

سیستم فرمان

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

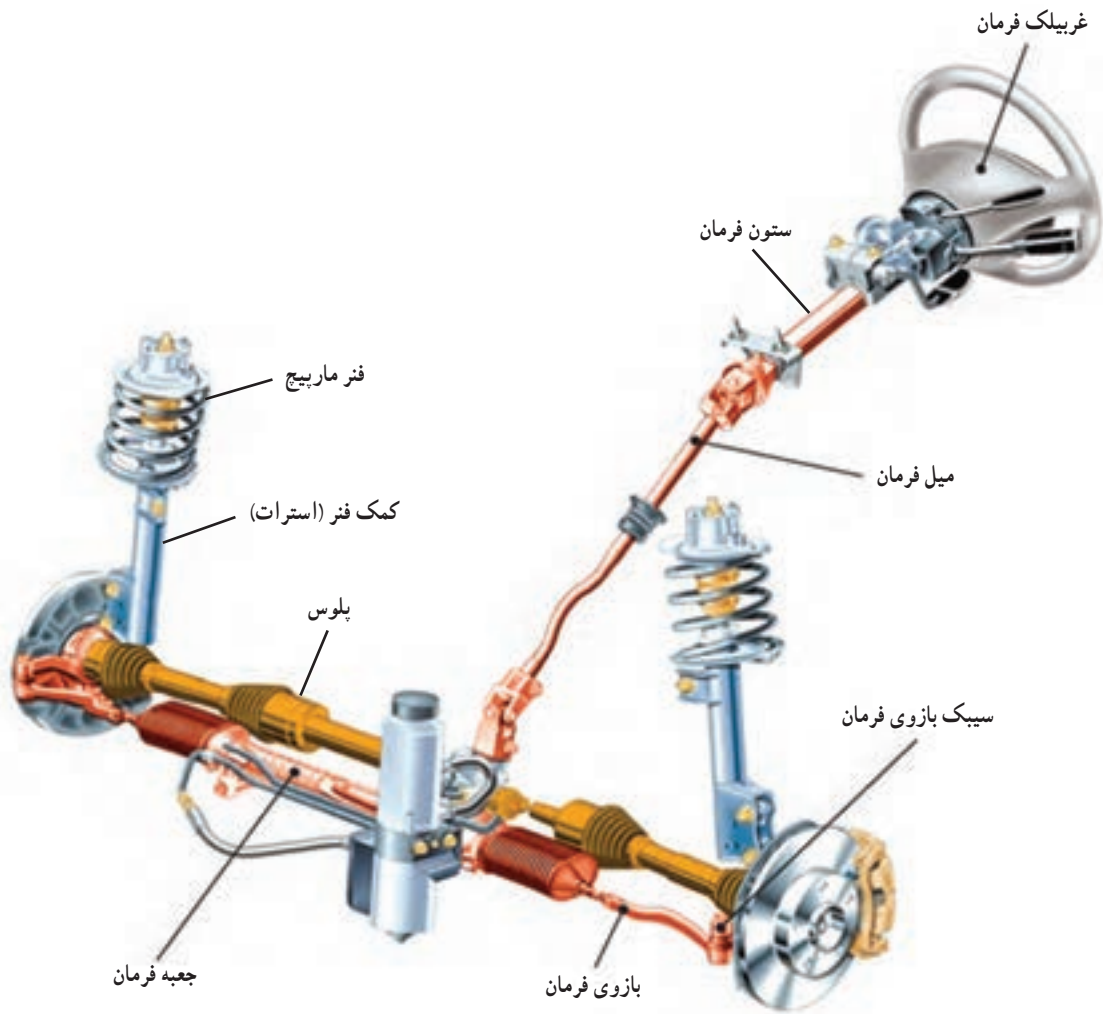
- ۱- وظیفه سیستم فرمان را بیان کند.
- ۲- اجزای سیستم فرمان را نام ببرد.
- ۳- انواع ستون فرمان ایمنی را نام ببرد.
- ۴- وظایف جعبه فرمان را بیان کند.
- ۵- انواع جعبه فرمان را دسته بندی کند.
- ۶- هندسه فرمان را شرح دهد.
- ۷- انواع مکانیزم فرمان را بیان کند.
- ۸- انواع فرمان با توان کمکی را دسته بندی کند.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

مطابق شکل ۱-۸، 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 تیر می‌شوند، گشتاور نیروی دست راننده (جهت مقابله با گشتاور مقاوم نیروی اصطکاکی تیر 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 ۱-۸- 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 دَوَرن غریبک به دَوَرن چرخ‌ها $\frac{1}{2}$ می‌شود. به عبارت دیگر با چرخش غریبک به اندازه بیست درجه، چرخ‌ها تنها یک درجه دوران خواهند داشت.

