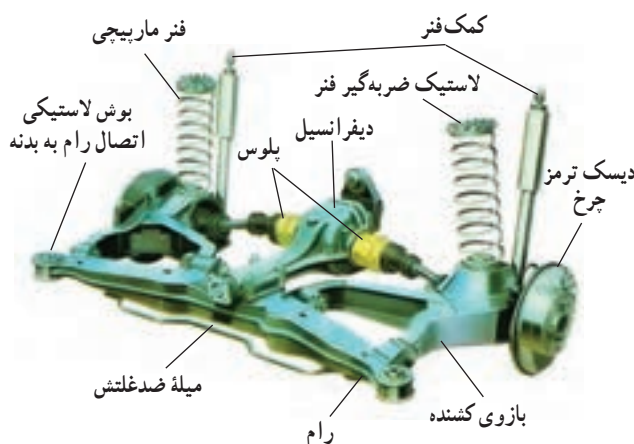
۳- مفاصل بازوهای کشنده به علت تحمل گشتاورهای حاصل از نیروی طولی، عرضی و عمود باید مستحکم باشند. وگرنه به افزایش وزن و افزایش قیمت تمام شده منجر می‌گردد.

۴- این مکانیزم تعلیق هنگام حرکت خودرو در مسیر پیچ جاده تمایل به کم‌فرمانی عقب خودرو دارد که به بیش‌فرمانی

خودرو منجر می‌شود.

### ت) مکانیزم تعلیق شبه میلۀ کشنده<sup>۱</sup>

این مکانیزم، همان‌طور که در شکل ۷-۳۸ ملاحظه می‌شود در حقیقت یک تعلیق بازوی کشنده با بازوهای کشنده قوی‌تر و دوشاخه‌ای‌ست، که در سیستم تعلیق محرک و متحرک عقب خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۷-۳۸- مکانیزم تعلیق شبه میلۀ کشنده با (الف) فنر هوایی (ب) فنر مارپیچی

بازوی کشنده در قسمت دو شاخه‌ای به منظور اتصال به بدنه خودرو دارای دو مفصل با بوش‌های لاستیکی‌ست. محور این مفاصل با خط عرضی خودرو زاویه‌ای ایجاد می‌نماید. بنابراین با حرکت چرخ به بالا یا بدنه خودرو به سمت پایین در اثر ناهمواری جاده یا در طی مسیر پیچ جاده، زاویه کمبر منفی چرخ افزایش می‌یابد، که به منظور افزایش ترک و کاهش حرکت رول مناسب است.

از طرف دیگر، هنگامی که خودرو در حال طی مسیر پیچ جاده است، در چرخ بیرون پیچ این مکانیزم زاویه سرجمعی و در چرخ داخل پیچ آن زاویه سربازی به وجود آید و باعث می‌شود این مکانیزم بیش فرمان گردد. به عبارت دیگر، قسمت عقب خودرو به داخل پیچ منحرف می‌شود و در نتیجه سر خودرو به سمت بیرون پیچ منحرف می‌گردد و نهایتاً خودرو کم فرمان شود.

مزایا و معایب مکانیزم تعلیق شبه کشنده به شرح زیرند:

### \* مزایا

- ۱- تغییرات زاویه سرجمعی در مسیر پیچ جاده به منظور کم فرمانی خودرو مطلوب است.
- ۱- می‌توان برای زاویه کمبر، که به پایداری منجر می‌شود، تغییرات مناسب ایجاد نمود.
- ۲- فضای کافی و مناسب برای صندوق عقب وجود دارد.
- ۳- وزن قطعات فنربندی نشده کاهش می‌یابد.
- ۴- برای سیستم تعلیق محرک عقب مناسب است.

### \* معایب

- ۱- تغییرات زاویه کمبر آن ناگهانی‌ست. بنابراین تغییرات فاصله عرضی چرخ‌ها (ترک) زیاد است و پایداری سویی خودرو دچار مشکل می‌شود. در عین حال سایش تایر نیز افزایش می‌یابد.

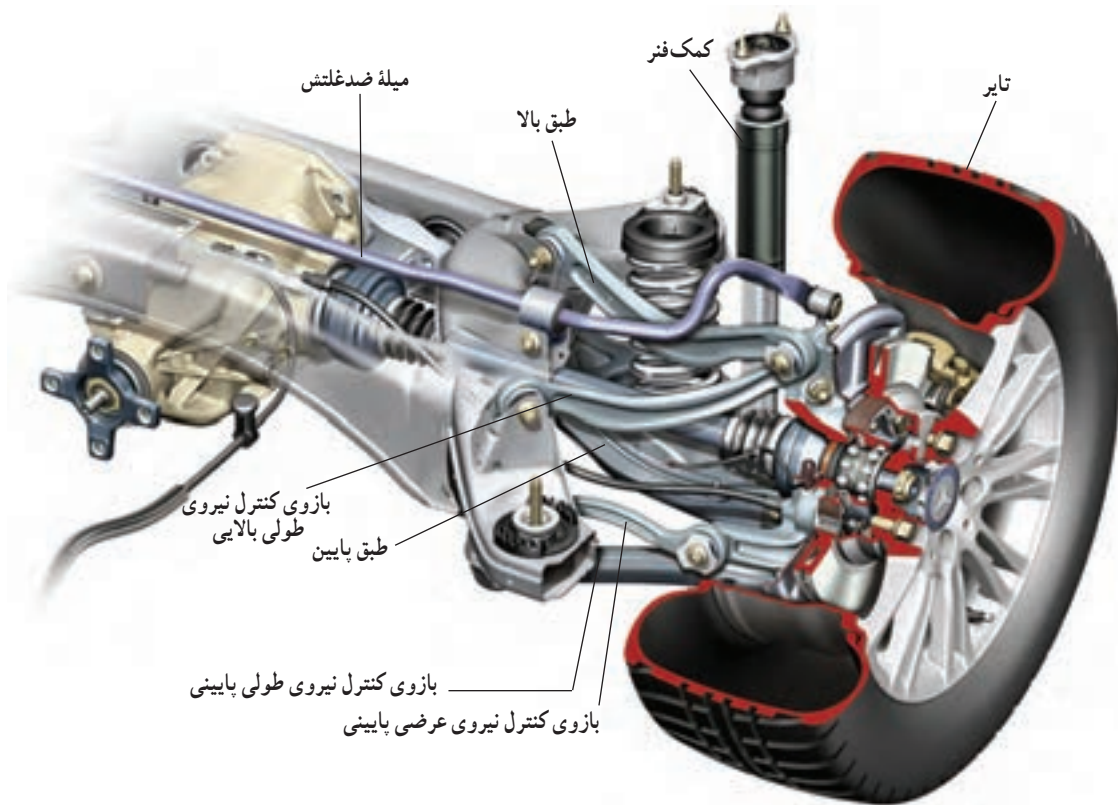
<sup>۱</sup> - Semi trailing arm

۲- در صورتی که سیستم تعلیق محرک باشد، برای هر پلوس به دو عدد مفصل کروی، که به افزایش هزینه طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیر آن منجر می‌گردد، نیاز است.

ث) مکانیزم تعلیق چند میله‌ای<sup>۱</sup>: مطابق شکل ۷-۳۹، این مکانیزم در حقیقت یک مکانیزم طبق‌دار دویل فضایی و پیشرفته است و به دلیل افزایش تعداد بازوها با طول‌ها و زوایای متفاوت آن می‌توان خصوصیات سینماتیکی مطلوبی در چرخ‌ها ایجاد نمود.

گفتنی است این نوع مکانیزم را بیشتر در تعلیق عقب به صورت محرک و غیر محرک به کار می‌برند. در این مکانیزم از دو یا سه میله عرضی و یک یا دو میله کشنده در جهت طول خودرو در هر طرف استفاده شده است.

این مکانیزم تعلیق از لحاظ افزایش ایمنی و پایداری خودرو و راحتی سرنشین، نسبت به سایر مکانیزم‌های تعلیق، برتری دارد ولی عیب اصلی آن هزینه طراحی و تولید بالای آن است.



شکل ۷-۳۹- مکانیزم تعلیق چند میله‌ای در سیستم تعلیق محرک عقب

- ۱- وظایف سیستم تعلیق را توضیح دهید.
- ۲- انواع رفتار خودرو طی حرکت در مسیر پیچ جاده را توضیح دهید.
- ۳- دوران بدنه حول محور عرضی را شرح دهید.
- ۴- ویژگی‌های ناشی از افزایش فاصله طولی بین محور چرخ‌های خودرو را توضیح دهید.
- ۵- زاویه کمبر را تعریف کنید و انواع آن را توضیح دهید.
- ۶- زاویه کینگ پین باعث ایجاد چه خصوصیتی در چرخ‌های فرمان‌پذیر می‌شود؟
- ۷- زاویه تو را تعریف کنید.
- ۸- وظایف سیستم فنربندی را بیان کنید.
- ۹- فنر سخت‌شونده را توضیح دهید.
- ۱۰- مزایا و معایب فنرهای شمشیری را توضیح دهید.
- ۱۱- نحوه عملکرد کمک فنر گازی را توضیح دهید.
- ۱۲- سیبک را تعریف کنید.
- ۱۳- سیستم تعلیق غیر فعال را شرح دهید.
- ۱۴- مزایا و معایب سیستم تعلیق مک فرسون را بیان کنید.

## سیستم فرمان

هدف‌های رفتاری : از هنجار انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

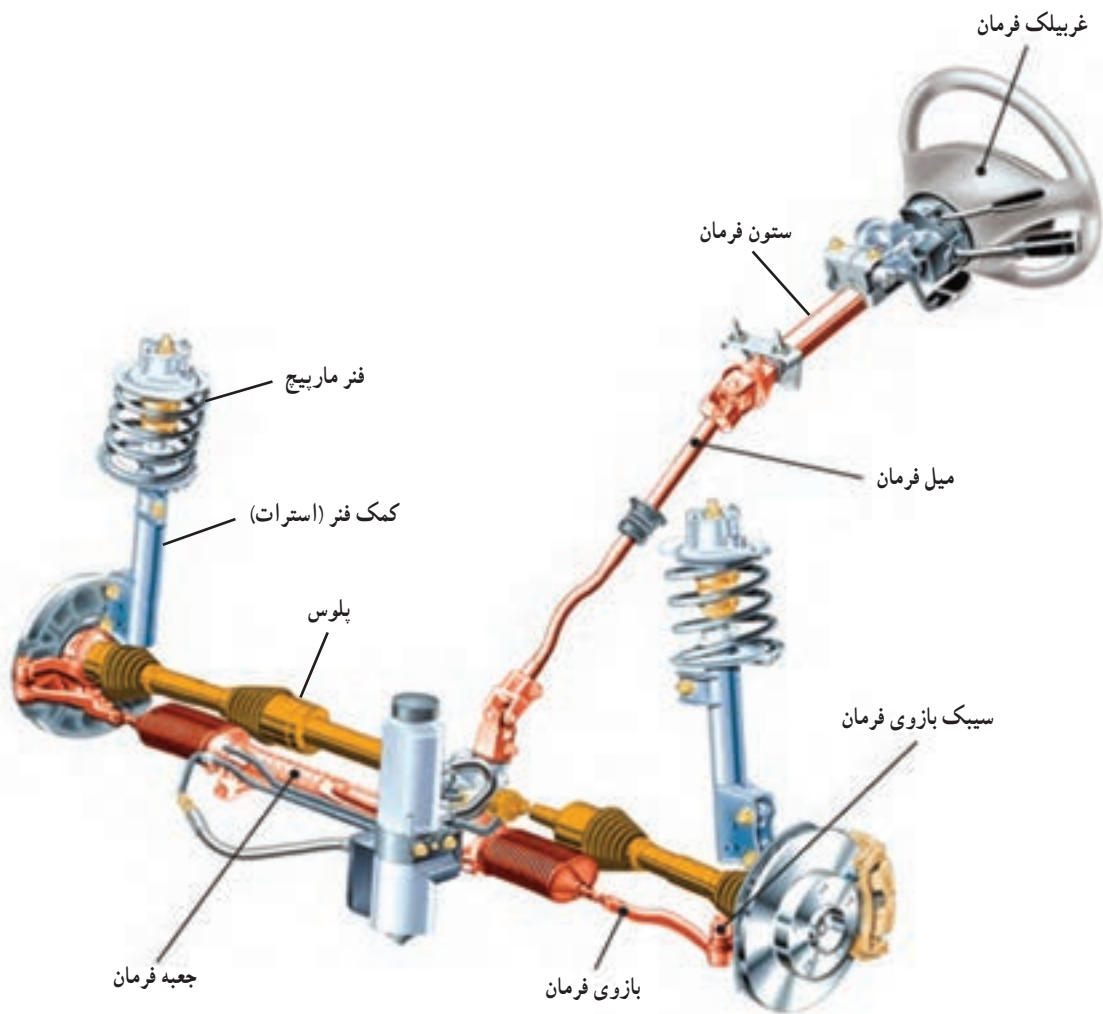
- ۱- وظیفه سیستم فرمان را بیان کند.
- ۲- اجزای سیستم فرمان را نام ببرد.
- ۳- انواع ستون فرمان ایمنی را نام ببرد.
- ۴- وظایف جعبه فرمان را بیان کند.
- ۵- انواع جعبه فرمان را دسته بندی کند.
- ۶- هندسه فرمان را شرح دهد.
- ۷- انواع مکانیزم فرمان را بیان کند.
- ۸- انواع فرمان با توان کمکی را دسته بندی کند.
- ۹- عملکرد فرمان هیدرولیکی را شرح دهد.
- ۱۰- عملکرد فرمان الکترو هیدرولیکی را شرح دهد.
- ۱۱- عملکرد فرمان الکتریکی را شرح دهد.

### مقدمه

از سیستم فرمان برای کنترل مسیر حرکت خودرو و هدایت آن به صورت مطلوب و پایدار در مسیر دلخواه راننده استفاده می‌شود. شکل ۸-۱، ساختمان کلی سیستم فرمان را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۸-۱، ملاحظه می‌شود، سیستم فرمان برای انتقال نیروی دست راننده به چرخ‌های فرمان‌پذیر، نیازمند بخش‌های زیر است :

۱- غریبک فرمان ۲- ستون فرمان ۳- جعبه فرمان ۴- مکانیزم و اهرم بندی فرمان  
بخش‌های فوق علاوه بر اینکه باعث انتقال حرکت و نیروی دست راننده از غریبک به تایر می‌شوند، گشتاور نیروی دست راننده (جهت مقابله با گشتاور مقاوم نیروی اصطکاکی تایر با جاده حول محور چرخ در حین فرمان دادن) را نیز افزایش می‌دهند. این امر باعث می‌شود که فرمان دادن به چرخ‌ها توسط راننده با نیروی کمتری صورت پذیرد.





شکل ۸-۱- ساختمان کلی سیستم فرمان

نکته: نسبت افزایش گشتاور در سیستم فرمان، بین «۱:۱۵» تا «۱:۳۰» است. برای مثال هر گاه نسبت افزایش گشتاور «۱:۲۰» باشد، هنگام فرمان دادن به چرخ‌ها، نیروی دست راننده بیست برابر افزایش می‌یابد که به فرمان‌پذیری چرخ‌ها با نیروی کمتر منجر می‌گردد. از طرف دیگر نسبت دَوَران غریبک به دَوَران چرخ‌ها  $\frac{1}{2}$  می‌شود. به عبارت دیگر با چرخش غریبک به اندازه بیست درجه، چرخ‌ها تنها یک درجه دوران خواهند داشت.

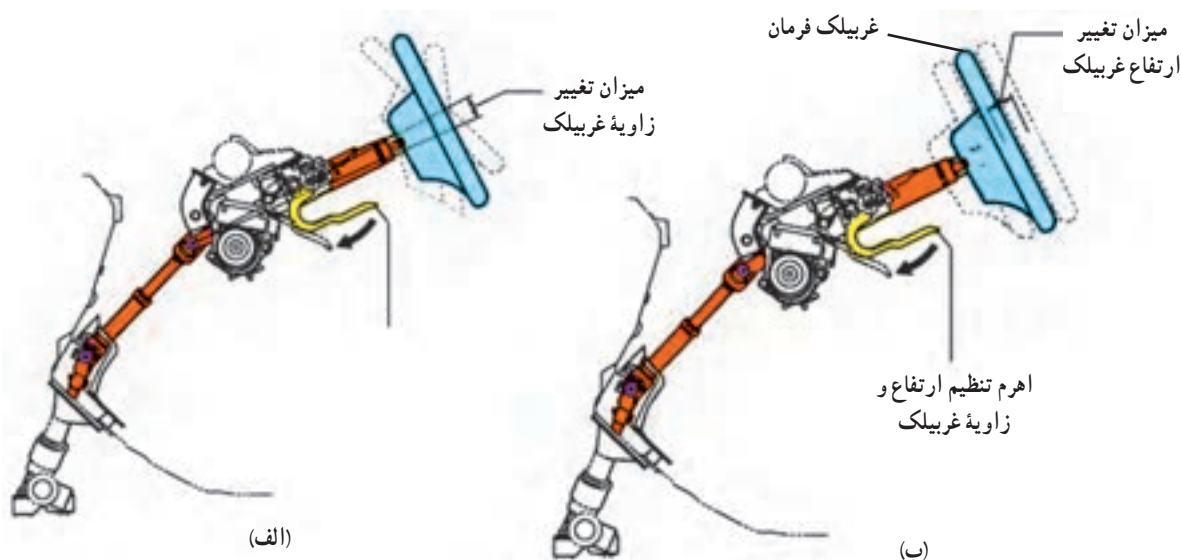
## ۸-۱- غریبک و ستون فرمان

اعمالی از دست راننده به چرخ‌ها نیز افزایش می‌یابد. مطابق شکل ۸-۱، دَوَران غریبک فرمان توسط یک شفت به نام میل فرمان به جعبه فرمان منتقل می‌شود. میل فرمان به دلیل طول بلند خود معمولاً در داخل لوله‌ای به نام ستون فرمان یا تاقان‌بندی می‌شود.

همان‌گونه که ذکر شد، غریبک فرمان علاوه بر انتقال نیروی دست راننده به میل فرمان، وظیفه افزایش گشتاور دست راننده را نیز بر عهده دارد. با افزایش قطر غریبک فرمان، گشتاور

زاویه غریبلیک به سمت پایین، تغییر زاویه قرارگیری غریبلیک فرمان به سمت بالا و پایین امکان پذیر می باشد. پس از تنظیم غریبلیک در موقعیت مناسب با بازگشت اهرم تنظیم به حالت اولیه، موقعیت غریبلیک ثابت می گردد. مطابق شکل ۸-۲ ب، با تغییر موقعیت اهرم تنظیم غریبلیک، تغییر ارتفاع آن نیز امکان پذیر می باشد.

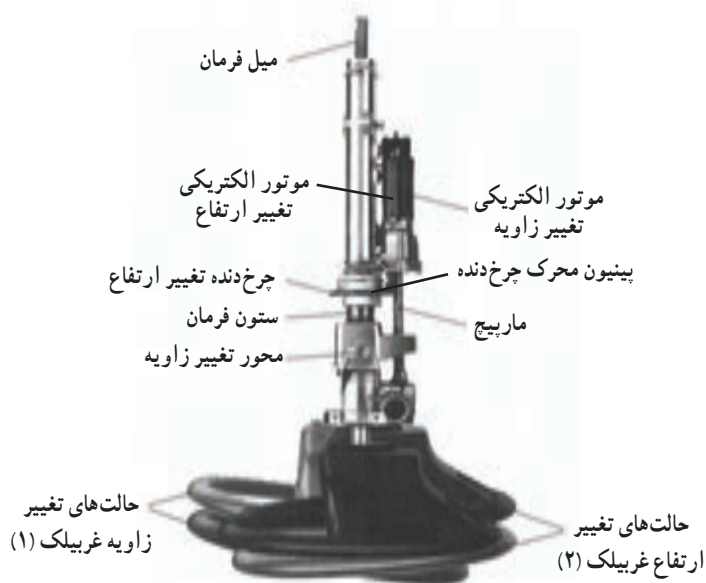
در برخی از خودروها به منظور افزایش راحتی راننده، از غریبلیک فرمان با قابلیت تنظیم ارتفاع و زاویه غریبلیک استفاده می شود. شکل ۸-۲، غریبلیک فرمان را با قابلیت تنظیم ارتفاع و زاویه به صورت دستی نشان می دهد. با توجه به شکل ۸-۲ الف، با تغییر موقعیت اهرم تنظیم



شکل ۸-۲- غریبلیک فرمان با قابلیت تنظیم زاویه و ارتفاع به صورت دستی

در برخی از خودروها به منظور تغییر ارتفاع و زاویه غریبلیک فرمان مطابق شکل ۸-۳ از دو موتور الکتریکی استفاده می شود، با به کار انداختن موتور الکتریکی محرک ماریج، غریبلیک فرمان حول محور تغییر زاویه، حرکت کرده و زاویه آن با توجه به درخواست راننده تغییر می کند (حالت ۱).

هرگاه موتور الکتریکی تغییر ارتفاع فعال شود، پینیون محرک شروع به دوران کرده و چرخ دنده تغییر ارتفاع درگیر با آن نیز دوران می کند. در نتیجه رزوه خارجی ستون فرمان که با رزوه داخلی چرخ دنده تغییر ارتفاع درگیر است باعث می شود طول ستون فرمان تغییر کند. بنابراین ارتفاع غریبلیک فرمان تنظیم می شود (حالت ۲).

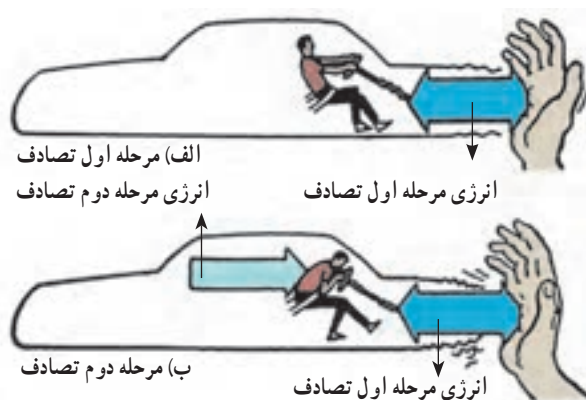


شکل ۸-۳- غریبلیک فرمان قابل تنظیم با موتور الکتریکی

## ۸-۲-۸- ایمنی در فرمان

یکی از مسائل مهم در طراحی میل فرمان و ستون فرمان ایمنی در تصادف است. با توجه به شکل ۸-۴، هنگام بروز تصادف از جلو، دو مرحله ذیل ممکن است اتفاق بیفتد:

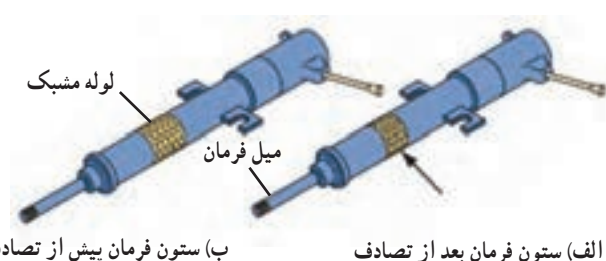
- ۱- تصادف خودرو از روبرو به مانع؛
  - ۲- برخورد راننده و سرنشین خودرو با وسایل داخل خودرو از جمله غریبک فرمان و داشبورد.
- مطابق شکل ۸-۴، در صورتی که ستون فرمان به صورت جمع شونده و انعطاف پذیر طراحی شود، مقداری از انرژی دو مرحله تصادف را جذب می نماید.



شکل ۸-۴- مراحل بروز تصادف

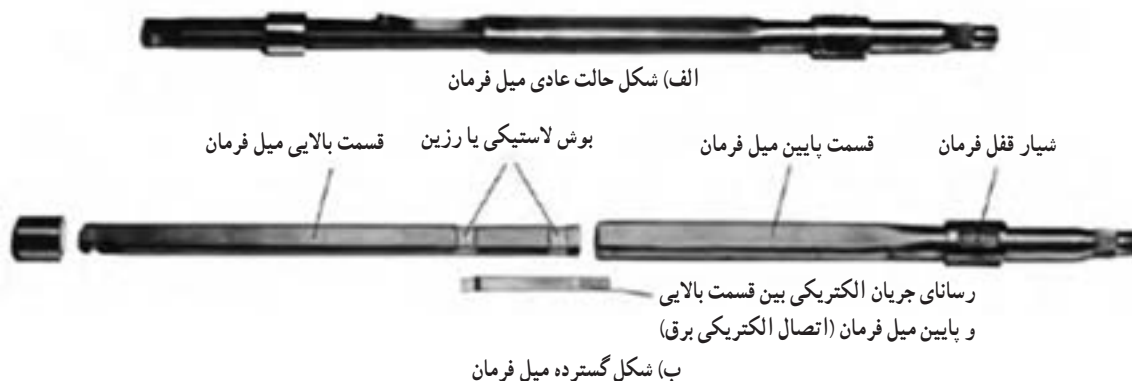
با توجه به شکل ۸-۴، در مرحله اول تصادف در صورتی که قسمت پایین (نزدیک جعبه فرمان) ستون فرمان تحت تأثیر انرژی تصادف جمع شود، مقداری از انرژی مرحله اول تصادف را جذب می نماید.

در مرحله دوم تصادف که بدن راننده با غریبک فرمان برخورد می نماید، در صورتی که قسمت بالایی ستون فرمان نیز تغییر شکل دهد، مقداری از انرژی مرحله دوم تصادف را نیز جذب خواهد نمود. بنابراین از انتقال مستقیم کل انرژی تصادف به راننده جلوگیری می شود. برای این منظور از ستون های فرمان جمع شونده استفاده می شود. ستون های فرمان جمع شونده دارای انواع مختلفی ست که به بررسی چند نوع از آنها پرداخته می شود.



شکل ۸-۵- ستون فرمان نوع لوله مشبک

با توجه به شکل ۸-۶، میل فرمان نیز به صورت دو تکه ساخته می شود تا در هنگام بروز تصادف از جلو، قسمت پایین میل فرمان در داخل قسمت بالایی میل فرمان به صورت کشویی حرکت کند و همزمان با جمع شدن ستون فرمان، طول میل فرمان نیز کاهش یابد. از این رو، ضمن جذب مقداری از انرژی تصادف (به علت تغییر شکل میل فرمان و ستون فرمان). هنگام بروز تصادف از

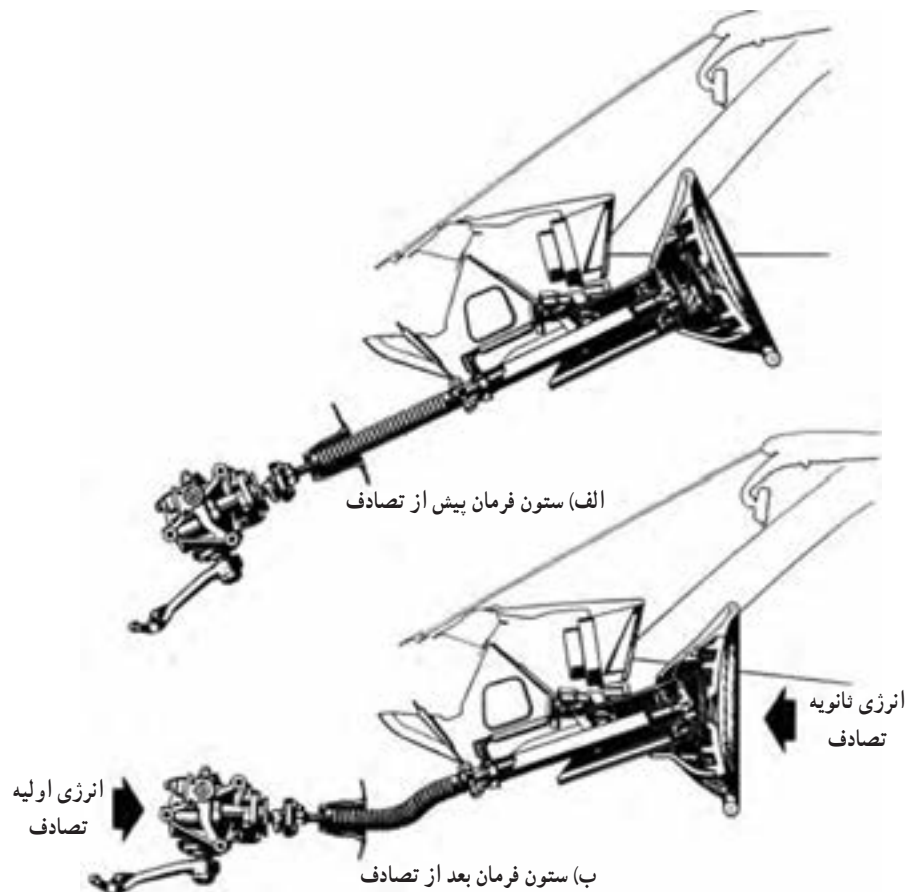


شکل ۸-۶- میل فرمان کشویی با اتصال بوش لاستیکی یا تزریق پلاستیک

حرکت میل فرمان و ستون فرمان به سمت راننده جلوگیری می‌شود. برای اتصال قسمت بالا و پایین میل فرمان نوعی رزین بین این دو قسمت تزریق، یا از دو بوش لاستیکی استفاده می‌شود. در اثر انرژی تصادف دو بوش یا رزین دچار شکست می‌شوند و قسمت پایین میل فرمان، درون قسمت بالای میل فرمان حرکت محوری انجام می‌دهد، در نتیجه ضمن کاهش طول میل فرمان، مقداری از انرژی تصادف نیز جذب می‌شود.

## ۲-۲-۸- میل فرمان لوله خرطومی قابل انعطاف :

با توجه به شکل ۷-۸، در این نوع میل فرمان برای انتقال گشتاور غریبک فرمان به جعبه فرمان از یک میل فرمان، که در قسمت پایین به صورت لوله خرطومی قابل انعطاف است استفاده شده است. هنگام بروز تصادف، قسمت خرطومی میل فرمان با تغییر شکل دادن و جمع شدن مانع از حرکت میل فرمان به سمت راننده و آسیب دیدن راننده می‌شود.



شکل ۷-۸- میل فرمان لوله‌ای خرطومی قابل انعطاف

## ۳-۸- جعبه فرمان

جعبه فرمان یکی از اجزای اصلی سیستم فرمان است و وظایفی به شرح زیر دارد :

- ۱- افزایش گشتاور و کاهش جابه‌جایی دَوْرانی دست راننده؛

فرمان (۹۰ درجه)؛

۳- تبدیل حرکت دورانی غریبک فرمان به حرکت خطی مکانیزم اهرم‌بندی فرمان

## ۴-۸- انواع جعبه فرمان

جعبه فرمان‌ها از لحاظ نحوه افزایش نیرو و گشتاور و

۲- تغییر صفحه دورانی غریبک فرمان به صفحه مکانیزم

راحتی راننده در فرمان دادن، به دو دسته تقسیم می‌شوند :

۱- **جعبه فرمان‌های مکانیکی** : در این نوع جعبه فرمان‌ها، تنها از طریق اجزای مکانیکی مانند چرخ‌دنده‌ها و بازوهای مختلف، نیروی دست راننده افزایش می‌یابد و به چرخ‌ها منتقل می‌شود.

۲- **جعبه فرمان‌های با توان کمکی** : در این جعبه فرمان‌ها، علاوه بر استفاده از اجزای مکانیکی، از توان هیدرولیکی و الکتریکی به منظور افزایش توان دست راننده استفاده می‌شود. جعبه فرمان‌ها از نظر مکانیزم و نحوه عملکرد نیز به شرح

زیر دسته‌بندی می‌شوند :

● **جعبه فرمان حلزونی انگشتی**؛

● **جعبه فرمان حلزونی با دنده تاج خروسی**؛

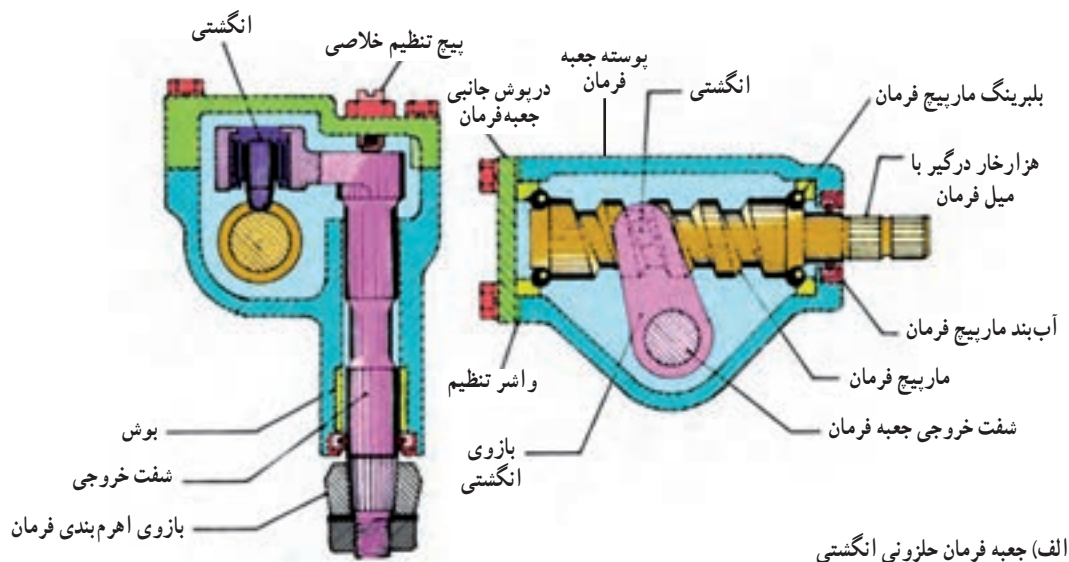
● **جعبه فرمان حلزونی غلتکی**؛

● **جعبه فرمان ساچمه در گردش با دنده تاج خروسی**؛

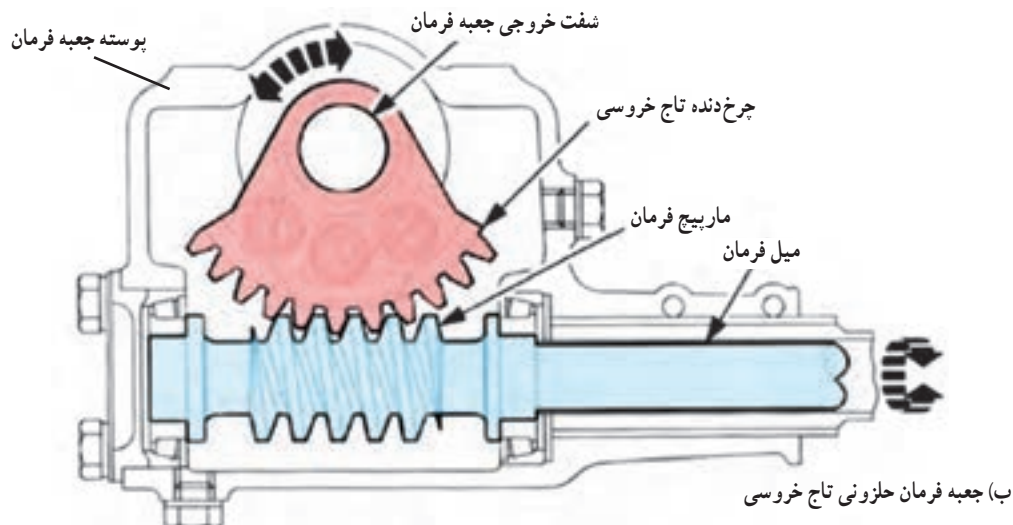
● **جعبه فرمان دنده شانه‌ای**؛

۱-۴-۸- **جعبه فرمان حلزونی انگشتی** : جعبه فرمان

حلزونی با دنده تاج خروسی و جعبه فرمان حلزونی غلتکی، این نوع جعبه فرمان‌ها به دلیل معایب زیاد در خودروهای امروزی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. لذا به جهت آشنایی در شکل‌های ۸-۸ و ۸-۹ نمایش داده شده‌اند.



الف) جعبه فرمان حلزونی انگشتی

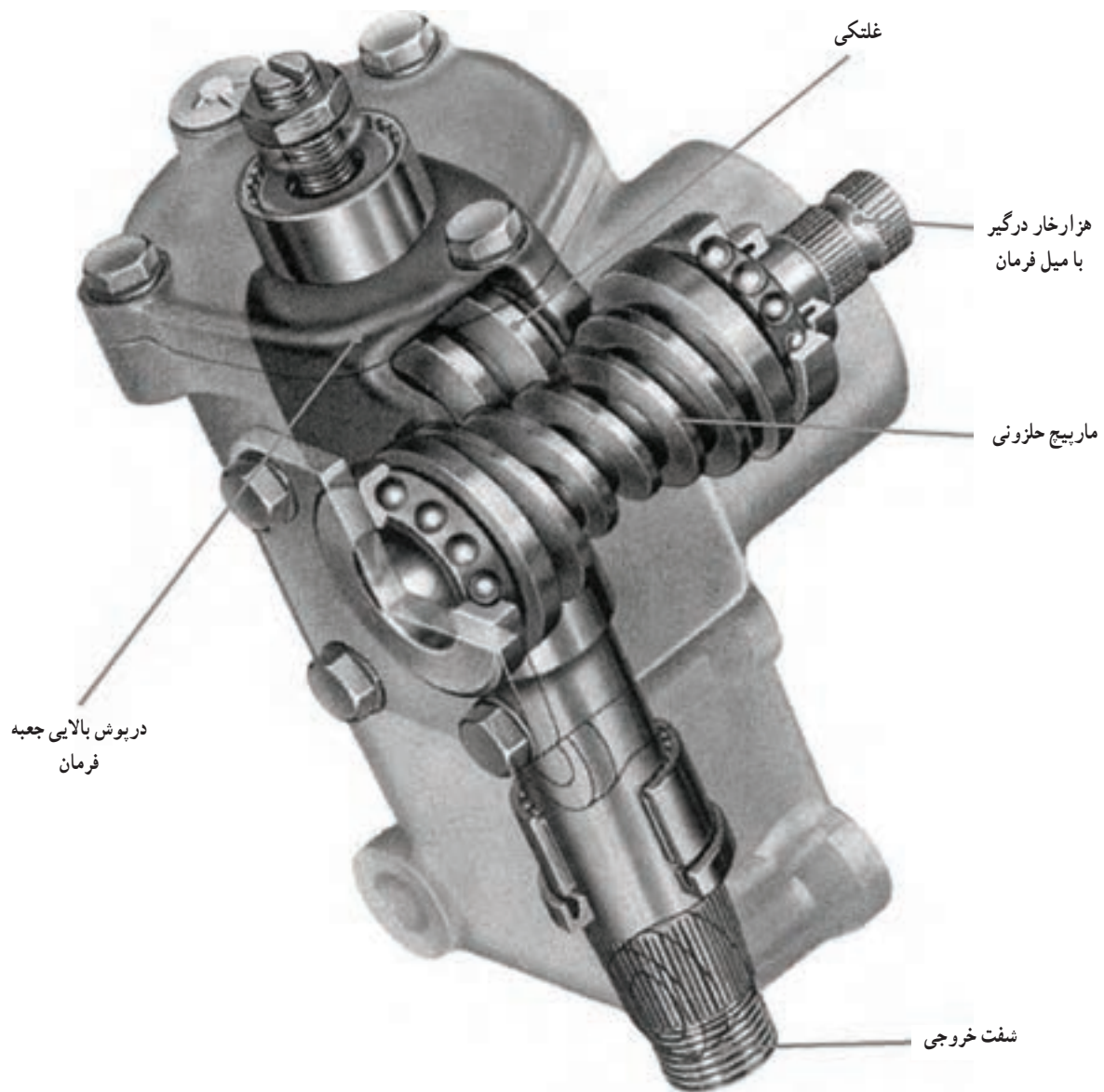


ب) جعبه فرمان حلزونی تاج خروسی

شکل ۸-۸- ساختمان داخلی جعبه فرمان حلزونی انگشتی و حلزونی با دنده تاج خروسی



شکل ۸-۹، ساختمان داخلی جعبه فرمان حلزونی غلتکی را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۹- جعبه فرمان حلزونی غلتکی

مه‌رۀ انتقال (۱۱) منتقل می‌کند. بنابراین مه‌رۀ انتقال حرکت خطی انجام می‌دهد. این حرکت از طریق دندانه‌های ایجاد شده بر روی بدنه خارجی مه‌رۀ (۹) به دندۀ تاج خروسی و شفت خروجی جعبه فرمان (۱۳) منتقل می‌شود. حرکت دورانی شفت خروجی باعث دوران بازوی هزار خار فرمان (۱۶) می‌شود که به مکانیزم فرمان متصل است. حرکت مکانیزم فرمان نیز باعث دوران چرخ‌ها و

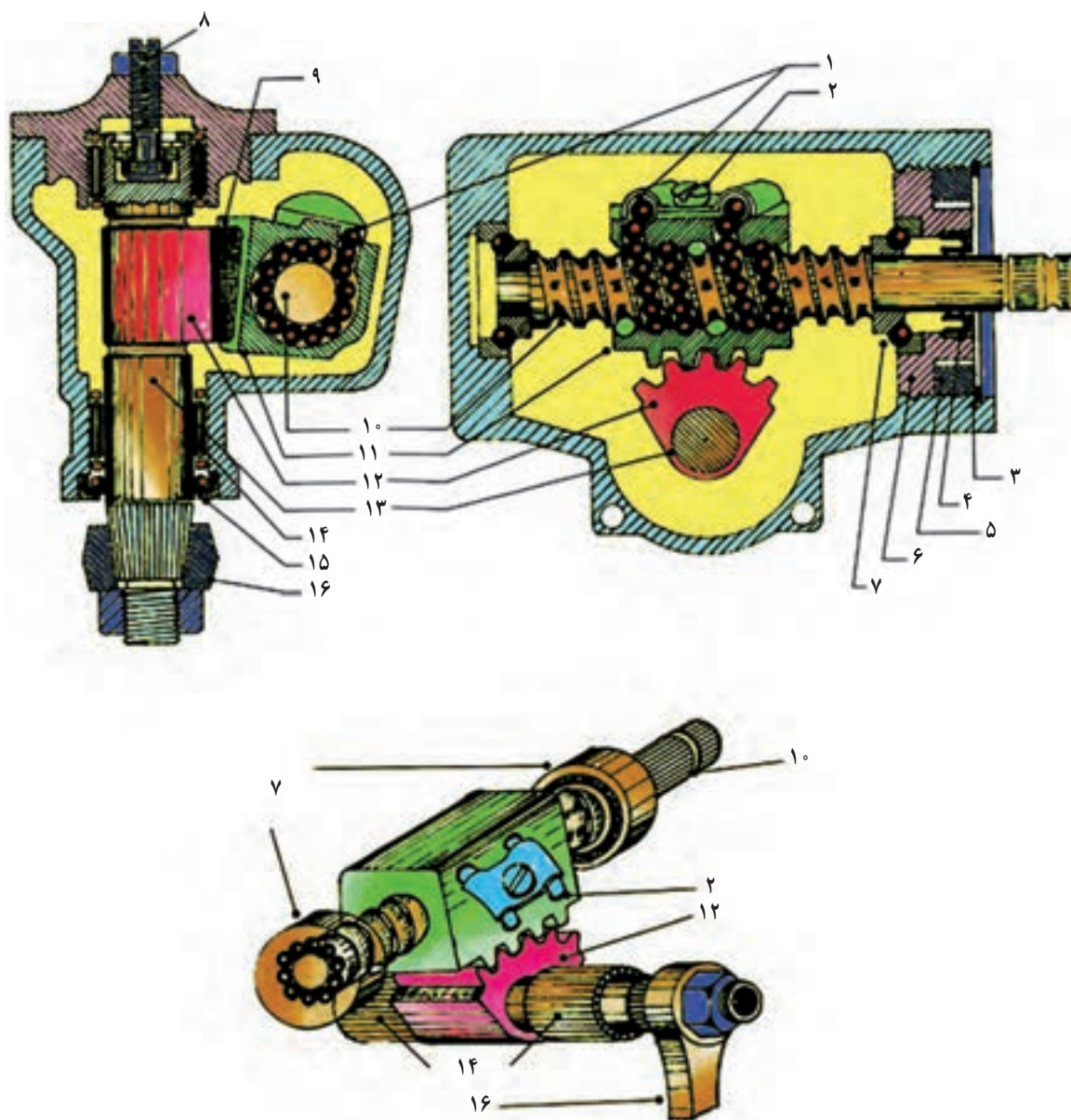
۲-۴-۸- جعبه فرمان ساچمه در گردش با دندۀ تاج خروسی: شکل ۸-۱۰، ساختمان داخلی جعبه فرمان ساچمه در گردش با دندۀ تاج خروسی را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۸-۱۰، با دوران غریبک فرمان، مارپیچ جعبه فرمان نیز دوران می‌نماید. از آنجایی که مارپیچ امکان حرکت محوری ندارد، حرکت خود را از طریق ساچمه‌ها (۱) به

نهایتاً فرمان دهی خودرو می‌شود.

به منظور تنظیم خلاصی فرمان (لقی بین تاج خروسی و

چرخ دنده روی مارپیچ فرمان) از پیچ تنظیم (۸) استفاده می‌شود. هرگاه پیچ تنظیم بالای شفت خروجی سفت شود دنده تاج خروسی را به سمت پایین به حرکت درمی‌آورد و چون قسمت بالای دنده تاج خروسی قطر بزرگ‌تری دارد درگیری تاج خروسی و چرخ دنده روی مارپیچ بیشتر می‌شود و از این رو لقی بین آنها کاهش می‌یابد.

در این نوع جعبه فرمان برای انتقال حرکت مارپیچ به چرخ دنده تاج خروسی، از ساچمه‌های کروی که باعث کاهش اصطکاک می‌شوند، استفاده شده است. این موضوع باعث بالا رفتن کارایی جعبه فرمان، نرمی فرمان و کاهش نیروی دست راننده می‌گردد.



شکل ۱۰-۸- جعبه فرمان ساچمه در گردش با دنده تاج خروسی

- ۱- ساچمه
- ۲- لوله‌های مسیر گردش ساچمه‌ها
- ۳- خار حلقوی
- ۴- آب‌بند مارپیچ
- ۵- مهره ضامن
- ۶- پیچ تنظیم لقی
- ۷- بلبرینگ مارپیچ
- ۸- پیچ تنظیم خلاصی جعبه فرمان
- ۹- دنده تاج خروسی مخروطی
- ۱۰- مارپیچ
- ۱۱- مهره با چرخ دنده شانه‌ای (مهره انتقال)
- ۱۲- چرخ دنده تاج خروسی
- ۱۳- شفت خروجی
- ۱۴- رولبرینگ سوزنی
- ۱۵- آب‌بند شفت خروجی
- ۱۶- بازوی هزار خار (بازوی محرک اهرم بندی فرمان)

مزایا و معایب جعبه فرمان ساچمه در گردش با دنده تاج خروسی به شرح زیرند :

#### ❖ مزایا

۱- کم بودن اصطکاک و افت توان جعبه فرمان که به افزایش راحتی راننده منجر می شود. لذا این نوع جعبه فرمان برای استفاده در خودروهای سواری مناسب است.

۲- نیاز به نگهداری و تعمیر کمتری دارد.

۳- به علت سایش کمتر، خلاصی جعبه فرمان به مرور زیاد نمی شود و ایمنی سیستم فرمان خودرو بالاست.

۴- با تغییر گام دندانه های بدنه خارجی مهره انتقال قدرت، می توان قابلیت های سیستم فرمان را افزایش داد. به همین منظور در قسمت وسط مهره انتقال قدرت، که مخصوص سرعت بالاست و طبیعتاً در سرعت های بالا از زاویه فرمان کمی استفاده می شود، مقدار گام چرخ دنده را کاهش می دهند تا حساسیت سیستم فرمان کاهش یابد. در حالی که در دو انتهای مهره انتقال قدرت، که مخصوص حالتی است که راننده غریبک فرمان را تا انتها می چرخاند که خاص سرعت کم و عمدتاً برای پارک کردن خودرو

و دور زدن مورد استفاده قرار می گیرد، مقدار گام را افزایش می دهند تا به فرمان پذیری بیشتر خودرو منجر شود و در نتیجه قابلیت پارک کردن خودرو، به خصوص در فضاهای کوچک، افزایش یابد.

۵- از سیستم توان کمکی در این جعبه فرمان می توان استفاده کرد.

۶- سیستم اهرم بندی دارای اهرم ها و مفاصل متعددی است و عملکرد مناسبی برای پایداری خودرو ایجاد می نماید.

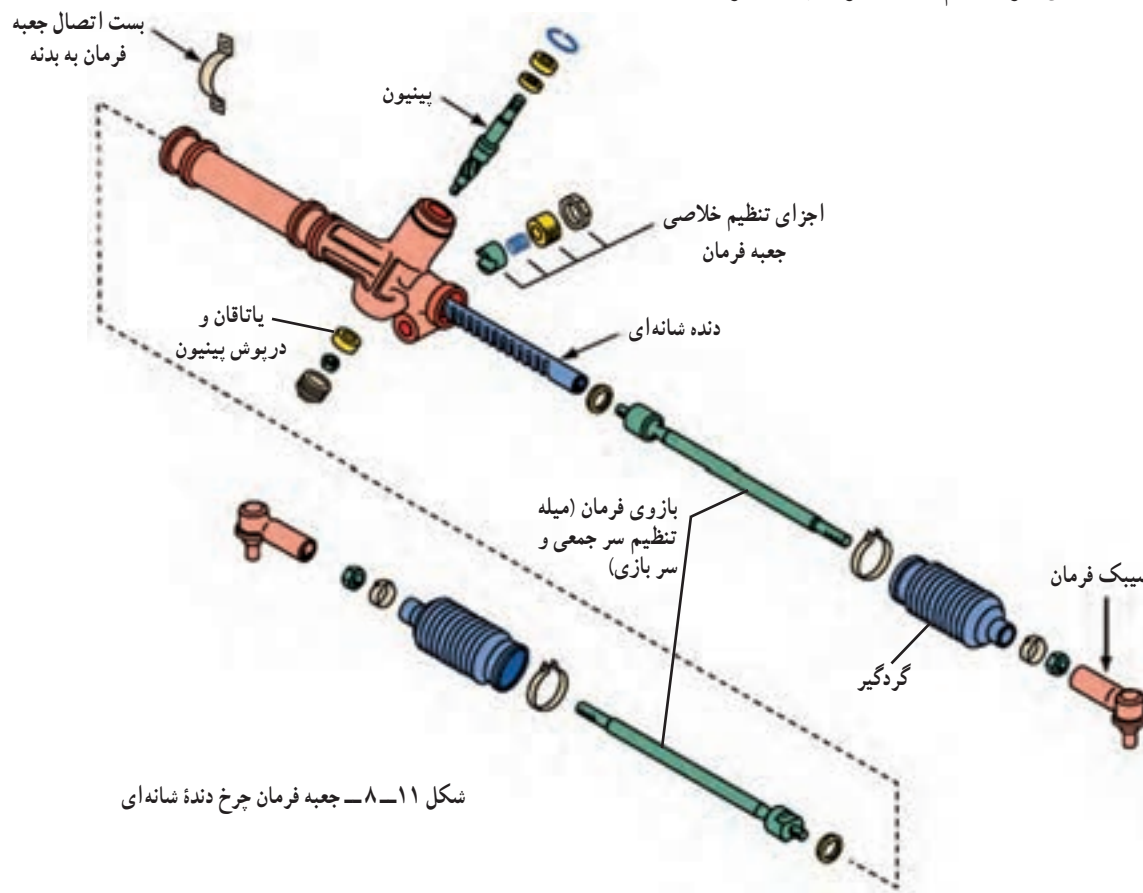
#### ❖ معایب

۱- وزن زیاد

۲- قیمت تمام شده بالا

۳- مکانیزم اهرم بندی به کار رفته در این نوع جعبه فرمان دارای اهرم ها و مفاصل متعدد است. بنابراین قیمت تمام شده سیستم فرمان و هزینه نگهداری و تعمیر آن افزایش می یابد.

۳- ۴- ۸- جعبه فرمان چرخ دنده شانه ای : در شکل ۱۱-۸، ساختمان جعبه فرمان چرخ دنده شانه ای نشان داده شده است.

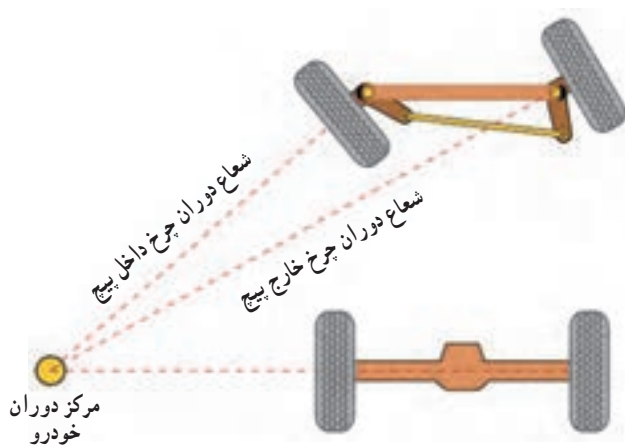


شکل ۱۱-۸- جعبه فرمان چرخ دنده شانه ای

۲- در این مکانیزم، از تعداد بازوها و مفاصل کمتری استفاده شده است. بنابراین عملکرد سیستم فرمان به منظور افزایش پایداری خودرو، نسبت به مکانیزم به کار گرفته شده با جعبه فرمان ساجمه در گردش، نامناسب تر است.

## ۵-۸- هندسه مکانیزم فرمان و رابطه آکرمان

شکل ۱۲-۸، عملکرد هندسه فرمان را در طی مسیر پیچ جاده نشان می دهد.



شکل ۱۲-۸- مرکز آنی دوران خودرو و رابطه آکرمان

مطابق شکل ۱۲-۸، هر گاه خودرویی به صورت پایدار و بدون لغزش بیش از حد، در مسیر دایره ای یا پیچ جاده حرکت کند، چرخ داخل پیچ روی محیط دایره ای با شعاع کمتر نسبت به چرخ خارج پیچ حرکت می کند. در این حالت، در صورتی که هر چهار چرخ حول یک نقطه دوران نکنند در چرخ ها لغزش ایجاد می شود و پایداری خودرو کاهش می یابد و در تایرها سایش نامتقارن ایجاد می شود. بنابراین طبق رابطه آکرمان به منظور حرکت پایدار و مناسب خودرو هنگام طی مسیر پیچ جاده، تمام چرخ های خودرو باید روی دایره هایی با مرکز مشترک حرکت کنند.

برای این منظور در خودروها مکانیزم سیستم فرمان را به صورتی طراحی می کنند تا هنگام حرکت خودرو طی مسیر پیچ جاده، چرخ داخل پیچ، نسبت به چرخ خارج پیچ زاویه بیشتری داشته باشد. برای ایجاد این خاصیت از دوزنقه فرمان در مکانیزم فرمان استفاده می شود. با توجه به شکل ۱۳-۸، خط

باتوجه به شکل ۱۱-۸، با دوران غریبک فرمان، چرخ دنده پینیون نیز دوران می کند. دوران چرخ دنده پینیون باعث می شود چرخ دنده شانه ای درگیر با آن حرکت خطی نماید و با توجه به جهت دوران غریبک، حرکتش به چپ یا راست باشد. حرکت چرخ دنده شانه ای از طریق میل فرمان به منظور فرمان دادن، به چرخ ها منتقل می شود.

مزایا و معایب جعبه فرمان دنده شانه ای به شرح زیرند:

✱ مزایا

- ۱- اشغال فضای کم، از این رو برای استفاده در خودروهای محرک جلو که فضای کمی در اختیار دارند، مناسب است؛
- ۲- قیمت کمتر نسبت به جعبه فرمانهای مارپیچی؛
- ۳- سبکی جعبه فرمان که باعث کاهش وزن خودرو می شود؛
- ۴- به دلیل حرکت خطی چرخ دنده شانه ای و انتقال مستقیم حرکت به محور چرخ، دارای اهرم ها و مفاصل کمتری است و در نتیجه هزینه تولید، نگهداری و تعمیر آن کاهش می یابد.
- ۵- سایش و اصطکاک آن کم و هزینه نگهداری و تعمیر آن کمتر است.

۶- با تغییر گام چرخ دنده شانه ای می توان قابلیت های سیستم فرمان را افزایش داد. به همین منظور در قسمت وسط شانه ای که مخصوص سرعت بالاست و طبیعتاً در سرعت های زیاد از زاویه فرمان کمی استفاده می شود، مقدار گام را کاهش می دهند تا حساسیت سیستم فرمان کاهش یابد. در حالی که در دو انتهای دنده شانه ای که مخصوص حالتی است که راننده غریبک فرمان را تا انتها می چرخاند که خاص سرعت کم است و عمدتاً برای پارک کردن خودرو و دور زدن مورد استفاده قرار می گیرد، مقدار گام را افزایش می دهند تا به فرمان پذیری بیشتر خودرو منجر شود. بنابراین قابلیت پارک خودرو، به خصوص در فضاهای کوچک افزایش می یابد.

۷- از سیستم فرمان با توان کمکی، به راحتی می توان برای این نوع جعبه فرمان استفاده نمود.

✱ معایب

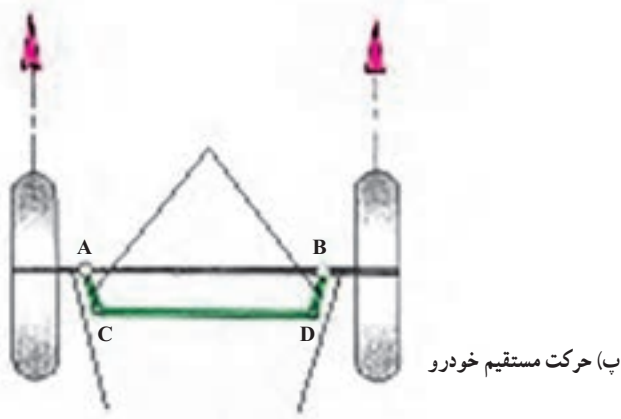
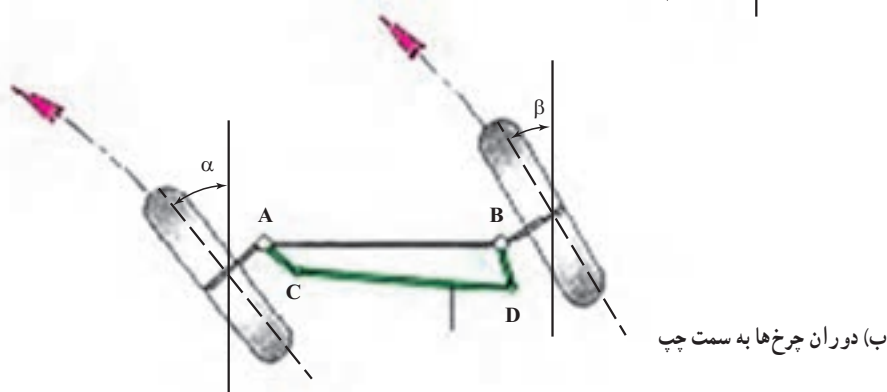
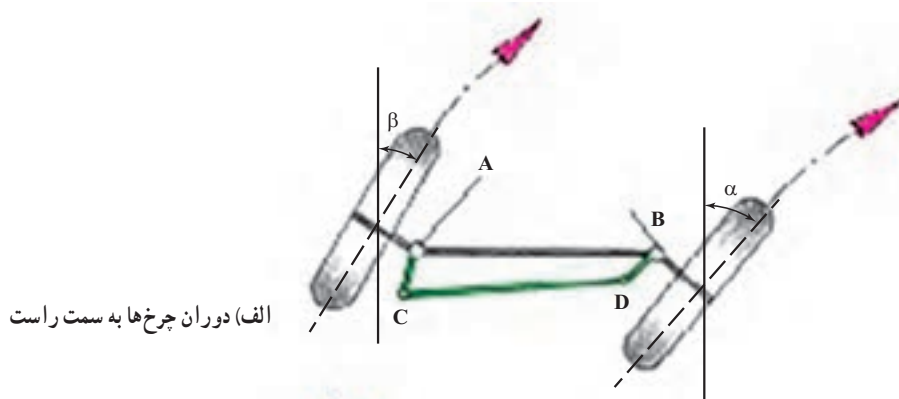
- ۱- محدودیت افزایش گشتاور دارد.



(۱۳-۸-ب)، عکس حالت (a) اتفاق می‌افتد بنابراین برای اینکه خودرو هنگام طی کردن مسیر پیچ جاده بتواند به صورت یکنواخت حرکت کند، طبق رابطه آکرمان باید ابعاد و زوایای بازوهای مکانیزم فرمان به گونه‌ای طراحی شود که زاویه فرمان چرخ داخل پیچ از زاویه فرمان چرخ بیرون پیچ بیشتر باشد. با در نظر گرفتن این موضوع، شکل ظاهری مکانیزم فرمان به صورت یک دوزنقه خواهد بود.

متصل کننده محورهاى چرخ (AB) از خط واصل مفصل‌هاى (سیک‌ها CD) بازوى اهرم‌بندى فرمان (شغال دست‌ها) بزرگ‌تر است. ( $AB > CD$ ).

بنابراین مطابق شکل ۱۳-۸-الف، در دوران چرخ‌ها به سمت راست، به دلیل دوزنقه‌ای بودن اهرم‌بندی فرمان، دوران چرخ داخل پیچ ( $\alpha$ ) از زاویه دوران چرخ خارج پیچ ( $\beta$ ) بیشتر است. همچنین در دوران چرخ‌ها به سمت چپ، مطابق شکل



شکل ۱۳-۸- دوزنقه فرمان



## ۶-۸- مکانیزم فرمان

مکانیزم فرمان مجموعه‌ای از بازوها و مفاصل است. این مجموعه وظیفه انتقال حرکت و گشتاور شفت خروجی یا دنده شانه‌ای جعبه فرمان به محور چرخ را برای فرمان دادن به چرخ‌ها برعهده دارد.

مکانیزم‌های فرمان دارای انواع مختلفی است، که با توجه به موارد زیر در خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱- محرک یا غیرمحرک بودن محور جلو و قرارگرفتن موتور به صورت طولی یا عرضی؛

۲- نوع سیستم تعلیق به کار رفته در محور جلو؛

۳- نوع جعبه فرمان به کار رفته در سیستم فرمان؛

۴- نوع خودرو (سواری و کامیون)، کاربرد آن، نوع شاسی و محل قرارگیری جعبه فرمان در جلو یا عقب چرخ.

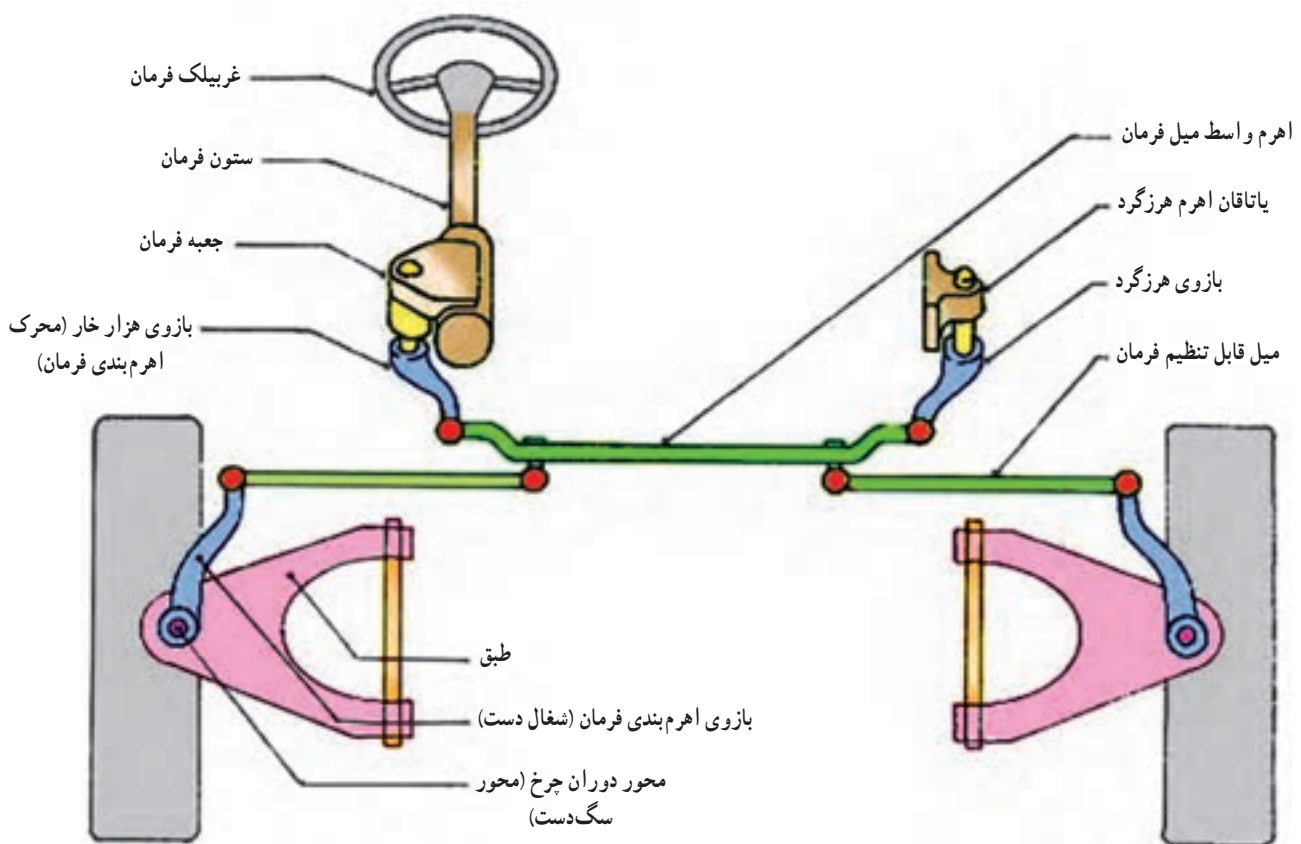
در این بخش دو نوع رایج مکانیزم فرمان در خودروهای

سواری بررسی می‌شود.

شکل ۱۴-۸، نوعی مکانیزم فرمان به کار رفته در جعبه

فرمان‌هایی را که شفت ورودی آنها مارپیچی یا حلزونی و دارای

شفت خروجی عمود بر شفت ورودی است، نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۸- مکانیزم فرمان با جعبه فرمان مارپیچی یا حلزونی

باعث جابه‌جایی اهرم واسط می‌شود. اهرم واسط نیز این حرکت را از طریق میله قابل تنظیم فرمان به بازوی اهرم بندی فرمان انتقال می‌دهد. این امر موجب دوران چرخ و فرمان‌دهی خودرو می‌شود.

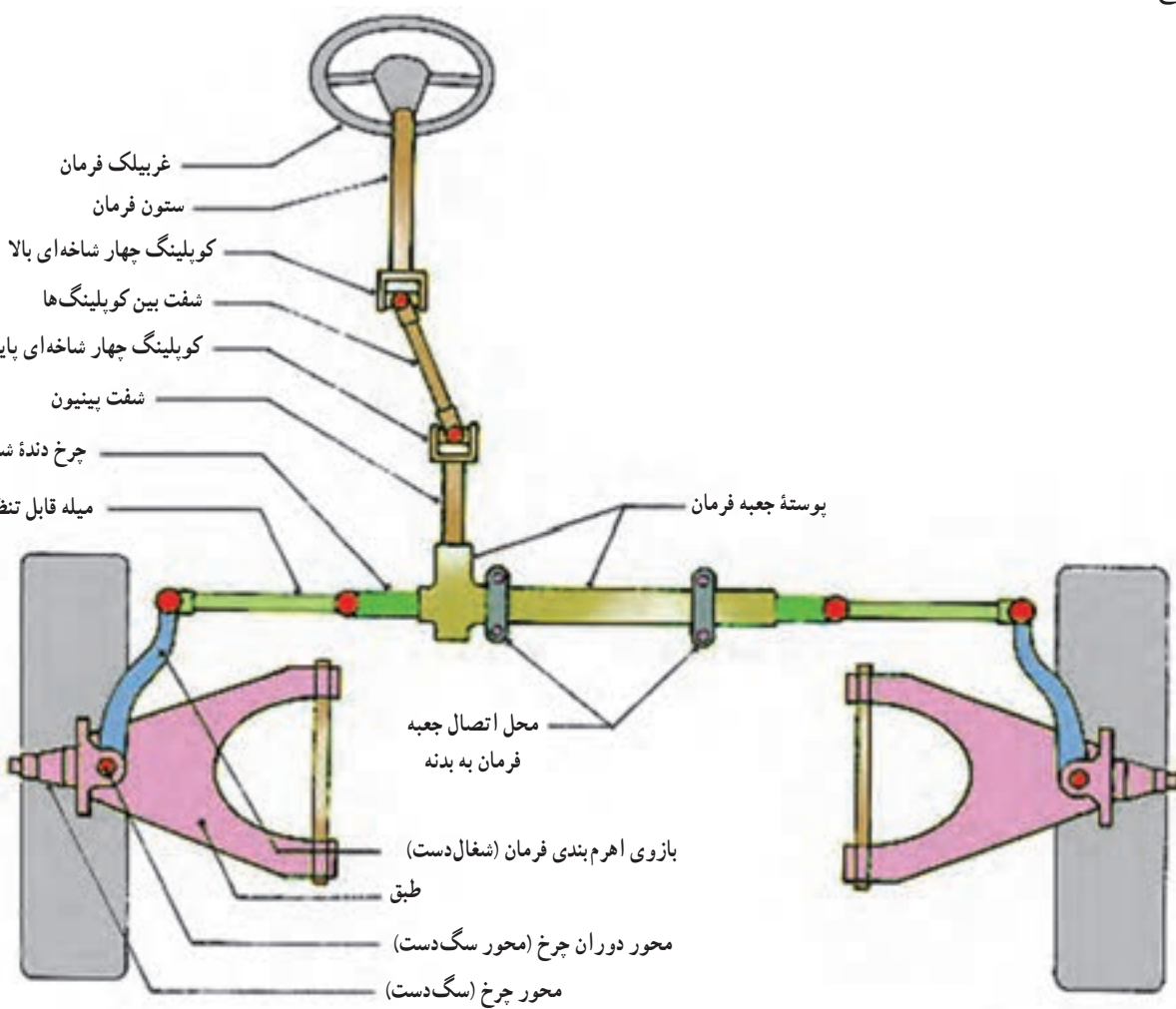
با توجه به شکل ۱۴-۸، در این مکانیزم برای انتقال گشتاور شفت خروجی جعبه فرمان به چرخ‌ها و نیز تبدیل حرکت دورانی آن به حرکت خطی، از یک اهرم واسط استفاده می‌شود. هنگام دوران غریبک فرمان، بازوی محرک با حرکت زاویه‌ای خود

**نکته :** میله قابل تنظیم فرمان، قابلیت تنظیم طول را دارد که به منظور تنظیم سرجمعی و سربازی چرخ‌ها، می‌توان طول این بازوها را (با کوتاه و بلند نمودن) تغییر داد.

با توجه به شکل ۱۵-۸، در این مکانیزم با حرکت خطی چرخ‌دنده‌شانه‌ای فرمان، بازوی فرمان نیز جابه‌جا می‌شود. حرکت

The diagram illustrates the mechanical components of a vehicle's steering system. The labels, from top to bottom, are:
 

- غریبک فرمان (Steering wheel)
- ستون فرمان (Steering column)
- کویلینگ چهار شاخه ای بالا (Upper four-way coil spring)
- شفت بین کویلینگ ها (Inter-coil spring shaft)
- کویلینگ چهار شاخه ای پایین (Lower four-way coil spring)
- شفت پینیون (Pinion shaft)
- چرخ دنده شانه ای (Bevel gear wheel)
- میله قابل تنظیم (Adjustable tie rod)
- محل اتصال جعبه فرمان به بدنه (Steering box connection point to chassis)
- ی فرمان (شغال دست) طبق (Steering knuckle)
- چرخ (محور سگ دست) طبق (Steering knuckle)
- محور چرخ (سگ دست) طبق (Steering knuckle)



شکل ۱۵-۸- مکانیزم فرمان به کار رفته در جعبه فرمان‌های چرخ دنده‌ شانه‌ ای

## ۷-۸- فرمان‌های با توان کمکی

مانند هیدرولیکی و الکتریکی در سیستم فرمان استفاده می‌شود.  
از این رو دوران غریبلک فرمان با نیروی کمتری صورت  
می‌گیرد و علاوه بر آن تأخیر در فرمان‌دهی خودرو نیز کاهش می‌یابد.

امروزه در اکثر خودروها، به منظور راحتی بیشتر راننده، افزایش قابلیت پارک کردن و پایداری خودرو، از سیستم‌های کمکی

جعبه فرمان‌های با توان کمکی به سه نوع زیر تقسیم می‌شوند :

در این بخش جعبه فرمان‌ها با توان کمکی بررسی می‌شوند.

۱- فرمان‌های هیدرولیکی؛

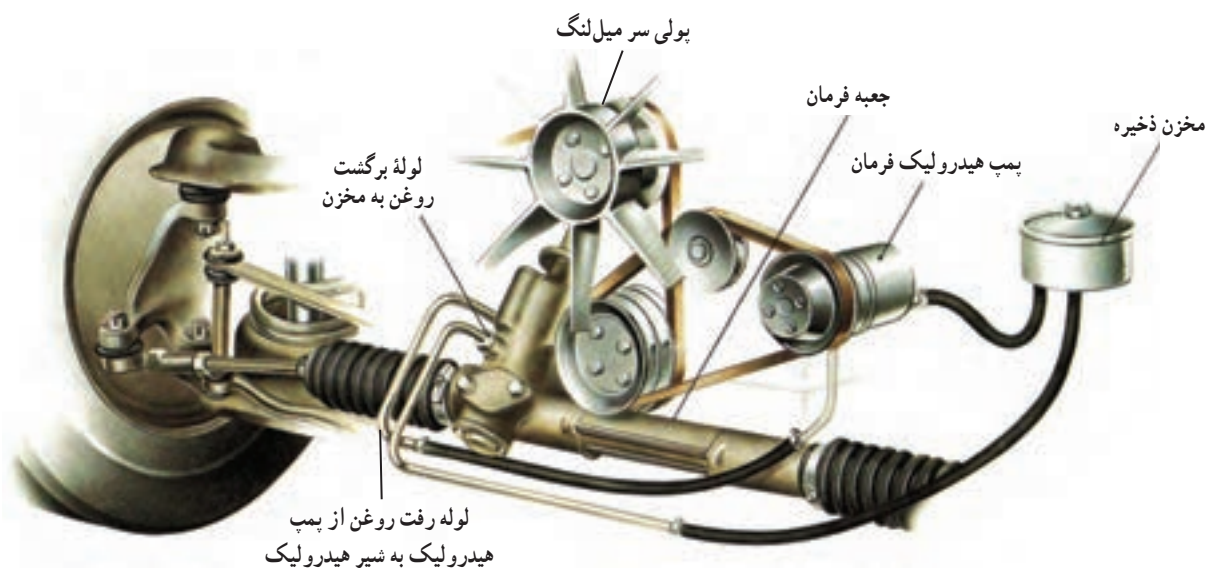
۸-۷-۱- فرمان هیدرولیکی : شکل ۱۶-۸، نمای

۲- فرمان‌های الکترو هیدرولیکی؛

شماتیک فرمان هیدرولیکی را با جعبه فرمان دنده‌شانه‌ای نشان

۳- فرمان‌های الکتریکی.

می‌دهد.



شکل ۱۶-۸- شماتیک فرمان هیدرولیکی

مطابق شکل ۱۶-۸، در این مکانیزم از فشار هیدرولیکی

بیشتری می‌شود.

تولید شده توسط پمپ هیدرولیکی، برای کمک به حرکت چرخ‌دنده‌شانه‌ای و کاهش نیروی دست راننده استفاده می‌شود. این پمپ نیروی مورد نیاز خود را توسط تسمه و بولی از میل‌لنگ موتور دریافت می‌کند.

شکل ۱۷-۸، نمای ظاهری فرمان هیدرولیک و نحوه

ارتباط اجزای آن را نشان می‌دهد.

شکل ۱۸-۸، نحوه عملکرد جعبه فرمان هیدرولیک و

شیر هیدرولیکی آن را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۱۸-۸ عملکرد فرمان هیدرولیک در

حالت‌های زیر بررسی می‌شود :

۱- حالت ثابت بودن غریبک فرمان : مطابق شکل

۱۸-۸، در حالت ثابت بودن غریبک فرمان، روغن هیدرولیک

تحت فشار پمپ، از طریق مجرای ورودی وارد شیر هیدرولیک

می‌شود. با توجه به این نکته که در هنگام ثابت بودن غریبک فرمان،

میل پیچشی در حالت آزاد قرار دارد و پیچشی در آن ایجاد نمی‌شود.

بنابراین قسمت داخلی شیر، که به میل پیچشی متصل است،

در وضعیتی قرار می‌گیرد که مجرای ورودی به مجرای خروجی

متصل می‌گردد. در نتیجه روغن ورودی به شیر هیدرولیک پس

فشار هیدرولیکی، مطابق شکل، توسط تجهیزاتی که به

جعبه فرمان دنده‌شانه‌ای افزوده شده است، توان سیستم فرمان را

افزایش می‌دهد. از این رو روی شفت ورودی جعبه فرمان، یک

شیر هیدرولیکی نصب شده است، که با دوران غریبک فرمان،

موقعیت آن (شیر) تغییر می‌کند و باعث می‌شود روغن هیدرولیک

وارد جک هیدرولیک گردد.

این روغن با توجه به جهت دوران غریبک به یک سمت

جک اعمال، و باعث حرکت جک می‌شود. از آنجایی که پیستون

جک به چرخ‌دنده‌شانه‌ای متصل است، چرخ‌دنده‌شانه‌ای نیز به

همراه جک حرکت می‌کند و باعث فرمان‌دهی چرخ‌ها با نیروی





از عبور از مجرای خروجی به مخزن ذخیره باز می‌گردد. در این حالت به دلیل اینکه روغن هیدرولیک از طریق شیر هیدرولیک به دو طرف پیستون جک وارد می‌شود (از طریق مجرای D و S) در این حالت روغن هیدرولیک مسیر با مقاومت کمتر را انتخاب نموده و به مخزن ذخیره باز می‌گردد در این وضعیت به دو طرف جک نیرویی وارد نشده و جک در موقعیت خود ثابت می‌ماند و به تبع آن، چرخ‌ها نیز موقعیت خود را حفظ می‌نمایند.

## ۲- حالت دوران غریبک به سمت راست یا چپ :

مطابق شکل ۱۸-۸، هنگامی که غریبک فرمان به سمت راست دوران می‌کند، در اثر گشتاور اعمالی غریبک به میل فرمان، میله پیچشی دچار پیچش شده و باعث می‌شود قسمت داخلی شیر هیدرولیک نسبت به قسمت خارجی در جهت چرخشی تغییر موقعیت دهد.

در این حالت مجرای ورودی (M) شیر هیدرولیک

به مجرای جک (S) که تا به حال راه داشت بازتر شده و از مجاری خروجی به مخزن (R) و (D) جک جدا می‌شود. از این رو روغن هیدرولیک تحت فشار از طریق مجرای (S) که مجرای آن بازتر شده به سمت راست جک هیدرولیک انتقال می‌یابد و باعث می‌شود پیستون جک به سمت چپ حرکت کند تا چرخ‌ها به سمت راست فرمان گیرند. از طرفی مجرای (D) نیز به مجرای (R) متصل می‌شود تا مایع هیدرولیک سمت دیگر جک به مخزن ذخیره منتقل گردد. بنابراین چرخ دنده‌شانه‌ای با چرخش پنیون و نیروی جک به منظور فرمان دادن به چرخ‌ها جابه‌جا می‌شود.

هنگام دوران غریبک به سمت چپ، عکس حالت فوق ایجاد می‌گردد. از این رو راه مجرای ورودی شیر هیدرولیک (M) که به مجرای (D) در حالت عادی راه داشت بازتر شده و مجرای (S) نیز به مجرای برگشت (R) راه پیدا می‌کند. در نتیجه با حرکت جک به سمت راست، چرخ‌ها به سمت چپ گردش می‌کنند.

نکته : همان گونه که در شکل (۱۸-۸) ملاحظه می‌شود، میله پیچشی به گونه‌ای در داخل شیر هیدرولیک تعبیه شده که از یک سمت به هزارخار میل فرمان و قسمت داخلی شیر هیدرولیک متصل است و از سمت دیگر به پنیون جعبه فرمان و قسمت بیرونی شیر هیدرولیک متصل است. بنابراین میله پیچشی واسطه انتقال گشتاور دست راننده از میل فرمان به پنیون جعبه فرمان می‌باشد. استفاده از این میله پیچشی باعث می‌شود :

۱- هنگامی که غریبک دوران می‌کند میله پیچشی به واسطه انتقال گشتاور به پنیون دچار پیچش می‌گردد و با تغییر موقعیت قسمت داخلی شیر، مجاری مختلف شیر را به یکدیگر متصل می‌نماید. این پیچش (میله پیچشی) تا زمانی که غریبک در حال دوران است وجود دارد و باعث انتقال روغن هیدرولیک به یک سمت جک و در نتیجه فرمان دهی چرخ‌ها می‌شود.

۲- با ثابت نگه داشتن غریبک فرمان، میله پیچشی، که دچار پیچش شده بود، به حالت اولیه خود باز می‌گردد و باعث قطع ارسال روغن هیدرولیک به جک و ثابت ماندن چرخ‌ها در همان وضعیت می‌شود.

بنابراین سیستم فرمان زودتر واکنش نشان می‌دهد و ایمنی خودرو و پایداری آن افزایش می‌یابد.

۳- به علت استفاده از سیستم هیدرولیک و با در نظر گرفتن این نکته که روغن هیدرولیک خاصیت مستهلک‌سازی ارتعاشات را نیز دارد، ارتعاشات و ضربات اعمالی از طرف چرخ به مکانیزم

فرمان هیدرولیک دارای مزایا و معایب به شرح زیر است :

❖ مزایا

۱- کاهش نیروی دست راننده، هنگام فرمان دادن؛

۲- به دلیل افزایش توان سیستم فرمان، سیستم هیدرولیک

با نیروی کمتری که به غریبک فرمان اعمال می‌شود فعال می‌گردد و



فرمان جذب و مستهلک می‌شود.

۴- با در نظر گرفتن گشتاور پیچشی مناسب برای میله پیچشی، در سرعت‌های زیاد که میزان گشتاور جابه‌جایی اعمالی به غریبک فرمان اندک است، مقدار جابه‌جایی قسمت داخلی شیر هیدرولیک، نسبت به قسمت بیرونی آن، کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی فعالیت سیستم هیدرولیک نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه در سرعت‌های زیاد از حساسیت فرمان کاسته می‌شود و پایداری خودرو افزایش می‌یابد.

#### ❖ معایب

۱- به دلیل زیاد بودن تعداد قطعات سیستم هزینه طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیر آن افزایش می‌یابد.

۲- با توجه به استفاده از روغن هیدرولیک، آلودگی سیستم افزایش می‌یابد.

۳- مصرف سوخت، به دلیل دوران دائمی پمپ هیدرولیک

(توسط موتور) افزایش می‌یابد.

۴- توان موتور، به دلیل اینکه پمپ هیدرولیک دائماً از موتور توان دریافت می‌کند، رو به اتلاف است.

۵- هنگام خاموش بودن موتور، گشتاور مورد نیاز برای فرمان دادن خودرو نسبت به حالتی که جعبه فرمان مکانیکی است، زیادتر است.

۷-۸- فرمان الکترو هیدرولیکی: عملکرد این نوع سیستم فرمان مشابه فرمان هیدرولیکی است، با این تفاوت که پمپ هیدرولیک به جای آنکه نیروی خود را توسط تسمه از موتور دریافت کند، توسط موتور الکتریکی دوران می‌نماید.

بنابراین برخی از معایب فرمان‌های هیدرولیک، از جمله افزایش مصرف سوخت و کاهش توان موتور در این نوع سیستم فرمان وجود ندارد. شکل ۱۹-۸، ساختمان ظاهری این نوع سیستم فرمان را نشان می‌دهد.

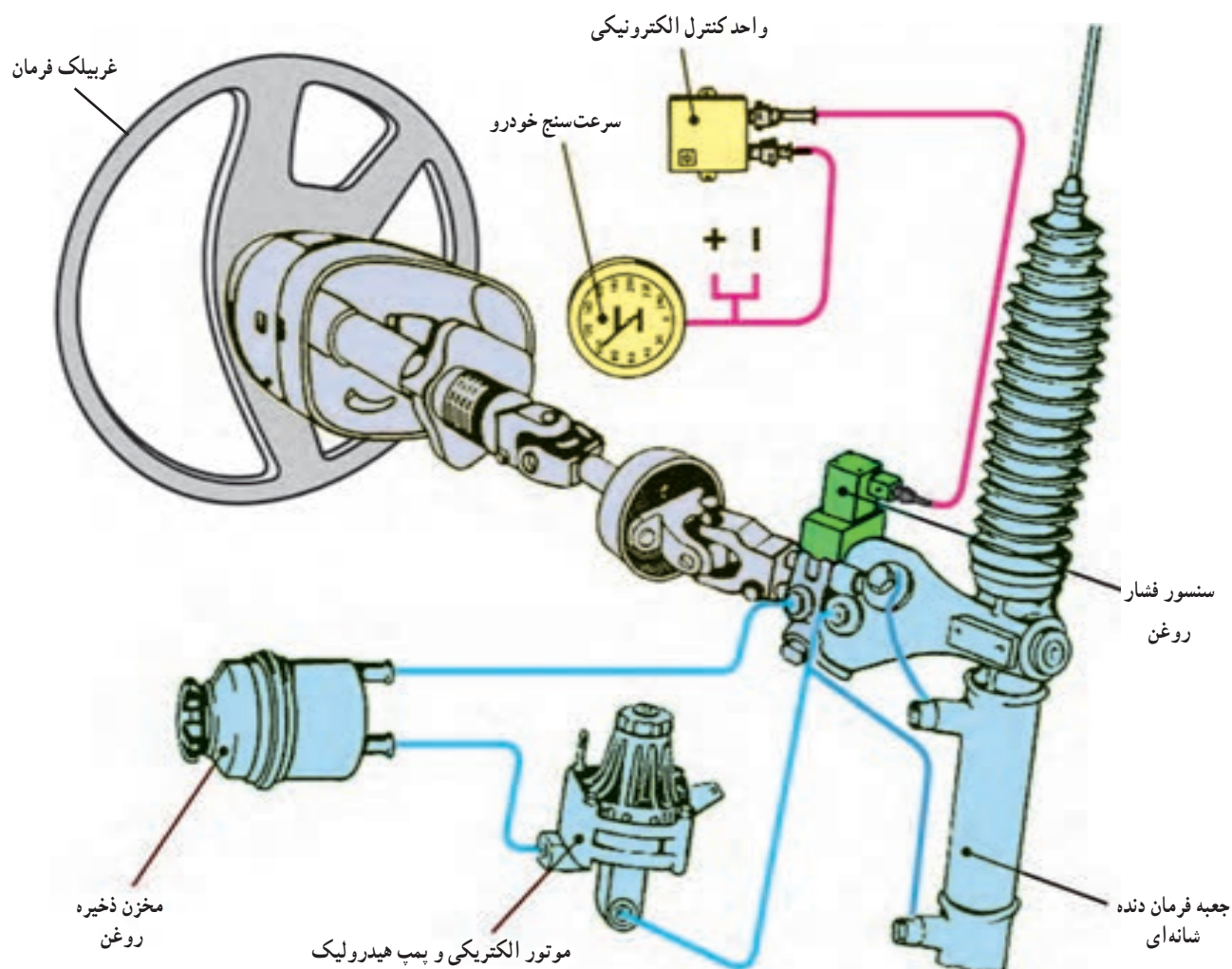


شکل ۱۹-۸- ساختمان ظاهری فرمان الکترو هیدرولیکی

خودرو تنظیم نماید. بنابراین به منظور افزایش ایمنی خودرو در سرعت‌های بالا، فشار مدار هیدرولیک کاهش می‌یابد تا فرمان‌دهی چرخ‌ها توسط دست راننده با نیروی بیشتری صورت پذیرد و در سرعت‌های کم فشار مدار هیدرولیک افزایش می‌یابد تا راننده با نیروی کمتری به چرخ‌ها فرمان دهد.

شکل (۸-۲۰)، نحوه ارتباط بین اجزای سیستم فرمان الکتروهیدرولیک و اجزای آن را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل (۸-۲۰)، ملاحظه می‌شود، در برخی از انواع فرمان‌های الکتروهیدرولیکی از عملگر کنترل فشار هیدرولیک استفاده می‌شود تا فشار مدار را براساس سرعت



شکل ۸-۲۰- نحوه ارتباط اجزای فرمان الکتروهیدرولیکی

۲- به دلیل استفاده از موتور الکتریکی و انرژی باتری برای راه‌اندازی پمپ هیدرولیک، امکان کاهش نیروی دست راننده (به منظور فرمان دادن به خودرو و در حالت موتور خاموش) نیز وجود دارد.

۳- به دلیل استفاده نشدن از نیروی موتور برای دوران

سیستم فرمان الکتروهیدرولیکی دارای مزایا و معایب به

شرح زیر است:

❖ مزایا

۱- محدودیتی در محل نصب پمپ و موتور الکتریکی

وجود ندارد و نیز برای نصب تسمه فضایی نیاز نیست.

پمپ، از هدر رفت انرژی موتور و کاهش توان موتور جلوگیری می‌شود.

۴- به دلیل استفاده از موتور الکتریکی برای دوران پمپ هیدرولیک، در حالت‌هایی که به فشار هیدرولیک بالا نیاز نیست، می‌توان، فشار تولیدی پمپ را کاهش داد. در نتیجه مصرف انرژی در حدود ۲۰٪، نسبت به فرمان‌های هیدرولیکی کاهش می‌یابد.

۵- با وجود واحد کنترل الکترونیکی و همچنین کنترل فشار هیدرولیک، می‌توان فشار هیدرولیک را، با توجه به پارامترهای مختلفی از قبیل سرعت خودرو، میزان نیروی وزن وارد بر چرخ‌ها و غیر آنها، کنترل نمود. از این‌رو در سرعت‌های بالا با کاهش فشار تولیدی پمپ هیدرولیک، حساسیت فرمان کاسته می‌شود تا

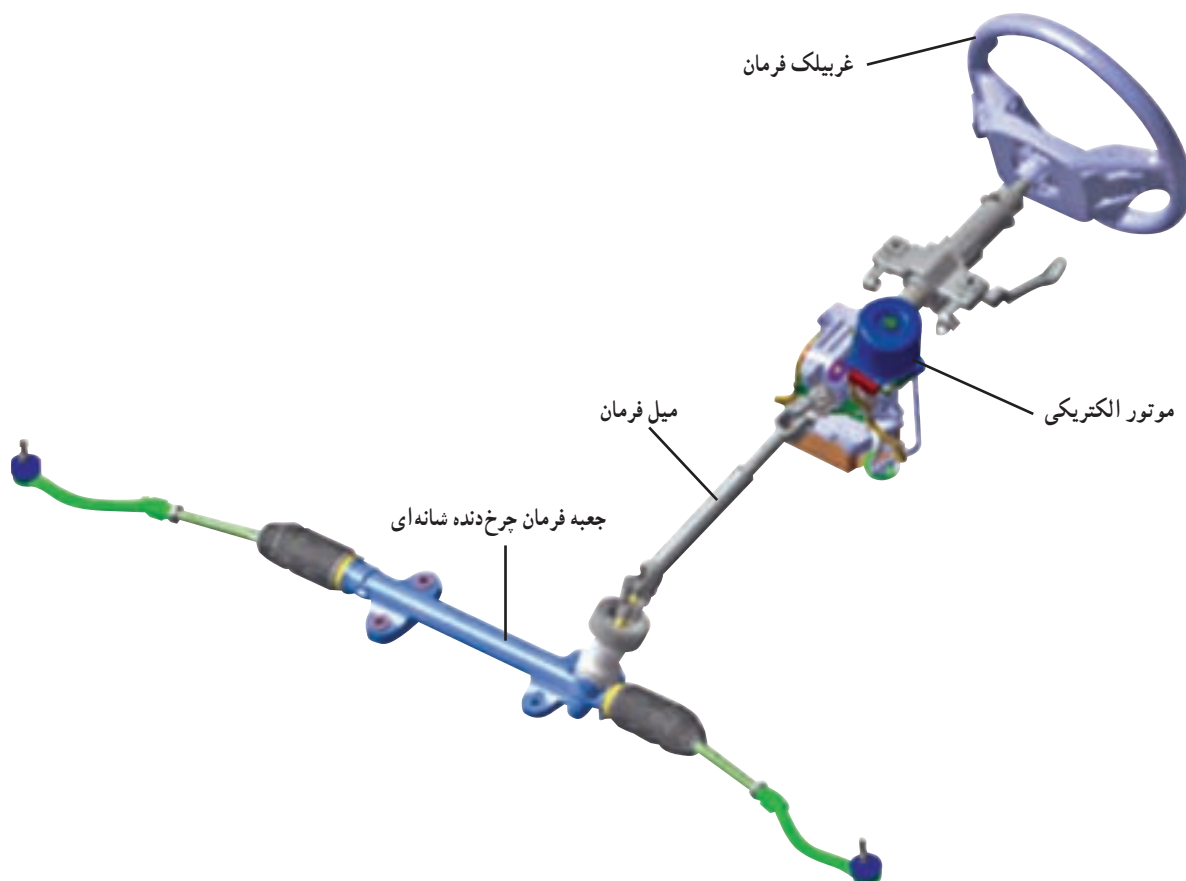
ایمنی خودرو افزایش یابد.

### ۸-۷-۳- سیستم فرمان الکتریکی : در این سیستم

به منظور تولید توان کمکی به دست راننده از یک موتور الکتریکی استفاده می‌شود. شکل ۸-۲۱، نمای ظاهری این سیستم فرمان را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۸-۲۱، ملاحظه می‌شود که موتور الکتریکی بر روی ستون فرمان نصب شده است. این موتور در هنگام دوران غریبک فرمان، ضمن فعال گردیدن باعث می‌شود توان کمکی موتور الکتریکی نیز به میل فرمان منتقل گردد. از این‌رو برای دوران غریبک فرمان به توان کمتری از دست راننده نیاز است.