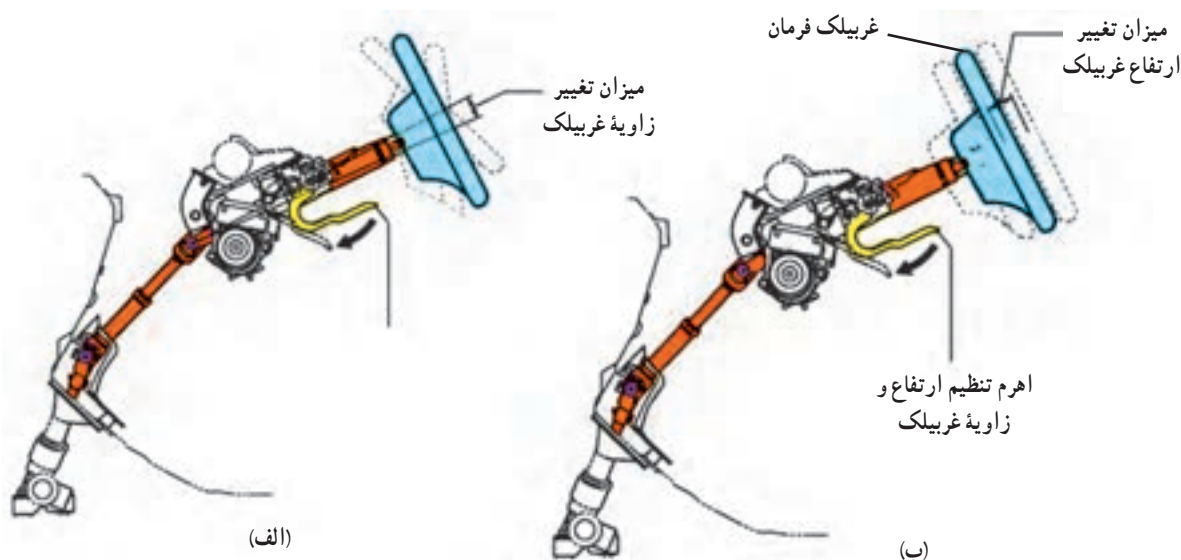
۱-۸- غریبک و ستون فرمان

اعمالی از دست راننده به چرخ‌ها نیز افزایش می‌یابد. مطابق شکل ۱-۸، دَوَرن 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 تاقان بندی می‌شود.

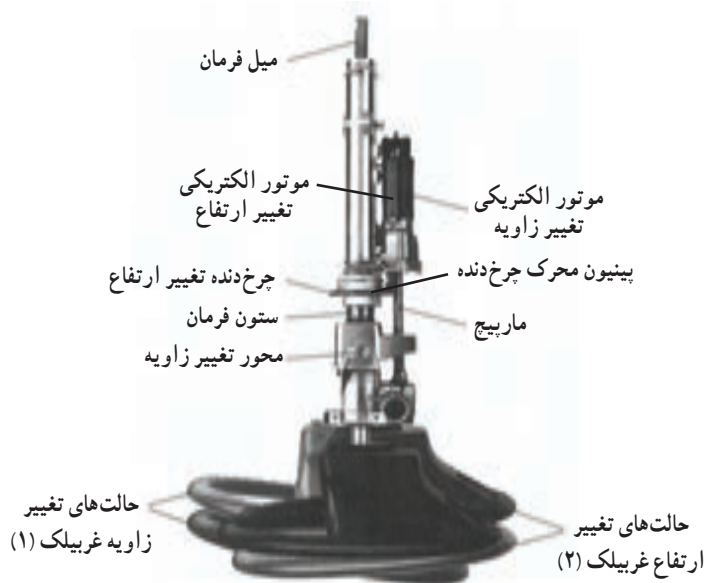
همان‌گونه که ذکر شد، غریبک فرمان علاوه بر انتقال نیروی دست راننده به میل فرمان، وظیفه افزایش گشتاور دست راننده را نیز بر عهده دارد. با افزایش قطر غریبک فرمان، گشتاور