نکته : در برخی از مدل‌های این نوع سیستم فرمان، علاوه بر نصب موتور الکتریکی بر روی ستون فرمان، موتور الکتریکی بر روی چرخ‌دنده‌شانه‌ای فرمان یا چرخ‌دنده‌بینیون جعبه فرمان نصب می‌گردد.

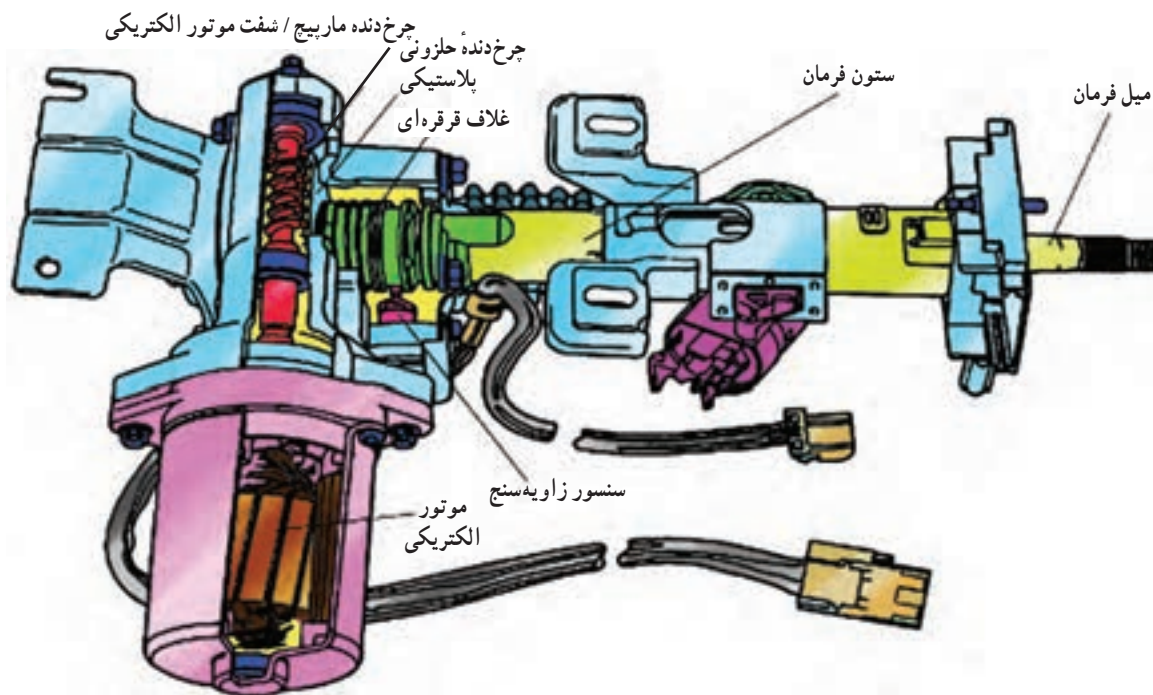


شکل ۸-۲۱- نمای ظاهری سیستم فرمان الکتریکی

و میزان دوران غریبک را به واحد کنترل موتور الکتریکی اطلاع می‌دهد. در نتیجه فعال شدن موتور الکتریکی باعث دوران چرخ‌دنده مارپیچ سر شفت موتور الکتریکی می‌شود. چرخ‌دنده مارپیچ نیز دوران خود را به چرخ‌دنده حلزونی پلاستیکی منتقل می‌نماید. از آنجایی که چرخ‌دنده حلزونی پلاستیکی به میل فرمان متصل است باعث انتقال توان موتور الکتریکی به میل فرمان می‌شود و از این‌رو برای دوران غریبک فرمان به توان کمتری از

شکل ۸-۲۲، ساختمان داخلی جعبه فرمان الکتریکی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۸-۲۲، هنگام دوران غریبک فرمان، میله پیچشی داخل غلاف قرقره‌ای، تحت گشتاور اعمالی از طرف غریبک دچار پیچش می‌شود. غلاف قرقره‌ای همراه میله پیچشی دوران می‌نماید (غلاف متصل به میله پیچشی است). در این حالت سنسور زاویه‌سنج متصل به غلاف، جهت



شکل ۸-۲۲- سیستم فرمان الکتریکی نصب شده بر روی ستون فرمان

(با توجه به شرایط عملکردی خودرو) اقدام کرد، به نحوی که در سرعت‌های کم و به‌خصوص در شرایط پارک کردن خودرو فرمان نرم می‌شود و نسبت تبدیل فرمان کاهش می‌یابد. ولی در شرایط سرعت زیاد، ضمن سفت شدن فرمان، نسبت تبدیل فرمان نیز افزایش می‌یابد تا ایمنی خودرو بیشتر شود.

#### ❖ معایب

- ۱- قیمت تمام شده بالا؛
- ۲- حساسیت بالای سیستم، نسبت به شرایط محیطی؛
- ۳- اندک بودن قابلیت کاربرد این سیستم فرمان، در خودروهایی که وزن بیشتری دارند.

دست راننده نیاز است.

مزایا و معایب سیستم فرمان الکتریکی به شرح زیر است :

#### ❖ مزایا

- ۱- علاوه بر دارا بودن مزایای فرمان الکترو هیدرولیکی، به دلیل استفاده نشدن از مایع هیدرولیک، آلودگی آن نیز کمتر است.
- ۲- پایین بودن وزن سیستم؛
- ۳- استهلاک و هزینه نگه‌داری کم؛
- ۴- اشغال فضای کم؛
- ۵- با کنترل توان تولیدی موتور الکتریکی، می‌توان نسبت به اعمال توان کمکی به دست راننده از سوی موتور الکتریکی

- ۱- اجزای سیستم فرمان را نام ببرید.
- ۲- میل فرمان لوله خرطومی قابل انعطاف را توضیح دهید.
- ۳- وظایف جعبه فرمان را شرح دهید.
- ۴- مزایا و معایب جعبه فرمان چرخ‌دنده شانه‌ای را بیان کنید.
- ۵- هندسه فرمان را توضیح دهید.
- ۶- وظیفه مکانیزم فرمان چیست؟
- ۷- مزایا و معایب سیستم فرمان هیدرولیک را بیان کنید.
- ۸- عملکرد فرمان الکتریکی را شرح دهید.



## سیستم ترمز

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

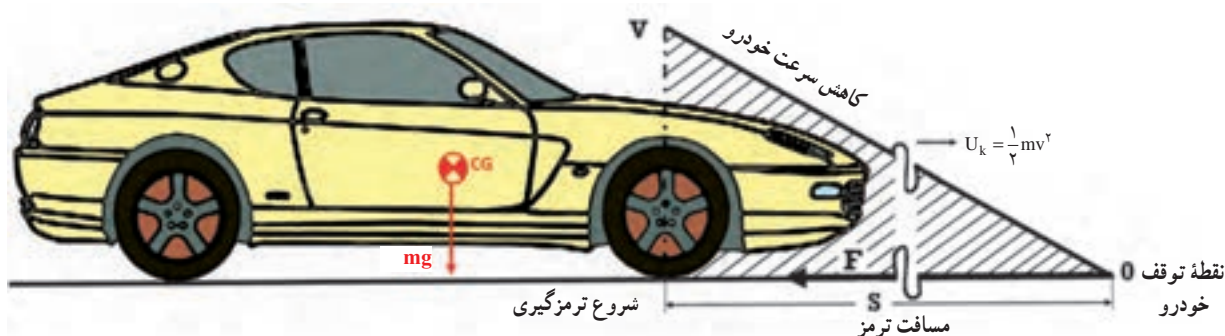
- ۱- وظیفه سیستم ترمز را بیان کند.
- ۲- گشتاور اصطکاکی ترمز را تعریف کند.
- ۳- قسمت‌های مختلف سیستم ترمز هیدرولیکی را نام ببرد.
- ۴- طرز کار سیلندر اصلی ترمز را شرح دهد.
- ۵- انواع مدارهای هیدرولیکی ترمز را دسته‌بندی کند.
- ۶- طرز کار بوستر خلئی را شرح دهد.
- ۷- انواع مکانیزم ترمز چرخ را دسته‌بندی کند.
- ۸- انواع مکانیزم کفشک‌بندی ترمز کاسه‌ای را دسته‌بندی کند.
- ۹- مکانیزم ترمز دستی را شرح دهد.
- ۱۰- مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز را شرح دهد.
- ۱۱- انواع مکانیزم ترمز دیسکی را دسته‌بندی کند.
- ۱۲- انواع لنت ترمز را دسته‌بندی کند.

## مقدمه

سیستم ترمز<sup>۱</sup> برای کاهش سرعت، متوقف نمودن و حفظ وضعیت سکون خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم با تبدیل انرژی جنبشی خودروی در حال حرکت به گرما از طریق نیروی اصطکاکی که در ترمز چرخ‌های در حال گردش خودرو تولید می‌شود، باعث کاهش سرعت خودرو یا توقف کامل آن می‌گردد. شکل ۹-۱، نحوه عملکرد سیستم ترمز را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹-۱، انرژی جنبشی ( $U_k$ ) خودروی در حال حرکت از طریق رابطه ۹-۱ قابل محاسبه است.

$$U_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (9-1)$$



شکل ۹-۱- نحوه عملکرد سیستم ترمز

$U_k$ : انرژی جنبشی خودروی در حال حرکت (j)

$m$ : جرم خودرو (Kg)

$V$ : سرعت خودرو ( $m/s$ )

زمانی که ترمزگیری صورت می گیرد و خودرو متوقف می شود، کار انجام شده توسط سیستم ترمز، که از طریق رابطه ۹-۲ قابل محاسبه است، باید با انرژی جنبشی ( $U_k$ ) خودرو برابر گردد.

$$U_m = F \cdot S$$

(۹-۲)

$U_m$ : انرژی جنبشی خودرو یا کار ترمزی (j)

$F$ : نیروی ترمزی (N)

$S$ : مسافت ترمزی از لحظه شروع ترمزگیری تا متوقف شدن خودرو (m)

با توجه به مطالب بیان شده، نیروی ترمزی از رابطه ۹-۳ قابل محاسبه خواهد بود:

$$U_m = U_k$$

$$\Rightarrow F = \frac{mv^2}{2S} \quad (9-3)$$

$$FS = \frac{1}{2}mv^2$$

با توجه به رابطه فوق، نیروی ترمزی با جرم خودرو و توان دوم سرعت خودرو رابطه مستقیم دارد و هر چه سرعت خودرو و جرم آن افزایش یابد، برای متوقف کردن خودرو به نیروی ترمزی بیشتری نیاز دارد.

## ۹-۱- گشتاور ترمزی

برای دستیابی به کمترین مسافت ترمزی باید گشتاور

اصطکاکی ترمز ( $M_{Br}$ ) با گشتاور اصطکاکی بین تایر و زمین برابر باشند. بنابراین می توان از طریق رابطه ۹-۴ نیروی ترمزی مورد نیاز را، که بین لنت و دیسک یا کاسه چرخ ایجاد می شود، به دست آورد:

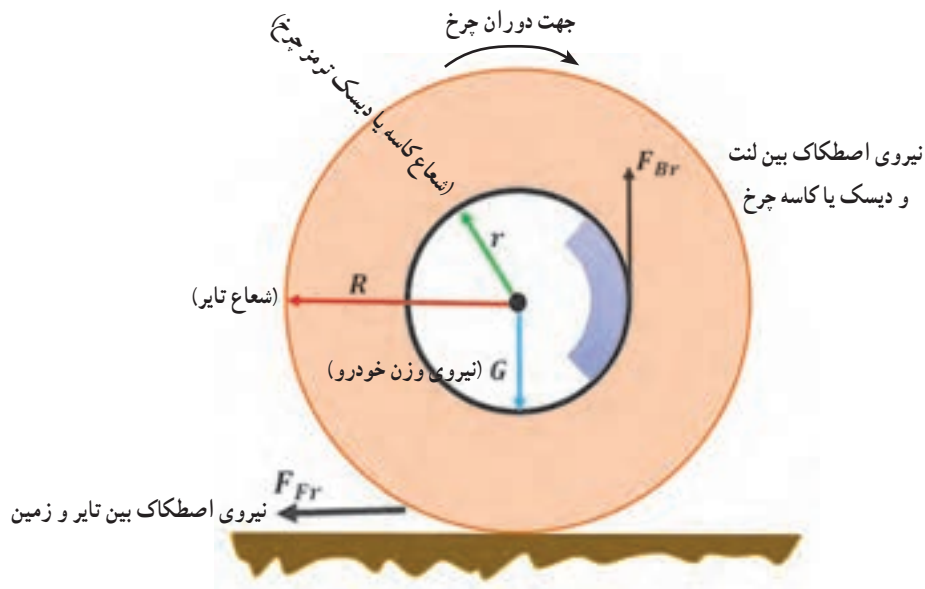
$$M_{fr} = M_{Br} \rightarrow \mu GR = F_{Br} \cdot r \rightarrow F_{Br} = \frac{\mu GR}{r} \quad (9-6)$$

با توجه به شکل ۹-۲، گشتاور اصطکاکی ترمز بین تایر و زمین از رابطه ۹-۴ به دست می آید:

$$M_{fr} = \mu GR \quad (9-4)$$

از طرفی گشتاور اصطکاکی ترمز که بین لنت و دیسک یا کاسه چرخ به وجود می آید نیز از رابطه ۹-۵ به دست می آید:

$$M_{Br} = F_{Br} \cdot r \quad (9-5)$$



شکل ۹-۲- چرخ خودرو در حال ترمزگیری

**نکته:** اگر گشتاور اصطکاکی ترمز ( $M_{Br}$ ) از گشتاور اصطکاکی تایر با جاده ( $M_{fr}$ ) بزرگ تر شود، با قفل شدن چرخ‌ها باعث افزایش مسافت ترمزی و کاهش پایداری خودرو می‌گردد. در یک ترمز ایده‌آل این دو گشتاور در همه حال باهم برابرند.

## ۹-۲-۱ راندمان ترمز

در خودروهای سواری، سیستم ترمز هیدرولیکی است. در این سیستم، با استفاده از مایع هیدرولیک ترمز (موسوم به روغن ترمز) نیروی اعمالی پای راننده به فشار هیدرولیکی تبدیل می‌شود و این نیرو به مکانیزم ترمز چرخ‌ها انتقال می‌یابد و از طریق تماس لنت با دیسک یا کاسه چرخ، به نیروی اصطکاک و در نهایت به گرما تبدیل می‌شود و به کاهش سرعت یا توقف خودرو می‌انجامد. در سیستم ترمز هیدرولیکی برای تبدیل نیروی پای راننده به نیروی اصطکاکی و ترمزی در چرخ‌های خودرو از اجزای زیر استفاده می‌شود:

- ۱- مکانیزم پدال ترمز، که باعث افزایش نیروی پای راننده و کاهش جابه‌جایی پدال می‌شود؛
- ۲- سیلندر اصلی ترمز یا سیلندر زیر پا که تولیدکننده فشار هیدرولیکی در مدار ترمز توسط نیروی پدال و پای راننده است؛
- ۳- مایع هیدرولیک ترمز و لوله‌های فولادی و لاستیکی قابل انعطاف، به منظور انتقال فشار هیدرولیک از سیلندر اصلی به مکانیزم ترمز چرخ‌ها؛
- ۴- مکانیزم ترمز چرخ، که فشار هیدرولیکی را به نیروی

با توجه به رابطه ۹-۷، نسبت شتاب ترمزی خودرو به ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین، «راندمان ترمز» گفته می‌شود. بنابراین برای به دست آوردن بیشترین راندمان ترمز، شتاب ترمز باید متناسب با ضریب اصطکاک بین تایر و جاده باشد.

شتاب ترمزی  $\times 100 = \frac{\text{شتاب ترمزی}}{\text{شتاب جاذبه} \times \text{حداکثر ضریب اصطکاک بین تایر و زمین}}$

$$= \frac{a_{Br}}{\mu_m \cdot g} \times 100 \quad (9-7)$$

$$a_{Br} : \text{شتاب ترمزی خودرو} \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

$$\mu_m : \text{ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین}$$

$$g : \text{شتاب جاذبه} \frac{m}{s^2}$$

## ۹-۲-۳ سیستم ترمز هیدرولیکی

متداول‌ترین روش برای ایجاد نیروی ترمزی مورد استفاده

اصطکاکی تبدیل می‌کند؛

یادآوری می‌شود با رشد و ارتقای ترمزهای هیدرولیکی، این ترمزها برای افزایش ایمنی و راحتی سرشنین و پایداری خودرو به مکانیزم‌های دیگری مجهز شده‌اند؛

۵- بوستر یا تقویت‌کننده، که با تقویت نیروی پای راننده باعث افزایش نیروی ترمزی و راحتی راننده هنگام ترمزگیری می‌شود، ضمن آنکه مقداری از تأخیر در شروع ترمزگیری را کاهش می‌دهد.

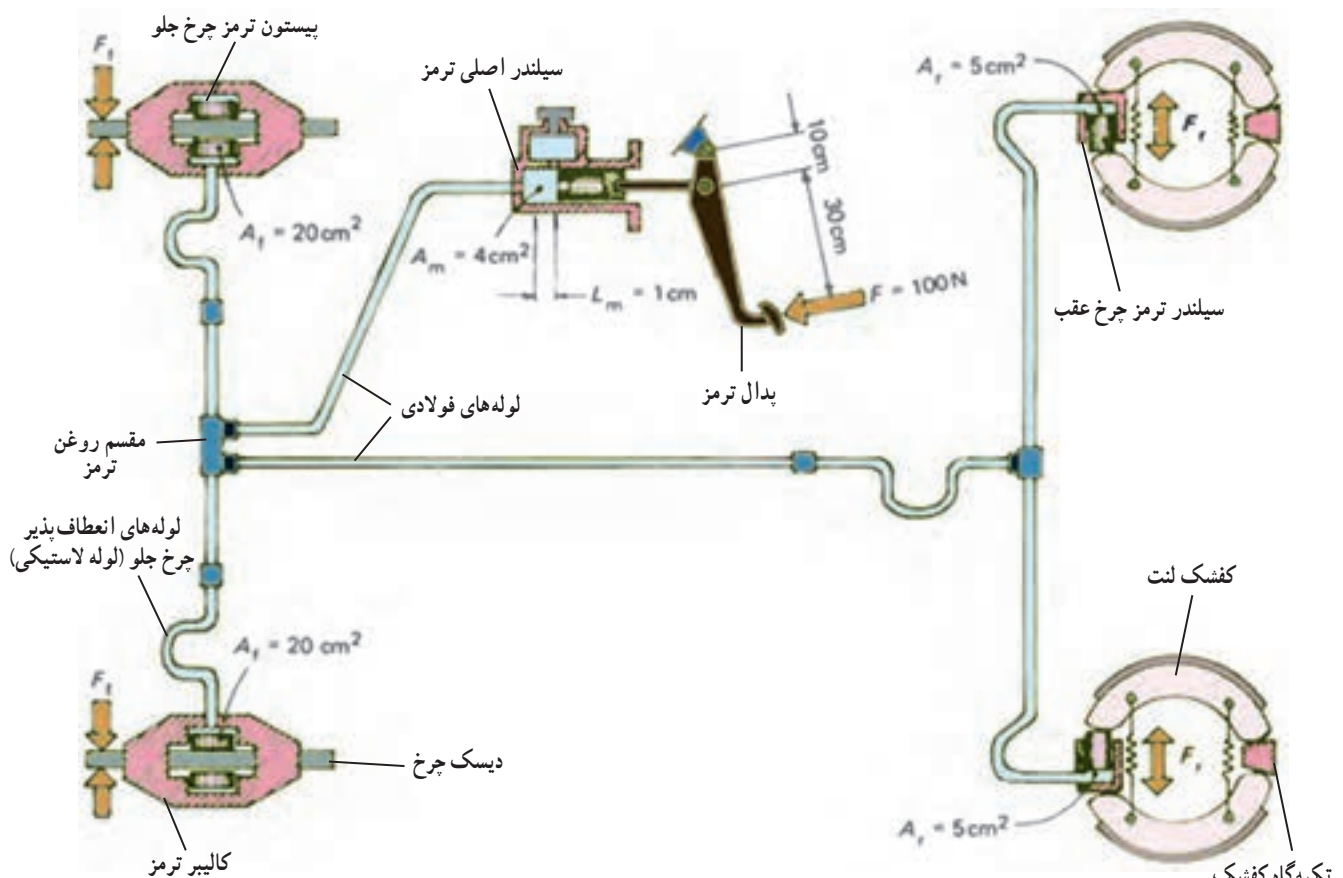
۶- مکانیزم کنترل فشار هیدرولیکی در مسیر چرخ‌های

عقب به تناسب تغییر و انتقال بار عمودی روی چرخ‌های عقب؛

۷- سیستم ترمز ضد قفل چرخ‌ها<sup>۱</sup> که هنگام ترمزگیری باعث افزایش راندمان ترمز و ایمنی خودرو می‌شود.

#### ۹-۴- مدار سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

شکل ۹-۳، مدار ساده سیستم ترمز هیدرولیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۳- مدار ساده سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

مایع هیدرولیک از طریق مقسم وارد لوله‌های فولادی چرخ‌های عقب و شیلنگ‌های لاستیکی چرخ‌های جلو می‌شود تا در نهایت فشار هیدرولیکی به پيستون‌های سيلندر چرخ اعمال شود و باعث تولید نیروی اصطکاکی لنت‌های کفشک با کاسه چرخ، از یک سو و لنت ترمزهای جلو با دیسک، از سوی دیگر گردد.

با توجه به شکل ۹-۳، که اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی ساده مورد استفاده در خودروهای اولیه را نشان می‌دهد، هرگاه نیروی پای راننده به پدال اعمال شود، پدال نیروی پای راننده را افزایش می‌دهد و به پيستون سيلندر اصلي اعمال می‌کند. بنابراین مایع هیدرولیک ترمز تحت فشار قرار می‌گیرد.

۵ برابر افزایش می‌یابد و در چرخ عقب  $(\frac{A_r}{A_m} = \frac{5}{4} = 1/25)$  برابر افزایش نیرو ایجاد می‌شود.

۳- با استفاده از بوستر یا تقویت کننده در سیستم ترمز می‌توان نیروی پای راننده را چهار تا هفت برابر افزایش داد. متداول ترین نوع بوستر استفاده شده در خودروهای امروزی «بوستر خلائی» است. بوستر خلائی با استفاده از خلأ مانی فولد هوای موتور و فشار هوای جو، باعث افزایش نیروی وارد بر سیلندر اصلی می‌شود که این امر نهایتاً موجب افزایش فشار هیدرولیک در مدار ترمز می‌گردد. تشریح عملکرد بوستر خلائی پس از این بیان خواهد شد.

## ۵-۹- سیستم ترمز دو مداری

با سخت گیرانه شدن استانداردهای ایمنی خودرو، استفاده از ترمزهای دو مداری به جای ترمزهای تک مداری رایج شد. شکل ۹-۳، که توضیح آن بیان شد، ترمز تک مداری را نشان می‌داد. در این نوع ترمز برای تولید فشار هیدرولیک از یک سیلندر اصلی تک مداری استفاده می‌شود. هر گاه در سیستم تک مداری نشتی در مدار ترمز ایجاد شود به دلیل استفاده از یک سیلندر اصلی مشترک برای چهار چرخ، فشار هیدرولیک چهار چرخ کاهش می‌یابد. از این رو ایمنی خودرو به شدت کاهش خواهد یافت. لذا برای افزایش ایمنی در سیستم ترمز، از سیلندر اصلی دو مداری استفاده می‌شود که دارای دو مجرای خروجی مجزاست. دو مجرای خروجی سیلندر اصلی با روش‌های مختلف، مطابق شکل ۹-۴، به چهار چرخ متصل می‌شود.

در صورت آسیب دیدن یکی از مدارهای سیلندر اصلی دابل و نشتی مایع هیدرولیک، در طرح (الف) فشار هیدرولیکی در دو چرخ جلو یا دو چرخ عقب حفظ می‌شود.

در طرح (ب) که طرح ضربدری نامیده می‌شود نیز در صورت نشتی در یکی از مدارها، فشار یک چرخ جلو و عقب به صورت ضربدری حفظ خواهد شد. در هر دو طرح (الف) و (ب) ایمنی خودرو در صورت وجود نشتی در مدار بسیار بالاتر از سیستم ترمز تک مداری است، زیرا حداقل در دو چرخ عمل ترمزگیری صورت می‌پذیرد.

مطابق شکل، میزان نیروی پای راننده (در حدود ۱۰ kg) برای ایجاد نیروی ترمزی  $(F = \frac{mv^2}{r_s})$  برای کاهش یا از بین بردن انرژی جنبشی خودرو مناسب و کافی نیست. لذا برای تولید نیروی ترمزی مورد نیاز و افزایش و تقویت نیروی پای راننده از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱- در مکانیزم اهرم بندی پدال، معمولاً نیرو سه تا شش برابر می‌شود. مطابق اصل گشتاورها، گشتاور ناشی از نیروی پای راننده، به دلیل افزایش طول بازوی محرک، زیاد می‌شود. به طور مثال در شکل ۹-۳، نیروی وارد به پیستون سیلندر اصلی ۴۰۰ نیوتن است، در حالی که نیروی پای راننده ۱۰۰ نیوتن است.

۲- با استفاده از قانون فشار در مایعات و کار در ماشین‌های هیدرولیکی، مطابق شکل ۹-۳، پیستون سیلندر اصلی تحت نیروی پدال به سمت جلو حرکت می‌کند و مایع هیدرولیک ترمز جلوی پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد. به دلیل انتقال فشار در مایعات به صورت یکسان در همه جهات، فشار اعمالی به دو پیستون چرخ جلو و پیستون چرخ‌های عقب با یکدیگر برابر است. از طرفی به دلیل اینکه مساحت پیستون‌های چرخ‌ها از مساحت پیستون سیلندر اصلی بزرگ‌تر است، نیروی اعمالی به چرخ‌ها نیز مطابق روابط ۹-۸ افزایش می‌یابد.

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_F}{A_F} = \frac{F_r}{A_r} \Rightarrow \frac{F_F}{F_m} = \frac{A_F}{A_m} = \frac{F_r}{F_m} = \frac{A_r}{A_m}$$

$$F_F = \frac{A_F}{A_m} F_m \quad F_r = \frac{A_r}{A_m} F_m \quad (9-8)$$

$F_m$ : نیروی وارد بر پیستون پمپ اصلی (N)

$A_r$ : مساحت پیستون سیلندر ترمز چرخ عقب (cm<sup>2</sup>)

$A_m$ : مساحت پیستون پمپ اصلی (cm<sup>2</sup>)

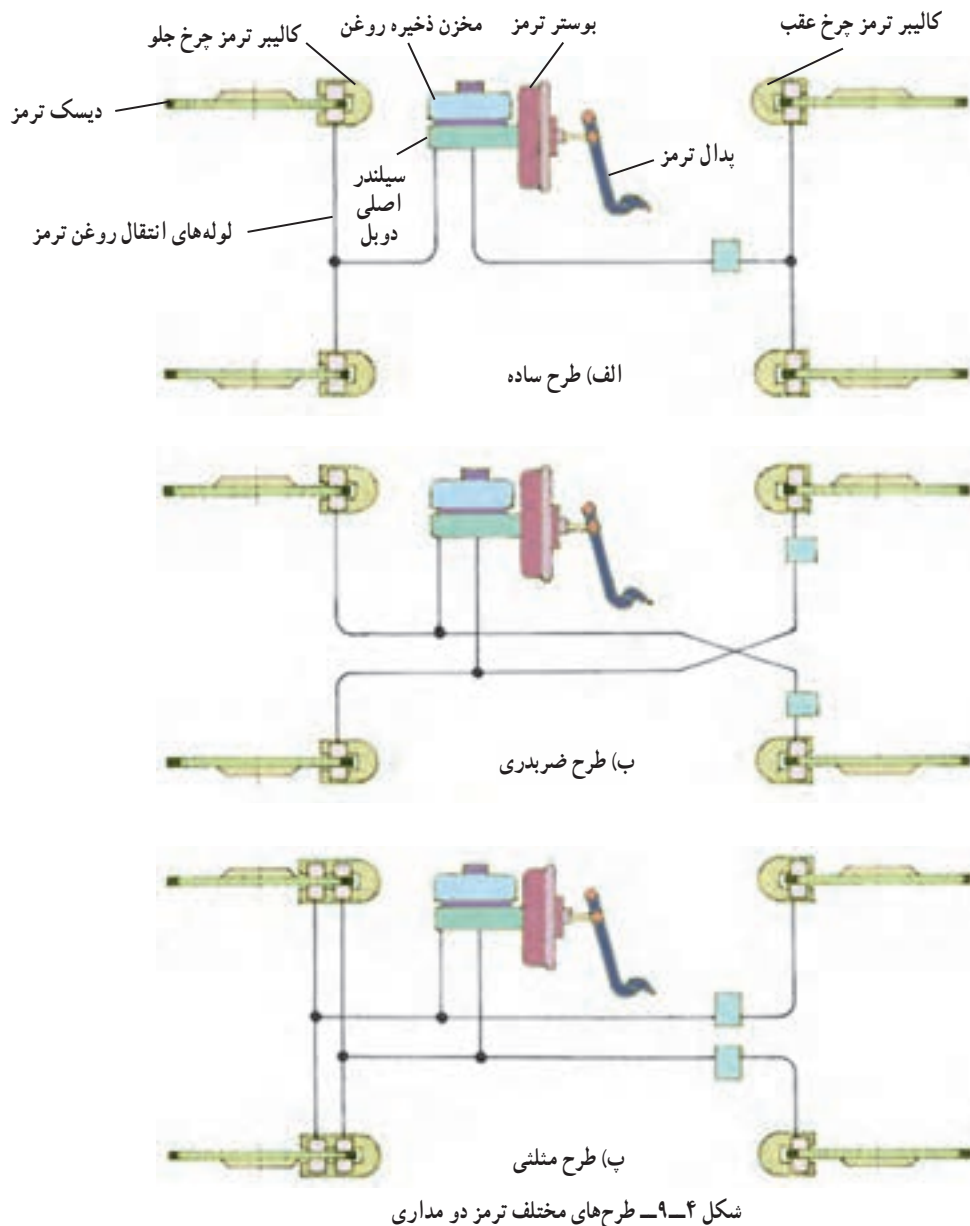
$F_F$ : نیروی وارد بر دیسک جلو (N)

$A_F$ : مساحت پیستون کالیپر چرخ جلو (cm<sup>2</sup>)

$F_r$ : نیروی وارد بر کشک چرخ عقب (N)

به عبارت دیگر، نسبت افزایش نیرو در هر چرخ متناسب با افزایش مساحت پیستون همان چرخ به مساحت پیستون سیلندر اصلی است. برای مثال در چرخ جلو  $(\frac{A_F}{A_m} = \frac{2}{4} = 5)$  نیرو





طرح (پ)، که طرح مثلثی نامیده می‌شود، معمولاً در وجود نشتی در یک مدار سیلندر اصلی، دو چرخ جلو و یک خودروهای گران قیمت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت چرخ عقب همچنان دارای نیروی ترمزی هستند.

**نکته : ۱-** هنگام ترمزگیری، بسته به شدت شتاب ترمزی، مقداری از نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد و به نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های جلو اضافه می‌شود. بنابراین سهم نیروی ترمزی چرخ‌های جلو از نیروی ترمزی چرخ‌های عقب بیشتر است.

به همین دلیل در طرح (الف) چنانچه مدار ترمز چرخ‌های جلو دچار نشتی گردد، مقدار زیادی از نیروی ترمزی کاسته می‌شود. در حالی که در طرح (ب) هرکدام از مدارهای ترمز دچار نشتی شوند مدار دیگر ۵۰٪ نیروی ترمزی را تأمین می‌کند. در طرح (پ) نیز، به دلیل آنکه اگر هر کدام از مدارها دچار نشتی شود، هر دو چرخ جلو و یکی از چرخ‌های عقب

در ترمزگیری سهمیم خواهد بود. لذا کاهش نیروی ترمزی قابل توجه نخواهد بود. از این رو طرح (پ) از طرح (ب) و طرح (ب) از طرح (الف) مناسب تر است و هر سه طرح فوق از طرح تک مداری برترند.

۲- باید توجه داشت که در طرح مدار ترمز دو مداری مثلی، هر کدام از کالیبرهای ترمز چرخ های جلو حاوی چهار عدد سیلندر و پیستون اند. دو عدد از سیلندر و پیستون ها به مدار اول و دو عدد سیلندر و پیستون دیگر به مدار دوم متصل است، تا مدار اول و دوم به طور کامل از یکدیگر جدا شوند.

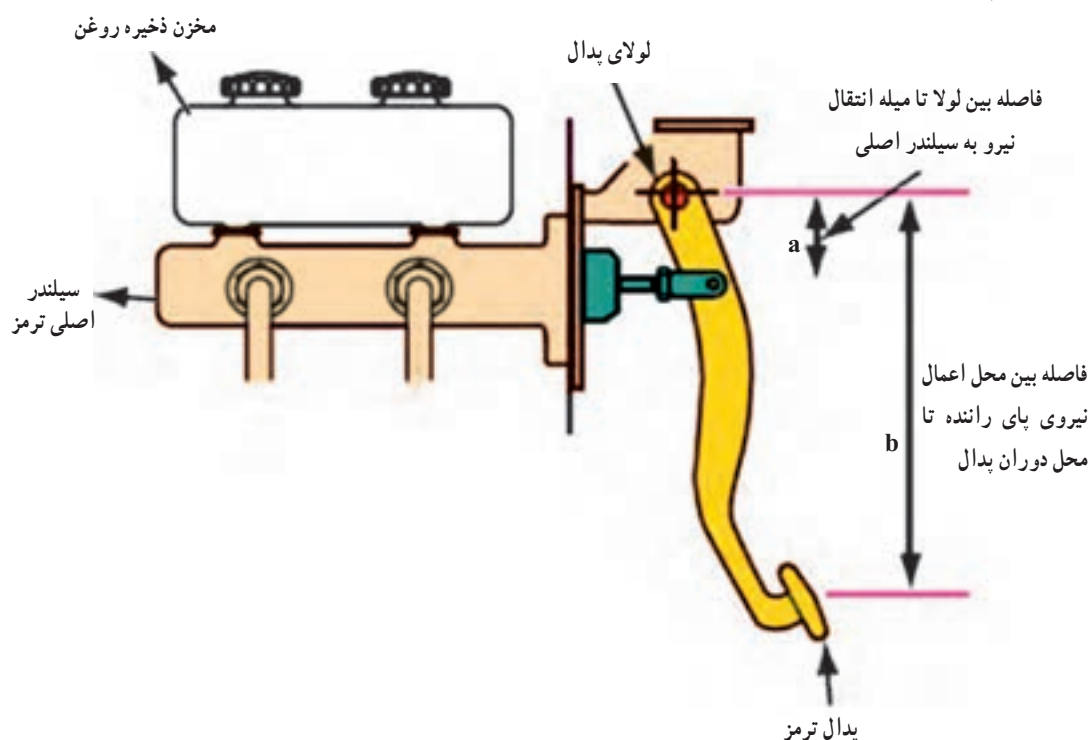
ذیلاً اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی بررسی می شود.

می شود تا نیروی اعمالی به پیستون سیلندر اصلی افزایش یابد.

شکل ۹-۵، مکانیزم پدال ترمز و چگونگی افزایش نیرو توسط پدال را نشان می دهد.

## ۹-۶- پدال ترمز

اولین قسمت سیستم ترمز، پدال ترمز است که برای فعال سازی سیستم ترمز توسط راننده به کار می رود. همان گونه که توضیح داده شد، مکانیزم پدال باعث افزایش نیروی پای راننده



شکل ۹-۵- مکانیزم پدال ترمز

سیلندر اصلی دارای تجهیزاتی برای عملکرد سریع و کاهش زمان عکس العمل ترمزی جهت بالابردن ایمنی خودرو در حین ترمزگیری می باشد.

## ۹-۷- سیلندر اصلی ترمز

سیلندر اصلی ترمز یکی از مهم ترین اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی است. این جزء از سیستم ترمز برای تولید فشار هیدرولیکی با اعمال نیروی پدال به آن به کار گرفته می شود.

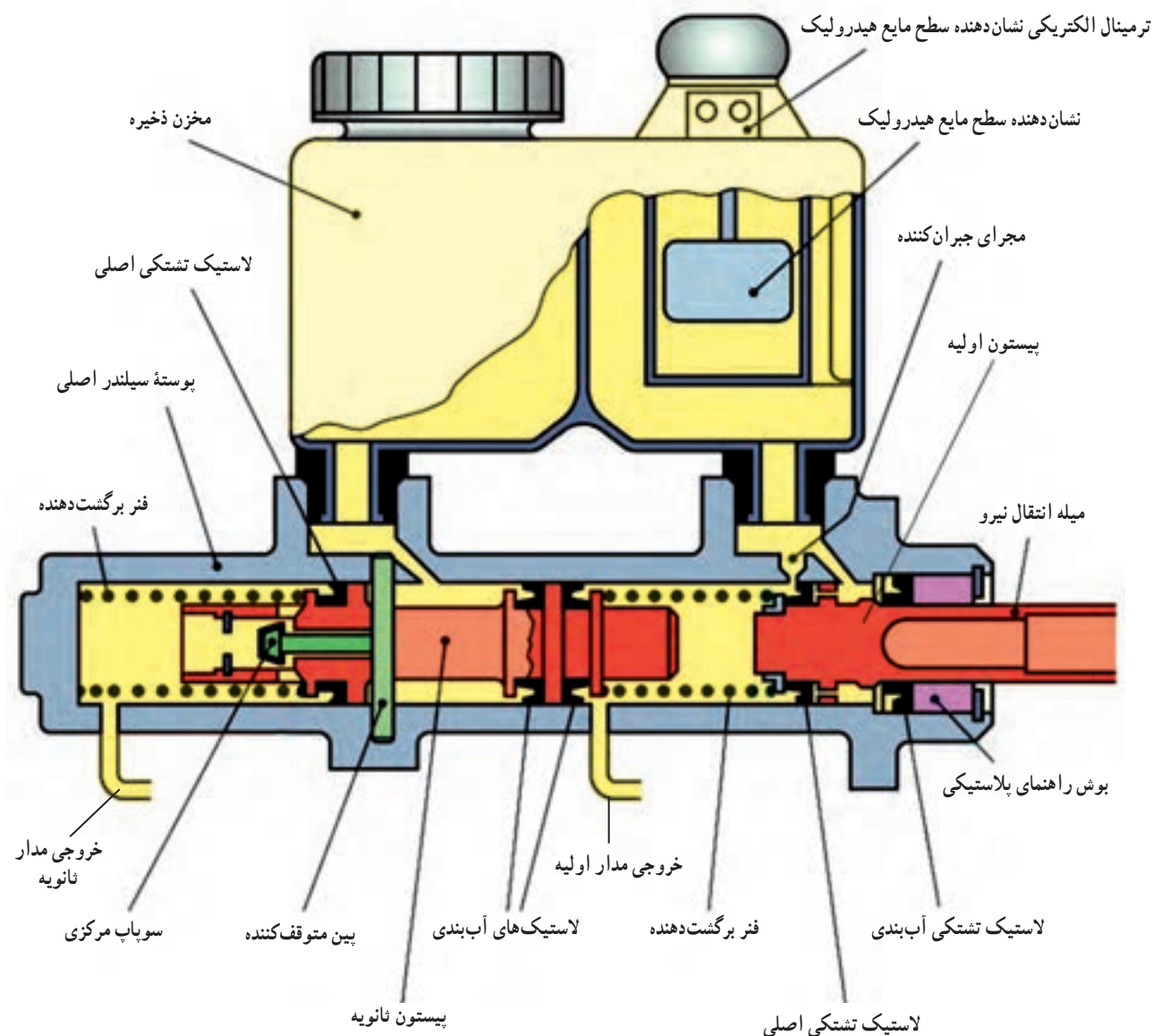
**نکته :** به مدت زمان صرف شده، از زمانی که راننده مانع را می بیند تا زمانی که نیروی ترمزی در چرخ ها تولید می شود، «زمان عکس العمل» گویند. مقداری از این تأخیر ناشی از عکس العمل راننده است و مابقی آن مربوط به اجزای سیستم ترمز از قبیل لقی پدال، نشستی مایع هیدرولیکی ترمز، عملکرد نامناسب بوستر و رگلاژ مناسب لنت ها است.

#### ۱-۷-۹- سیلندر اصلی ترمز دو مداری : همان گونه

که پیشتر بیان شد، این نوع سیلندر ترمز دارای دو مجرای مجزای خروجی است که ساختمان ظاهری و اجزای آن در شکل ۶-۹ ملاحظه می شود.

سیلندر اصلی ترمز در دو نوع تک مداری و دو مداری

مورد استفاده قرار می گیرد. نوع تک مداری آن به دلیل پایین بودن ایمنی آن منسوخ شده است. امروزه در اکثر خودروها از سیلندر هیدرولیک دو مداری با طرح ضربدری استفاده می شود.



شکل ۶-۹- ساختمان ظاهری و اجزای تشکیل دهنده سیلندر اصلی دو مداری

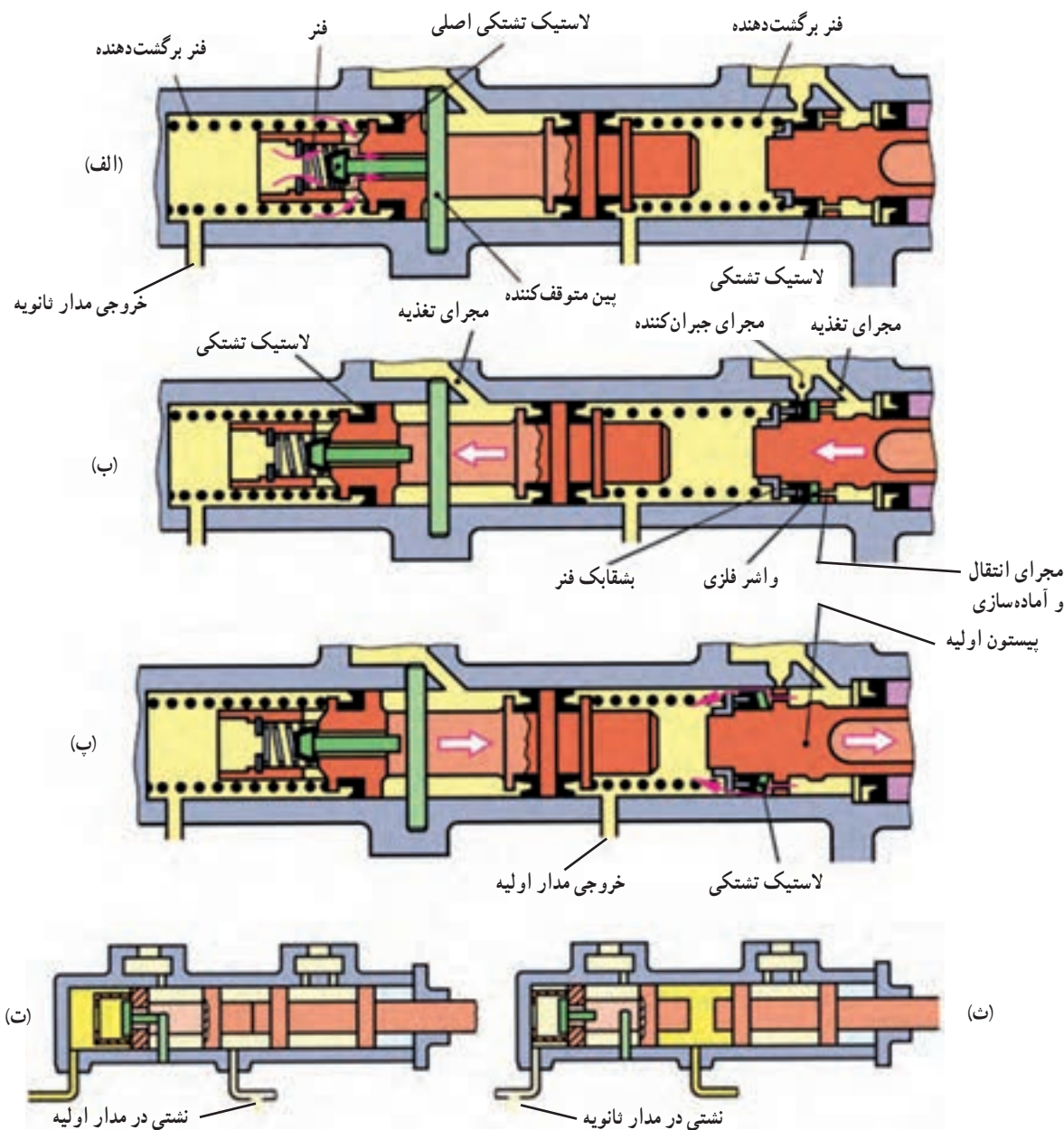
در ابتدای کورس خود می‌باشند. در این حالت ارتباط بین جلوی پیستون اولیه با مخزن ذخیره از طریق مجرای جبران‌کننده برقرار می‌باشد. همچنین با برخورد سوپاپ مرکزی با پین متوقف‌کننده، این سوپاپ باز می‌باشد که باعث ارتباط مجرای تغذیه با جلوی پیستون ثانویه می‌شود. از این رو در این حالت فشار مایع هیدرولیک تقریباً با فشار جو (فشار مخزن ذخیره) برابر می‌باشد و جلوی هر دو پیستون با مایع هیدرولیک ترمز پر می‌شود.

● **حالت ترمزگیری:** مطابق شکل ۹-۷-ب با اِعمال

شکل ۹-۷، طرز کار سیلندر اصلی دو مداری را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹-۷، وضعیت‌های مختلف عملکردی سیلندر اصلی ترمز دو مداری به صورت زیر می‌باشد:

● **حالت آزاد (عدم ترمزگیری):** با توجه به شکل ۹-۷-الف، سیلندر اصلی در حالت آزاد قرار دارد. در این حالت میله انتقال نیرو در ابتدای کورس خود قرار دارد. پیستون‌های اولیه و ثانویه سیلندر اصلی نیز تحت تأثیر نیروی فنرهای برگشت‌دهنده



شکل ۹-۷- سیلندر اصلی دو مداری در وضعیت‌های مختلف عملکردی

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 ۹-۷ پ، 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:

به‌منظور بازگشت سریع پیستون‌های سیلندر اصلی به موقعیت اولیه و الزام در سریع پرشدن 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 در صورتی که راننده به ترمزگیری مجدد در زمان کوتاهی پس از ترمزگیری اول نیاز داشته باشد، خللی در عملکرد سیستم ترمز ایجاد نگردد.

● **حالت نشستی در مدار اولیه:** مطابق شکل ۹-۷ ت، هرگاه در مدار اولیه نشستی وجود داشته باشد به دلیل کاهش فشار جلوی پیستون اولیه در هنگام ترمزگیری، پیستون اولیه تحت تأثیر نیروی میله انتقال نیرو به سمت چپ حرکت کرده و به پیستون ثانویه تکیه می‌کند تا منجر به حرکت پیستون ثانویه شود. از این رو در این حالت فشار در مدار ثانویه افزایش یافته و این مدار در حین ترمزگیری عمل می‌نماید.

● **حالت نشستی در مدار ثانویه:** با توجه به شکل ۹-۷ ث، هرگاه در مدار ثانویه، نشستی 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.

**نکته:** در این نوع سیلندرهای دو مداری، از نشان‌دهنده سطح مایع هیدرولیک که بر روی مخزن ذخیره نصب می‌شود استفاده می‌گردد. در صورت کاهش سطح مایع هیدرولیک از حد مجاز به هر دلیل، این قطعه باعث روشن شدن چراغ خطر سطح مایع هیدرولیک ترمز می‌گردد.

به شرح ذیل باشد تا بتواند انتقال نیرو را در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام دهد و تأخیر در عملکرد سیستم ترمز کاهش یابد:

۱- نقطه جوش بالا در حدود ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه

## ۸-۹- مایع هیدرولیک ترمز

از آنجایی که عوامل انتقال نیرو از سیلندر اصلی ترمز به سیلندر چرخ، مایع هیدرولیک ترمز است، لذا باید دارای خواصی



ساتنی گراد؛

۲- نقطه انجماد پایین در حدود ۶۰- الی ۶۵- درجه

ساتنی گراد؛

۳- تغییر نکردن گرانی در اثر تغییر دما و فشار مدار

هیدرولیک؛

۴- داشتن تأثیر مطلوب بر روی قطعات لاستیکی و فلزی

سیستم ترمز؛

۵- اندک بودن ضریب انبساط حجمی و خاصیت

تراکم پذیری؛

۶- ثابت بودن خواص ذکر شده فوق برای مدت طولانی.

## ۹-۹- لوله‌های انتقال مایع هیدرولیک ترمز

به منظور انتقال مایع هیدرولیک ترمز به قسمت‌های مختلف سیستم ترمز، از لوله‌های انتقال در دو نوع فلزی و لاستیکی استفاده می‌شود. لوله‌های فلزی معمولاً بدون درز و ضد زنگ‌اند تا در برابر فشارهای بالا، رطوبت و غیر آنها مقاوم باشند. لوله‌های لاستیکی، ضمن اینکه باید انعطاف‌پذیری مناسب داشته باشند تا به دلیل نوسانات سیستم تعلیق دچار آسیب نشوند، همچنین در راستای طول انعطاف‌پذیر نباشند. و در اثر اعمال فشار مایع هیدرولیک ترمز به آن، باید انعطاف‌پذیری و تغییر طول ناچیزی داشته باشند. گفتنی است مؤسسات مختلف استاندارد، این خواص را برای لوله‌های مدار ترمز تعیین می‌نمایند. شاخص‌ترین آنها مؤسسه بین‌المللی انجمن مهندسان خودرو<sup>۱</sup> (SAE) است، که علامت استاندارد آن بر روی جداره بیرونی این لوله‌ها حک می‌شود.

## ۹-۱۰- مکانیزم ترمز چرخ

آخرین جزء از سیستم ترمز هیدرولیکی، مکانیزم ترمز چرخ است. فشار هیدرولیک وارد شده به این سیستم توسط یک سیلندر و پیستون به نام «سیلندر چرخ» به نیرو فشاری تبدیل

می‌شود. این نیرو نیز با فشردن قطعات اصطکاکی به نام لنت ترمز به قطعات دیگری به نام دیسک ترمز یا کاسه چرخ (دram) که با چرخ دوران می‌کنند، اصطکاک ایجاد می‌کند و باعث کاهش سرعت چرخ‌ها و نهایتاً کاهش سرعت خودرو می‌شود. به‌طور کلی در خودروها از دو نوع مکانیزم ترمز کاسه‌ای و ترمز دیسکی به شرح ذیل استفاده می‌شود:

۱- ۱۰-۹- مکانیزم ترمز کاسه‌ای<sup>۲</sup>: با توجه به

شکل ۸-۹، در این نوع مکانیزم ترمز، dram یا کاسه چرخ به همراه چرخ دوران می‌کند. برخی از اجزای مهم این مکانیزم ترمز به شرح زیر است:

۱- صفحه موسوم به طبق ترمز که به سیستم تعلیق پیچ می‌شود؛

۲- کفشک‌های ترمز که روی آنها لنت ترمز پرچ یا چسبیده

می‌شود و توسط پین و فنر به طبق متصل می‌شوند؛

۳- سیلندر ترمز چرخ که بین دو کفشک قرار می‌گیرد و به طبق ترمز پیچ می‌شود. معمولاً به منظور برگشت کفشک‌ها به موقعیت اولیه خود، پس از پایان عملیات ترمزگیری، از دو عدد فنر برگردان بین دو کفشک استفاده می‌شود؛

۴- سایر قطعات عبارت‌اند از پیچ رگلاژ اتوماتیک، اهرم

رابط ترمز دستی و....

با اعمال فشار هیدرولیک به پیستون سیلندر چرخ‌ها، نیرویی تولید می‌شود که این نیرو به کفشک‌ها اعمال می‌گردد. با اعمال نیرو به کفشک، لنت‌های روی کفشک با کاسه چرخ درگیر می‌شوند و با تولید نیروی اصطکاک، سرعت کاسه چرخ و در نهایت سرعت خودرو کاهش می‌یابد.

مکانیزم ترمز کاسه‌ای به‌طور کلی به سه نوع زیر تقسیم‌بندی

می‌شود:

۱- سیستم ترمز کاسه‌ای سیمپلکس<sup>۳</sup>

۲- سیستم ترمز کاسه‌ای دو پلکس<sup>۴</sup>

۳- سیستم ترمز کاسه‌ای سرو<sup>۵</sup>

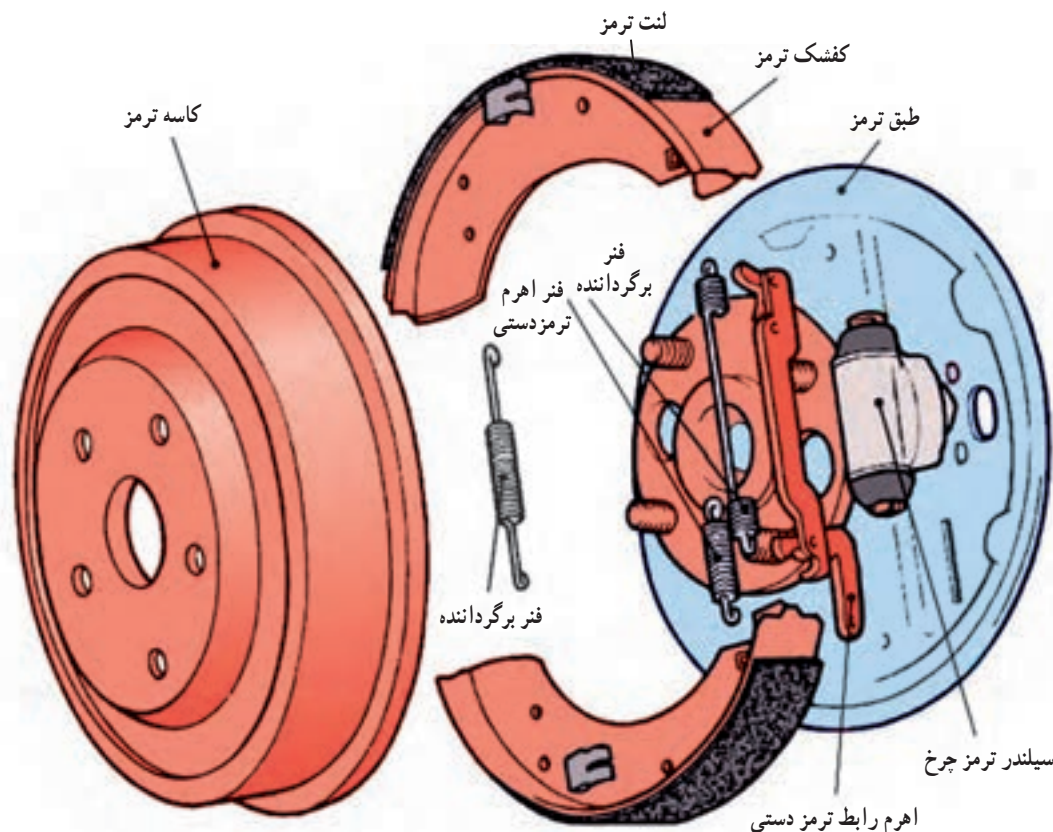
۱- Society of Automotive Engineering

۲- Dram Brake

۳- Simplex

۴- Duplex

۵- Servo



شکل ۸-۹- ساختمان و اجزای تشکیل دهنده مکانیزم ترمز کاسه‌ای

می‌کند و در نتیجه نیروی فشاری لنت به کاسه افزایش می‌یابد. این افزایش نیرو را «نیروی خودزائی» یا «قلاب‌کنندگی»<sup>۱</sup> گویند. از این رو این کفشک (کفشک سمت راست) «فشاری» یا «محرک» نامیده می‌شود.

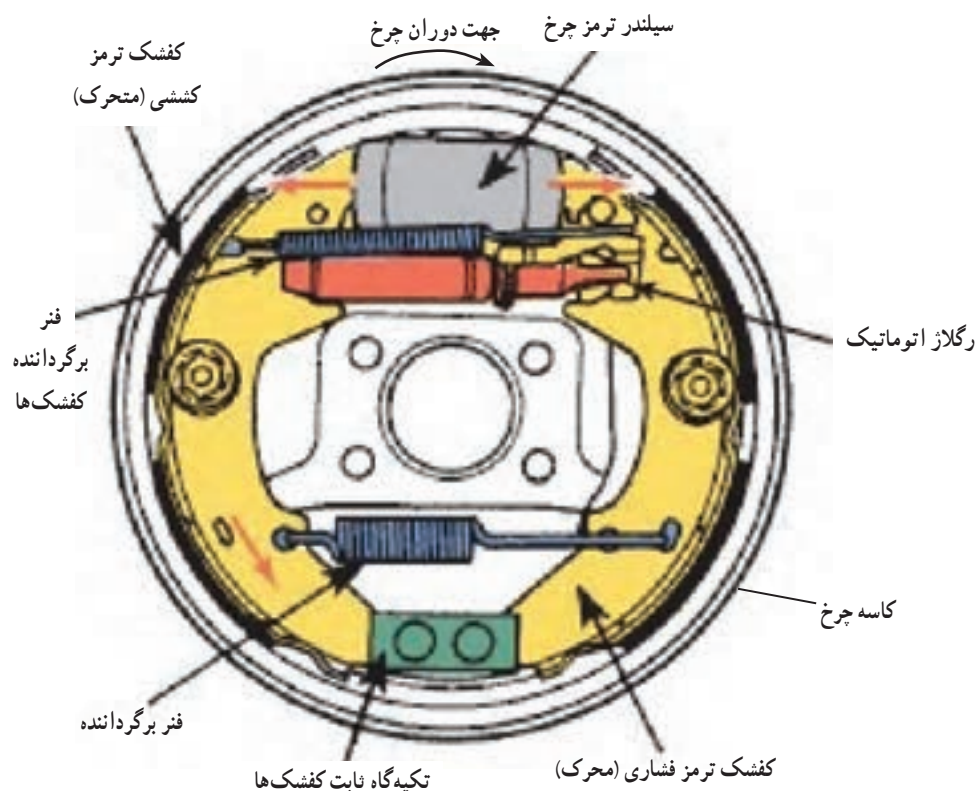
از طرفی در کفشک سمت چپ، نیروی قلاب‌کنندگی برخلاف نیروی هیدرولیک عمل می‌کند و تمایل دارد کفشک از کاسه چرخ جدا شود. از این رو نیروی هیدرولیکی اعمالی به کفشک را کاهش می‌دهد. این کفشک، کفشک «کششی» یا «متحرک» نامیده می‌شود. هرگاه جهت چرخش چرخ عکس شود، نام‌گذاری کفشک‌ها نیز عکس می‌گردد.

با توجه به اینکه خودرو بیشتر رو به جلو حرکت می‌کند و با توجه به مطالب ذکر شده، سایش کفشک فشاری (محرک) بیشتر از کفشک کششی (متحرک) است و این یکی از عیوب کفشک‌بندی نوع سیمپلکس به‌شمار می‌آید.

۲-۱۰-۹- مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس: شکل ۹-۹، مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۹-۹، با اعمال فشار هیدرولیک از طریق مجرای ورودی سیلندر به پیستون‌ها، پیستون‌ها در جهت خلاف یکدیگر به سمت کفشک‌ها حرکت می‌کنند. این عمل باعث درگیری لنت‌های کفشک‌ها با کاسه چرخ و ایجاد اصطکاک بین آنها می‌شود. از این رو سرعت چرخ‌ها و سرعت خودرو کاهش می‌یابد. با رها کردن پدال ترمز و حذف فشار هیدرولیک، فنرهای برگرداننده کفشک‌ها را به حالت عادی خود باز می‌گرداند.

با توجه به شکل ۹-۹، اعمال نیروی عکس‌العملی به کفشک سمت راست باعث می‌شود که این کفشک به سمت کاسه چرخ فشرده شود (یا به اصطلاح قلاب‌کند) و تمایل دارد که همراه کاسه چرخ حرکت نماید. این نیرو به نیروی هیدرولیک پیستون‌ها کمک

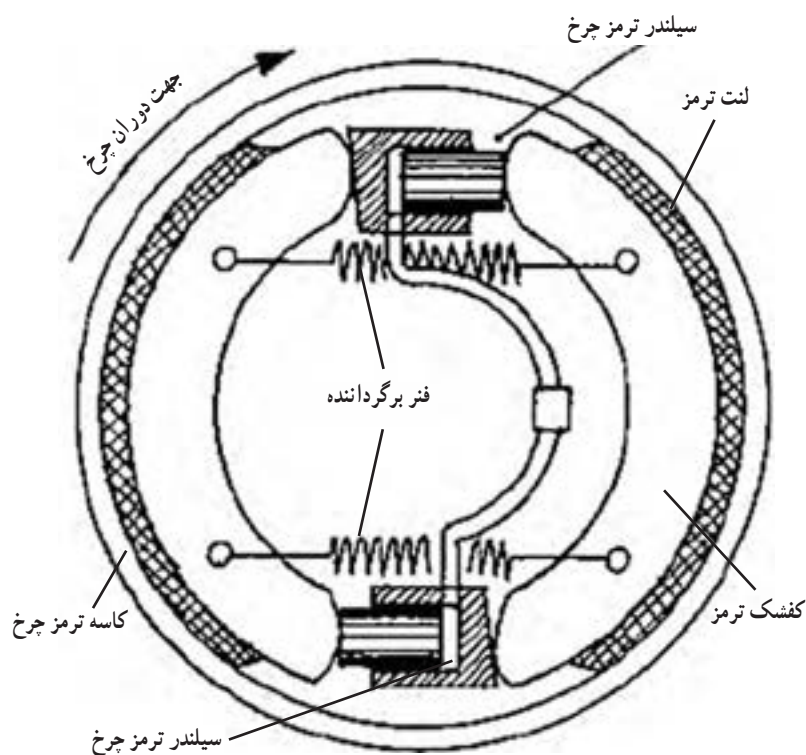


شکل ۹-۹- ساختمان ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس

ضریب افزایش نیرو در این نوع کفشک‌بندی در حدود دو و بیشتر مربوط به کفشک فشاری است. امروزه به دلیل نصب ساده ترمز دستی بر روی این مکانیزم ترمز و کم بودن هزینه طراحی و تولید آن، از این نوع کفشک‌بندی در چرخ‌های عقب خودروهای ارزان قیمت استفاده می‌شود.

**- مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی دوپلکس:** مطابق شکل ۹-۱۰، در این نوع کفشک‌بندی از دو سیلندر که یکی در قسمت بالای طبق ترمز و دیگری در قسمت پایین آن قرار دارد استفاده می‌شود.

با توجه به شکل ۹-۱۰، در مکانیزم کفشک‌بندی دوپلکس از دو سیلندر تک پیستونه چرخ در بالا و پایین کفشک‌ها استفاده شده



شکل ۹-۱۰- کفشک‌بندی نوع دوپلکس



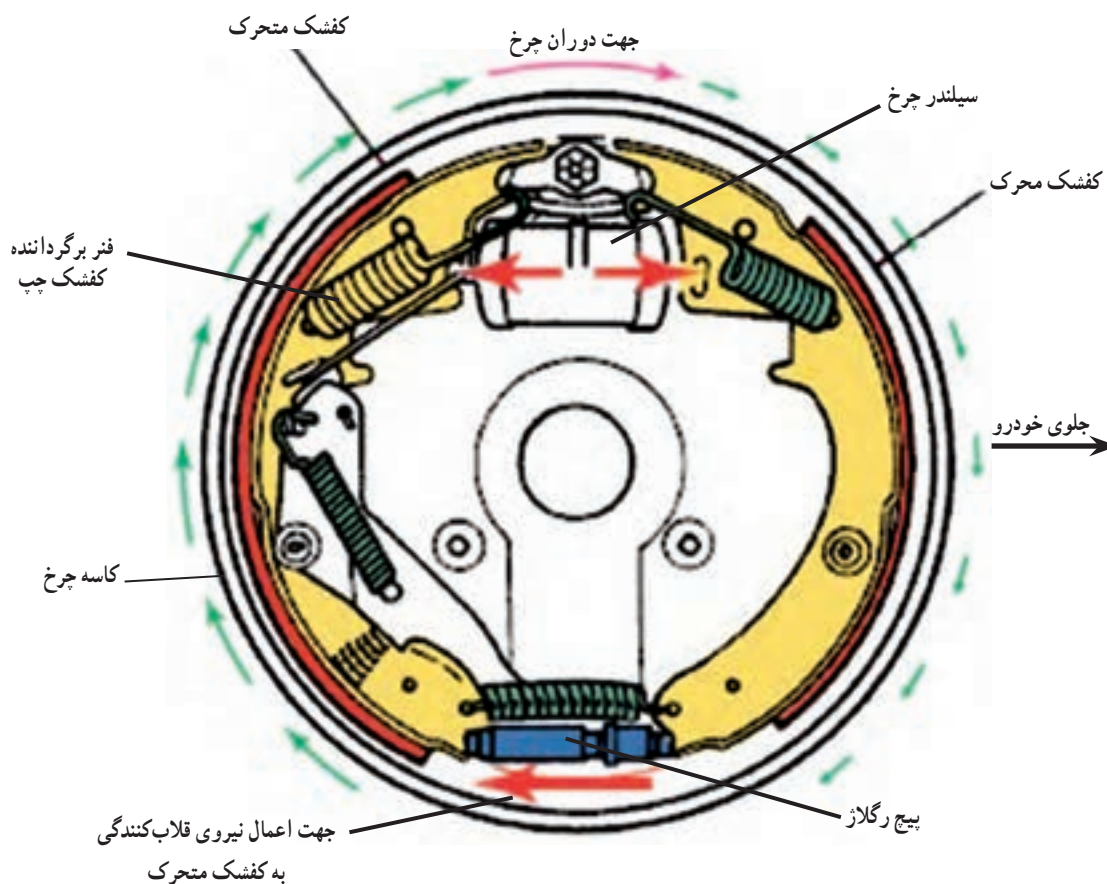
دوران چرخ عکس شود، هر دو کفشک کششی (متحرک) می‌شوند و نیروی ترمزی به شدت افت می‌نماید، که عیب اصلی این نوع کفشک‌بندی است. این نوع کفشک‌بندی بیشتر در وانت‌های نیمه سنگین کاربرد دارد.

— مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سِرُو :

شکل ۹-۱۱، کفشک‌بندی نوع سِرُو را نشان می‌دهد.

است. با توجه به توضیحات ذکر شده در کفشک‌بندی نوع سیمپلکس، به دلیل اینکه در هنگام حرکت رو به جلوی خودرو، هر دو کفشک فشاری یا محرک‌اند، نیروی قلاب‌کنندگی آنها به نیروی هیدرولیکی سیستم ترمز اضافه می‌شود که باعث افزایش ضریب افزایش نیرو در حدود سه می‌گردد.

یادآوری می‌شود هر گاه در این نوع کفشک‌بندی، جهت



شکل ۹-۱۱— کفشک‌بندی نوع سِرُو

از این رو در هنگام ترمزگیری با استفاده از تکیه‌گاه شناور نیروی قلاب‌کنندگی کفشک فشاری به کفشک کششی انتقال می‌یابد و در نتیجه باعث می‌شود که نیروی اعمالی کفشک کششی به کاسه نیز افزایش یابد. از این رو ضریب افزایش نیرو در این مکانیزم حدود پنج است. این حالت در حرکت رو به عقب نیز اتفاق می‌افتد که از محاسن این نوع کفشک‌بندی محسوب می‌شود. به‌طور کلی می‌توان مزایا و معایب سیستم‌های کفشکی را

مطابق شکل ۹-۱۱، این نوع کفشک‌بندی از نظر ظاهر مانند نوع سیمپلکس است، با این تفاوت که در این مکانیزم، تکیه‌گاه کفشک‌ها در قسمت پایین ثابت نبوده و شناور است و توسط یک میله رابط، که طول آن برای رگلاژ کفشک‌ها نیز قابل تنظیم است، به یکدیگر مرتبط می‌شوند.

به‌منظور کنترل چرخش لنت‌ها در قسمت بالای طبق نیز از یک تکیه‌گاه ثابت (بین کنترل گشتاور) استفاده می‌شود.

به صورت زیر بیان نمود :

✱ مزایا

۱- خاصیت قلاب کنندگی، که باعث افزایش نیروی ترمزی

می شود؛

۲- ساده تر و کم هزینه بودن نصب سیستم ترمز دستی .

✱ معایب

۱- ثبات نیروی ترمزی در اثر نیروی کنترل نشده

(قلاب کنندگی) کاهش می یابد، همچنین آزاد شدن چرخ ها پس از

رها کردن پدال ترمز، به دلیل خاصیت قلاب کنندگی، به تأخیر می افتد.

۲- انتقال حرارت، به دلیل تماس مستقیم نداشتن لنت ها

با جریان هوا ضعیف صورت می گیرد و اثر نیروی ترمزی در

ترمزگیری های طولانی و پی در پی کاهش می یابد.

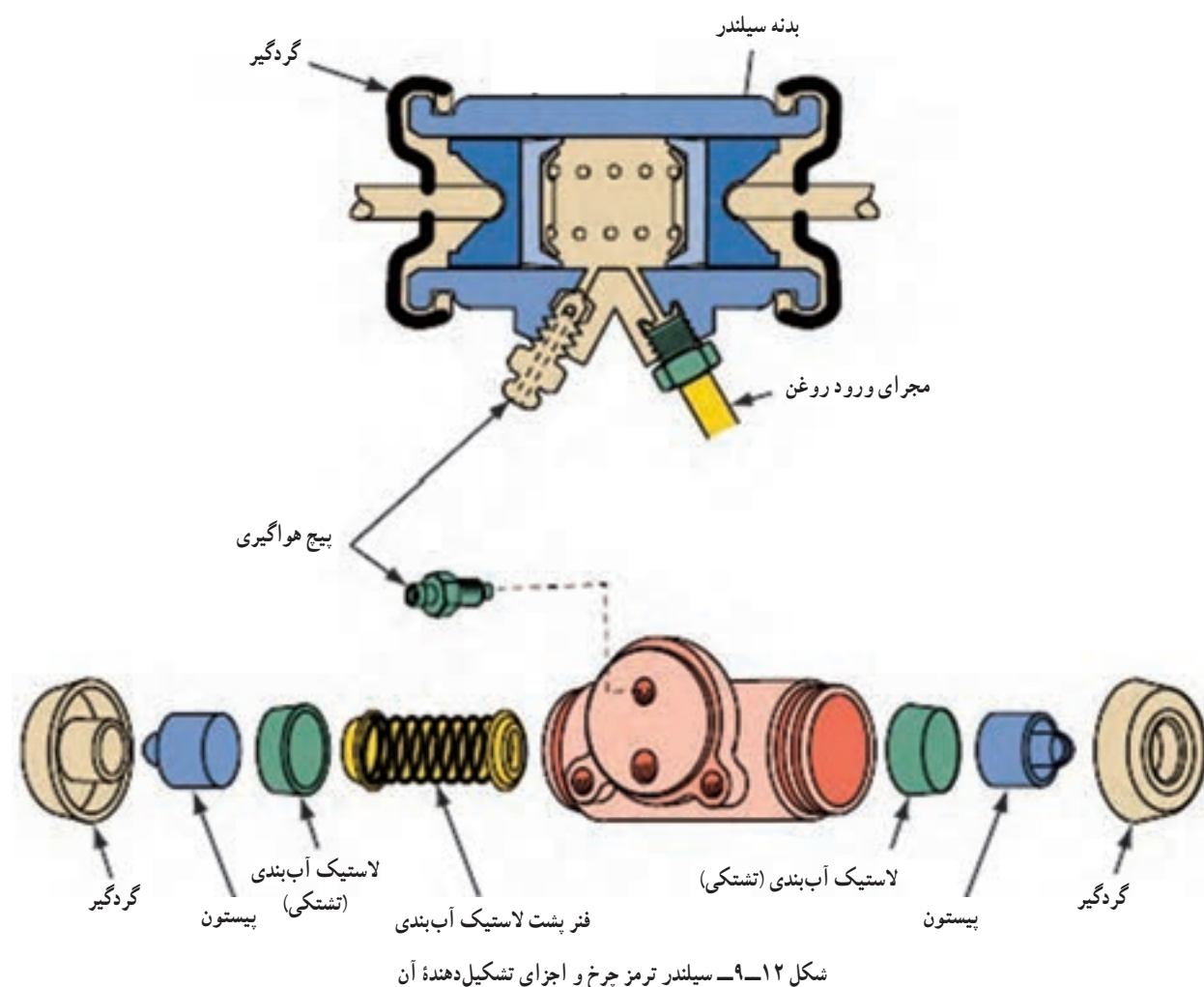
۳- نیاز به تنظیم مستمر فاصله بین لنت و کاسه چرخ (رگلاژ

چرخ ترمز) می باشد.

— سیلندر ترمز چرخ : با توجه به شکل ۹-۱۲، به منظور

تبدیل فشار هیدرولیک به نیرو و اعمال این نیرو به کفشک های

ترمز، از سیلندر ترمز چرخ استفاده می شود.



شکل ۹-۱۳، نیز دو نوع مختلف از سیلندر ترمز چرخ را

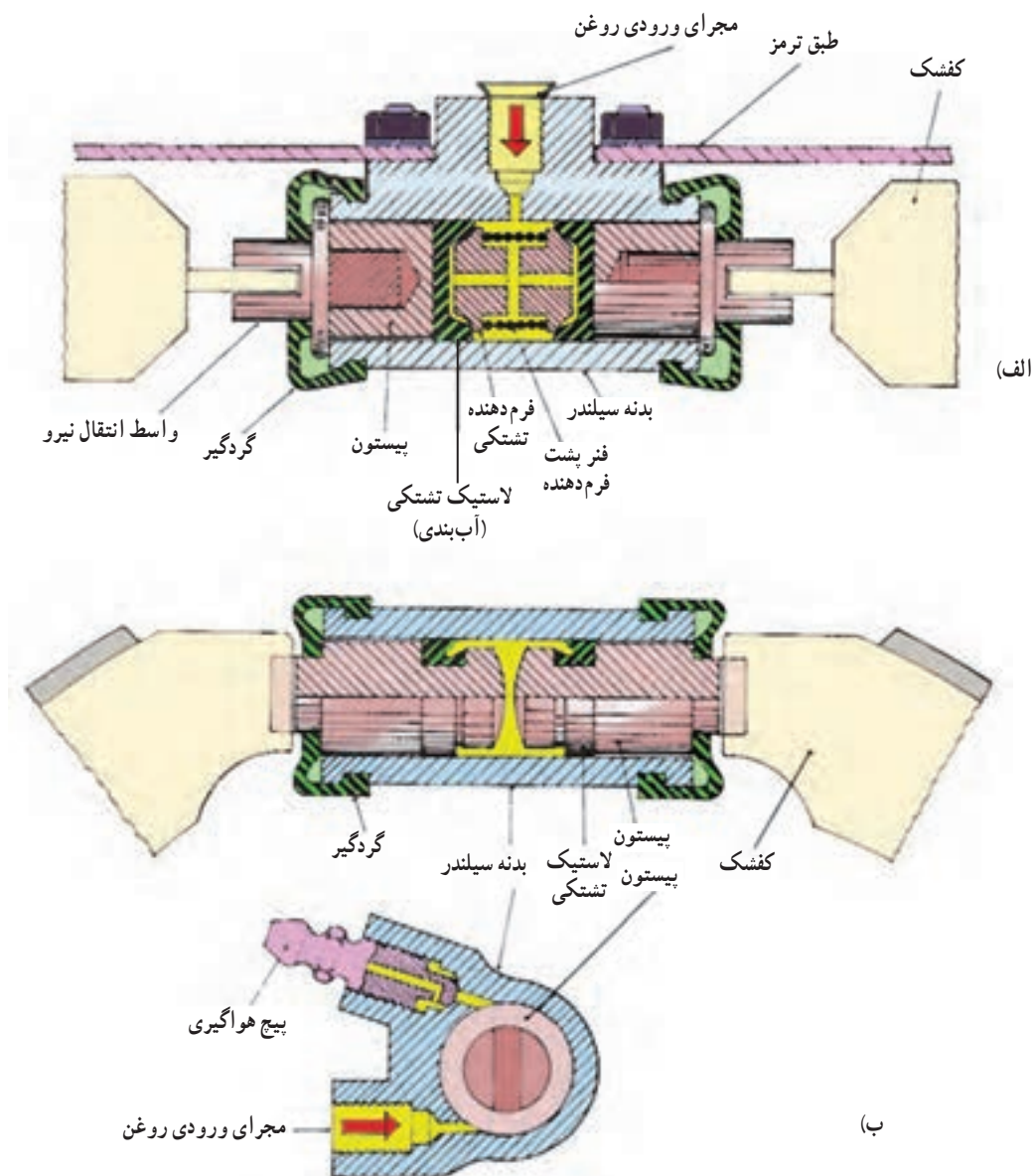
نشان می دهد.

از یکدیگر می شود. این عمل باعث فاصله گرفتن کفشک ها از

یکدیگر و درگیر شدن آنها با کاسه چرخ می شود تا عمل ترمزگیری

مطابق شکل ۹-۱۳، ورود مایع هیدرولیک ترمز به داخل





شکل ۹-۱۳- ساختمان داخلی سیلندر ترمز چرخ در مکانیزم کفشکی

نیرو اعمال می کنند که باعث آب بندی مناسب می شوند و بنابراین مانع از نشت مایع هیدرولیک ترمز می گردند.

در شکل ۹-۱۳- ب، به دلیل آنکه لاستیک های تشتکی بر روی پیستون ها نصب شده اند، نیازی به فرم دهنده لاستیک تشتکی نیست و در این حالت با اعمال نیرو از لاستیک های تشتکی به جداره داخلی سیلندر چرخ، آب بندی صورت می پذیرد و از نشت مایع هیدرولیک ترمز جلوگیری می شود.

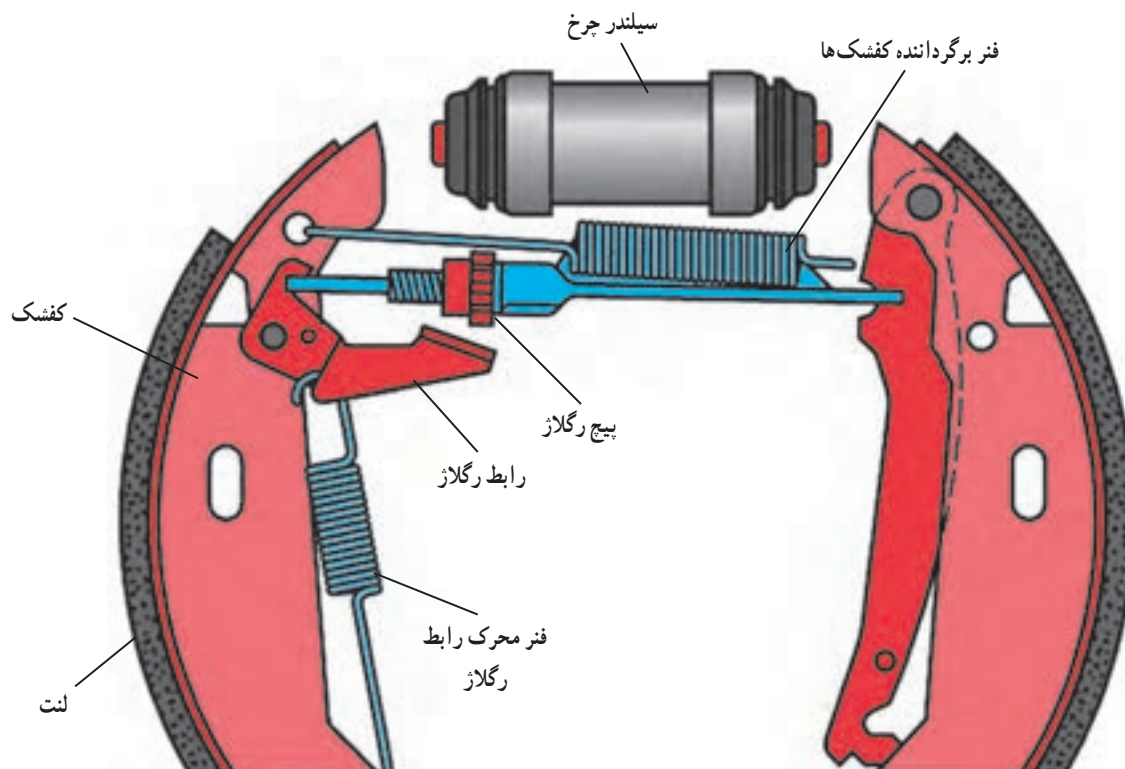
— مکانیزم رگلاژ ترمز چرخ کفشکی : به منظور کاهش

صورت پذیرد. با اتمام عمل ترمزگیری نیز، همان گونه که پیشتر بیان شد، کفشک ها تحت تأثیر نیروی فنر برگردان کفشک ها به حالت اولیه خود باز می گردند.

مطابق شکل ۹-۱۳-، به منظور جلوگیری از نشت مایع هیدرولیک از داخل سیلندر چرخ به بیرون، از دو عدد تشتی آب بندی استفاده می شود. در شکل ۹-۱۳- الف، از دو عدد فرم دهنده لاستیک تشتکی استفاده شده است. با استفاده از این فرم دهنده ها، لبه های لاستیک های تشتکی به جداره داخلی سیلندر

در مکانیزم رگلاژ دستی این فاصله باید به صورت دستی تنظیم شود. امروزه در اکثر خودروهای سواری با سیستم ترمز کفشکی، مکانیزم رگلاژ اتوماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد و تنظیم فاصله بین لنت و کاسه چرخ به صورت خودکار تنظیم می‌شود. شکل ۹-۱۴، ساختمان یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی را نشان می‌دهد.

زمان عکس‌العمل مکانیزم ترمز و جلوگیری از پایین رفتن بیش از حد پدال ترمز در هنگام ترمزگیری، باید فاصله بین لنت‌ها و کاسه چرخ سیستم ترمز کفشکی در حد مناسب تنظیم گردد. به علاوه به مرور زمان، در اثر ترمزگیری ضخامت لنت‌ها کاهش می‌یابد، و این فاصله افزایش می‌یابد از این رو در مکانیزم‌های ترمز کفشکی برای تنظیم این فاصله، از مکانیزم رگلاژ دستی و اتوماتیک استفاده می‌شود.



شکل ۹-۱۴- یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی

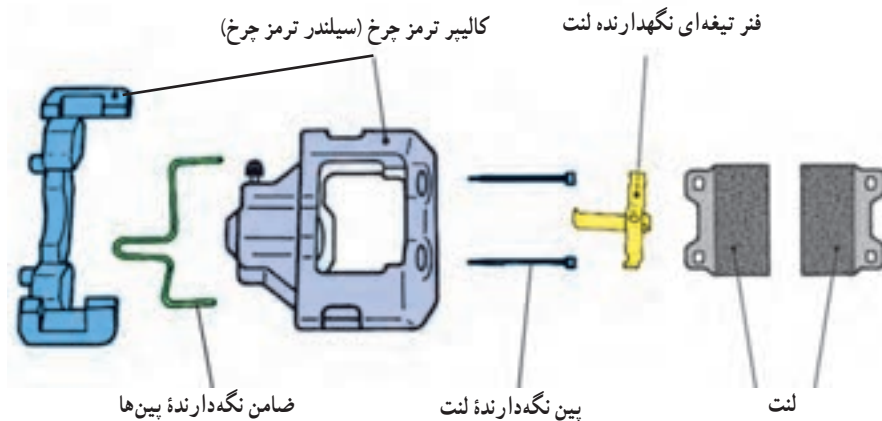
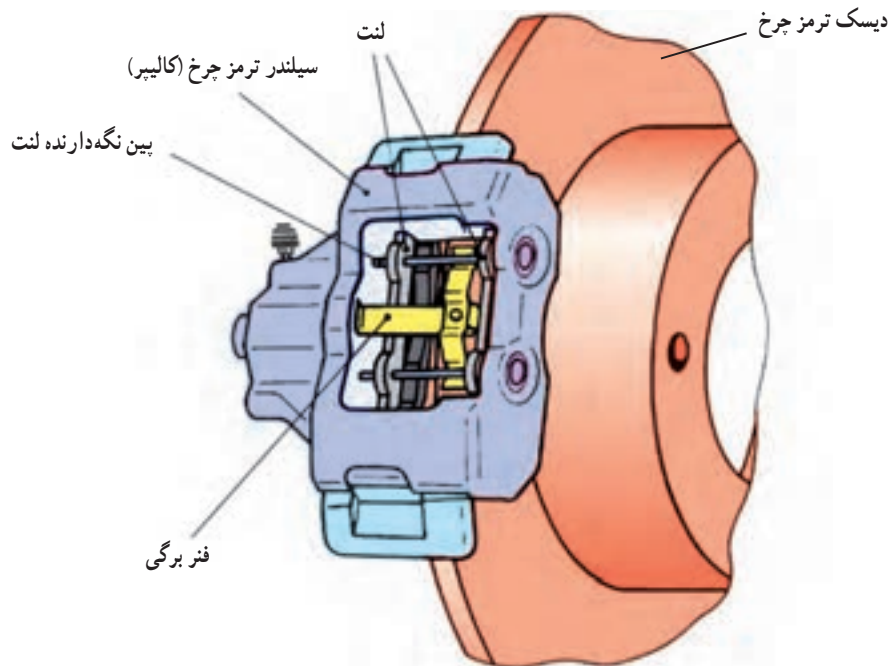
۲- دو عدد لنت که در دو سمت دیسک ترمز واقع شده‌اند؛  
۳- دیسک ترمز که به چرخ وصل است و با چرخ دَوَران می‌کند.  
در این نوع مکانیزم ترمز، با اعمال فشار هیدرولیک به پیستون‌های سیلندر چرخ و حرکت آنها به سمت بیرون به لنت‌ها نیرو اعمال می‌شود. در نتیجه لنت‌ها با دیسک ترمز درگیر می‌شوند و نیروی اصطکاک ناشی از این درگیری باعث کاهش سرعت دیسک چرخ و در نهایت کاهش سرعت خودرو می‌گردد.

با توجه به شکل ۹-۱۴، با اجرای ترمزگیری، به مرور فاصله بین لنت و کاسه چرخ افزایش می‌یابد. در این صورت، دوران پیچ رگلاژ اتوماتیک (در جهت باز شدن آن) توسط قطعه رابط رگلاژ باعث زیادتر شدن طول پیچ رگلاژ می‌شود و در نتیجه فاصله بین دو کفشک افزایش و فاصله بین لنت و کاسه چرخ کاهش می‌یابد.  
۳-۹-۱۰- مکانیزم ترمز دیسکی: با توجه به شکل ۹-۱۵، مکانیزم ترمز دیسکی از قطعات ذیل تشکیل شده است:  
۱- سیلندر و پیستون هیدرولیک، که «کالیپر» نامیده می‌شود؛

این مکانیزم دارای دو نوع مختلف به شرح زیر است :

۱- مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت؛

۲- مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور.



شکل ۱۵-۹- ساختمان و اجزای تشکیل دهنده ترمز دیسکی

این نوع مکانیزم ترمز دارای مزایا و معایب زیر است :

**مزایا**

۱- تأخیر کمتر در شروع فرایند ترمزگیری، به دلیل فاصله کم لنت تا دیسک؛

۲- انتقال حرارت بالا و عملکرد بهتر در ترمزهای طولانی کاسه ای؛

۳- نداشتن خاصیت قلاب کنندگی، که باعث می شود با رها کردن پدال ترمز، عمل ترمزگیری به صورت آنی خاتمه پذیرد؛

۴- ایجاد صدای کمتر در حین عملکرد، نسبت به ترمز

۵- حساسیت کمتر در مقابل ساییدگی لنت، به دلیل نیاز

نداشتن به رگلاژ؛

۴- بالا بودن قیمت تمام شده.

مکانیزم ترمز دیسکی در دو نوع با کالیپر ثابت و کالیپر شناور در خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد که متعاقباً بررسی خواهد شد.

۶- وزن کمتر، به دلیل داشتن قطعات کمتر.

### \* معایب

۱- نیاز داشتن به نیروی بیشتر برای ترمزگیری، به دلیل

پایین بودن ضریب افزایش نیرو و نبودن خاصیت قلاب‌کنندگی؛

۲- حساسیت بالای ترمز در مقابل رطوبت، گرد و غبار و

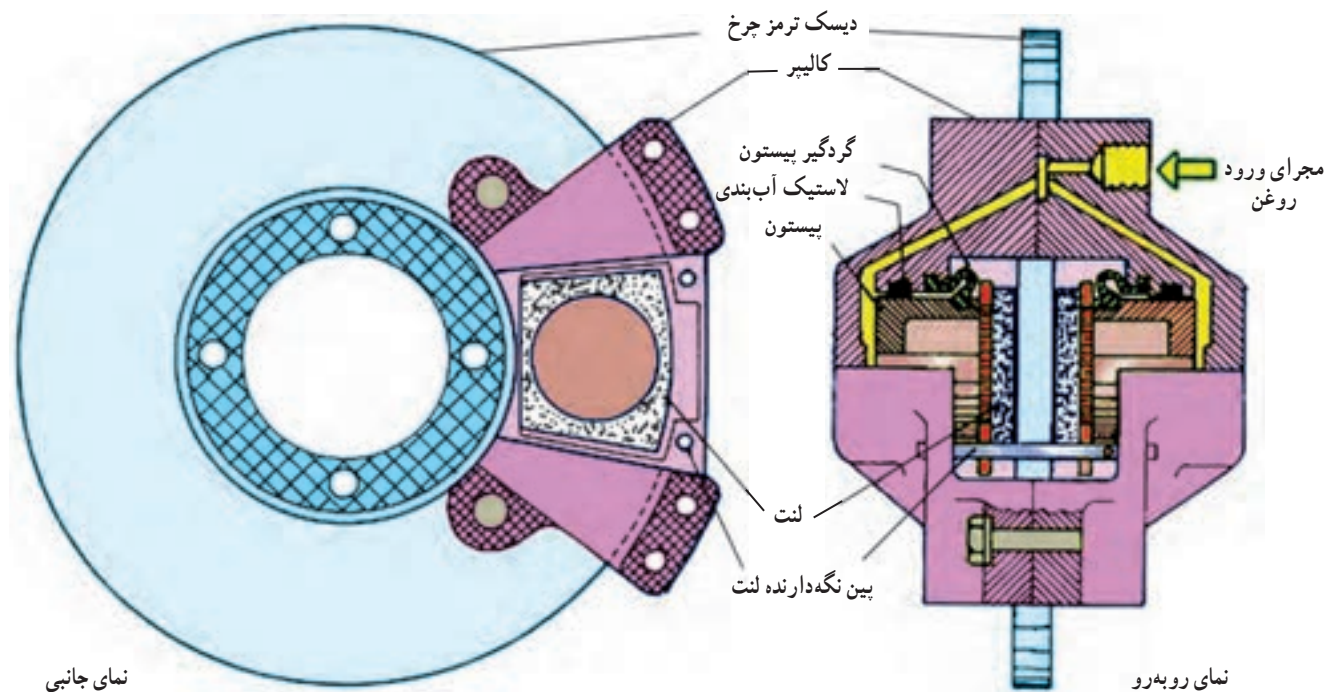
غیر آنها، به دلیل تماس مستقیم با هوای محیط؛

۳- پیچیدگی و مشکل بودن نصب ترمز دستی بر روی این

— مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت : این نوع مکانیزم ترمز معمولاً دارای دو یا چهار پیستون است.

شکل ۱۶-۹، نوع دو پیستون مکانیزم ترمز دیسکی را با

کالیپر ثابت نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۹- ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر ثابت

وارد بر لنت‌ها حذف می‌گردد و از این رو نیروی اصطکاک حذف می‌شود و ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

با توجه به اینکه در مکانیزم ترمز دیسکی، نیروی قلاب‌کنندگی وجود ندارد، افزایش نیروی اعمالی به لنت نیز، به دلیل وجود خاصیت قلاب‌کنندگی وجود نخواهد داشت. بنابراین در این نوع مکانیزم ترمز، نیروی بیشتری برای ترمزگیری نیاز است و با بزرگ‌تر در نظر گرفتن قطر پیستون‌ها این نقص جبران می‌شود.

در خودروهای با سطح ایمنی بالاتر، سعی می‌شود که ترمز

با توجه به شکل ۱۶-۹، مایع هیدرولیک ترمز با اعمال نیرو

به پدال ترمز، از مجرای ورود وارد کالیپر می‌شود و به پیستون‌های آن نیرو وارد می‌کند. پیستون‌ها نیز نیرو را به لنت‌ها اعمال می‌کنند.

درگیر شدن لنت‌ها با دیسک، باعث ایجاد اصطکاک بین لنت و

دیسک می‌گردد. این نیروی اصطکاک باعث کاهش تدریجی

سرعت خودرو می‌شود. پس از رها کردن پدال ترمز، فشار مایع

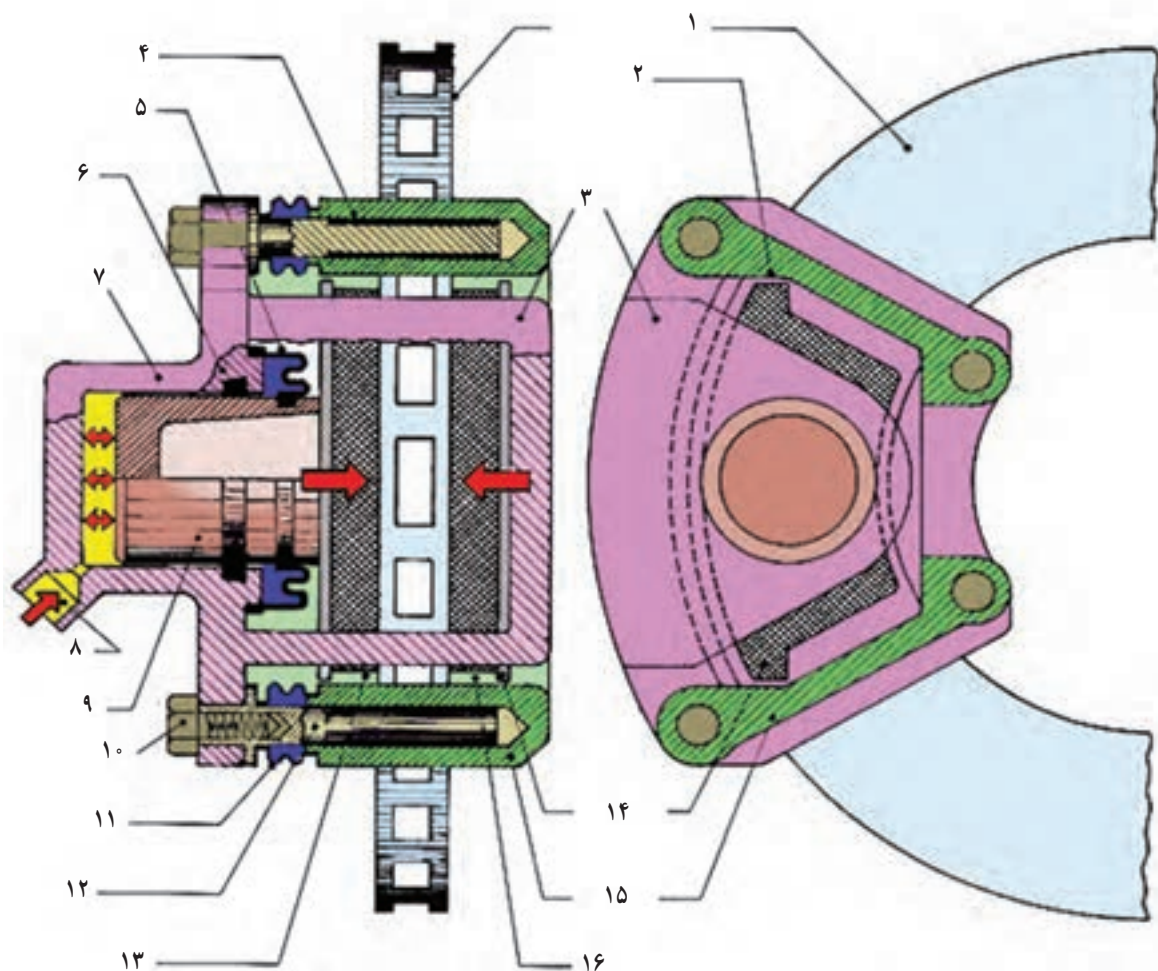
هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد و لاستیک آب‌بندی پیستون را

اندکی به سمت عقب حرکت می‌دهد. در نتیجه نیروی عمودی



ضد قفل، بهتر است که مکانیزم ترمز خودرو از نوع دیسکی باشد.  
 — مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور: شکل ۹-۱۷،  
 مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور را نشان می‌دهد.

هر چهار چرخ به مکانیزم ترمز دیسکی مجهز گردد. این موضوع  
 سبب می‌شود که خاصیت قلاب‌کنندگی در سیستم ترمز نیز از  
 بین برود و در عملکرد سیستم ترمز ضد قفل (ABS) نیز اختلالی  
 ایجاد نشود. به عبارت دیگر، در خودروی مجهز به سیستم ترمز



شکل ۹-۱۷- ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر شناور

۱- دیسک ترمز ۲- فک محل استقرار لنت ۳- کالیپر ۴- بوش لاستیکی ۵- گردگیر پیستون ۶- لاستیک آب‌بندی و برگشت  
 پیستون ۷- سیلندر کالیپر ۸- مجرای ورودی مایع هیدرولیک ترمز ۹- پیستون ۱۰- پیچ نصب کالیپر به بوش راهنما ۱۱- گردگیر  
 بین راهنما ۱۲- پین راهنما ۱۳- لنت داخلی ۱۴- صفحه فلزی لنت ۱۵- پایه ثابت نگه‌دارنده کالیپر ۱۶- لنت خارجی

(۱۳) اعمال می‌نماید. با درگیر شدن لنت داخلی با دیسک ترمز  
 (۱)، فشار هیدرولیک اعمالی به پیستون و سیلندر کالیپر، باعث  
 حرکت کالیپر برخلاف جهت حرکت پیستون (به سمت چپ) بر  
 روی پین راهنما (۱۲) می‌شود. که این امر باعث درگیر شدن لنت

با توجه به شکل ۹-۱۷، در این نوع مکانیزم ترمز، از  
 یک پیستون استفاده شده است. با اعمال نیرو به پدال ترمز، مایع  
 هیدرولیک ترمز از مجرای (۸) وارد سیلندر کالیپر (۷) می‌شود و به  
 پیستون (۹) نیرو اعمال می‌کند. پیستون نیز نیرو را به لنت داخلی



خارجی (۱۶) با دیسک ترمز می‌شود. تماس لنت‌ها با دیسک باعث تولید نیروی اصطکاک بین لنت و دیسک و بنابراین کاهش تدریجی سرعت خودرو می‌شود.

پس از رها شدن پدال ترمز، فشار مایع هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد و لاستیک آب‌بندی کننده (۶) اندکی پیستون را به سمت چپ حرکت می‌دهد تا درگیری لنت و دیسک از بین برود. کالیپر نیز اندکی به سمت راست حرکت می‌کند و عمل ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

## ۱۱-۹- بوستر یا تقویت کننده نیروی پای راننده

همان‌طور که در ابتدای فصل ذکر شد، از بوستر ترمز برای افزایش نیروی پا، راحتی راننده و ایمنی خودرو استفاده می‌شود. در این صورت، ضمن در دسترس بودن نیروی کافی برای راه‌اندازی ترمز، تأخیر در سیستم ترمز نیز کاهش، و راندها ترمز نیز افزایش می‌یابد.

انواع بوسترهای به کار رفته در سیستم ترمز هیدرولیکی

عبارت‌اند از :

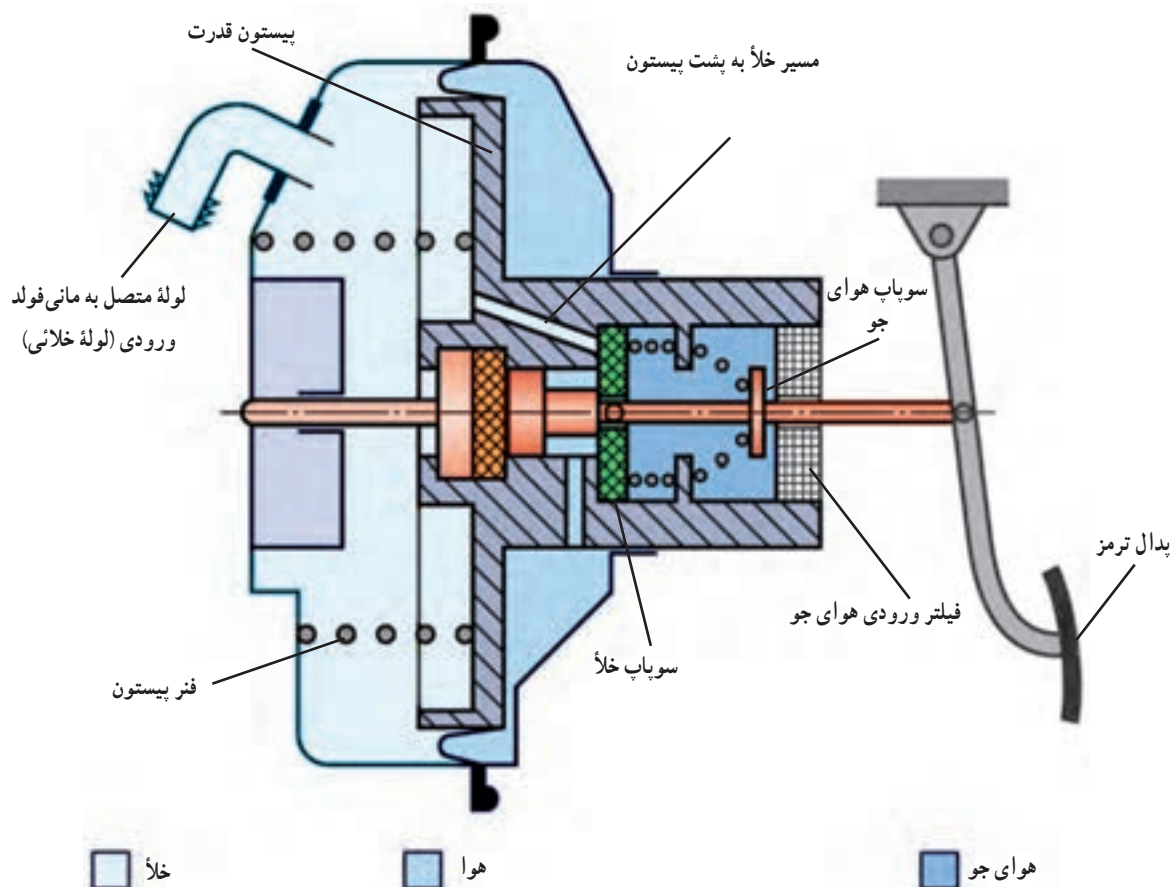
۱- بوسترهای خلائی

۲- بوسترهای هیدرولیکی

۳- بوسترهای پنوماتیکی (هوای فشرده).

متداول ترین بوستر در خودروهای سواری، بوستر خلائی است، که به منظور تقویت نیروی پای راننده، از خلائی مانی فولد (در زمان روشن بودن موتور) استفاده می‌کند. این بدان معناست که با خاموش بودن موتور، این تقویت نیرو صورت نمی‌گیرد. در این صورت، نیروی - مورد نیاز اعمالی به پدال ترمز افزایش، و ایمنی خودرو حین ترمزگیری کاهش می‌یابد.

نحوه عملکرد بوستر خلائی : با توجه به شکل ۱۸-۹، این بوستر بر اساس اختلاف فشار هوا بین دو طرف یک پیستون، با قطر زیاد عمل می‌کند. بر این اساس خلائی موتور توسط یک لوله به محفظه خلائی بوستر راه پیدا می‌کند. که این محفظه توسط پیستون با قطر زیاد (پیستون قدرت) و یک دیافراگم به دو قسمت تقسیم می‌شود.



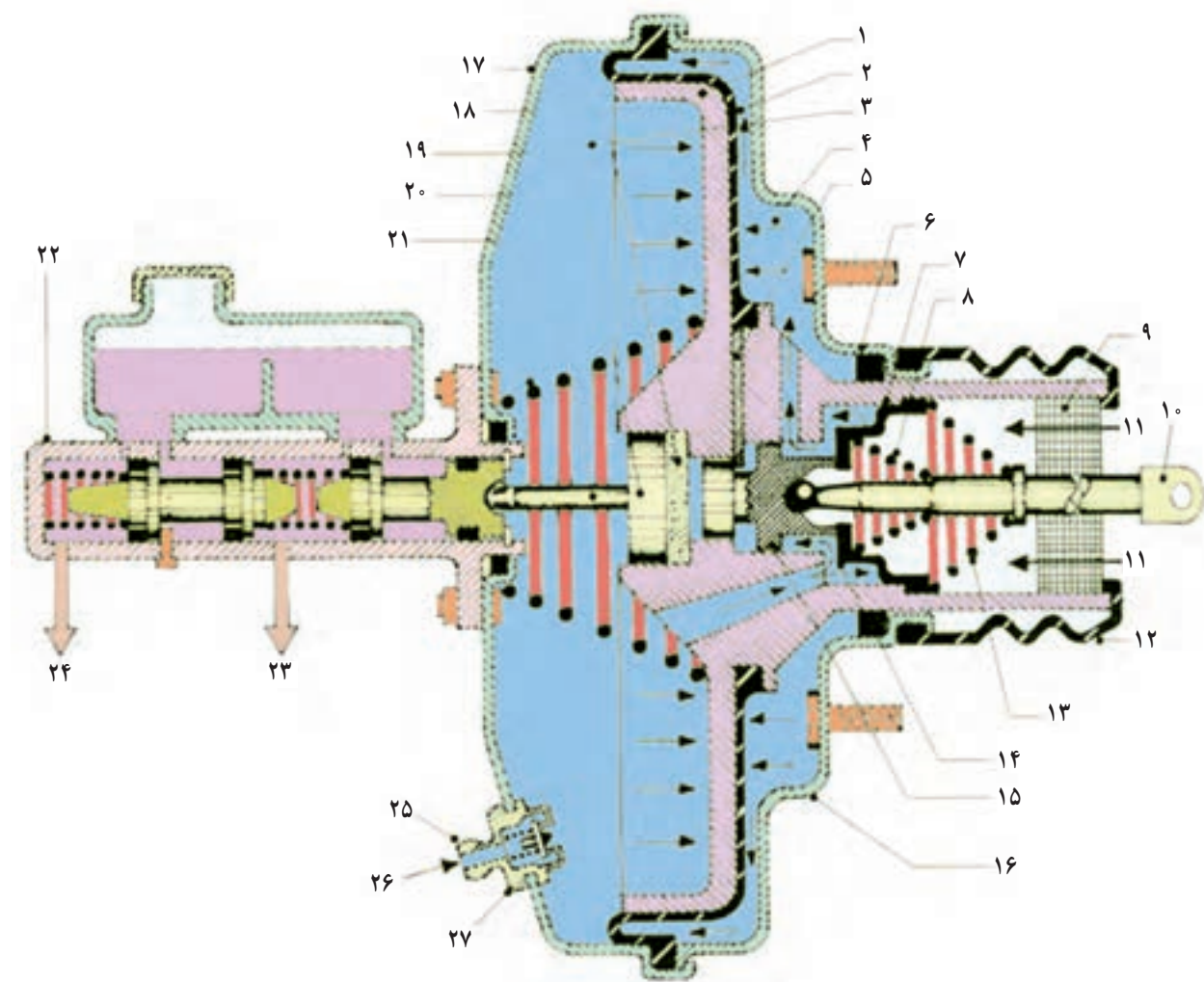
شکل ۱۸-۹- شماتیک بوستر ترمز

در حالت عادی به دو سمت دیافراگم، فشار خلأ بستگی دارد.

در نتیجه این اختلاف فشار، پیستون قدرت برخلاف نیروی فنر به سمت جلو حرکت می‌کند و باعث اعمال نیرو به پیستون سیلندر اصلی می‌شود.

شکل ۱۹-۹، بوستر خلئی ترمز را در وضعیت ترمز نگرفتن نشان می‌دهد.

اعمال می‌شود و اختلاف فشاری بین دو طرف دیافراگم وجود ندارد. بنابراین فنر، پیستون قدرت را در ابتدای کورس خود نگه می‌دارد. با اعمال نیرو به پدال ترمز، مسیر خلأ به پشت دیافراگم توسط سوپاپی بسته می‌شود و هوای آزاد به پشت دیافراگم راه پیدا می‌نماید و باعث ایجاد اختلاف فشار در دو طرف دیافراگم می‌شود. میزان این اختلاف فشار به میزان اعمال نیروی پدال ترمز

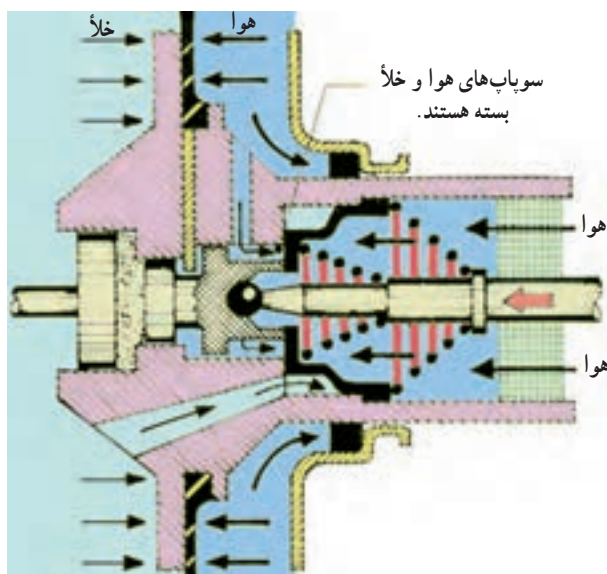


شکل ۱۹-۹ بوستر ترمز در حالتی که ترمز اعمال نشده است.

- ۱- پیستون قدرت ۲- دیافراگم آب‌بندی ۳- محفظه جلوی دیافراگم ۴- محفظه پشت دیافراگم ۵- خار متصل‌کننده سوپاپ لاستیکی به پیستون قدرت ۶- لاستیک آب‌بندی ۷- سوپاپ لاستیکی هوا و خلأ ۸- فنر کوچک سوپاپ لاستیکی ۹- فیلتر نمدی هوا ۱۰- فلانچ اتصال پدال به میله فشاری ۱۱- هوای ورودی ۱۲- گردگیر ۱۳- فنر بزرگ سوپاپ لاستیکی ۱۴- مسیر خلأ از جلوی دیافراگم به پشت دیافراگم ۱۵- تکیه‌گاه سوپاپ لاستیکی هوا ۱۶- محفظه پشتی پیستون قدرت ۱۷- محفظه جلویی پیستون قدرت ۱۸- لاستیک ضربه‌گیر ۱۹ و ۲۰- پیستون و میله انتقال نیرو از پیستون قدرت بوستر به پیستون پمپ اصلی ۲۱- فنر برگشت ۲۲- سیلندر اصلی دابل ۲۳- مدار اول ۲۴- مدار دوم ۲۵- محل اتصال لوله خلئی موتور ۲۶- سوپاپ یک طرفه ۲۷- لاستیک آب‌بندی فلانچ لوله خلئی

ترمزگیری می‌شود.

چنانچه راننده در هر وضعیتی پدال ترمز را ثابت نگه دارد، مطابق شکل ۹-۲۱، با حرکت پیستون قدرت به سمت چپ، مجدداً سوپاپ لاستیکی به نشیمنگاه مسیر هوا می‌رسد و آن را می‌بندد. بنابراین مسیر انتقال هوا به پشت دیافراگم و پیستون قدرت بویستر مسدود می‌گردد.

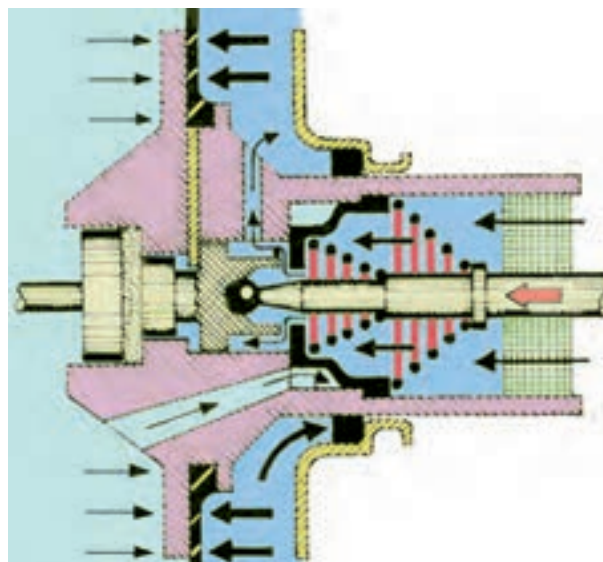


شکل ۹-۲۱- بویستر ترمز در حالتی که پای راننده روی پدال ترمز ثابت است.

بنابراین با اختلاف فشار ثابت، پیستون قدرت در محل خود ثابت می‌ماند و ترمزگیری با نیروی ثابت انجام می‌شود. چنانچه نیروی اعمالی به پدال ترمز افزایش یابد، مجدداً سوپاپ هوا باز می‌شود و هوای بیشتری به پشت دیافراگم می‌رسد. در نتیجه اختلاف فشار بین دو طرف دیافراگم بیشتر می‌شود و نیروی ترمزگیری افزایش می‌یابد.

چنانچه راننده پدال ترمز را رها کند، مطابق شکل ۹-۲۱، مجرای هوا بسته، و مجرای خلاء پشت دیافراگم باز می‌شود. با یکسان شدن فشار پشت و جلوی پیستون قدرت و دیافراگم، فنر برگشت (۲۱) پیستون قدرت و دیافراگم را به سمت عقب حرکت می‌دهد و با برگشت پیستون سیلندر اصلی، مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر چرخ‌ها نیز باز می‌گردد و عملیات ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

با توجه به شکل ۹-۱۹، هنگامی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال نمی‌کند، مسیر خلاء (۱۴) باز است و خلاء مانی فولد هوا به سمت جلوی دیافراگم (۲) و محفظه پشت دیافراگم (۴) اعمال می‌شود. بنابراین فنر برگشت (۲۱)، پیستون قدرت (۱) و دیافراگم (۲) را در ابتدای کورس خود نگه می‌دارد. چنانچه راننده به پدال ترمز نیرو اعمال کند، سوپاپ لاستیکی، مطابق شکل ۹-۲۰، تغییر وضعیت می‌دهد.



شکل ۹-۲۰- بویستر خلئی، در حالتی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال می‌کند.

در این حالت، مطابق شکل ۹-۲۰، ابتدا مسیر انتقال خلاء (۱۴) به پشت پیستون قدرت (۱) و دیافراگم (۲) بسته می‌شود و با فشار بیشتر به پدال، تکیه‌گاه سوپاپ لاستیکی هوا (۱۵) از محل خود حرکت می‌کند و هوا از طریق فیلتر نمدی (۹) به پشت پیستون قدرت می‌رسد.

در این حالت، به پشت پیستون قدرت فشار هوا اعمال می‌شود، در حالی که جلوی پیستون قدرت به خلاء مانی فولد هوا وصل است. بنابراین پیستون قدرت و دیافراگم به سمت چپ حرکت می‌کند و از طریق پیستون و میله (۱۹ و ۲۰) نیرو را به پیستون سیلندر اصلی منتقل می‌کند و باعث ارسال مایع هیدرولیک ترمز از سیلندر اصلی به سیلندر چرخ‌ها و شروع عمل



## ۹-۱۲- شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب

باید توجه نمود که با کاهش نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها باید فشار مایع هیدرولیک نیز کاهش یابد تا از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شود. از طرفی با افزایش نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز 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

زیرند:

۱- هنگام ترمزگیری، به دلیل وجود 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

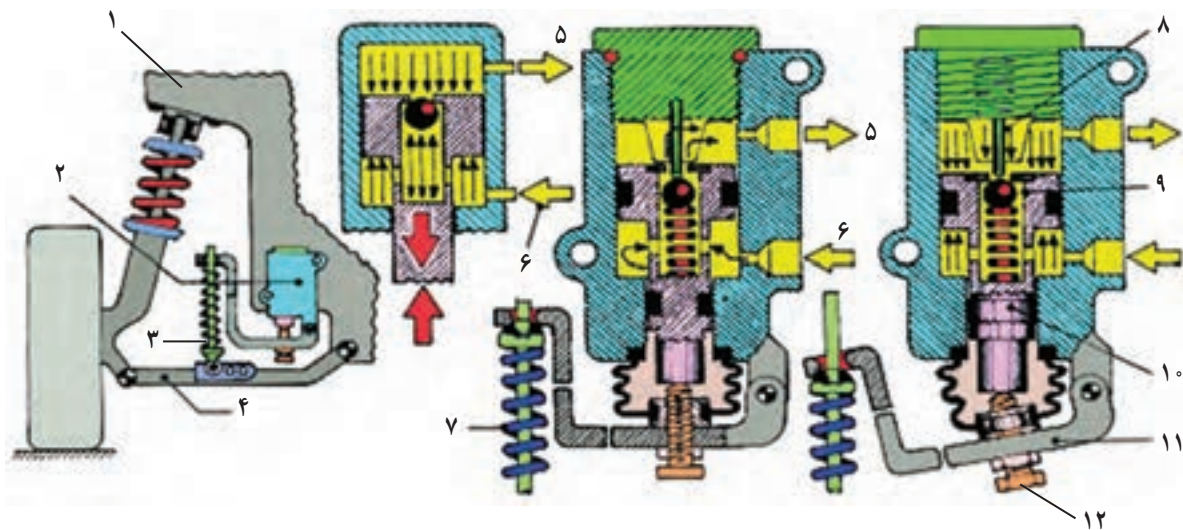
ترمزی بستگی دارد (کله‌زنی). با کاهش نیروی وزن روی چرخ‌های عقب، به منظور جلوگیری از قفل شدن آنها، باید نیروی ترمزی اعمالی به آنها نیز کاهش یابد. این موضوع با کاهش فشار مایع هیدرولیک اعمالی به سیلندر چرخ‌های عقب ایجاد می‌شود.

۲- با تغییر نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب خودرو،

ناشی از تغییر تعداد سرشینیان 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 نشود و با افزایش نیروی وزن، راندمان سیستم ترمز افزایش یابد.

شکل ۹-۲۲، ساختمان و نحوه عملکرد شیر کنترل فشار

بر حسب 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 ۹-۲۲- ساختمان و نحوه عملکرد شیر تنظیم فشار و تقسیم نیروی ترمزی

- ۱- بدنه خودرو ۲- مجموعه 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

متصل شده است. در این صورت با تغییر مقدار نیروی وزن اعمالی به چرخ عقب خودرو، فاصله چرخ تا بدنه خودرو تغییر می‌کند و در نتیجه طبق مکانیزم تعلیق جابه‌جا می‌شود. این جابه‌جایی باعث

با توجه به شکل ۹-۲۲- الف، این شیر به گونه‌ای بر روی مکانیزم تعلیق عقب خودرو نصب می‌شود که از یک طرف به بدنه خودرو و از سمت دیگر توسط میله رابط (۳) به طبق مکانیزم تعلیق

حرکت اهرم حسگر بار (۱۱) می‌شود و با توجه به مقدار حرکت اهرم، فشار خروجی به چرخ‌های عقب نیز تغییر می‌کند.

مطابق شکل ۲۲-۹ ب، با افزایش نیروی وزن در قسمت عقب خودرو، به‌منظور افزایش راندمان ترمز باید فشار مایع هیدرولیک ترمز چرخ‌های عقب نیز افزایش یابد. در این حالت به‌سبب اعمال بار، بدنه خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث حرکت میله رابط (۳) به سمت بالا می‌شود. از این‌رو با حرکت میله رابط (۳) به سمت بالا، نیروی پیش بار فنر حسگر بار (۷) افزایش یافته و باعث حرکت اهرم حسگر بار (۱۱) و پیستون حسگر روبه‌بالا می‌شود.

بنابراین سازه قطع و وصل فشار به پین ثابت (۸) برخورد، 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 این‌صورت با اعمال نیرو به پدال ترمز، مایع هیدرولیک ترمز، که از مجرای ورودی سوپاپ (۶) وارد آن شده است، به‌دلیل باز بودن کامل مجرای خروجی شیر (۵)، با اختلاف فشار مشخصی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب منتقل می‌شود.

در حالی‌که بار روی محور عقب کم باشد و در اثر ترمزگیری، انتقال وزن از قسمت عقب خودرو به محور جلو نیز صورت گیرد (حالت پ)، به‌دلیل حرکت رو به بالای قسمت عقب

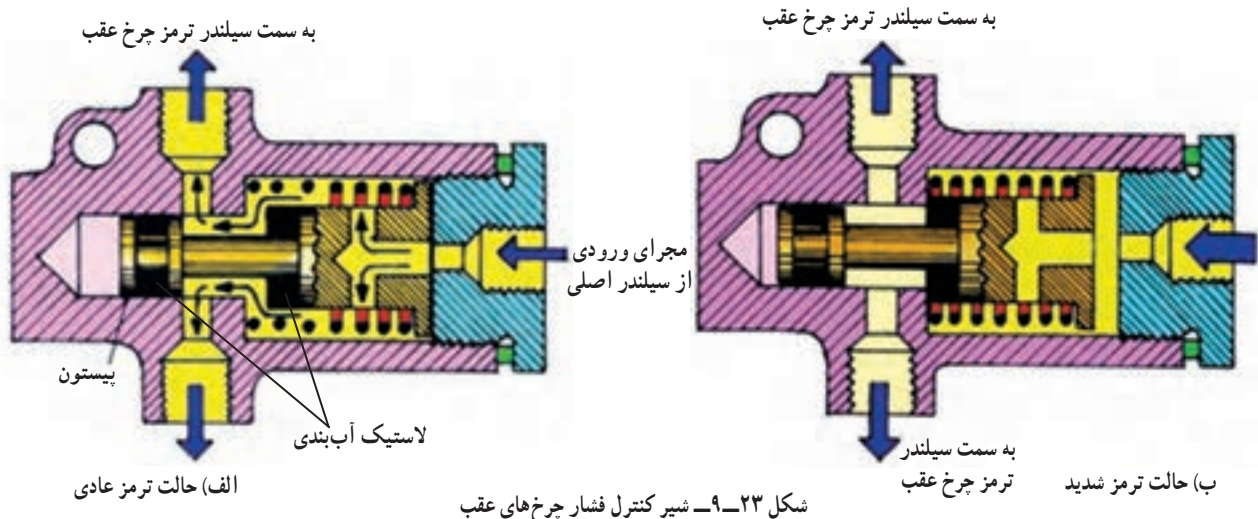
خودرو، اهرم حسگر بار (۱۱) توسط حرکت میله رابط (۴) و تغییر نیروی فنر حسگر بار (۷)، به سمت پایین حرکت می‌کند.

بنابراین پیستون حسگر بار نیز به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث کوچک‌تر شدن مجرای خروجی یا مسدود شدن آن توسط سوپاپ سازه 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 ترمز 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 مقایسه میزان لغزش طولی بین چرخ‌های جلوی خودرو و زمین با میزان لغزش طولی بین چرخ‌های عقب خودرو و زمین، می‌توان میزان اختلاف در نیروی وزن 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. از این‌رو این سیستم را «توزیع نیروی ترمز به صورت الکترونیکی» (EBD) گویند که در بخش ۱۱ به بررسی آن پرداخته خواهد شد.

شکل ۲۴-۹ نوع دیگری از شیر کنترل فشار چرخ‌های



شکل ۲۳-۹ شیر کنترل فشار چرخ‌های عقب



عقب را نشان می‌دهد.

### ۹-۱۳- ترمز دستی

از ترمز دستی خودرو در شرایط زیر استفاده می‌شود:

۱- در شرایط اضطراری که ترمز اصلی خودرو دچار مشکل شده است، به منظور کاهش سرعت خودرو یا متوقف نمودن آن با راندها کمتری نسبت به ترمز اصلی از آن (ترمز دستی) استفاده می‌شود.

۲- در شرایط جاده شیب‌دار، که به ساکن نگه داشتن خودرو نیاز است، ترمز دستی باید قادر باشد تا شیب ۱۸٪ خودرو را در حالت سکون حفظ نماید.

محل نصب مکانیزم ترمز دستی در یکی از سه محل زیر است:

۱- چرخ‌های جلو؛

۲- چرخ‌های عقب؛

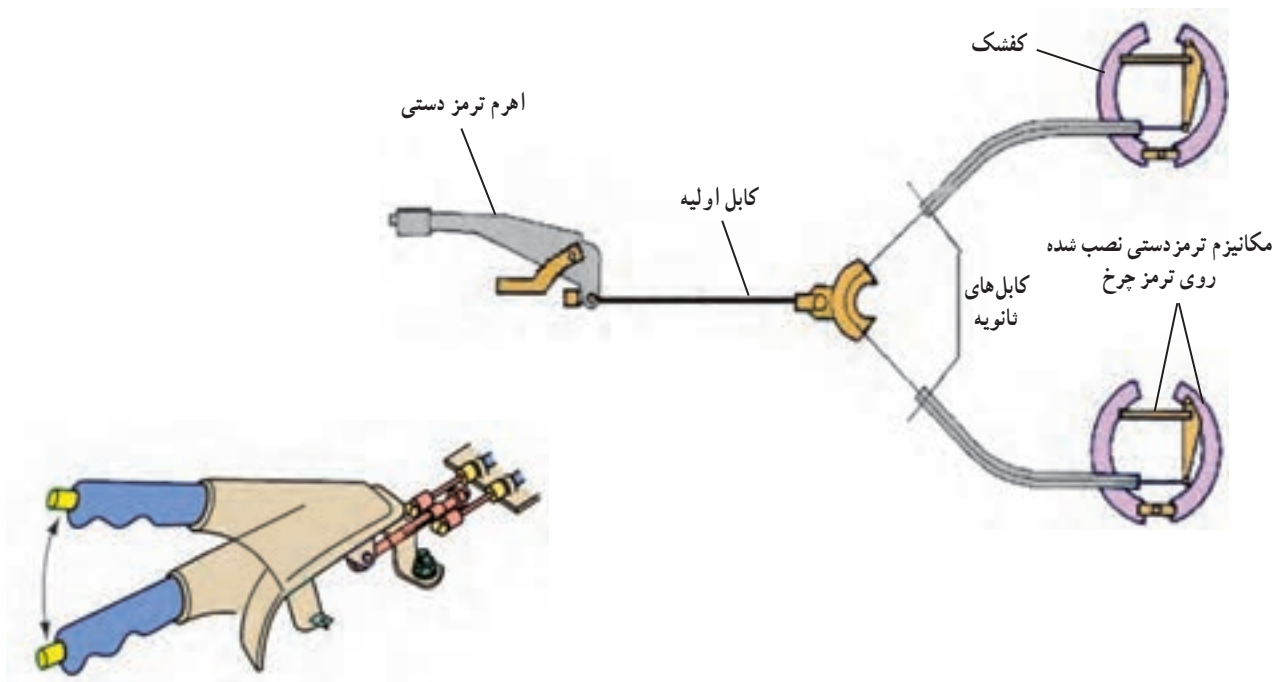
۳- میل گاردان.

معمولاً مکانیزم ترمز دستی بر روی ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌شود. شکل‌های ۹-۲۴ و ۹-۲۵ انواع مختلف مکانیزم‌های ترمز دستی را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹-۲۴، با فعال شدن ترمز دستی، کابل اولیه کشیده می‌شود. این امر باعث کشیده شدن کابل ثانویه می‌گردد.

مطابق شکل ۹-۲۳، این شیر در مسیر عبور مایع هیدرولیک

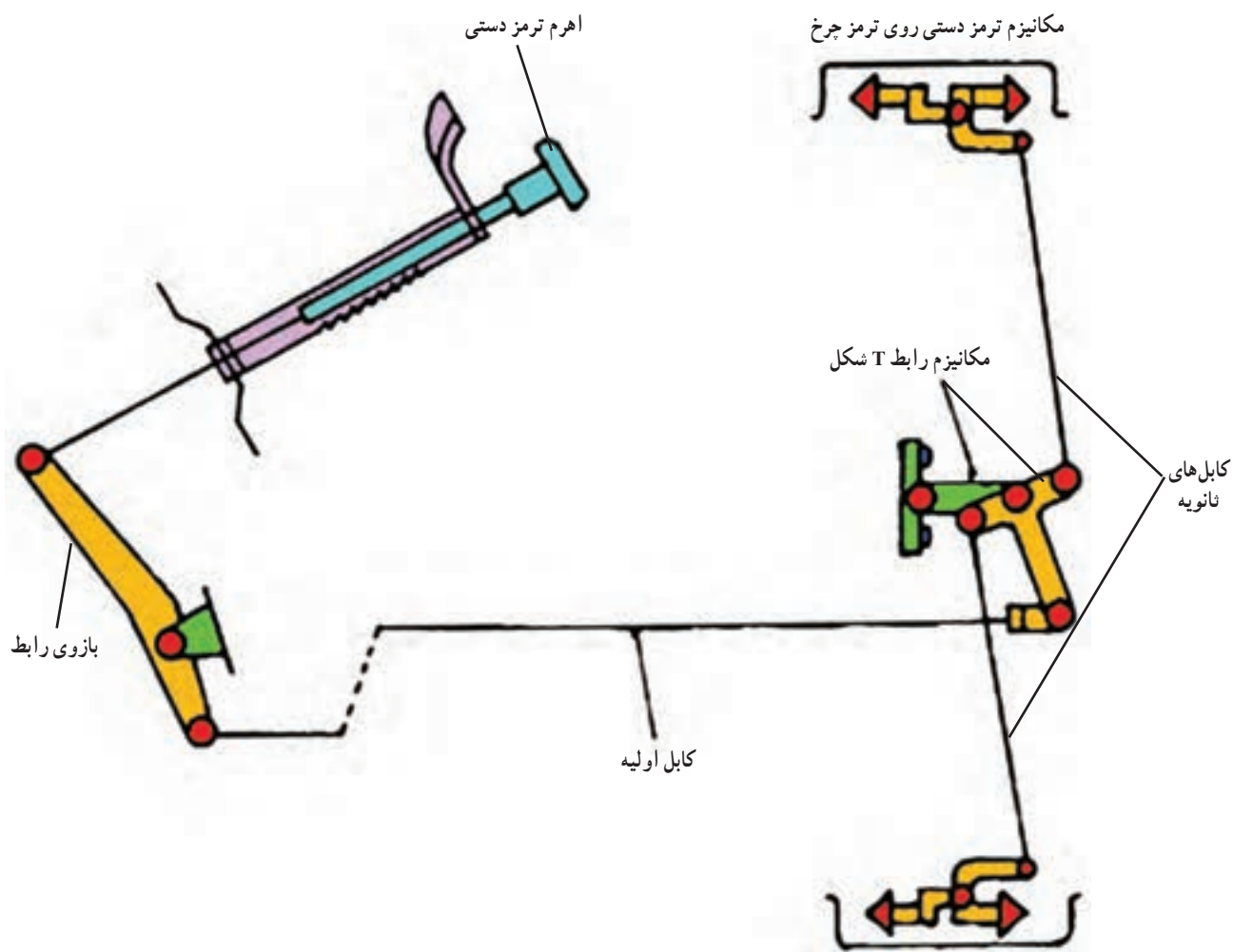
ترمز از خروجی سیلندر اصلی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌گردد. با توجه به شکل ۹-۲۳-الف، در حالت ترمزگیری با شتاب کم، به دلیل اینکه نیروی فنر نسبت به فشار مایع هیدرولیک اعمالی به انتهای پیستون شیر، بزرگ‌تر می‌باشد. پیستون شیر تحت نیروی فنر در ابتدای کورس خود قرار می‌گیرد. از این رو مجرای خروجی شیر باز می‌باشد و مایع هیدرولیک ترمز پس از عبور از آن به سمت سیلندر ترمز چرخ‌های عقب ارسال می‌شود. در حالت ترمزگیری شدید ۹-۲۳-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. 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.



شکل ۹-۲۴- مکانیزم ترمز دستی کابلی دو شاخه‌ای

نگه داشتن خودرو و ساکن یا کاهش سرعت خودروی در حال حرکت می گردد.

کشیده شدن کابل ثانویه باعث فعال شدن مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز چرخ می گردد و باعث درگیری لنت با کاسه چرخ یا دیسک ترمز می شود و در نهایت باعث متوقف



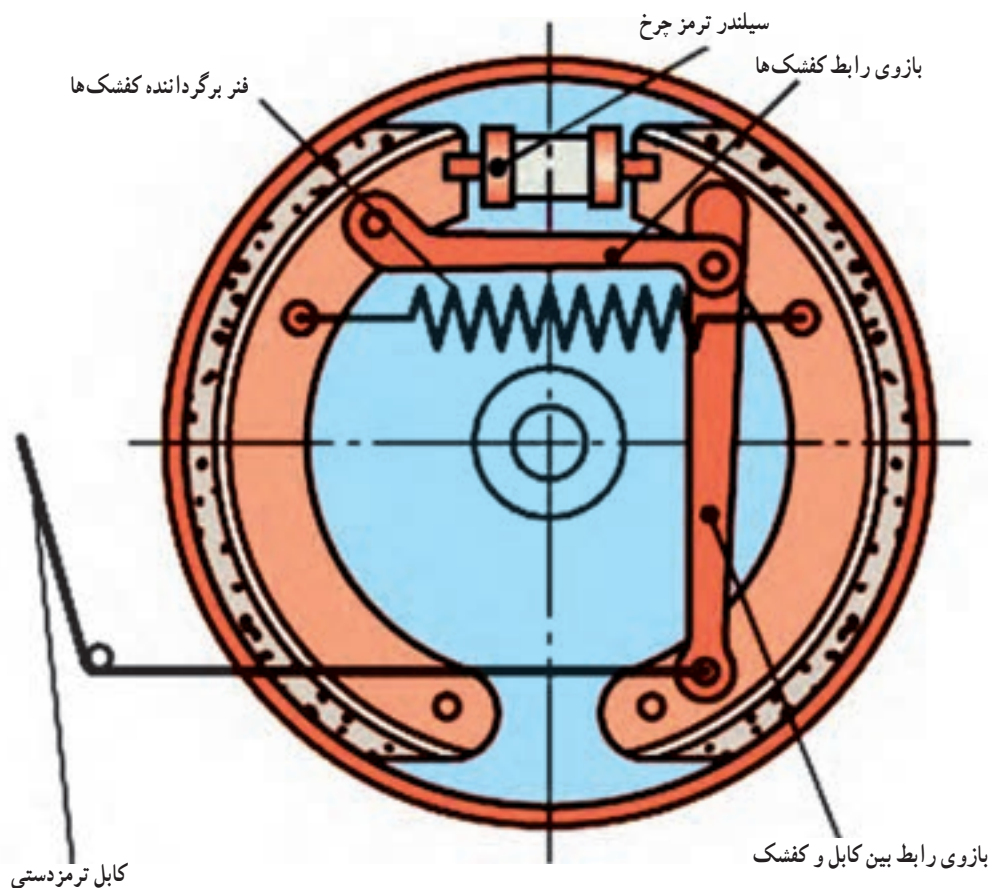
شکل ۹-۲۵- مکانیزم ترمز دستی کابلی با واسط «T شکل» (مکانیزم ترمز دستی عصایی)

می کند و باعث درگیر شدن لنت ها با کاسه چرخ و یا دیسک ترمز می گردد و در نتیجه باعث متوقف نگه داشتن خودرو ساکن یا کاهش سرعت خودروی در حال حرکت می شود.

شکل ۹-۲۶، نمونه ای از مکانیزم ترمز دستی نصب شده را بر روی مکانیزم ترمز کفشکی نشان می دهد.

با توجه به شکل ۹-۲۶، با فعال شدن اهرم ترمز دستی، کابل ترمز دستی کشیده می شود و باعث جابه جایی بازوی ترمز

با توجه به شکل ۹-۲۵، در این نوع مکانیزم ترمز دستی با فعال شدن اهرم دستی، بازوی رابط به صورت الکلنگی حرکت می کند و باعث کشیده شدن کابل اولیه می شود. کشیده شدن کابل اولیه نیز باعث چرخش مکانیزم «T شکل» حول محور خود می شود. از این رو با چرخش واسط «T شکل»، کابل ثانویه متصل به مکانیزم ترمز چرخ ها نیز کشیده می شود. با کشیده شدن کابل ثانویه، مکانیزم ترمز دستی متصل به مکانیزم ترمز چرخ عمل



شکل ۲۶-۹. مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز کفشکی

به سمت داخل حرکت می‌کند. مهره (۱۳) نیز به پیستون (۱۰) نیرو اعمال می‌کند و باعث حرکت پیستون به سمت لنت‌ها می‌شود. از این رو لنت‌ها با دیسک درگیر می‌شوند و ترمز دستی فعال می‌شود. قابل توجه است که علت استفاده از شفت مارپیچ (۴) و مهره (۱۸)، علاوه بر عملکرد مکانیزم ترمز دستی، رگلاژ اتوماتیک سیستم ترمز است. به این صورت که با کاهش ضخامت لنت در اثر کار کرد، مهره (۱۸) روی شفت مارپیچ دَوَران، و به سمت داخل حرکت می‌کند تا باعث کم شدن فاصله بین لنت و دیسک گردد.

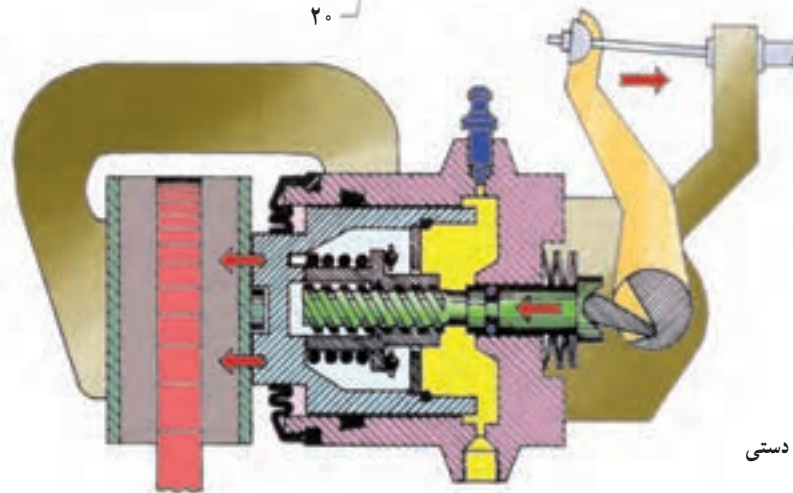
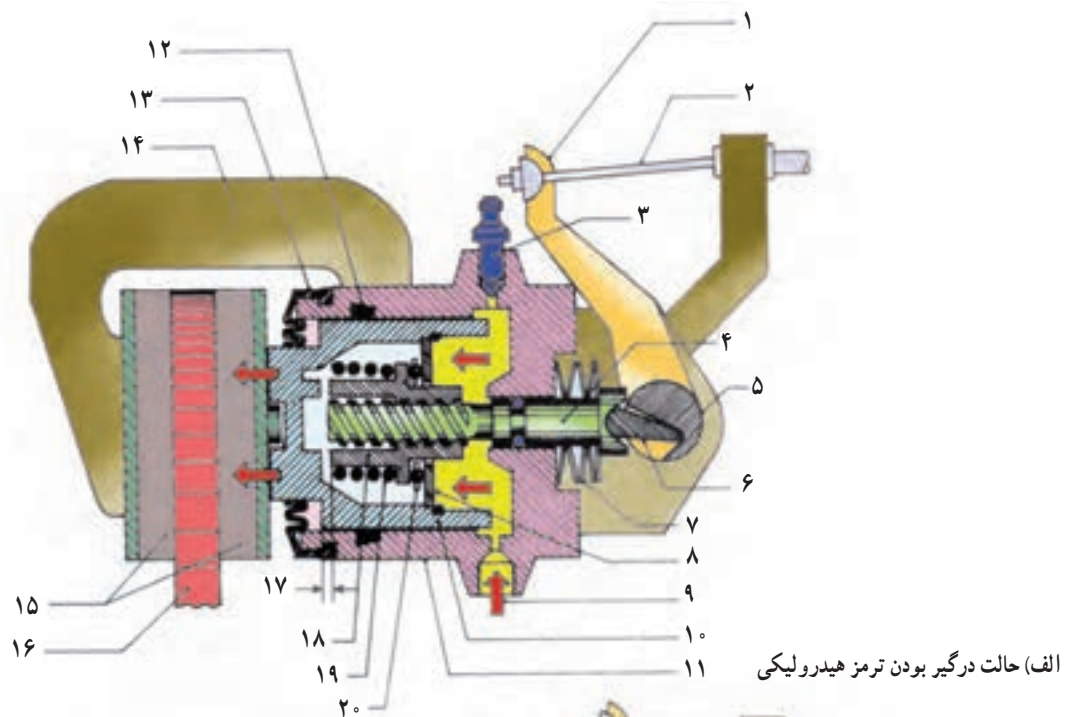
همچنین برای تعویض لنت، با چرخاندن پیستون، پیستون و مهره بر روی مارپیچ به سمت داخل حرکت می‌کنند و نصب لنت نو، که دارای ضخامت بیشتری نسبت به لنت کار کرده است، به سهولت انجام می‌گیرد.

دستی می‌گردد. جابه‌جایی بازوی ترمز دستی، باعث درگیر شدن کفشک متصل به آن با کاسه چرخ می‌شود. همچنین بازوی ترمز دستی با جابه‌جایی خود به اهرم رابط ترمز دستی بین دو کفشک نیرو وارد می‌کند و با جابه‌جا شدن این اهرم رابط، کفشک دیگر نیز با کاسه درگیر می‌شود.

شکل ۲۷-۹. مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز دیسکی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۲۷-۹ ب، با فعال شدن اهرم دستی، کابل ترمز دستی (۲) کشیده می‌شود و باعث دَوَران شفت بادامکی (۵) می‌گردد. با دوران شفت بادامکی، قطعه لویایی (۶) نیز دوران می‌کند. دوران قطعه لویایی باعث اعمال نیرو به شفت مارپیچ (۴) می‌شود.

با حرکت خطی شفت مارپیچ به سمت داخل، مهره (۱۸) نیز



شکل ۲۷-۹- مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی ترمز دیسکی

۱- اهرم انتقال نیروی ترمز دستی ۲- کابل ترمز دستی ۳- پیچ هواگیری ۴- شفت مارپیچی ۵- شفت بادامکی ۶- قطعه لوبیایی  
 شکل انتقال نیروی ترمز دستی ۷- واشرهای فنری برگشت دهنده ۸- واشر تخت ۹- مجرای ورود مایع هیدرولیک به سیلندر  
 چرخ ۱۰- پیستون ۱۱- سیلندر چرخ ۱۲- لاستیک آب بندی ۱۳- گردگیر ۱۴- فک کالیپر ۱۵- لنت ترمز ۱۶- دیسک چرخ  
 ۱۷- لقی محوری ۱۸- مهره شفت مارپیچ ۱۹- فنر نگه دارنده ۲۰- یاتاقان کف گرد

## ۱۴-۹- لنت ترمز

شکل ۲۸-۹، نمونه هایی از انواع مختلف لنت را نشان می دهد.

در ساخت لنت از مواد مختلفی استفاده می شود. این مواد

را می توان به شرح ذیل تقسیم نمود :

۱- رزین : این ماده همانند چسب است و مواد تشکیل دهنده

لنت قطعه ای است که هنگام ترمزگیری با ایجاد اصطکاک،

انرژی جنبشی چرخ ها را به انرژی گرمایی تبدیل می کند تا به این

طریق عمل ترمزگیری کامل شود و سرعت خودرو کاهش یابد.

می‌گردد) تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش قدرت ترمزگیری و ثبات عملکرد لنت می‌شود.

**۳- مواد پرکننده:** این مواد در نرم یا سخت شدن لنت و ایجاد صدا یا گرد و غبار مؤثرند و مانند واسطه‌ای بین سه گروه مواد دیگر تشکیل دهنده لنت عمل می‌کنند. در گذشته از آزیست به‌منزله پرکننده در لنت‌ها استفاده می‌شد. اما امروزه به علت سرطان‌زا بودنش، از آن در تولید لنت استفاده نمی‌شود.

در صورتی که از مواد سرامیکی (دیرگداز) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود، آن را «لنت سرامیکی» نامند و اگر از مواد گیاهی یا طبیعی (آلی) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود آن را «لنت ارگانیک» نامند. همچنین اگر از ترکیب مواد سرامیکی و فلزی به‌صورت ماده پرکننده استفاده گردد، این نوع لنت را «نیمه فلزی» نامند.



شکل ۲۸-۹ انواع لنت

لنت را به یکدیگر متصل می‌کند.

**۲- فیبرها:** فیبرها مانند تارهای نگه‌دارنده به استحکام لنت کمک می‌کنند. در صورتی که از جنس مسی به‌منزله فیبر استفاده شود در دفع گرمای ناشی از ترمزگیری (که بین لنت و دیسک ایجاد

**نکته:** امروزه معمولاً به دلیل کیفیت و قیمت مناسب لنت‌های نیمه فلزی، در خودروهای سواری از آنها استفاده می‌گردد.

که میزان سایش لنت در استانداردهای ملی و بین‌المللی نیز سقف تعریف شده‌ای دارد.

● **آزمون حرارتی:** در این مرحله از آزمون، عملکرد لنت ترمز در درجه حرارت مشخصی اندازه‌گیری می‌گردد که در استاندارد بین‌المللی SAE-160 نیز درج شده است.

شکل ۲۹-۹، نمونه‌ای از نتایج تست ضربه اصطکاک و درجه حرارت یک نمونه لنت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ضربه اصطکاک لنت طی بیست سیکل ترمزگیری در حدود ۵/۰ ثابت مانده و دمای لنت نیز طی این فرایند در حدود ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد ثابت مانده که نشانه ثبات عملکرد لنت طی ترمزگیری است.

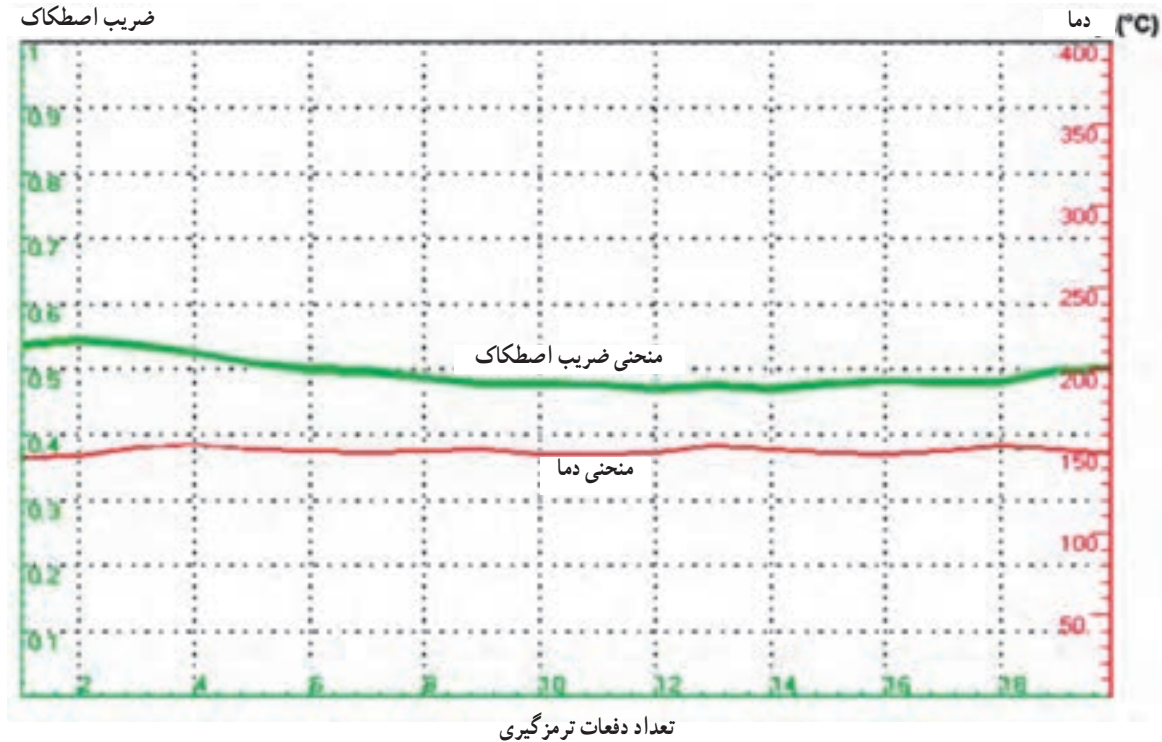
هنگام تولید لنت، آزمایش‌های مختلفی براساس استانداردهای ملی ایران (ISIRI NO 586) و استاندارد بین‌المللی (SAE661/JISO-4411) بر روی لنت، به شرح زیر انجام می‌پذیرد:

● **آزمون ابعادی:** در این آزمون، کلیه ابعاد طول، عرض و ضخامت لنت تحت کنترل قرار می‌گیرد؛

● **آزمون ضرایب اصطکاک:** در این آزمون، در حرارت‌های بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، ضربه اصطکاک لنت، تحت نیروهای ثابت اندازه‌گیری می‌شود تا با مقادیر استاندارد خود تطبیق داده شود.

● **آزمون میزان سایش:** با محاسبه میزان سایش لنت، می‌توان عمر لنت را نیز به‌طور نسبی محاسبه نمود. قابل ذکر است





شکل ۲۹-۹. آزمایش ضریب اصطکاک و آزمون حرارتی لنت

### شما باید در آینده :

- ۱- در تمام فعالیت‌های خود ایمنی و سلامت جامعه، حفاظت از محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی را مراعات کنید.
- ۲- چنانچه نادیده گرفتن نظر شما در شرایط خاصی موجب به خطر افتادن زندگی یا سلامت مردم می‌شود یا محیط زیست را تخریب می‌کند، باید کارفرما و دیگر مسئولان و یا ذی‌نفعان را آگاه سازید.
- ۳- باید در صورتی که تصور می‌کنید کار شما تأثیر نامطلوبی بر ایمنی و سلامت همکاران یا مردم در زمان حال یا آینده خواهد داشت نباید طرحی را تأیید، مهر یا امضا کنید.
- ۴- باید استانداردهای موجود در کارتان را مراعات کنید، مگر آنکه از نظر اخلاقی یا فنی توجیهی برای عدول از آنها داشته باشید.
- ۵- گزارش‌هایی را که تحت نظارت و مدیریت شما تهیه نشده است و یا در آنها اطلاعات و تجربه کافی ندارید تأیید نکنید.

- ۱- وظیفه سیستم ترمز را بیان کنید.
- ۲- اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی را نام ببرید.
- ۳- سیستم ترمز دומداری و انواع مختلف آن را توضیح دهید.
- ۴- طرز کار سیلندر اصلی ترمز دومداری را شرح دهید.
- ۵- انواع مکانیزم ترمز کاسه‌ای را نام ببرید.
- ۶- مزایا و معایب مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کشک‌بندی سرو را توضیح دهید.
- ۷- اجزای اصلی مکانیزم ترمز دیسکی را نام ببرید.
- ۸- نحوه عملکرد مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت را شرح دهید.
- ۹- نحوه عملکرد بوستر خلتی را توضیح دهید.
- ۱۰- دلایل استفاده از مکانیزم شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب را بیان کنید.
- ۱۱- شرایط استفاده از ترمزدستی را عنوان کنید.
- ۱۲- مواد مورد استفاده در تولید لنت ترمز را نام ببرید.

## تایر

هدف‌های رفتاری : از هنجار انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- وظایف تایر را بیان کند.
- ۲- انواع تایر را از لحاظ چیدمان نخ بدنه دسته‌بندی کند.
- ۳- انواع تایر را با یکدیگر مقایسه نماید.
- ۴- اجزای تایر را نام ببرد.
- ۵- نحوه خواندن کدهای تایر را بیان کند.
- ۶- انواع رینگ تایر را دسته‌بندی کند.
- ۷- انواع نابالانسی تایر و چرخ را دسته‌بندی نماید.
- ۸- عیوب تایر را بیان کند.

### مقدمه

تایر یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین اجزای خودرو محسوب می‌شود. به طوری که در ایمنی و پایداری خودرو، مانورپذیری، ترمزگیری، شتاب‌گیری، راحتی سرنشین و مصرف سوخت بسیار تأثیرگذار است. وظایف تایر را می‌توان به صورت ذیل بیان نمود :

- ۱- تحمل بار و نیروهای عمودی، مانند وزن خودرو و سرنشینان؛
  - ۲- تولید و تحمل نیروهای جانبی برای کنترل و پایداری خودرو، هنگام طی مسیر پیچ جاده؛
  - ۳- تولید و تحمل نیروهای طولی برای کنترل و پایداری بهتر خودرو، هنگام ترمزگیری و شتاب‌گیری؛
  - ۴- جذب و مستهلک کردن مقداری از ضربات و ارتعاشات ناشی از حرکت خودرو در جاده‌های ناهموار.
- تایرها از لحاظ ساختار بدنه به دو نوع، تایر مورب (بایاس)<sup>۱</sup> و تایر رادیال<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند.

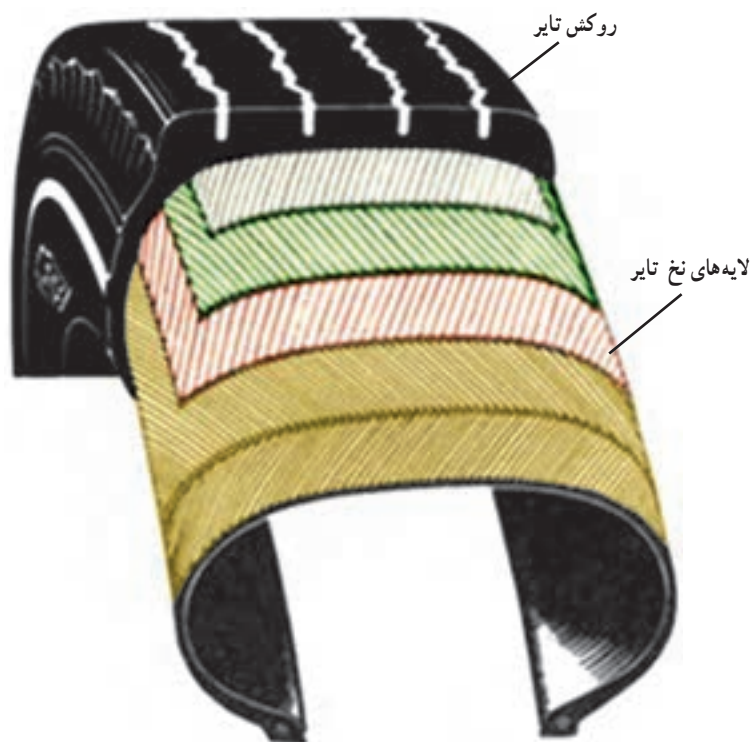
### ۱-۱- تایر مورب (بایاس)

مطابق شکل ۱-۱، در این نوع تایر، نخ‌های هر لایه به صورت

شکل ۱-۱، نحوه چیدمان نخ‌های هر لایه نسبت به لایه یک در میان موازی هم‌اند. امتداد نخ در هر لایه، نسبت به خط محیطی تایر، به صورت مورب و دارای زاویه ۳۰ تا ۴۰ درجه‌ای است. بعدی را در تایر نوع بایاس نشان می‌دهد.

۱- Bias

۲- Radial



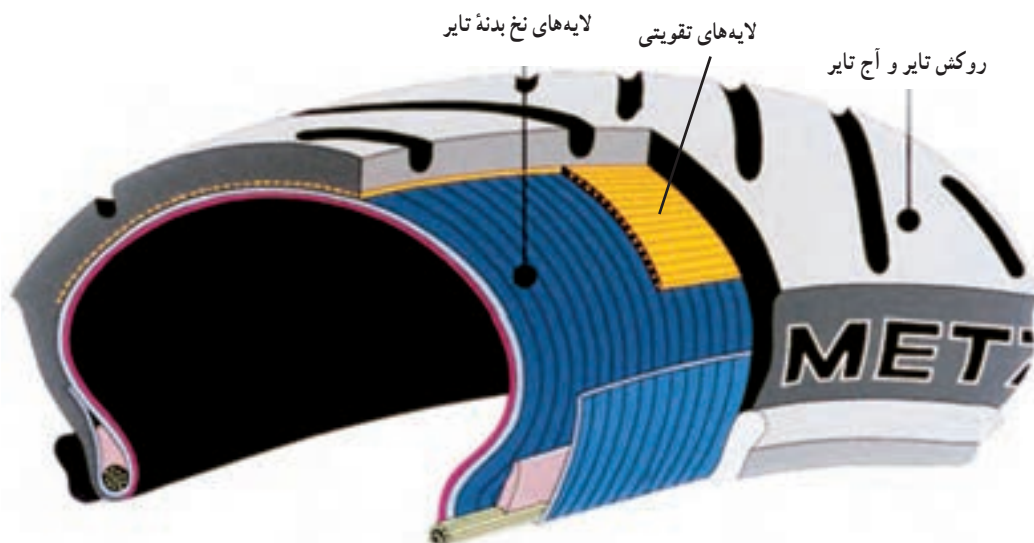
شکل ۱-۱- وضعیت چیدمان مجموعه بدنه تایر و زاویه چیدمان نخ‌های هر لایه، نسبت به خط مرکزی تایر

## ۲-۱- تایر رادیال

نحوه چیدمان و مورّب بودن لایه‌های نخ باعث می‌شود که تایر بایاس دیواره سفت‌تری نسبت به نوع رادیال داشته و نیروهای عمودی را بهتر تحمل نماید. جنس نخ‌های لایه از ابریشم مصنوعی یا نایلون است.

با توجه به خواص نامطلوب این نوع تایر، امروزه از آن در خودروهای سواری استفاده نمی‌شود.

مطابق شکل ۲-۱ تایر رادیال نیز از چند لایه تشکیل شده است. لایه‌های زیرین را لایه‌های بدنه و لایه‌های بالاتر را



شکل ۲-۱- تایر رادیال، وضعیت چیدمان مجموعه لایه‌های بدنه و تقویتی، نسبت به خط محیطی تایر

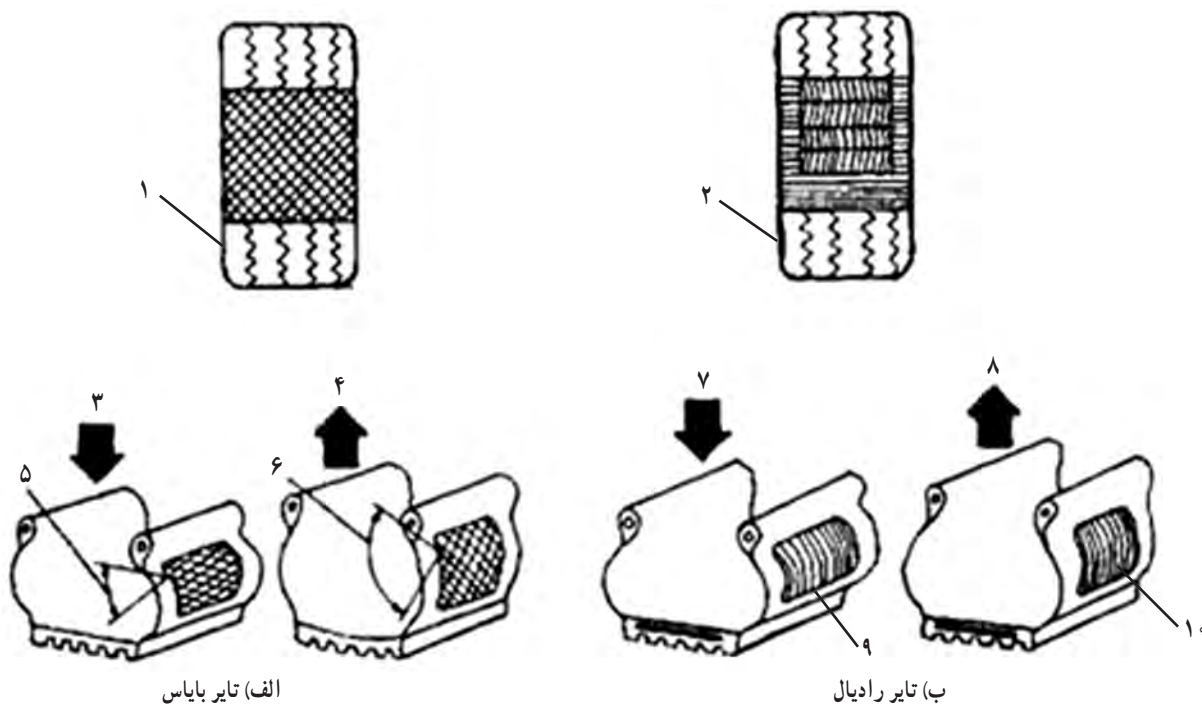
## ۳-۱۰- مقایسه ویژگی‌های تایر بایاس و رادیال

این دو نوع تایر از جهات زیر مقایسه می‌شوند:

- ۱- راحتی در رانندگی (جذب ارتعاشات)؛
- ۲- کنترل و پایداری خودرو؛
- ۳- شتاب‌گیری و ترمزگیری (تحمل نیروهای طولی)؛
- ۴- عمر تایر؛
- ۵- مصرف سوخت.

۱- راحتی در رانندگی: شکل ۳-۱۰، مقایسه عکس‌العمل

تایرهای بایاس و رادیال را هنگام عبور از جاده‌های ناهموار و ارتباطش با راحتی سرنشینان را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۰- مقایسه عکس‌العمل تایرهای بایاس و رادیال هنگام عبور از جاده‌های ناهموار

- ۱- تایر بایاس ۲- تایر رادیال ۳- نیروی عمودی اعمالی به تایر بایاس ۴- نیروی عکس‌العمل تایر بایاس ۵- کاهش زاویه نخ‌های تایر بایاس به هنگام اعمال نیرو به آن ۶- افزایش زاویه نخ‌های تایر بایاس به هنگام برگشت تایر به حالت اولیه ۷- نیروی عمودی اعمالی به تایر رادیال ۸- نیروی عکس‌العمل تایر رادیال ۹ و ۱۰- امتداد نخ‌های دیواره جانبی تایر رادیال در جهت شعاع تایر

سرنشین کاهش می‌یابد.

در تایر رادیال (۲)، نخ‌های دیواره جانبی کشش را تحمل می‌کنند، اما قادر به تحمل فشار نیستند و از آنجایی که امتداد نخ‌های دیواره جانبی تایر (۹ و ۱۰) در جهت شعاع تایر است، تغییر شکل

لایه‌های تقویتی می‌نامند. نخ‌های لایه‌های بدنه، نسبت به خط محیطی تایر، دارای زاویه ۸۸ تا ۹۰ درجه است و نخ‌های لایه‌های تقویتی، نسبت به خط محیطی تایر، زاویه ۱۵ تا ۲۵ درجه را تشکیل می‌دهند. جنس لایه‌های بدنه از ابریشم مصنوعی یا پلی‌استر و جنس لایه‌های تقویتی از ابریشم مصنوعی، پلی‌استر یا سیم فولادی است.

با توجه به ویژگی‌های مناسب تایرهای رادیال، امروزه در اکثر خودروهای سواری از این نوع تایر استفاده می‌شود.

با توجه به شکل ۳-۱۰، با توجه به سخت‌تر بودن دیواره جانبی تایر بایاس (به دلیل زاویه نخ‌های لایه‌ها با خط محیطی تایر) که موجب انعطاف‌ناپذیری مناسب تایر می‌گردد، ارتعاشات ناشی از ناهمواری‌های جاده کمتر جذب می‌شود و راحتی

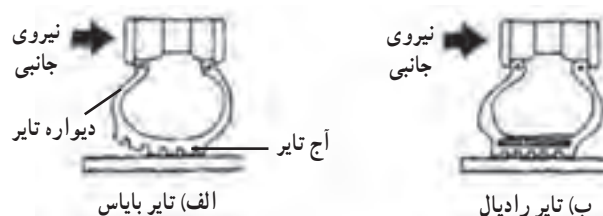


مطابق شکل ۴-۱، با توجه به سخت‌تر بودن دیوارهٔ تایر بایاس هنگام حرکت خودرو در پیچ جاده، بخشی از آج تایر از سطح جاده جدا می‌شود و باعث می‌گردد سطح تماس تایر با زمین کمتر شود. لذا تایر نیروی جانبی کمتری را تحمل می‌کند (باعث کم شدن پایداری خودرو می‌شود). در تایر رادیال، به دلیل نرم و انعطاف‌پذیر بودن دیوارهٔ جانبی تایر هنگام طی کردن پیچ جاده، سطح تماس آج تایر با زمین ثابت می‌ماند. از این رو نیروی جانبی بیشتری را تحمل می‌کند. بنابراین حفظ مسیر و پایداری خودروی مجهز به تایر رادیال مناسب‌تر است.

۳- شتاب‌گیری و ترمزگیری: شکل ۵-۱، مقایسهٔ وضعیت شتاب‌گیری و ترمزگیری خودرو با دو نوع تایر بایاس و رادیال را نشان می‌دهد.

و انعطاف آنها در اثر نیروی فشاری اعمالی به آنها بیشتر است. از این رو این تایرها نرمی و راحتی بیشتری نسبت به تایر بایاس دارند و نیروهای وارد از طرف جاده به تایر را بهتر مستهلک می‌نمایند.

۲- پایداری خودرو (تحمل نیروی جانبی): شکل ۴-۱، وضعیت پایداری خودرو را هنگام طی کردن مسیر پیچ جاده با دو نوع تایر بایاس و رادیال نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- مقایسهٔ وضعیت پایداری خودرو در هنگام طی کردن مسیر پیچ با دو نوع تایر بایاس و رادیال



شکل ۵-۱- مقایسهٔ وضعیت شتاب‌گیری و ترمزگیری خودرو با دو نوع تایر بایاس و رادیال

بین می‌رود و عمرش کمتر است. اما در تایر رادیال، به دلیل بیشتر بودن سطح تماس تایر با جاده، سایش آج تایر کمتر است (به دلیل لغزش کمتر) و عمر آن افزایش می‌یابد، به طوری که عمر تایرهای رادیال در مقایسه با تایرهای بایاس ۸۰٪ بیشتر است.

۵- مصرف سوخت: انعطاف‌پذیری بیشتر تایر رادیال، نسبت به تایر بایاس و مقاومت غلتشی کمتر آن، باعث می‌شود که مصرف سوخت خودروی مجهز به تایر رادیال تقریباً ۵٪ از خودروی مجهز به تایر بایاس کمتر باشد.

مطابق شکل ۵-۱ و با توجه به سخت‌تر و مستحکم‌تر بودن دیوارهٔ جانبی تایر بایاس، نسبت به تایر رادیال در هنگام حرکت خودرو، سطح تماس تایر بایاس با جاده از سطح تماس تایر رادیال با جاده کمتر است و باعث می‌شود که تایر بایاس بیشتر دچار لغزش شود. بنابراین هنگام شتاب‌گیری و ترمزگیری با تایر بایاس لغزش بیشتری بین تایر و جاده ایجاد خواهد شد.

۴- عمر تایر: از آنجایی که سطح تماس تایر بایاس با جاده، به دلیل سخت‌تر بودن دیوارهٔ جانبی آن، کم است، لغزش بیشتری ایجاد می‌شود. بنابراین آج تایر سریع‌تر از

نکته: برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت باید از تایر مناسب استفاده شود و همچنین میزان باد آن تنظیم باشد.

#### ۴-۱۰-۱ ساختمان و اجزای تایر

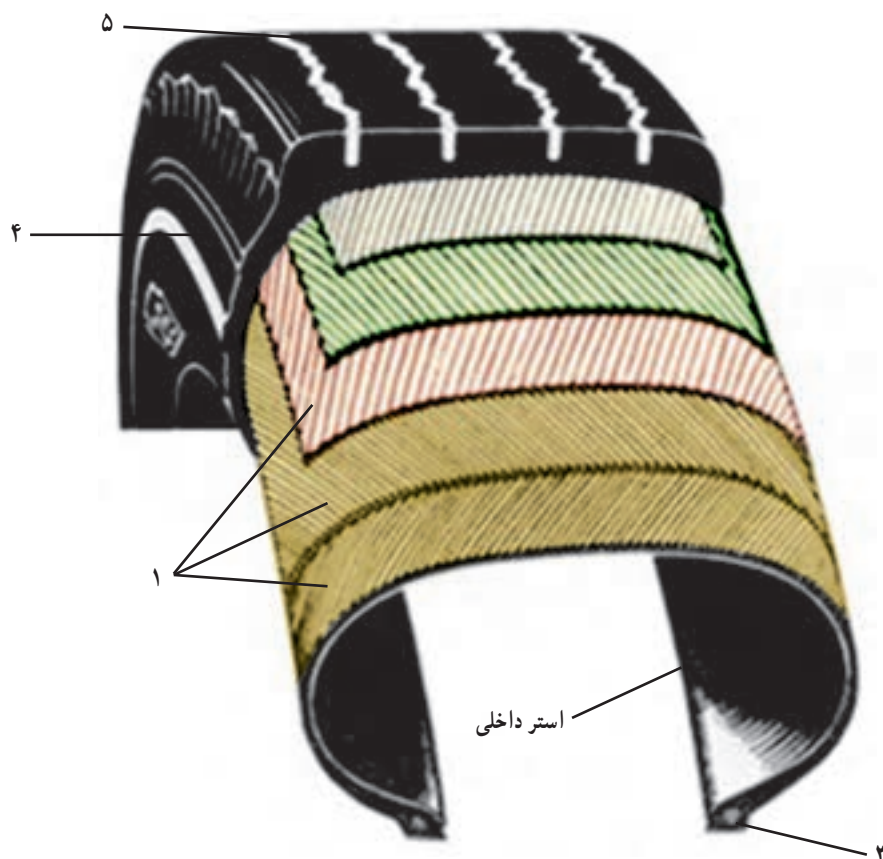
با توجه به شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷، که به ترتیب ساختمان و اجزای تایرهای بایاس و رادیال را نشان می‌دهند. اجزای تشکیل دهنده تایر به شرح زیرند:

۱- مجموعه بدنه تایر<sup>۱</sup>: مجموعه بدنه تایر، که در واقع چهارچوب اصلی تایر است در شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷ با شماره یک نشان داده شده است. بدنه تایر شامل مجموعه لایه‌های نخ‌دار تایر است، که به آن «منجید» نیز گفته می‌شود.

۲- طوقه<sup>۲</sup>: مطابق شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷ «طوقه» از چند رشته سیم فولادی با مقاومت بالا تشکیل شده است و در قسمت داخلی تایر (۳) قرار می‌گیرد. وظیفه اصلی طوقه موقعیت دادن و هم مرکز کردن رینگ و تایر است.

۳- دیواره تایر<sup>۳</sup>: مطابق شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷، قسمت لاستیکی (۴) را که به صورت سراسری دور تا دور تایر کشیده شده و طوقه تایر را به روکش لاستیکی تایر متصل می‌کند، «دیواره تایر» می‌نامند.

۴- رویه یا روکش تایر<sup>۴</sup>: با توجه به شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷، بخش لاستیکی بیرونی تایر (۵) را، که در هنگام دوران تایر با سطح جاده در تماس است، «رویه» یا «روکش تایر» گویند. بر روی رویه یا روکش، آج تایر تعبیه می‌شود که وظایف زیر را برعهده دارد: الف) هدایت آب موجود بر روی سطح جاده و جلوگیری از لغزیدن تایر بر روی آب؛ ب) به جریان درآوردن هوای اطراف تایر و نهایتاً خنک کاری تایر؛



شکل ۱۰-۶-۱ ساختمان و اجزای تایر بایاس

۱- Tire body

۲- Bead

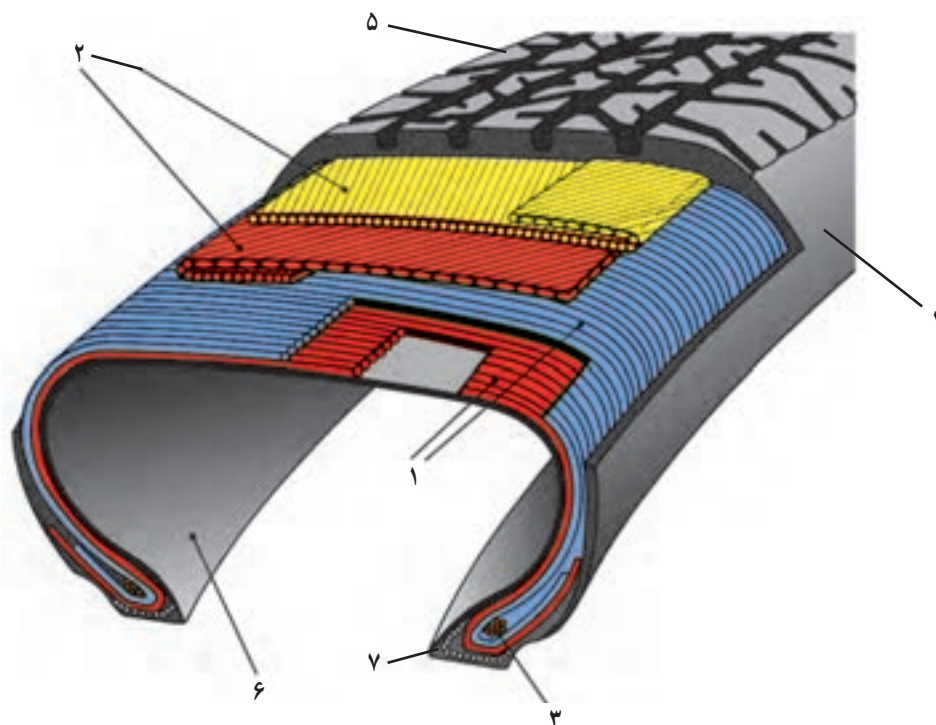
۳- Side wall

۴- Tread

ج) افزایش ضریب اصطکاک تایر در سطوح خیس، برفی و یخ زده.

۵- فلیپر<sup>۱</sup>: مطابق شکل ۷-۱، در تایرهای رادیال برای ایجاد استحکام بیشتر در محل تماس رینگ و طوقه و نیز برای این که سختی رینگ به تایر آسیبی نرساند از «فلیپر» (۷) استفاده می کنند.

۶- آستر داخلی تایر<sup>۲</sup>: به لایه لاستیکی نازکی که سطح داخلی تایر را پوشش می دهد «آستر داخلی تایر» (۶) گویند. این لایه از تماس مستقیم نخ های منجید با تیوب (در تایرهای تیوبدار) جلوگیری می کند تا از ساییده شدن تیوب جلوگیری کند. در تایرهای تیوبلس آستر داخلی وظیفه نگهداری هوای داخل تایر را برعهده دارد.



شکل ۷-۱- ساختمان و اجزای تایر رادیال

۱- لایه های بدنه تایر که نخ های آن، با خط محیطی تایر دارای زاویه ۸۸ تا ۹۰ درجه اند. ۲- لایه های تقویتی که نخ های آن نسبت به خط محیطی زاویه ۱۵ تا ۳۵ درجه را می سازند. ۳- طوقه ۴- دیواره تایر ۵- رویه یا روکش تایر و آج ۶- آستر داخلی

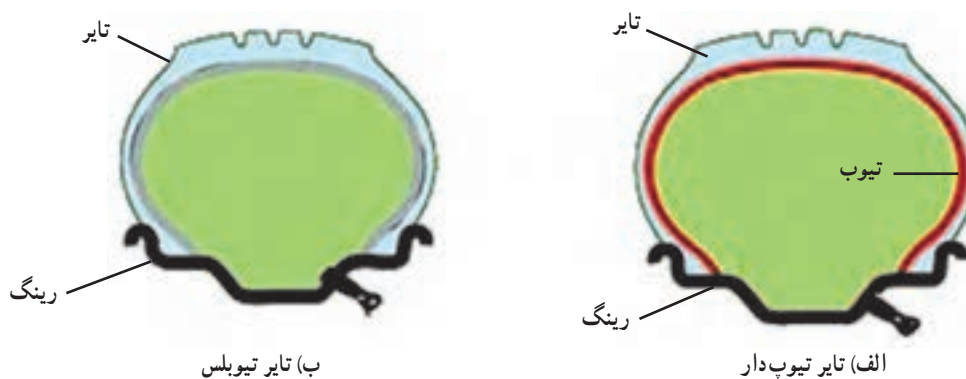
## ۵-۱- تایر بدون تیوب (تیوبلس)

با توجه به این نکته که در هنگام رانندگی با سرعت زیاد اصطکاک بین دیواره تایر و تیوب باعث گرم شدن تایر می شود، نوع دیگری از تایرها که فاقد تیوب اند مورد استفاده قرار می گیرد. این تایرها بدون تیوب اند و در جدار داخلی آنها لایه لاستیکی مخصوصی به منزله پوشش آب بندی وجود دارد، به طوری که هوای تحت فشار بین این جداره و محفظه رینگ قرار می گیرد.

شکل ۸-۱. تایر تیوبدار و بدون تیوب را نشان می دهد.

مزایای تایر بدون تیوب نسبت به تایر تیوبدار عبارتند از:

- ۱- نگهداری بهتر و مطلوب تر هوای تحت فشار؛
- ۲- خروج تدریجی هوای تحت فشار از تایر به هنگام پنچر شدن (این مزیت، ایمنی خودرو را در سرعت های زیاد افزایش می دهد)؛
- ۳- بهبود خنک کاری تایر به سبب اینکه هوای داخل تایر



شکل ۸-۱- دو نوع تایر تیوبلس و تیوب دار

به صورت مستقیم با رینگ در تماس است و حرارت تایر را به سرعت به رینگ، که در مجاورت هوای آزاد است، منتقل می کند؛ ۴- سهولت در پنچرگیری.

۱-۶-۱- شاخص حداکثر سرعت مجاز قابل

تحمل تایر: این شاخص بیانگر این نکته است که تایر خودرو با حداکثر سرعت مجاز، نشان داده شده در جدول ۱-۱، قادر است به مدت ده دقیقه بدون خطر حرکت کند.

## ۱-۶-۱- سیستم کدگذاری مشخصات تایر

حروف و اعدادی به صورت کد بر روی دیواره تایر درج

جدول ۱-۱- شاخص حداکثر سرعت مجاز قابل تحمل تایر

کد	مایل در ساعت	کیلومتر در ساعت	کد	مایل در ساعت	کیلومتر در ساعت
A1	۳	۵	L	۷۵	۱۲۰
A3	۹	۱۵	N	۸۷	۱۴۰
A4	۱۲	۲۰	P	۹۴	۱۵۰
A5	۱۶	۲۵	Q	۱۰۰	۱۶۰
A6	۱۹	۳۰	R	۱۰۶	۱۷۰
A7	۲۲	۳۵	S	۱۱۲	۱۸۰
A8	۲۵	۴۰	T	۱۱۸	۱۹۰
B	۳۱	۵۰	U	۱۲۴	۲۰۰
C	۳۷	۶۰	H	۱۳۰	۲۱۰
D	۴۰	۶۵	V	۱۴۹	۲۴۰
E	۴۳	۷۰	Z	بیشتر از ۱۴۹	بیشتر از ۲۴۰
F	۵۰	۸۰	W	۱۶۸	۲۷۰

۲۷۰ بیشتر از	۱۶۸ بیشتر از	(W)	۹۰	۵۶	G
۳۰۰	۱۸۶	Y	۱۰۰	۶۲	J
۳۰۰ بیشتر از	۱۸۶ بیشتر از	(Y)	۱۱۰	۶۸	K

۲-۶-۱۰ شاخص بار : این شاخص، میزان حداکثر بار قابل تحمل تایر خودروی سواری را با فشار بار قابل تحمل توسط تایر را، که در خودروهای سواری دارای یک کد عددی دو یا سه رقمی هستند، نشان می‌دهد. جدول

۲-۱۰، حداکثر بار قابل تحمل تایر خودروی سواری را با فشار باد تایر ۱/۵ بار تا ۲/۵ (bar) و با حداکثر سرعت مجاز ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت، نشان می‌دهد.

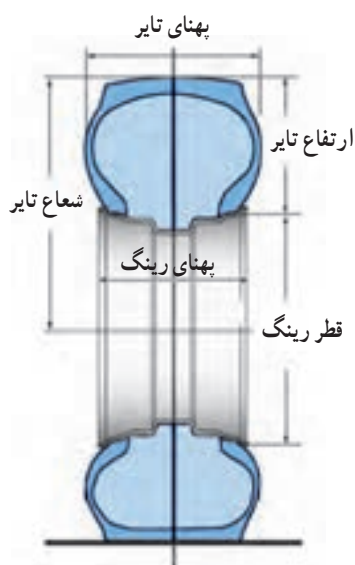
جدول ۲-۱۰ حداکثر بار قابل تحمل توسط تایر خودروی سواری با فشار باد تایر بین ۱/۵ (bar) تا ۲/۵ (bar) و حداکثر سرعت ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت

شاخص وزن	پوند	کیلوگرم	شاخص وزن	پوند	کیلوگرم	شاخص وزن	پوند	کیلوگرم	شاخص وزن	پوند	کیلوگرم
60	۵۵۱	۲۵۰	80	۹۹۲	۴۵۰	100	۱۷۶۴	۸۰۰	120	۳۰۸۷	۱۴۰۰
61	۵۶۷	۲۵۷	81	۱۰۱۹	۴۶۲	101	۱۸۱۹	۸۲۵	121	۳۱۹۷	۱۴۵۰
62	۵۸۴	۲۶۵	82	۱۰۴۷	۴۷۵	102	۱۸۷۴	۸۵۰	122	۳۳۰۶	۱۵۰۰
63	۶۰۰	۲۷۲	83	۱۰۷۴	۴۸۷	103	۱۹۲۹	۸۷۵	123	۳۴۱۸	۱۵۵۰
64	۶۱۷	۲۸۰	84	۱۱۰۲	۵۰۰	104	۱۹۸۴	۹۰۰	124	۳۵۲۸	۱۶۰۰
65	۶۴۰	۲۹۰	85	۱۱۳۵	۵۱۵	105	۲۰۳۹	۹۲۵	125	۳۶۳۸	۱۶۵۰
66	۶۶۱	۳۰۰	86	۱۱۶۸	۵۳۰	106	۲۰۹۴	۹۵۰			
67	۶۷۷	۳۰۷	87	۱۲۰۱	۵۴۵	107	۲۱۴۹	۹۷۵			
68	۶۹۵	۳۱۵	88	۱۲۳۵	۵۶۰	108	۲۲۰۵	۱۰۰۰			
69	۷۱۷	۳۲۵	89	۱۲۷۹	۵۸۰	109	۲۲۷۱	۱۰۳۰			
70	۷۳۸	۳۳۵	90	۱۳۲۳	۶۰۰	110	۲۳۳۷	۱۰۶۰			
71	۷۶۱	۳۴۵	91	۱۳۵۶	۶۱۵	111	۲۴۰۳	۱۰۹۰			
72	۷۸۳	۳۵۵	92	۱۳۸۹	۶۳۰	112	۲۴۷۰	۱۱۲۰			
73	۸۰۵	۳۶۵	93	۱۴۳۳	۶۵۰	113	۲۵۳۶	۱۱۵۰			
74	۸۲۷	۳۷۵	94	۱۴۷۷	۶۷۰	114	۲۶۰۱	۱۱۸۰			
75	۸۵۳	۳۸۷	95	۱۵۲۱	۶۹۰	115	۲۶۷۹	۱۲۱۵			
76	۸۸۲	۴۰۰	96	۱۵۶۵	۷۱۰	116	۲۷۵۶	۱۲۵۰			
77	۹۰۸	۴۱۲	97	۱۶۰۹	۷۳۰	117	۲۸۳۳	۱۲۸۵			
78	۹۳۷	۴۲۵	98	۱۶۵۳	۷۵۰	118	۲۹۱۰	۱۳۲۰			
79	۹۶۳	۴۳۷	99	۱۷۰۹	۷۷۵	119	۲۹۹۹	۱۳۶۰			



شکل (۹-۱) قسمت‌های مختلف رینگ و تایر را نشان

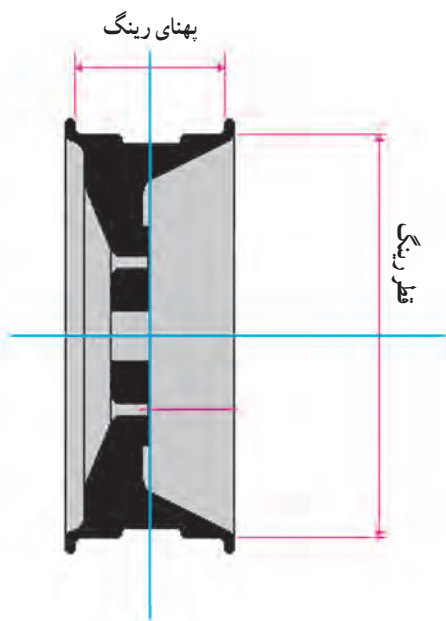
می‌دهد.



شکل ۹-۱- قسمت‌های مختلف رینگ و تایر

۱-۴-۱۰ مشخصات رینگ: شکل ۱۰-۱۰،

مشخصات ابعادی رینگ و شکل فلانچ رینگ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۱۰- رینگ و مشخصات ابعادی آن

۳-۶-۱۰ ابعاد تایر: اندازه تایرها معمولاً برحسب

میلی‌متر، اینچ یا ترکیبی از این دو واحد نوشته و مشخص می‌شود. در رایج‌ترین روش، ابعاد تایرهای رادیال شامل پهنای تایر، نسبت منظر و قطر رینگ تایر در نظر گرفته می‌شود. قبل از اندازه تایرهای سواری بعضاً حرف «P» به معنای خودروی سواری و در انتهای اندازه تایر خودروهای باری سبک، حرف «LT» به معنای خودروی باری سبک درج می‌گردد.

مثال: بر روی نوعی تایر، مشخصات ذیل درج شده

است:

P175/65 R14 82 H

P: تایر خودروی سواری

۱۷۵: پهنای تایر نو بر حسب میلی‌متر

۶۵: نسبت منظر ۶۵/۱۰۰ است، به عبارت دیگر، نسبت

ارتفاع تایر به پهنای تایر ۶۵/۱۰۰ است.

$$\frac{\text{ارتفاع تایر}}{\text{پهنای تایر}} = \frac{H}{W} = \frac{65}{100} = 0.65 \quad (1-1)$$

R: تایر نوع رادیال

۱۴: قطر رینگ بر حسب اینچ

۸۲: شاخص بار، که طبق جدول ۲-۱۰، معادل ۴۷۵

کیلوگرم با فشار ۲/۵ (bar) در حداکثر سرعت ۱۶۰ km/h

H: شاخص سرعت، که طبق جدول ۱-۱۰، حداکثر

سرعت قابل تحمل این تایر معادل ۲۱۰ km/h خواهد بود.

## ۴-۱۰-۱ رینگ و مشخصات آن

پارامترهای مهم در انتخاب رینگ برای خودرو به شرح

زیر است:

۱- سبکی

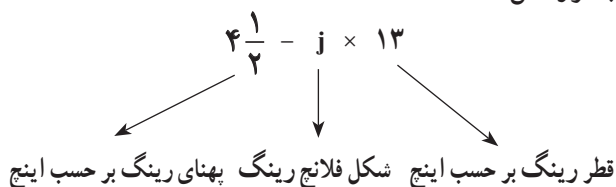
۲- سرعت انتقال حرارت مناسب

۳- ابعاد مناسب رینگ

۴- زیبایی رینگ

در این مثال پهنای رینگ ۴/۵ اینچ، شکل فلانچ رینگ به صورت Z و قطر رینگ ۱۳ اینچ است.

مشخصات رینگ به صورت یک عبارت مشخص می شود به طور مثال :



نکته : معمولاً از رینگ های دوپارچه و چند پارچه در خودروهای سنگین و نیمه سنگین استفاده می شود و خودروهای سواری معمولاً دارای رینگ های یکپارچه اند.

## ۵-۱۰ انواع رینگ

- ۱- رینگ فولادی پرس شده؛
- ۲- رینگ با پره های سیمی؛
- ۳- رینگ ریخته گری شده با آلیاژ آلومینیوم یا فلزات
- ۴- رینگ فورج یا آهنگری شده.

با توجه به شکل ۱۱-۱، رینگ خودرو می تواند به صورت یکپارچه، دو پارچه و چند پارچه ساخته شود. در دسته بندی دیگری، می توان رینگ خودرو را به صورت زیر به چهار دسته تقسیم نمود :



الف) رینگ یکپارچه

ب) رینگ دوپارچه

پ) رینگ چندپارچه

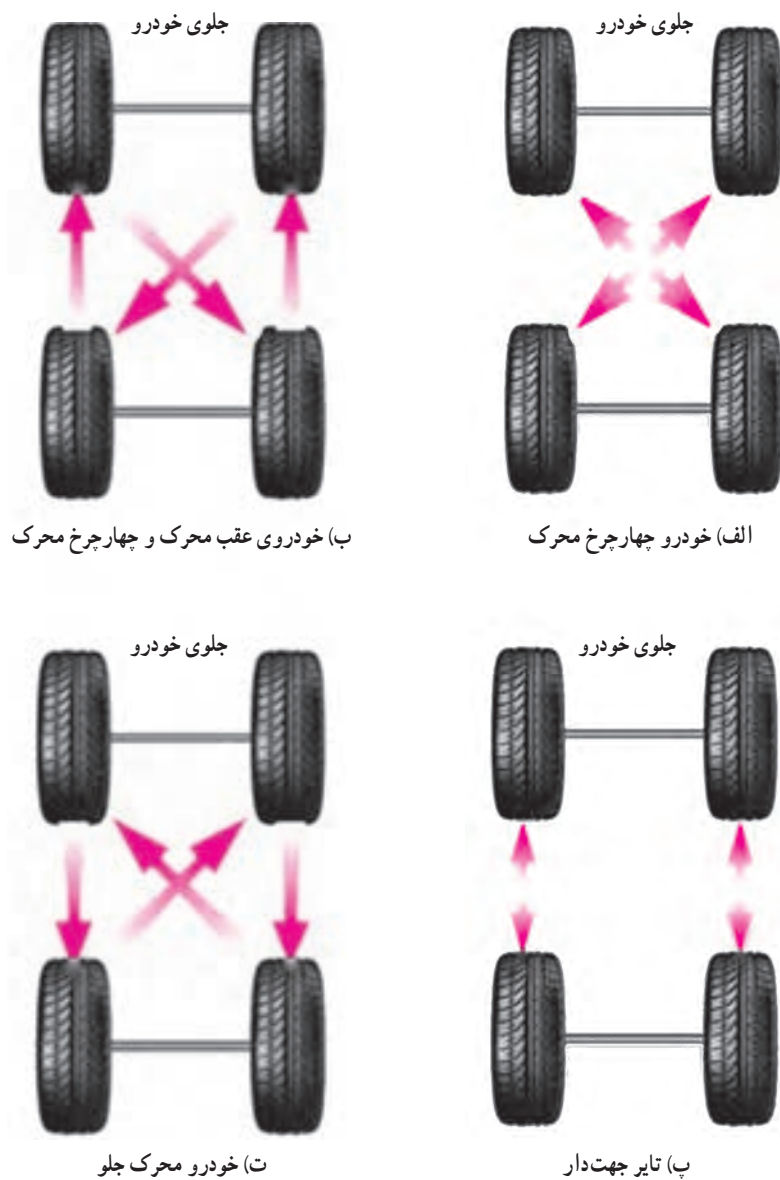
شکل ۱۱-۱۰ انواع رینگ یکپارچه، دوپارچه و چندپارچه

## ۶-۱۰ جابه جایی دوره ای تایر

۱۲-۱۰ و با در نظر گرفتن محور محرک خودرو و نیز نوع تایر، به صورت دوره ای جابه جا گردد.

به منظور طولانی تر شدن عمر تایر، توصیه می شود که به ازای پیمایش هر ۸ الی ۱۰ هزار کیلومتر، تایرها مطابق شکل

نکته : طرح آج برخی از تایرها دارای جهت مشخصی ست. در هنگام نصب و جابه جایی دوره ای این نوع تایرها، باید به این نکته دقت نمود که تایر در جهت مشخص شده با فلش روی دیواره آن بر روی رینگ و خودرو نصب شود. نصب اشتباهی این نوع تایرها به ایجاد صدا در حین حرکت خودرو و همچنین به فرسایش زود هنگام تایر منجر می شود.



شکل ۱۲-۱۰- الگوی جابه‌جایی تایر خودرو

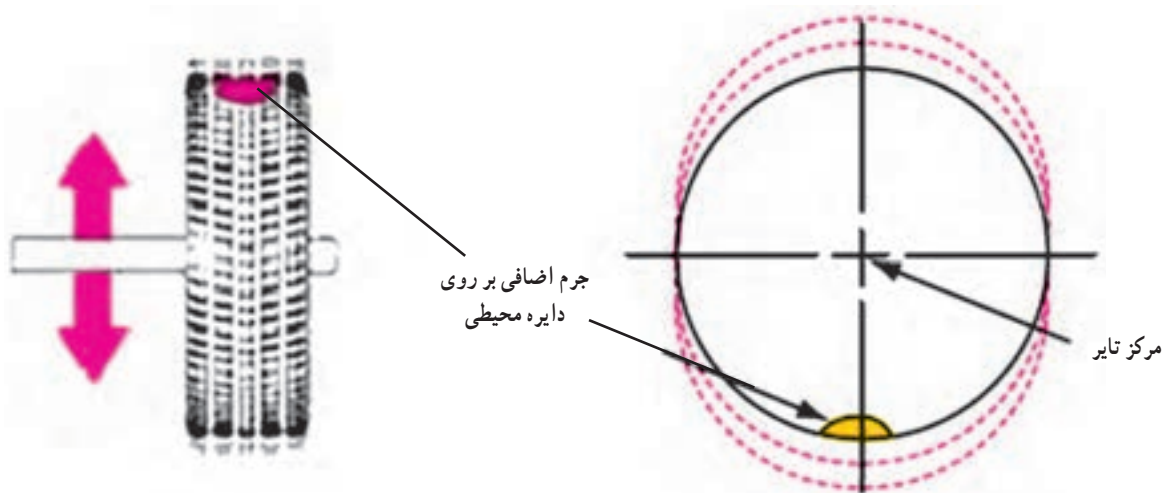
## ۷-۱۰- بالانس نبودن چرخ و تایر خودرو

از آنجایی که مجموعه چرخ در حال دوران است، چنانچه دچار نابالانسی جرمی یا هندسی گردد، ارتعاش تولید می‌کند. این ارتعاشات، علاوه بر کاهش راحتی سرنشین و پایداری خودرو، باعث افزایش استهلاک سایر قطعات سیستم‌های مرتبط با چرخ خودرو نیز می‌شود. چرخ خودرو دارای دو نوع نابالانسی استاتیکی و دینامیکی است که متعاقباً تشریح خواهند شد.

۷-۱۰-۱- نابالانسی استاتیکی: شکل ۱۳-۱۰،

چرخ خودرو را در دو حالت بالانس و نابالانسی استاتیکی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌شود، نابالانسی استاتیکی از توزیع نامناسب جرم بر روی دایره محیطی واقع در صفحه مرکزی تایر ناشی می‌شود.

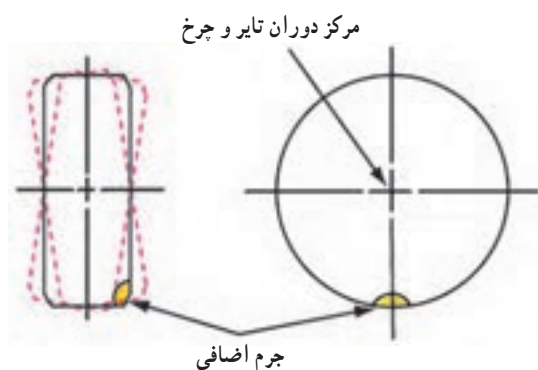
وجود جرم اضافی بر روی دایره محیطی واقع در صفحه مرکزی تایر، باعث نابالانسی استاتیکی می‌شود. نابالانسی استاتیکی باعث حرکت چرخ در راستای شعاع می‌شود، ولی چرخ به سمت چپ و راست حرکت دورانی نخواهد داشت.



شکل ۱۳-۱۰ نابالانسی استاتیکی تایر و چرخ خودرو

**نکته:** صفحه مرکزی تایر به صفحه قائمی گفته می‌شود که در نمای روبه‌روی خودرو از وسط تایر عبور می‌کند.

البته در شرایط واقعی ترکیبی از نابالانس استاتیکی و دینامیکی وجود خواهد داشت.



شکل ۱۴-۱۰ نابالانسی دینامیکی و نصب وزنه بالانس برای بالانس کردن آن

مطابق شکل ۱۳-۱۰ وجود جرم اضافی در دایره محیطی، که از مرکز تایر عبور می‌کند، باعث می‌شود که نیروی جانب مرکز در راستای شعاع تایر تولید گردد. از آنجایی که تایر در حال دوران است، بنابراین جهت اعمال نیرو نیز متغیر خواهد بود. به طور مثال اگر جرم اضافی در بالای تایر باشد، نیرو به سمت بالا و اگر در پایین تایر باشد، نیرو به سمت پایین خواهد شد. بنابراین با تغییر جهت این نیرو، با توجه به دوران تایر، ارتعاشی به تایر و از طریق سیستم تعلیق به بخش‌های مختلف خودرو منتقل می‌گردد. این نیرو باعث حرکت چرخ در راستای شعاع می‌شود، ولی باعث دوران چرخ به سمت چپ و راست نخواهد شد.

۲-۷-۱۰ نابالانسی دینامیکی: شکل ۱۴-۱۰

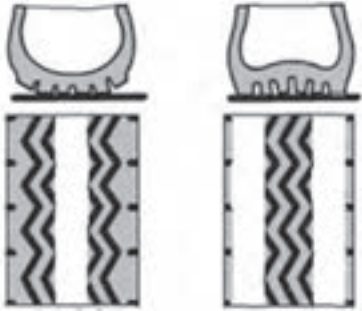



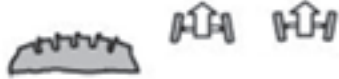
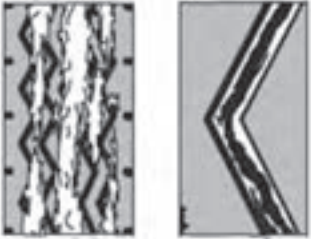




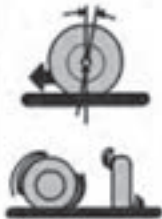
وجود نابالانسی دینامیکی بر روی چرخ را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۱۴-۱۰، وجود جرم اضافی بر روی دایره محیطی را که در صفحه مرکزی تایر واقع نشده باشد «نابالانسی دینامیکی» گویند. این نوع نابالانسی باعث حرکت شعاعی چرخ نمی‌گردد، بلکه باعث نوسان چرخ به سمت چپ و راست می‌شود.

## ۸-۱۰ عیوب تایر و شناسایی آنها

از عیوب رایج تایر می‌توان به سایش غیرعادی و غیریکنواخت آن، نامناسب بودن فشار باد تایر، تنظیم اشتباهی زوایای چرخ، بالانس نشدن چرخ و تایر خودرو و غیره اشاره نمود. البته موارد فوق باعث بروز برخی عیوب در رفتار خودرو، از قبیل انحراف

خودرو به یک سمت، لرزش غریبک فرمان و بدنه خودرو در برخی این عیوب را نشان می‌دهد. سرعت‌ها و بعضاً حین ترمزگیری، می‌شود. شکل ۱۵-۱۰ برخی از

<p>سایش تایر در اثر تنظیم نامناسب فشار باد تایر</p>  <p>تایر با باد اضافی      تایر کم باد</p> 	<p>تنظیم اشتباه زاویه کمبر</p>  	<p>سایش تایر در اثر سرجمعی و سربازی نامناسب</p> 
<p>آسیب در اثر دور زدن با دوران کامل فرمان و شروع حرکت با شتاب زیاد</p>   <p>شروع حرکت با شتاب زیاد</p>	<p>سایش نقطه‌ای در اثر ترمز شدید و قفل شدن چرخ‌ها</p>  	<p>سایش تایر در اثر نابالانسی تایر و زاویه کستر نامناسب</p>  

شکل ۱۵-۱۰ انواع سایش غیریکنواخت تایر و دلایل آنها



- ۱- وظایف تایر را بیان کنید.
- ۲- تایر بایاس یا مورب را توضیح دهید.
- ۳- تایرهای بایاس و رادیال را از نظر پایداری خودرو (تحمل نیروی جانبی) با هم مقایسه کنید.
- ۴- اجزای تشکیل دهنده تایر را نام ببرید.
- ۵- وظایف آج تایر را نام ببرید.
- ۶- مزایای تایر بدون تیوپ (تیوپلس) را توضیح دهید.
- ۷- بر روی نوعی تایر، مشخصات زیر درج شده است:

P175/65 R14 82H

- مفهوم هر کدام از عبارات بالا را توضیح دهید.
- ۸- در انتخاب یک رینگ مناسب چه پارامترهایی را باید مدنظر قرار داد؟
  - ۹- انواع رینگ ها را نام ببرید.
  - ۱۰- نابالانسی استاتیکی را شرح دهید.

## سیستم‌های ایمنی خودرو

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- انواع سیستم‌های ایمنی خودرو را نام ببرد.
- ۲- انواع ایمنی غیر فعال را دسته بندی کند.
- ۳- عملکرد کمربند ایمنی را بیان کند.
- ۴- عملکرد کیسه هوای ایمنی را شرح دهد.
- ۵- عملکرد پیش‌کشنده کمربند ایمنی را شرح دهد.
- ۶- اهداف سیستم ترمز ضد قفل (ABS) را بیان کند.
- ۷- اجزای سیستم ترمز ضد قفل را نام ببرد.
- ۸- مراحل عملکرد سیستم ترمز ضد قفل را بیان کند.
- ۹- عملکرد سیستم توزیع الکترونیکی نیروی ترمز (EBD) را شرح دهد.
- ۱۰- اهداف سیستم کنترل پایداری (ESP) را بیان کند.
- ۱۱- اجزای سیستم کنترل پایداری (ESP) را نام ببرد.
- ۱۲- عملکرد سیستم کنترل پایداری (ESP) را شرح دهد.

### مقدمه

به‌طور کلی سیستم‌های ایمنی در خودرو به دو دسته ایمنی فعال<sup>۱</sup> و ایمنی غیر فعال<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند. سیستم‌های ایمنی فعال به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که از بروز تصادف جلوگیری می‌کنند. نمونه بارز این نوع سیستم ایمنی سیستم ترمز ضد قفل است. از دیگر سیستم‌های ایمنی فعال می‌توان به سیستم کنترل پایداری (ESP)<sup>۳</sup>، سیستم توزیع الکترونیکی نیروی ترمزی (EBD) و غیر آنها اشاره نمود.

سیستم‌های ایمنی غیر فعال، سیستم‌هایی هستند که پس از بروز تصادف وارد عمل می‌شوند و از آسیب دیدن بیش از حد راننده و سرنشینان خودرو جلوگیری می‌کنند. برخی سیستم‌ها همچون کیسه هوا<sup>۴</sup>، کمربند ایمنی و پیش‌کشنده کمربند ایمنی جزء سیستم‌های ایمنی غیر فعال اند، در ذیل به بررسی برخی از انواع سیستم‌های ایمنی غیر فعال و فعال پرداخته می‌شود.

۱ – Active safety

۲ – Passive safety

۳ – Electronic stability program

۴ – Air Bag

## ۱۱-۱- ایمنی غیر فعال

برای کاهش اثرات دو عامل فوق با استفاده از ایمنی های

غیر فعال اقدامات زیر صورت می پذیرد :

۱- ایجاد قابلیت تغییر شکل و انعطاف پذیری مناسب در بدنه خودرو که موجب جذب مقداری از انرژی تصادف شده و مانع از انتقال آن به سرنشین خودرو می شود. این درحالی است که اتاق سرنشین باید دارای استحکام کافی باشد تا حین تصادف دچار تغییر شکل زیاد نشود. بدین منظور، مطابق شکل ۱-۱۱، سعی می شود که محفظه موتور و صندوق عقب خودرو به صورتی طراحی شود که نسبت به محفظه سرنشین انعطاف پذیری بیشتری داشته باشد و هنگام بروز تصادف، با لهیده شدن قسمت جلو یا عقب خودرو، مقدار زیادی از انرژی تصادف جذب گردد. از طرفی محفظه سرنشین نیز باید استحکام کافی داشته باشد تا از بروز جراحات زیاد برای سرنشین خودرو جلوگیری به عمل آورد.

۲- کاهش جراحات در اثر شتاب منفی با استفاده از

کمر بند ایمنی، پیش کشنده و کیسه هوا

۱-۱-۱-۱- کمر بند ایمنی : کمر بند ایمنی یکی از

تجهیزات سیستم ایمنی غیر فعال است که هنگام تصادف یا ترزگیری شدید، از حرکت ناخواسته و پرتاب سرنشین و راننده جلوگیری می کند و مانع از برخورد افراد به بخش های مختلف خودرو می شود و در نتیجه مقداری از جراحات و آسیب های احتمالی تصادف

از دیرباز موضوع ایمنی خودرو از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. استفاده از روش هایی همچون بدنه تقویت شده و شیشه های مرکب خودرو، از جمله قدیمی ترین روش های ایمنی غیر فعال بوده است. هنگام بروز تصادف، تقویت نمودن بدنه خودرو مانع از تغییر شکل بیش از حد بدنه خودرو می شود و استفاده از شیشه های مرکب نیز از جدا شدن ذرات شیشه و برخورد به راننده و سرنشین جلوگیری می کند.

از طرفی استفاده از مواد نرم و انعطاف پذیر در بخش های داخلی خودرو همچون داشبورد، پوشش ستون های بدنه و غیر آنها نیز باعث افزایش ایمنی راننده و سرنشین می گردد. مهار کردن سرنشین و راننده به وسیله کمر بند ایمنی نیز کمک شایانی در ممانعت از پرتاب شدن سرنشینان خودرو و برخورد آنها با قسمت های سخت بدنه خودرو (هنگام بروز تصادف) به عمل می آورد. دو عامل مهمی که هنگام بروز تصادف، منشأ آسیب دیدن سرنشینان خودرو می شود به شرح زیر است :

۱- تغییر شکل بیش از حد محفظه سرنشین و نفوذ اجزای

مکانیکی به داخل آن؛

۲- شتاب منفی ای که به صورت مستقیم به سرنشینان منتقل

می گردد.

- فولاد با بالاترین درجه مقاومت
- فولاد با مقاومت فوق العاده بالا
- فولاد با مقاومت بسیار بالا
- فولاد با مقاومت بالا
- فولاد معمولی
- آلومینیوم



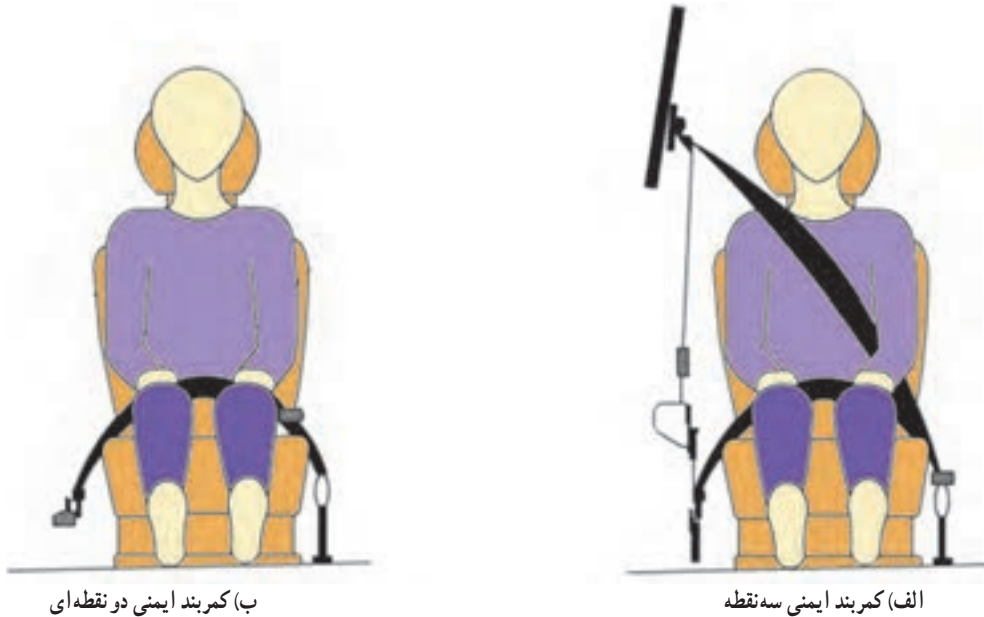
شکل ۱۱-۱- استفاده از ورق هایی با قابلیت انعطاف در قسمت جلو و عقب خودرو و نیز ورق هایی با استحکام بالا در اطراف محفظه سرنشین

ایمنی پایین‌تری است.

مطابق شکل ۱۱-۲، نوع مناسب‌تر کمر بند ایمنی، که از آن به منظور مهار حرکت نواحی سینه و شانه نیز استفاده می‌شود کمر بند سه نقطه‌ای است که از نظر سطح ایمنی بسیار مناسب‌تر از نوع کمر بند دو نقطه‌ای است و هنگام تصادف و ترمزگیری شدید، حرکت بدن سرنشین را به سمت جلو مهار می‌نماید.

کاهش می‌یابد. شکل ۱۱-۲، انواع مختلف کمر بند ایمنی خودرو را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۱۱-۲، کمر بند ایمنی دو نقطه‌ای به منظور مهار کردن قسمت پایینی بدن سرنشین به کار گرفته می‌شود ولی از حرکت رو به جلوی نیم تنه بالایی سرنشین، به هنگام تصادف یا ترمزگیری شدید، جلوگیری نمی‌نماید. به همین دلیل دارای سطح



شکل ۱۱-۲- انواع کمر بند ایمنی

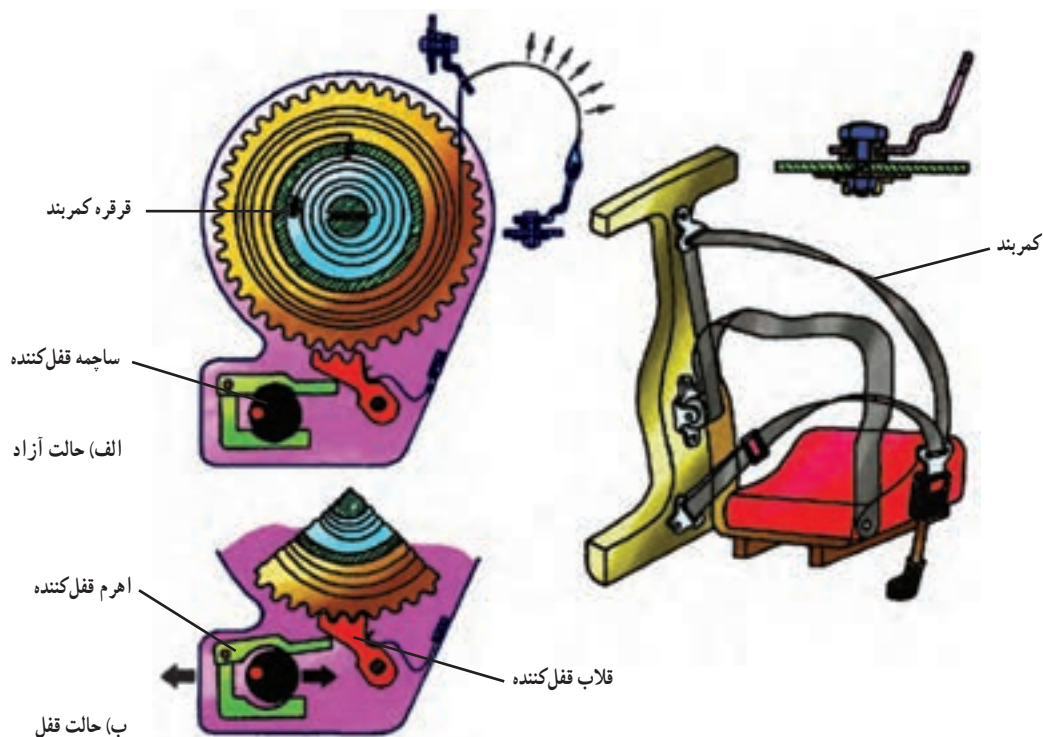
این قفل، تنها هنگام حرکت سریع بدن سرنشین رو به جلو و کشیده شدن کمر بند، قفل می‌شود تا مانع از پرتاب شدن سرنشین به سمت جلو گردد و از باز شدن بیش از حد کمر بند جلوگیری می‌کند، ولی در حالت عادی به سرنشین اجازه حرکت آزادانه می‌دهد.

با پیشرفت ساخت کمر بندهای ایمنی به منظور افزایش ایمنی، از مکانیزم‌های قفل اضطراری در کمر بندهای ایمنی استفاده می‌شود. شکل ۱۱-۳، نمونه‌ای از مکانیزم‌های قفل اضطراری استفاده شده در کمر بند را نشان می‌دهد.

**نکته:** قفل شدن کمر بند ایمنی تابع سرعت حرکت کمر بند است. به عبارت دیگر، اگر سرعت حرکت کمر بند ایمنی کم باشد، کمر بند به راحتی باز می‌شود ولی اگر سرعت باز شدن آن زیاد باشد کمر بند قفل می‌گردد.

نیرو به اهرم قفل کننده باعث درگیر شدن قلاب با چرخ دنده دور قرقره می‌شود. در نتیجه قرقره در محل خود ثابت می‌ماند و از کشیده شدن کمر بند جلوگیری می‌نماید.

مطابق شکل ۱۱-۳، در حالت عادی قلاب قفل کننده آزاد است و قرقره کمر بند آزادانه دوران می‌نماید تا اجازه کوتاه و بلند شدن طول را به کمر بند بدهد. در حین حرکت سریع بدن سرنشین روبه جلو، ساچمه قفل کن به سمت جلو حرکت می‌کند و با اعمال



شکل ۱۱-۳ مکانیزم قفل اضطراری کمر بند ایمنی

**نکته:** بیاید برای حفظ جان خویش همیشه از بستن کمر بند غافل نشویم و اهمیت این امر را به دیگران نیز انتقال دهیم.

**۱۱-۱-۲- کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی:** به قسمت‌های مختلف خودرو علاوه بر کمر بند ایمنی از سیستم کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر، با استفاده از این سیستم‌ها بدن انسان، حین تصادف، در موقعیت صحیح خود مهار می‌شود و مانع از حرکت بی‌مورد و برخورد با اجزای خودرو می‌گردد.

**نکته:** کمر بند ایمنی را سیستم مهار کننده اولیه<sup>۱</sup> (PRS) و کیسه هوا را سیستم مهار کننده مکمل یا ثانویه<sup>۲</sup> (SRS) می‌گویند. بنابراین هنگام رانندگی باید حتماً از کمر بند ایمنی استفاده نمود تا با وجود کیسه هوا از آسیب‌های شدید هنگام بروز تصادف جلوگیری شود.

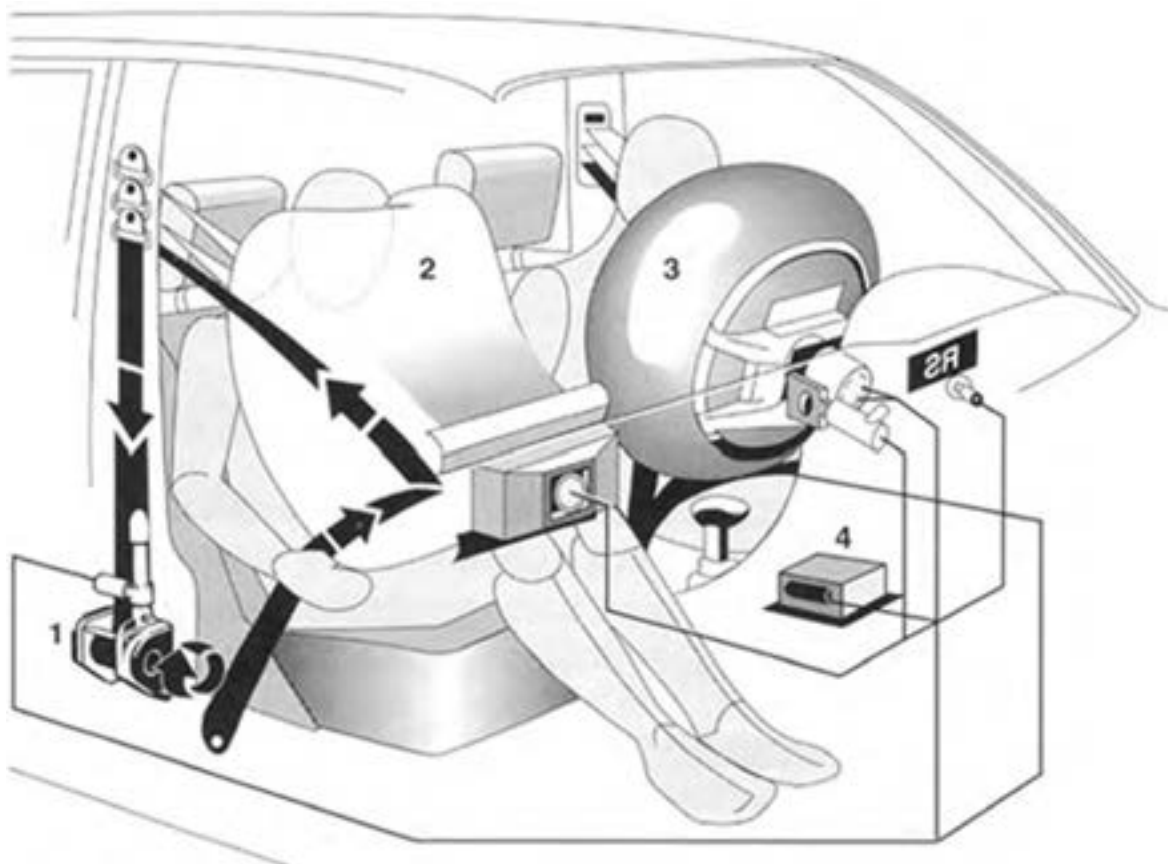
شکل ۱۱-۵، مراحل عملکرد کیسه هوای ایمنی را نشان

می‌دهد.

شکل ۱۱-۴، نمای کلی کیسه هوای راننده، سر نشین جلو

و پیش کشنده کمر بند ایمنی را نشان می‌دهد.





شکل ۱۱-۴- نمای کلی کیسه هوا و پیش کشنده کمربند ایمنی

۱- پیش کشنده کمربند ایمنی ۲- کیسه هوای سر نشین جلو ۳- کیسه هوای راننده ۴- واحد کنترل کیسه هوا

تصادف

۳ میلی ثانیه



حس کردن تصادف

تصمیم گیری برای به کارگیری و یا عدم به کارگیری کیسه هوا

روشن نمودن بادکننده

تولید گاز نیتروژن جهت باد کردن کیسه

۲۰ میلی ثانیه



۳۵ میلی ثانیه



۴۰ میلی ثانیه



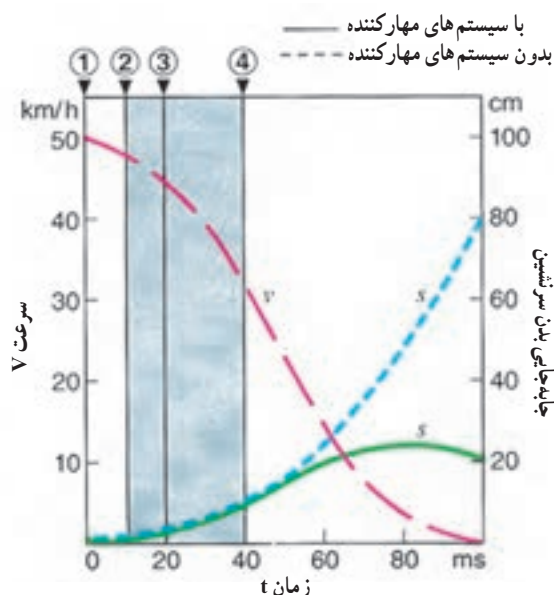
تخلیه گاز (انقباض کیسه)

تکمیل شدن کار سیستم کیسه هوا



حدود ۱۵۰ میلی ثانیه

شکل ۱۱-۵- مراحل عملکرد کیسه هوای ایمنی



شکل ۱۱-۶- عملکرد کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی و جابه جایی سرنشین

- ۱- شروع تصادف ۲- جرقه زدن عملگر کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی
- ۳- کشیده شدن و محکم شدن کمر بند ایمنی ۴- عمل کردن کیسه هوا

نداشته باشد، جابه جایی سرنشین در حدود صد میلی ثانیه پس از وقوع تصادف (توقف کامل خودرو) حدود هشتاد سانتی متر است. در حالی که چنانچه سرنشین از کمر بند ایمنی با پیش کشنده و کیسه هوا استفاده کند، بعد از صد میلی ثانیه پس از بروز تصادف جابه جایی سرنشین فقط بیست سانتی متر خواهد بود که باعث جلوگیری از برخورد سرنشین با اجزای خودرو می گردد.

شکل ۱۱-۷، نحوه عملکرد پیش کشنده کمر بند ایمنی و محکم شدن آن را هنگام تصادف نشان می دهد.

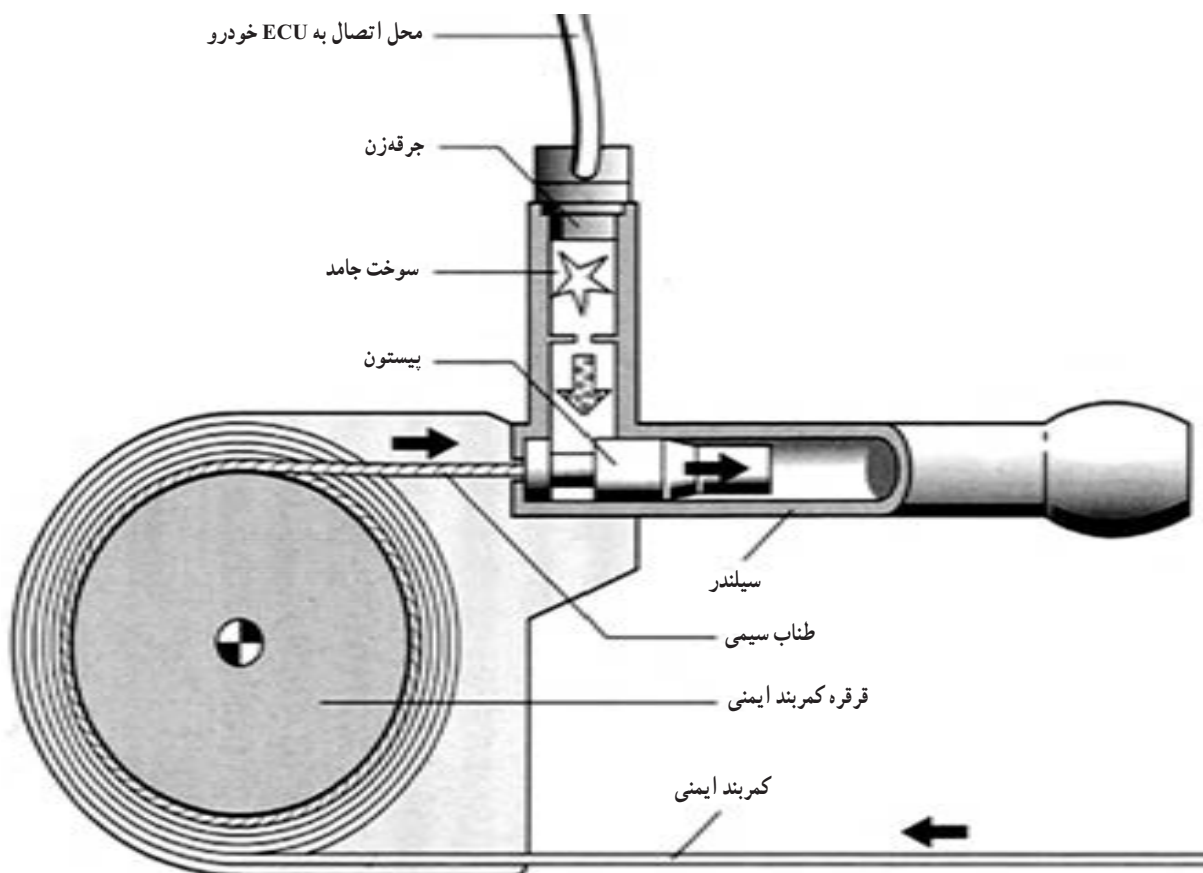
با توجه به شکل ۱۱-۷، هنگام بروز تصادف و صدور دستور انفجار از طرف ECU کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی، سوخت جامد منفجر می شود و با اعمال فشار به قسمت زیرین پیستون، باعث می شود پیستون به سمت بالا حرکت کند. با حرکت پیستون به سمت بالا، طناب سیمی نیز که به آن متصل است به سمت بالا حرکت می کند و باعث دوران قرقره کمر بند ایمنی و سفت کردن آن می شود. در نتیجه مانع حرکت سرنشین به سمت جلو می شود.

با توجه به شکل ۱۱-۵، هنگام بروز تصادف، کاهش ناگهانی سرعت خودرو یا به عبارت دیگر، شتاب منفی خودرو توسط حسگرهای موجود در واحد کنترل (ECU) احساس می شود. در صورتی که این شتاب منفی از حد مجاز بیشتر شود واحد کنترل، جریان برق متناوب ذخیره شده در خازن خود را به واحد عملگر کیسه هوا ارسال می کند. این جریان برق ضعیف به ایجاد جرقه ضعیف یا ذوب شدن المنتی در واحد عملگر کیسه هوا منجر می گردد و در نتیجه سوخت جامد موجود در عملگر منفجر می شود. سوخت جامد، معمولاً از نوع نیترات پتاسیم بورن یا نیترات سدیم است. در جریان این انفجار، حجم زیادی بین ۵۰ تا ۲۰۰ دسی متر مکعب گاز نیتروژن تولید می شود که پس از عبور از فیلترهای متعدد، دما و صدای آن تا حدودی کاهش می یابد و وارد کیسه هوا می شود. در این وضعیت کیسه هوا بین سرنشین و اجزای خودرو قرار می گیرد و از پرتاب شدن و برخورد بدن سرنشین با قسمت های مختلف خودرو جلوگیری می کند.

یکی از مشکلاتی که در هنگام بروز تصادف و قبل از عملکرد کیسه هوا وجود دارد، تأخیر عملکرد کمر بند ایمنی و در نتیجه حرکت بدن سرنشین به سمت اجزای خودرو است. برای حل این مشکل لازم است از پیش کشنده کمر بند ایمنی استفاده شود. شکل ۱۱-۶، نحوه عملکرد کیسه هوا، پیش کشنده کمر بند ایمنی و میزان جابه جایی سرنشین جلو را برای خودرویی که با سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است و از روبه رو با جسم ثابتی برخورد می کند نشان می دهد.

با توجه به شکل ۱۱-۶، حدود ده میلی ثانیه پس از بروز تصادف (۲) جرقه در عملگر کیسه هوا و پیش کشنده کمر بند ایمنی ایجاد می شود و پس از حدود بیست میلی ثانیه بعد از تصادف (۳) کمر بند ایمنی کشیده و کاملاً محکم می شود. در حدود چهل میلی ثانیه پس از تصادف نیز کیسه هوا فعال می گردد.

حال با توجه به موارد فوق و دو منحنی (۴) که بیانگر جابه جایی سرنشین است. ملاحظه می شود اگر سرنشین از کمر بند ایمنی با پیش کشنده استفاده نکند و کیسه هوا نیز وجود



شکل ۷-۱۱- نحوه عملکرد پیش کشنده کمر بند ایمنی

## ۲-۱۱- ایمنی فعال

چرخ‌ها حین ترمزگیری، که معمولاً به دلیل کاهش ضریب اصطکاک تایر با جاده است، باعث بروز مشکلاتی به شرح ذیل می‌گردد:

- ۱- فرمان پذیر نبودن چرخ‌ها حین ترمزگیری و کاهش پایداری خودرو؛

۲- افزایش مسافت ترمزی؛

۳- سایش غیرعادی تایر و کاهش طول عمر آن؛

۴- افزایش خطرات جانی و مالی.

با توجه به پیشرفت شاخه‌های مختلف علم، سیستم‌های الکترونیکی متعددی به منظور پایداری مناسب تر خودرو به کار گرفته شده است. از جمله سیستم ترمز ضد قفل (ABS) با هدف کاهش مسافت ترمزی و افزایش فرمان پذیری حین ترمزگیری ابداع شده و مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این سیستم استفاده از حداکثر نیروی ترمزی متناسب با ضریب اصطکاک تایر با جاده و جلوگیری از قفل شدن چرخ‌هاست و به ایجاد مزایای زیر برای

همان گونه که پیشتر اشاره شد، ایمنی فعال در خودرو به سیستم‌هایی گفته می‌شود که از بروز تصادف جلوگیری می‌کند. برخی از مهم ترین سیستم‌های ایمنی فعال عبارت‌اند از: EBD، ABS و ESP که اجمالاً در زیر بررسی می‌شوند:

### ۱-۲-۱- سیستم ترمز ضد قفل (ABS): با توجه

به مطالب ارائه شده در بخش رانندمان ترمزی (فصل ۹) در ترمز ایده‌آل گشتاور اصطکاکی ترمز با گشتاور اصطکاکی تایر با جاده برابر است، زیرا در این صورت کمترین مسافت ترمزی ایجاد می‌گردد.

در سیستم‌های ترمز معمولی (فاقد ABS) هنگام ترمزگیری شدید، به خصوص در سطوح لغزنده، گشتاور اصطکاکی ترمز از گشتاور اصطکاکی تایر با سطح جاده بیشتر می‌گردد که باعث قفل شدن چرخ‌ها و لغزش آن بر روی سطح جاده می‌شود. قفل شدن

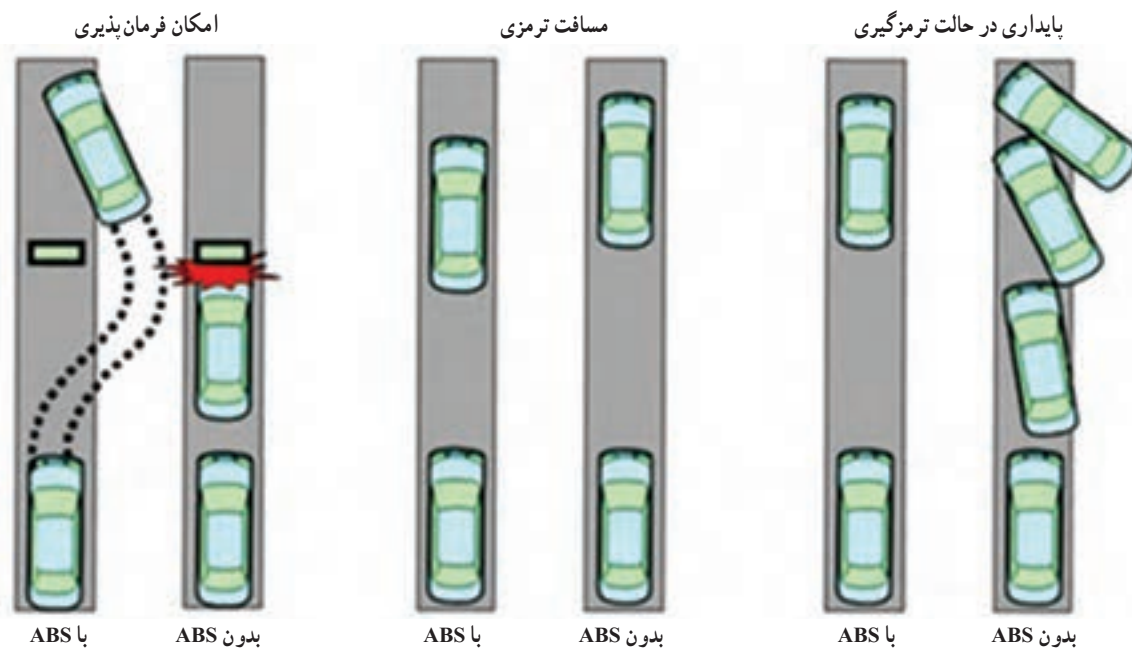
سیستم ترمز منجر می گردد :

تمامی انواع شرایط جاده صادق نیست.

۱- افزایش رانندمان ترمز؛ شکل ۸-۱۱، عملکرد دو خودرو را حین ترمزگیری، که

۲- افزایش فرمان پذیری و پایداری خودرو حین ترمزگیری؛ یکی دارای سیستم ترمز ضد قفل (ABS) و دیگری فاقد آن است،

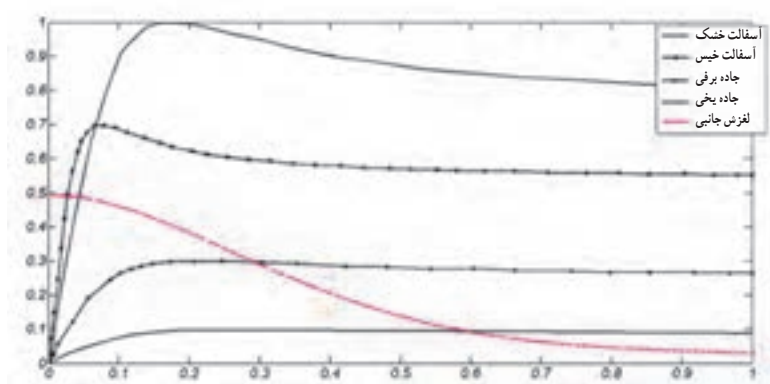
۳- کاهش معمولی مسافت ترمزی؛ ولی این موضوع برای نشان می دهد.



شکل ۸-۱۱- مقایسه دو خودروی دارای ABS و فاقد آن حین ترمزگیری

و جاده در مدت زمان ترمزگیری، که بسیار کوتاه نیز هست، بسیار دشوار و چه بسا غیرممکن است، ولی با اندازه گیری سرعت چرخ در مدت زمان ترمزگیری پارامتری را به نام لغزش بین تایر و زمین توسط واحد کنترل الکترونیکی سیستم ترمز اندازه گیری می شود. با اندازه گیری مقدار لغزش می توان میزان ضریب اصطکاک طولی و جانبی بین تایر و زمین را از طریق شکل ۹-۱۱ به دست آورد.

به منظور دستیابی به شرایط مناسب کاهش مسافت ترمزی و افزایش فرمان پذیری حین ترمزگیری، با استفاده از سیستم ترمز ضد قفل (ABS) تلاش می شود که ضریب اصطکاک تایر با جاده در محدوده مناسبی حفظ شود. در این صورت نیروی اصطکاک بین تایر و زمین افزایش خواهد یافت و به افزایش گشتاور اصطکاکی بین تایر و زمین منجر خواهد شد و از قفل شدن چرخ ها جلوگیری می شود. از آنجایی که اندازه گیری مستقیم ضریب اصطکاک بین تایر



شکل ۹-۱۱- تأثیر لغزش بین تایر و زمین بر ضریب اصطکاک طولی و جانبی بین تایر و زمین

با توجه به شکل ۹-۱۱، ملاحظه می‌گردد که چنانچه لغزش طولی بین چرخ و زمین در محدوده ۸ تا ۳۰ درصد قرار گیرد، ضریب اصطکاک طولی بین تایر و زمین در شرایط مختلف محیطی (جاده‌های مختلف) حداکثر است. ضمن اینکه در این محدوده ضریب اصطکاک جانبی بین تایر و زمین (فرمانپذیری خودرو) نیز مطلوب است.

با توجه به مطالب فوق، چنانچه سیستم ترمز ضد قفل (ABS) حین ترمزگیری بتواند لغزش طولی بین تایر و زمین را به دست آورد و آن را در محدوده ۸ تا ۳۰ درصد حفظ نماید، ضریب اصطکاک طولی و جانبی تایر و زمین در محدوده مناسب قرار می‌گیرد و در نتیجه، علاوه بر اینکه فرمان‌پذیری خودرو حین ترمزگیری افزایش می‌یابد، معمولاً از مسافت ترمزی نیز کاسته می‌شود.

سیستم ترمز ضد قفل (ABS) برای محاسبه لغزش طولی

بین تایر و زمین از رابطه (۱۱-۱) استفاده می‌نماید.

(۱۱-۱)

$$\text{درصد لغزش} = \frac{\text{سرعت خطی تایر} - \text{سرعت خطی خودرو}}{\text{سرعت خطی خودرو}} \times 100$$

$$= \frac{V - R\omega}{V} \times 100$$

$V$ : سرعت خطی خودرو بر حسب متر بر ثانیه (m/s)

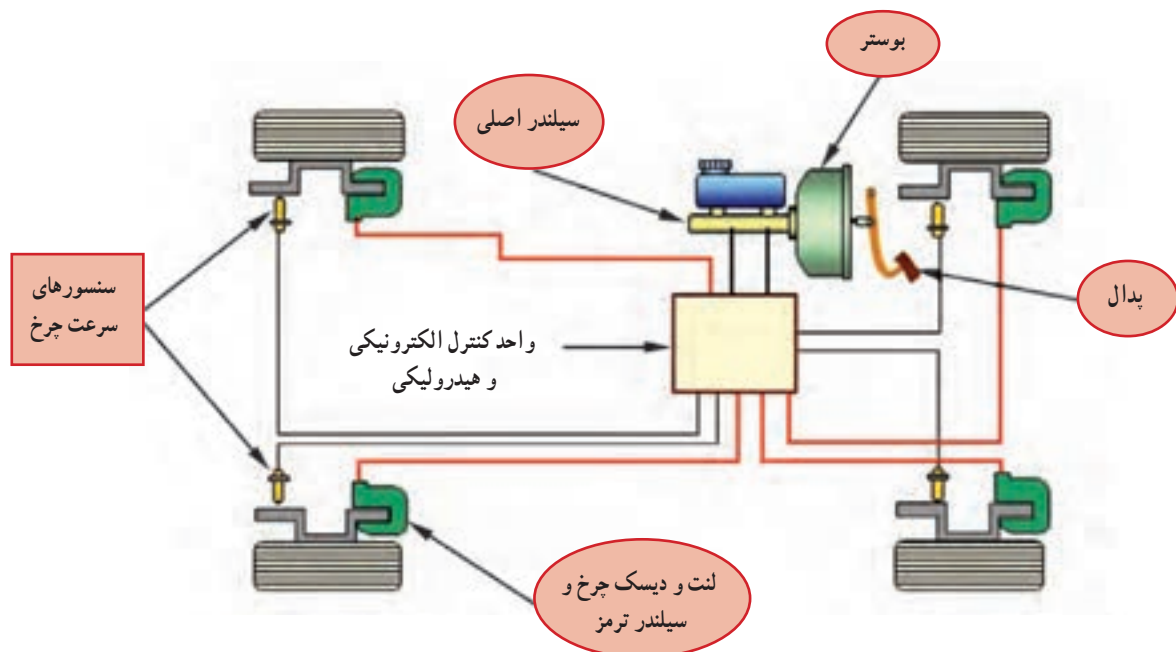
$R$ : شعاع تایر بر حسب (m)

$\omega$ : سرعت زاویه‌ای تایر بر حسب رادیان بر ثانیه (rad/s)

$R \cdot \omega$ : سرعت خطی تایر بر حسب متر بر ثانیه (m/s)

این سیستم برای عملکرد خود نیازمند اجزای مختلفی است

که در شکل ۱۰-۱۱ ملاحظه می‌شود.



شکل ۱۰-۱۱- اجزای سیستم ترمز ضد قفل (ABS)

چرخ (VSS) استفاده می‌شود که با مشخص بودن شعاع تایر، مطابق رابطه ۲-۱۱، سرعت خطی تایر محاسبه می‌گردد.

$$V_w = R \cdot \omega \quad (11-2)$$

$V_w$ : سرعت خطی تایر (m/s)

۱- حسگر چرخ: وظیفه این حسگرها اندازه‌گیری و ارسال سرعت دورانی چرخ به واحد کنترل الکترونیکی سیستم ترمز ضد قفل (ABS) است. مطابق شکل ۱۰-۱۱، برای اندازه‌گیری سرعت دورانی تایر از چهار عدد حسگر اندازه‌گیری دوران



R : شعاع تایر (m)

$\omega$  : سرعت زاویه ای تایر (Rad/s)

در این صورت با مشخص شدن سرعت خطی تایر و سرعت خطی خودرو، میزان لغزش چرخ ها از رابطه (۱۱-۱) محاسبه می گردد.

**۲- میکروسوییچ پدال ترمز :** با استفاده از این میکروسوییچ با آغاز ترمزگیری، علاوه بر روشن شدن چراغ های ترمز عقب خودرو، سیستم ضد قفل (ABS) نیز می تواند از شروع فرایند ترمزگیری اطمینان حاصل نماید.

**۳- واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل (ABS) :** واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل (ABS) با در اختیار داشتن سرعت دورانی چرخ ها که از حسگرهای سرعت چرخ (VSS) دریافت نموده است و همچنین با مشخص بودن شعاع تایر، مقدار سرعت خطی چرخ ها را محاسبه می نماید. با در اختیار داشتن سرعت خطی خودرو، میزان لغزش طولی بین تایر و زمین از طریق رابطه ۱۱-۱ توسط واحد کنترل الکترونیکی محاسبه می گردد.

پس از محاسبه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین، مطابق شکل (۹-۱۱)، با توجه به مراحل ذیل سعی در حفظ محدوده لغزش طولی بین تایر و زمین می کند، به طوری که در این محدوده لغزش طولی، مقدار ضربه اصطکاک طولی و جانبی بین تایر و زمین، مقدار مناسب باشد :

**الف) مرحله افزایش فشار :** چنانچه مقدار لغزش طولی بین تایر و زمین کمتر از ۸ درصد باشد، سیستم ترمز ضد قفل (ABS) اجازه می دهد فشار مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر ترمز چرخ ها افزایش یابد.

**ب) مرحله تثبیت فشار :** چنانچه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین بین ۸ تا ۳۰ درصد باشد، سیستم ترمز ضد قفل (ABS) اجازه نمی دهد فشار مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر

ترمز چرخ ها افزایش یا کاهش یابد. بنابراین در این محدوده لغزش، فشار مایع هیدرولیک درون سیلندر ترمز چرخ ها ثابت باقی می ماند.

**پ) مرحله کاهش فشار :** چنانچه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین از ۳۰ درصد تجاوز کند، سیستم ترمز ضد قفل (ABS)، فشار مایع هیدرولیک درون سیلندر چرخ ها را کاهش می دهد تا ضمن جلوگیری از قفل شدن چرخ ها مقدار لغزش طولی بین تایر و زمین به محدوده ای باز گردد که در آن محدوده، ضربه اصطکاک طولی و جانبی تایر و زمین مطلوب باشد.

**۴- چراغ اخطار سیستم ترمز ضد قفل :** این چراغ در محل نشانگرهای روی صفحه نشان دهنده به منظور اعلام وضعیت سیستم ترمز ضد قفل (ABS) نصب می گردد تا در صورت وجود عیب و خطا در سیستم ترمز ضد قفل (ABS) توسط واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل (ABS) روشن گردد.

**۵- بلوک هیدرولیک سیستم ترمز ضد قفل (ABS) :** شکل ۱۱-۱۱، اجزای بلوک هیدرولیک سیستم ترمز ضد قفل (ABS) را نشان می دهد.

با توجه به شکل ۱۱-۱۱، این بلوک دارای ۸ عدد شیر برقی است که توسط واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل (ABS) کنترل می شوند.

در این بلوک هیدرولیک که توسط موتور الکتریکی فعال می شود، به منظور تأمین فشار مایع هیدرولیک ترمز حین عملکرد سیستم ترمز ضد قفل (ABS)، از یک پمپ هیدرولیک استفاده می شود. شرح وظایف و نحوه عملکرد اجزای بلوک هیدرولیک در ادامه و همراه با بررسی حالت های مختلف عملکرد سیستم ترمز ضد قفل (ABS) تشریح می گردد.

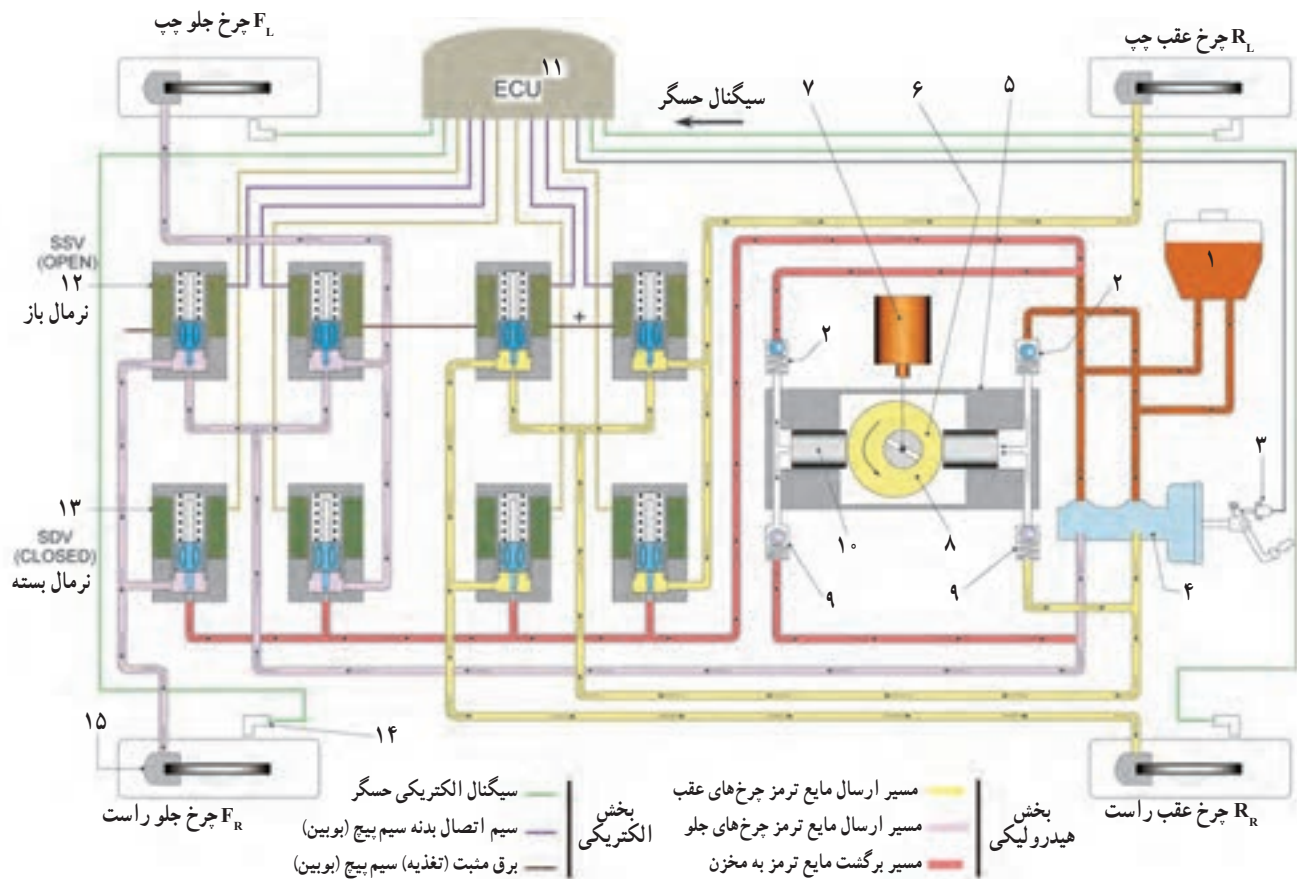
مراحل عملکرد سیستم ترمز ضد قفل به شرح زیر است :

**۱- مرحله افزایش فشار مایع هیدرولیک ترمز :** شکل ۱۱-۱۲، عملکرد سیستم ترمز ضد قفل (ABS) را در مرحله افزایش فشار نشان می دهد.

نکته : شیر ۲/۲ به شیری گفته می شود که دارای دو مرحله عملکرد باز و بسته و دو مجرای ورودی و خروجی است.



شکل ۱۱-۱۱- بلوک هیدرولیک سیستم ترمز ضد قفل (ABS)



شکل ۱۲-۱۱- سیستم ترمز ضد قفل (ABS) با استفاده از ۸ عدد شیر ۲/۲ در مرحله افزایش فشار

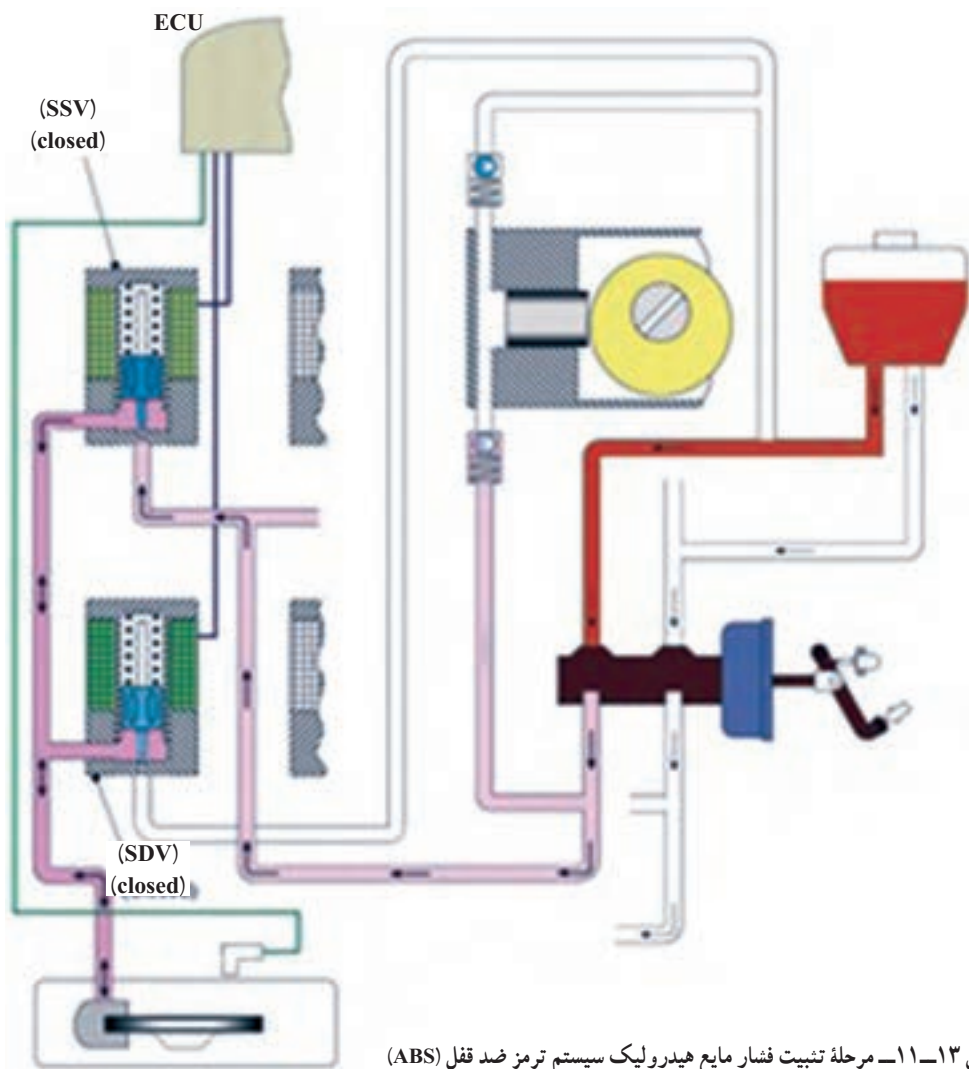
۱- مخزن مایع هیدرولیک ترمز ۲- سوپاپ ورودی ۳- میکروسویچ پدال ترمز ۴- سیلندر اصلی ترمز ۵- پمپ دو مداری ۶- کوپلینگ بین موتور الکتریکی و پمپ مایع هیدرولیک ترمز ۷- موتور الکتریکی ۸- بادامک خارج از مرکز ۹- سوپاپ خروجی ۱۰- پلانجر یا پیستون ۱۱- ECU ۱۲- شیرهای برقی تغذیه (SSV) ۱۳- شیرهای برقی تخلیه (SDV) ۱۴-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

ترمز ارسالی از طریق سیلندر اصلی پس از عبور از شیرهای برقی تغذیه (SSV) به سیلندر ترمز چرخ‌ها می‌رسد و عمل ترمزگیری شروع می‌شود.

۲- مرحلهٔ تثبیت فشار مایع هیدرولیک ترمز: در این مرحله با داشتن سرعت خطی خودرو و سرعت محیطی چرخ، میزان لغزش طولی بین تایر و زمین توسط واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل محاسبه می‌گردد. چنانچه لغزش طولی بین تایر و زمین در محدودهٔ ۸ تا ۳۰ درصد قرار گیرد، مطابق شکل ۱۱-۱۳، واحد کنترل الکترونیکی (ECU) با ارسال دستور به شیرهای تغذیه (SSV) فرمان بسته شدن آنها را صادر می‌نماید. در این حالت تمامی شیرهای تغذیه (SSV) بسته می‌شود و شیرهای برقی تخلیه (SDV) نیز در حالت عادی بسته هستند همچنان بسته می‌مانند. بنابراین هیچ مقدار مایع هیدرولیک ترمز به سیلندر ترمز چرخ‌ها وارد و با از آنها

با توجه به شکل ۱۲-۱۱، در حالت عادی تمامی شیرهای برقی تغذیه (SSV) باز و تمامی شیرهای برقی تخلیه (SDV) بسته است. در این حالت به محض آنکه راننده پدال ترمز را فشار دهد اطلاعات حسگرهای سرعت محیطی چرخ‌ها به واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل ارسال می‌گردد.

واحد کنترل الکترونیکی نیز سرعت خطی اولیه خودرو را با توجه به سرعت خطی چرخ در لحظه اولیه ترمزگیری محاسبه می‌کند و با به‌دست آوردن شتاب کاهندهٔ چرخ‌ها در لحظات بعدی، شیب کاهش سرعت خطی خودرو به‌دست می‌آید و تغییرات سرعت خطی خودرو به صورت نموداری برحسب زمان معلوم می‌شود. بنابراین (ECU) با به‌دست آوردن سرعت چرخ در هر لحظه و تفاضل آن از سرعت خطی خودرو درصد لغزش تایر را به‌صورت لحظه‌ای محاسبه کرده و اگر مقدار آن کمتر از ۱۰ درصد باشد مایع



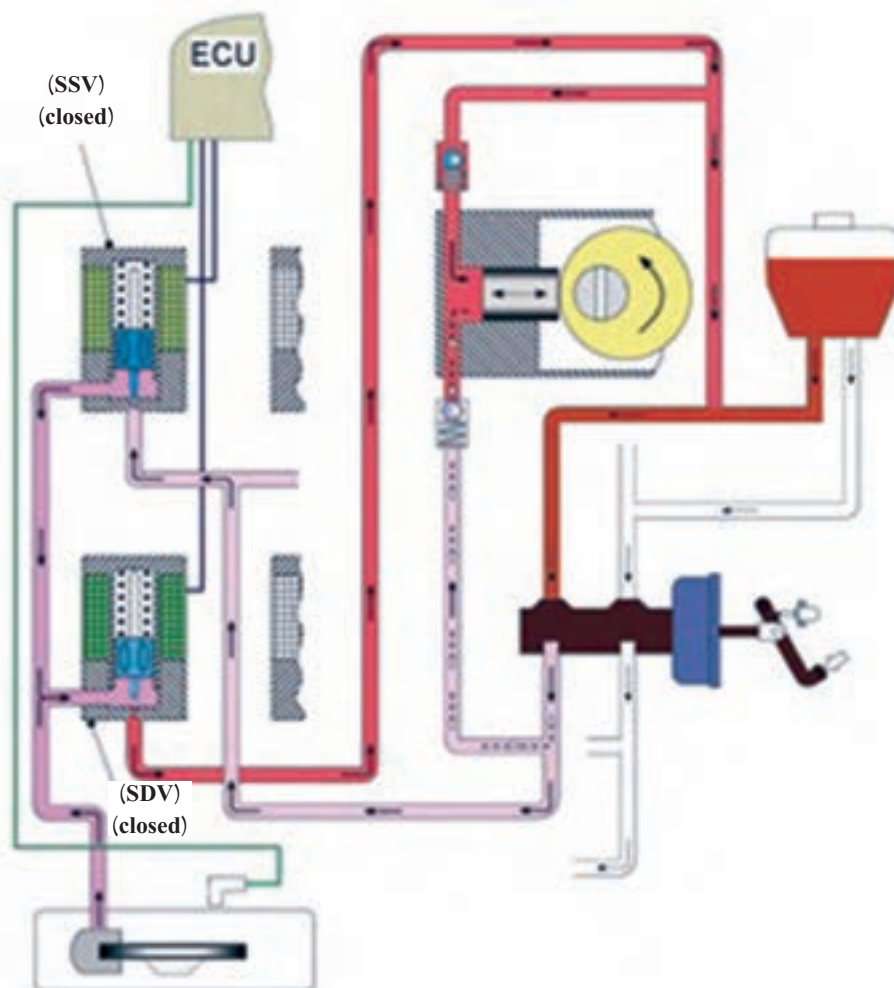
شکل ۱۱-۱۳- مرحلهٔ تثبیت فشار مایع هیدرولیک سیستم ترمز ضد قفل (ABS)

(SDV) باز می‌شوند و مقداری از مایع هیدرولیک ترمز ارسالی به سیلندر ترمز چرخ‌ها به مجرای ورودی پمپ الکتریکی یا مخزن مایع هیدرولیک ترمز و یا در بعضی از سیستم‌ها به آکومولاتور باز می‌گردد. در نتیجه فشار مایع هیدرولیک ترمز درون سیلندر چرخ‌ها کاهش می‌یابد و از نیروی عمودی اعمالی به لنت‌ها نیز کاسته می‌شود تا از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شود.

خارج نمی‌گردد. از این رو فشار مایع هیدرولیک ترمز در سیلندر ترمز چرخ‌ها ثابت می‌ماند و عمل ترمزگیری با فشار ثابت انجام می‌شود.

### ۳- مرحله کاهش فشار مایع هیدرولیک ترمز:

چنانچه میزان لغزش طولی بین تایر و زمین از  $30^\circ$  درصد بیشتر شود، مطابق شکل ۱۴-۱۱، واحد کنترل الکترونیکی (ECU) به شیرهای برقی تغذیه (SSV) فرمان بسته شدن و به شیرهای برقی تخلیه (SDV) فرمان باز شدن می‌دهد. بنابراین شیرهای تخلیه



شکل ۱۴-۱۱- مرحله کاهش فشار مایع هیدرولیک ترمز سیستم ترمز ضد قفل

دستور باز شدن، به شیرهای تخلیه (SDV) فرمان بسته شدن و به موتور الکتریکی پمپ مایع هیدرولیک ترمز، دستور روشن شدن را صادر می‌کند. بنابراین فشار در مدار سریع بالا رفته (بالا تر از فشار پمپ اصلی) و مایع هیدرولیک ترمز توسط پمپ الکتریکی پمپ می‌شود و پس از عبور از شیرهای تغذیه (SSV) به سیلندر ترمز

در این حالت چنانچه لغزش طولی بین تایر و زمین کمتر از ۸ درصد شود، سیکل عملکرد اصلی سیستم ترمز ضد قفل (ABS) شروع می‌شود (در این حالت فرض بر آن است که پای راننده تقریباً روی پدال ترمز ثابت باشد). در این وضعیت واحد کنترل الکترونیکی (ECU) سیستم ترمز ضد قفل به شیرهای تغذیه (SSV)



چرخ‌ها می‌رسد تا دوباره سیکل افزایش فشار سریع تکرار گردد. بنابراین عکس‌العمل ترمز سریع‌تر می‌شود. سیکل‌های تثبیت فشار و کاهش فشار مایع هیدرولیک ترمز نیز، با توجه به میزان لغزش طولی بین تایر و زمین، تکرار می‌گردد.

شیرهای برقی تغذیه و تخلیه در هر ثانیه بین ۴ تا ۱۰ بار باز و بسته می‌شوند و مراحل افزایش، تثبیت و کاهش فشار مایع ترمز را ایجاد می‌کنند تا لغزش طولی بین تایر و زمین در محدوده مناسب قرار گیرد و به افزایش فرمان‌پذیری و معمولاً کاهش مسافت ترمزی منجر گردد.

## ۲-۲-۱۱- سیستم توزیع الکترونیکی نیروی

ترمزی (EBD): برای دستیابی به عملکرد ترمزی مناسب برای خودرو، باید نیروی ترمزی هر چرخ متناسب با نیروی وزن وارد بر آن باشد. در مرحله طراحی، سیستم ترمز خودرو به گونه‌ای طراحی می‌شود که نیروی ترمزی چرخ‌های عقب با وزن وارد بر محور عقب خودرو متناسب و نیروی ترمزی چرخ‌های جلو نیز با

وزن وارد بر محور جلوی خودرو متناسب باشد. اما از آنجایی که در شرایط واقعی نیروی وزن محور جلو و عقب خودرو به علت متغیر بودن تعداد سرنشینان، بار خودرو و حالت کله زنی خودرو حین ترمزگیری، مطابق شکل ۱۵-۱۱، متغیر است، لذا برای دستیابی به عملکرد مناسب ترمز خودرو، باید نیروی ترمزی هر چرخ به طور مداوم کنترل شود تا نیروی ترمزی متناسب با نیروی وزن وارد بر چرخ‌ها تولید شود.

در سیستم توزیع الکترونیکی نیروی ترمزی، نیروی ترمز چرخ‌های عقب به طور مداوم کنترل می‌شود تا از قفل شدن چرخ‌های عقب خودرو حین ترمزگیری (به دلیل کاهش نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب) جلوگیری شود.

یادآوری می‌شود کنترل نیروی ترمزی از طریق کنترل فشار هیدرولیک مدار ترمز و به وسیله شیرهای برقی سیستم ترمز ضد قفل (ABS) صورت می‌پذیرد.



شکل ۱۵-۱۱- نحوه عملکرد سیستم EBD و مقایسه حالت‌های مختلف ترمزگیری

- ۱- خودرو با نیروی وزن کم اعمالی به چرخ‌های عقب که دارای سیستم EBD است. ۲- خودرو با نیروی وزن زیاد اعمالی به چرخ‌های عقب که دارای EBD است.
- ۳- خودرو با نیروی وزن زیاد اعمالی به چرخ‌های عقب بدون سیستم EBD، که منجر به افزایش مسافت ترمزی و ناپایداری خودرو می‌شود.



نکته: سیستم توزیع الکترونیکی نیروی ترمزی، از عملگرهای سیستم ترمز ضد قفل استفاده می کند و دارای عملگر جداگانه نیست. این سیستم برای تأمین هدف خود، تنها شیرهای تغذیه (SSV) و تخلیه (SDV) چرخ های عقب را کنترل می نماید. لذا این سیستم، واحد کنترل جداگانه ندارد و تنها به صورت یک برنامه کنترل برای واحد کنترل سیستم ترمز ضد قفل (ABS) تعریف می شود.

موجب می شود خودرو از مسیر خود خارج گردد و جلوی آن به سمت داخل پیچ منحرف شود.

۳- وجود مانع به صورت ناگهانی در مسیر حرکت خودرو. این وضعیت ترکیبی از دو وضعیت کم فرمانی و بیش فرمانی است. در این حالت ابتدا خودرو برای عبور از مانع و در مرحله اول چرخش غریبک فرمان تمایل به کم فرمانی دارد و در مرحله دوم، که راننده غریبک فرمان را در جهت عکس مرحله اول می چرخاند تا خودرو به مسیر اصلی خود باز گردد، خودرو دچار بیش فرمانی می شود.

۳-۲-۱۱- سیستم کنترل پایداری (ESP): با توجه

به شکل ۱۶-۱۱، هدف از به کارگیری این سیستم، حفظ پایداری سوئی و ارتقای قابلیت فرمان پذیری خودرو در سه حالت زیر است:

۱- کم فرمانی بیش از حد خودرو هنگام طی مسیر پیچ جاده، که موجب می شود خودرو از مسیر خود خارج گردد و جلوی خودرو به سمت بیرون پیچ جاده منحرف شود.

۲- بیش فرمانی خودرو هنگام طی مسیر پیچ جاده که



(ب) حالت بیش فرمانی



(الف) حالت کم فرمانی

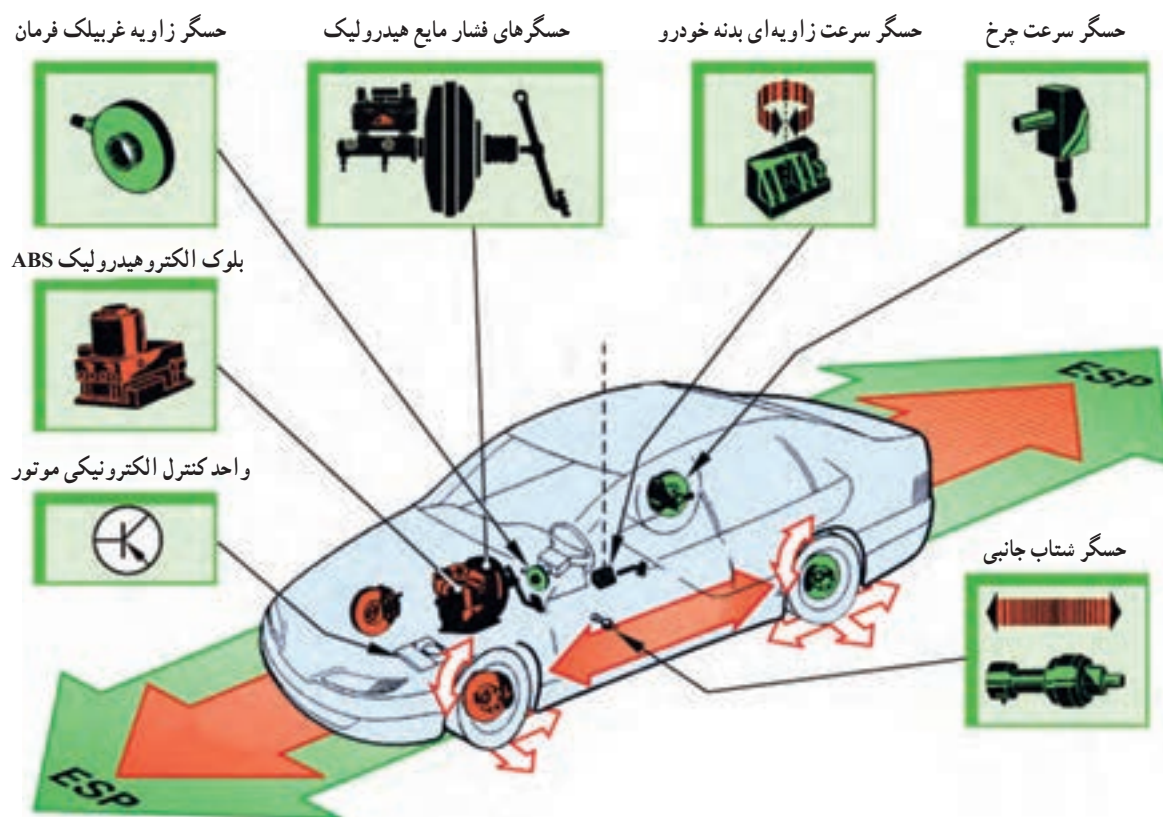


(ب) وجود مانع به صورت ناگهانی در مسیر حرکت خودرو

شکل ۱۶-۱۱- حالت های مختلف عملکرد خودرو فاقد سیستم ESP در طی مسیر پیچ جاده و عبور از مانع ناگهانی

درخواست راننده تغییر و پایداری خودرو را افزایش دهد. این سیستم برای رسیدن به اهداف خود، که معمولاً سه مورد ذکر شده فوق است، نیازمند حسگرها و عملگرهای مختلف است، که در شکل ۱۷-۱۱ قابل ملاحظه اند.

سیستم ESP یک سیستم کنترلی حلقه بسته است که درخواست راننده را با رفتار خودرو مقایسه می کند و در صورت نیاز، با استفاده از عملگرهای سیستم ترمز ضدقفل به صورت نامتقارن، سعی می کند رفتار خودرو را به شرایط مورد



شکل ۱۷-۱۱- اجزای تشکیل دهنده سیستم کنترل پایداری (ESP)

فعال بودن سیستم ترمز را توسط راننده تعیین کند و بر اساس وضعیت اولیه ایجاد شده، میزان فعالیت غیرمتقارن مورد نیاز را مشخص نماید و از این طریق جهت کنترل مناسب مسیر حرکت اقدام کند.

**۳- اندازه گیری سرعت زاویه ای بدنه خودرو حول محور عمودی (یاو) (yaw):** با استفاده از این حسگر، که معمولاً در نزدیکی مرکز ثقل خودرو نصب می گردد، میزان دوران بدنه خودرو حول محور عمودی اندازه گیری شده به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می شود. با اطلاعات این حسگر، واحد کنترل الکترونیکی سیستم کنترل پایداری، میزان واقعی دوران بدنه خودرو

اجزای سیستم پایداری به شرح زیر است:

**۱- حسگر زاویه غریبک فرمان:** یکی از پارامترهای مورد نیاز این سیستم که درخواست راننده نیز به آن مرتبط است، میزان زاویه غریبک فرمان است. برای اندازه گیری زاویه دوران غریبک در سیستم کنترل پایداری (ESP) از حسگر زاویه فرمان استفاده می شود.

**۲- حسگر فشار هیدرولیک سیستم ترمز:** واحد کنترل الکترونیکی سیستم پایداری خودرو برای پیاده سازی روند کنترلی مناسب، به منظور فعال یا غیرفعال کردن نامتقارن ترمز چرخ ها، به اطلاعات این حسگر نیازمند است، تا قادر باشد میزان

حول محور عمودی (yaw) را اندازه گیری می کند.

با مقایسه اطلاعات این حسگر و اطلاعات حسگر زاویه غریبک فرمان واحد کنترل الکترونیکی، این سیستم قادر خواهد بود تا به مقدار انحراف خودرو پی ببرد.

به طور مثال چنانچه زاویه غریبک فرمان  $10^\circ$  درجه باشد ولی بدنه خودرو  $15^\circ$  درجه در همان جهت دوران کرده باشد، نشانگر بیش فرمانی خودرو در آن شرایط است. در حالی که اگر زاویه غریبک فرمان  $10^\circ$  درجه باشد ولی بدنه خودرو  $5^\circ$  درجه در همان جهت دوران کرده باشد بیانگر کم فرمانی خودرو است.

**۴- حسگر شتاب جانبی خودرو:** با استفاده از این حسگر، می توان مقدار شتاب بدنه خودرو را در جهت جانبی اندازه گیری کرد. با اندازه گیری این شتاب و با توجه به این موضوع که سرعت خطی خودرو نیز توسط سیستم ترمز ضد قفل (ABS) مشخص شده است. بنابراین از طریق رابطه  $3-11$  می توان شعاع انحنای مسیر را نیز اندازه گیری نمود.

$$a_y = \frac{V_r}{R} \quad (11-3)$$

$a_y$ : شتاب جانبی خودرو ( $m/s^2$ )

$V$ : سرعت خودرو ( $m/s$ )

$R$ : شعاع انتهای مسیر حرکت خودرو ( $m$ )

با مشخص شدن مقدار شعاع انحنای مسیر حرکت خودرو، واحد کنترل الکترونیکی سیستم کنترل پایداری، با توجه به پارامترهای دیگری از جمله سرعت خودرو، زاویه غریبک و غیره آنها قادر خواهد بود تا تخمین دقیق تری از نحوه فعالیت غیرمتقارن ترمز چرخ ها داشته باشد و بنابراین کنترل مسیر حرکت خودرو با دقت بالاتری صورت می پذیرد.

از طرف دیگر، با مشخص شدن مقدار شتاب جانبی خودرو، با توجه به رابطه  $(4-11)$ ، سیستم کنترل پایداری قادر خواهد بود تا میزان ضربه اصطکاک جانبی بین تایر و زمین را نیز به دست آورده و به عبارت دیگر، شرایط سطح تماس تایر با جاده را تعیین نماید و با توجه به شرایط جاده، نحوه فعالیت ترمز نامتقارن چرخ ها را نیز تعیین کند.

$$a_y = \mu_y \cdot g \quad (11-4)$$

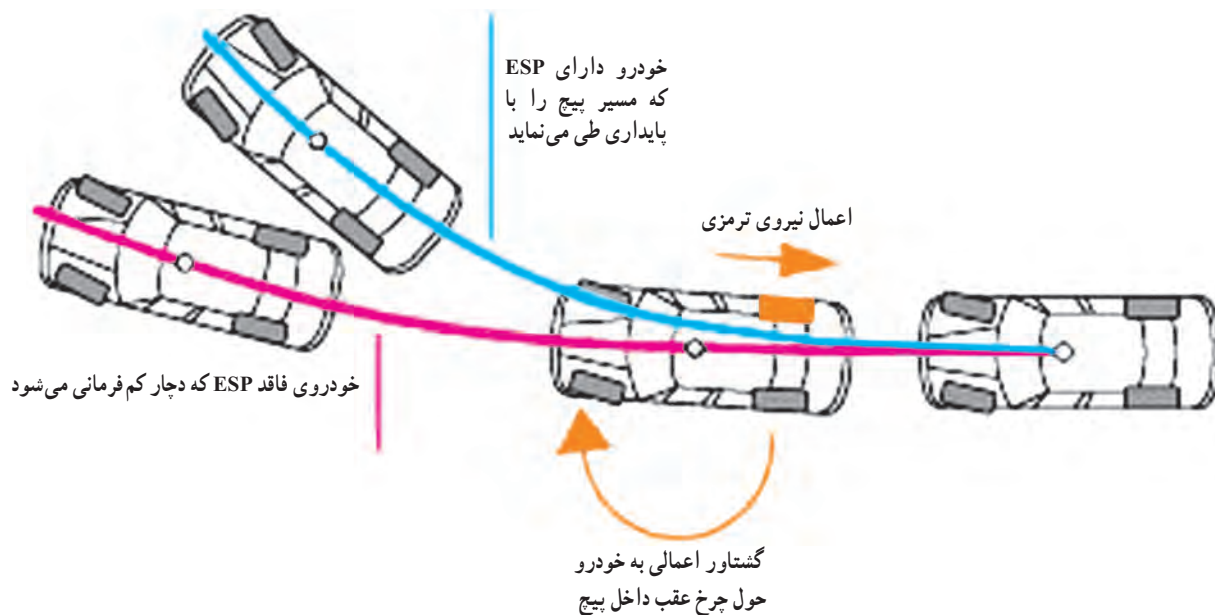
**نکته:** معمولاً حسگر شتاب جانبی خودرو و حسگر سرعت زاویه ای خودرو حول محور عمودی در یک مجموعه قرار داده می شود.

حسگر زاویه غریبک فرمان و خروجی حسگر yaw به میزان انحراف خودرو از مسیر درخواستی راننده پی می برد و در این صورت با فعال کردن نامتقارن ترمز چرخ ها، جهت اصلاح مسیر حرکت خودرو اقدام می کند.

به طور مثال با توجه به شکل  $(11-18)$ ، در صورتی که خودرو در طی مسیر پیچ جاده دچار حالت کم فرمانی شود، سیستم کنترل پایداری، ترمز چرخ عقب داخل پیچ را فعال می نماید. از این رو بدنه خودرو حول این چرخ و به سمت داخل پیچ دوران می کند تا خودرو مسیر پیچ جاده را با ایمنی بالاتری طی نماید.

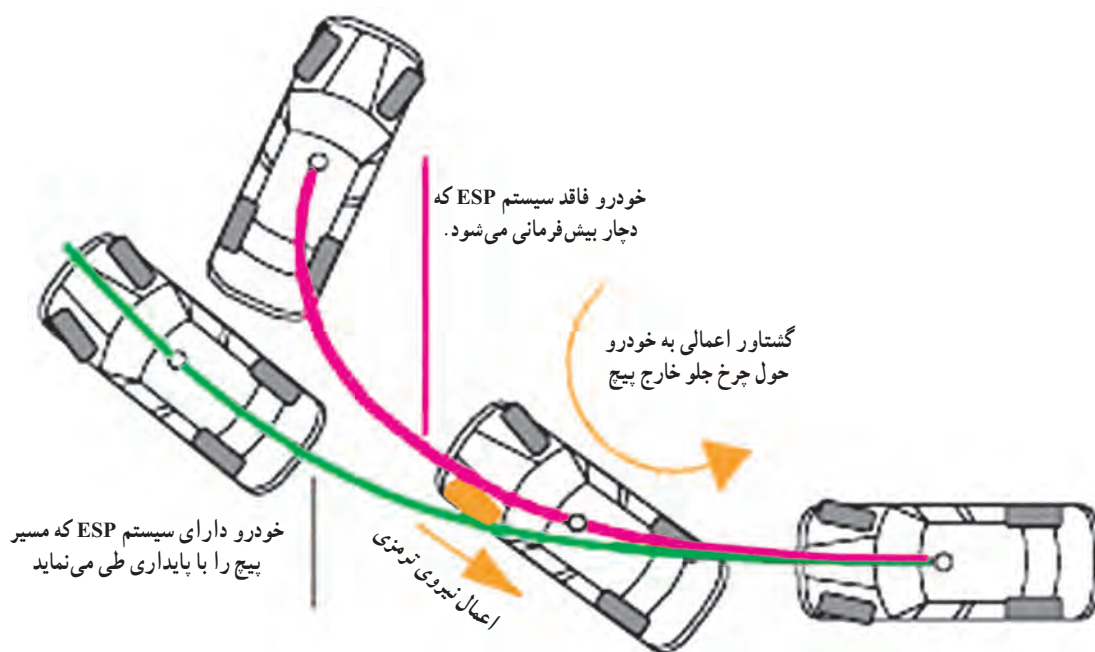
**۵- عملگرهای سیستم کنترل پایداری:** در سیستم کنترل پایداری، معمولاً برای انجام عملیات کنترلی و اعمال نیروی نامتقارن ترمز به چرخ ها از عملگرهای سیستم ترمز ضد قفل (ABS) استفاده می شود.

سیستم کنترل پایداری، با توجه به حسگرهای زاویه غریبک فرمان، فشار هیدرولیک سیستم ترمز و شتاب جانبی خودرو، شرایط اولیه سیستم ترمز، درخواست راننده از سیستم فرمان، وضعیت شعاع پیچ جاده و همچنین مقدار ضربه اصطکاک بین چرخ و زمین در راستای جانبی را تعیین می نماید. سپس با توجه به خروجی حسگر yaw، پاسخ خودرو را دریافت می کند. سیستم کنترل پایداری با مقایسه اطلاعات مربوط به



شکل ۱۸-۱۱ عملکرد سیستم کنترل پایداری در حالت کم فرمانی خودرو

همچنین مطابق شکل ۱۹-۱۱، در صورتی که خودرو طی مسیر پیچ جاده دچار بیش فرمانی شود، سیستم کنترل پایداری ترمز، چرخ عقب خارجی پیچ (یا در بعضی از انواع ترمز، چرخ جلوی داخل پیچ) را فعال می کند. از این رو بدنه خودرو حول این چرخ و به سمت خارج پیچ دوران می کند تا خودرو مسیر پیچ جاده را با ایمنی بالاتر طی نماید.



شکل ۱۹-۱۱ عملکرد سیستم کنترل پایداری در حالت بیش فرمانی خودرو

- ۱- سیستم‌های ایمنی فعال و غیرفعال را تعریف کند.
- ۲- عملکرد کمربند ایمنی را توضیح دهید.
- ۳- مزایای سیستم ترمز ضدقفل (ABS) را شرح دهید.
- ۴- وظیفه واحد کنترل الکترونیکی سیستم ترمز ضدقفل را بیان کنید.
- ۵- مراحل عملکرد سیستم ترمز ضدقفل را به اختصار شرح دهید.
- ۶- سیستم توزیع الکترونیکی نیروی ترمزی (EBD) را توضیح دهید.
- ۷- هدف از به کارگیری سیستم کنترل پایداری (ESP) چیست؟



## فهرست منابع

### منابع بخش انتقال قدرت

- 1- Heinz, "Advanced Vehicle Technology", 2nd Edition, Elsevier pub., 2002
- 2- Harald Naunheimer, Brend Bertsche, Joachim Ryborz, Wolfgang Novak, "Automotive Transmissions – Fundamentals, Selection, Design and Application", 2nd Edition, Springer pub., 2011
- 3- Jack Erjavec, "Automotive Technology – A Systems Approach", 5th Edition, Delmar Cengage Learning pub., 2010
- 4- James D. Halderman, "Automotive Technology – Principles, Diagnosis, and Service", 4th Edition, Pearson Pub., 2012
- 5- Allan Bonnick, Derek Nowbold, "A Practical Approach to Motor Vehicle Engineering and Maintenance", 3rd Edition, Elsevier Pub., 2011
- 6- David A. Crolla, "Automotive Engineering– Powertrain, Chassis System and Vehicle Body", Elsevier Pub. 2009

### منابع بخش شاسی و تعلیق

- 1- Heinz, "Advanced Vehicle Technology", 2nd Edition, Elsevier pub., 2002
- 2- Jack Erjavec, "Automotive Technology", 5th Edition, Delmar Cengage Learning Pub., 2010
- 3- Jornsens Reimpell, Helmut Stoll, Jurgen W. Betzler, "The Automotive Chassis", 2nd Edition, Pub., 2001
- 4- Reza N. Jazar, "Vehicle Dynamics", Springer Pub., 2008
- 5- Giancarlo Genta, Lorenzo Morello, "The Automotive Chassis", Vol 1, Springer Pub., 2009

۶- صیاد نصیری، ناصر سینا، جعفر رضایی دشت ارژنه، «کاربرد الکترونیک و تکنولوژی پیشرفته در خودرو»،

انتشارات مه‌اد صنعت شرق، چاپ اول ۱۳۹۱

۷- صیاد نصیری، «تعمیر کار برق خودرو»، انتشارات پارتیان، چاپ هفتم ۱۳۹۱

۸- صیاد نصیری، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۱

۹- مستندات فنی شرکت برین ساز

۱۰- مستندات فنی شرکت‌های خودروسازی