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

در برخی از خودروها به منظور افزایش راحتی راننده، از غریبک فرمان با قابلیت تنظیم ارتفاع و زاویه غریبک استفاده می شود. شکل ۸-۲، غریبک 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- غریبک فرمان با قابلیت تنظیم زاویه و ارتفاع به صورت دستی



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

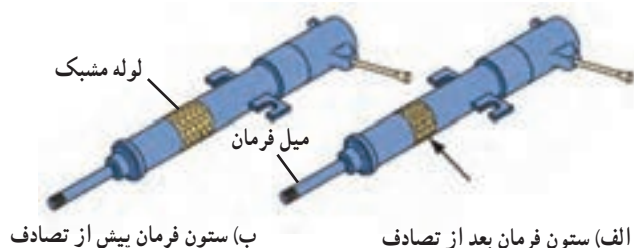
در برخی از خودروها به منظور تغییر ارتفاع و زاویه غریبک فرمان مطابق شکل ۸-۳ از دو موتور الکتریکی استفاده می شود، با به کار انداختن موتور الکتریکی محرک ماریج، غریبک فرمان حول محور تغییر زاویه، حرکت کرده و زاویه آن با توجه به درخواست راننده تغییر می کند (حالت ۱).

هرگاه موتور الکتریکی تغییر ارتفاع فعال شود، بینیون 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 غریبک فرمان تنظیم می شود (حالت ۲).

۸-۲-۸- ایمنی در فرمان

در مرحله دوم تصادف که بدن راننده با غربیلک فرمان برخورد می‌نماید، 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 می‌شود. برای این منظور از ستون‌های فرمان جمع شونده استفاده می‌شود. ستون‌های فرمان جمع شونده دارای انواع مختلفی است که به بررسی چند نوع از آنها پرداخته می‌شود.

۱-۲-۸- ستون فرمان لوله مشبک : مطابق شکل ۸-۵، قسمتی از این نوع ستون فرمان به صورت مشبک ساخته می‌شود. در این صورت لوله مشبک هنگام تصادف جمع می‌شود و مقداری از انرژی تصادف را جذب می‌نماید.

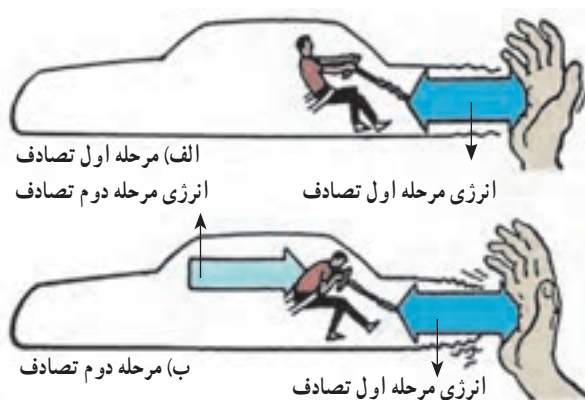


شکل ۸-۵- ستون فرمان نوع لوله مشبک

با توجه به شکل ۸-۶، میل فرمان نیز به صورت دو تکه ساخته می‌شود 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

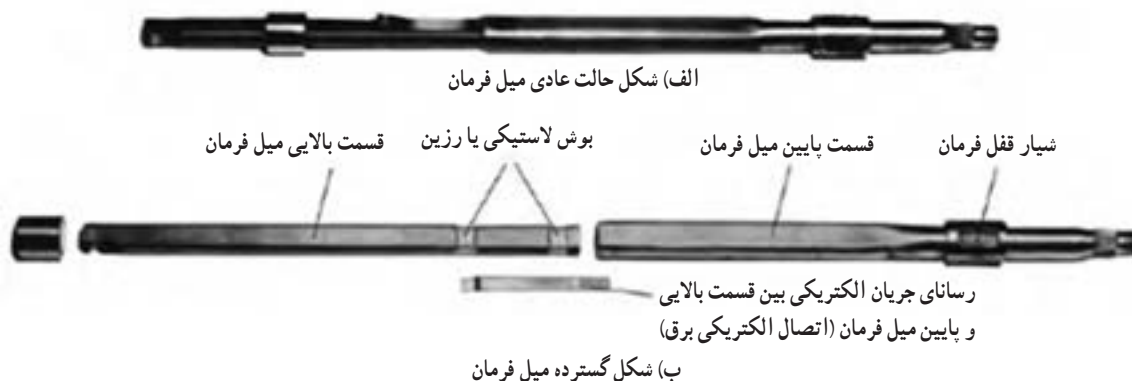
یکی از مسائل مهم در طراحی میل فرمان و ستون فرمان ایمنی در تصادف است. با توجه به شکل ۸-۴، هنگام بروز تصادف از جلو، دو مرحله ذیل ممکن است اتفاق بیفتد:

- ۱- تصادف خودرو از روبرو به مانع؛
 - ۲- برخورد راننده و سرنشین خودرو با وسایل داخل خودرو از جمله غربیلک 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 می‌نماید.



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 می‌نماید.

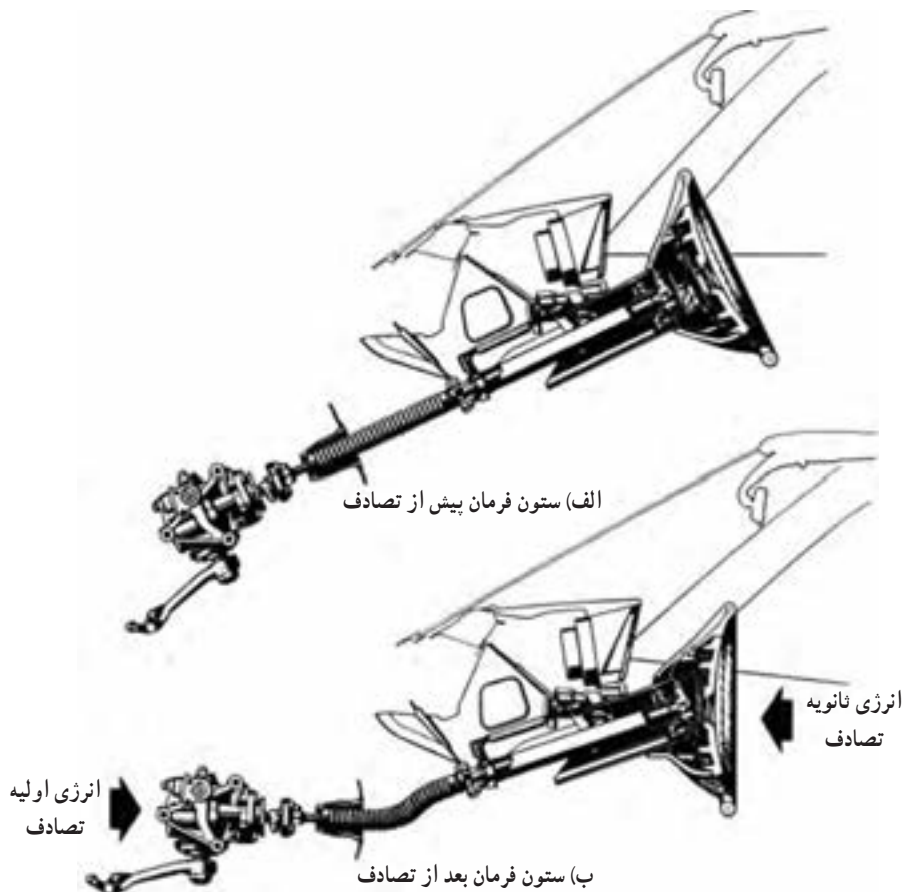


شکل ۸-۶- میل فرمان کشویی با اتصال بوش لاستیکی یا تزریق پلاستیک

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.

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.



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 دورانی دست راننده؛

فرمان (۹۰ درجه)؛

- ۳- تبدیل حرکت دورانی غریبک فرمان به حرکت خطی مکانیزم اهرم بندی فرمان

۴-۸- انواع جعبه فرمان

جعبه فرمان‌ها از لحاظ نحوه افزایش نیرو و گشتاور و

- ۲- تغییر صفحه دوران 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؛

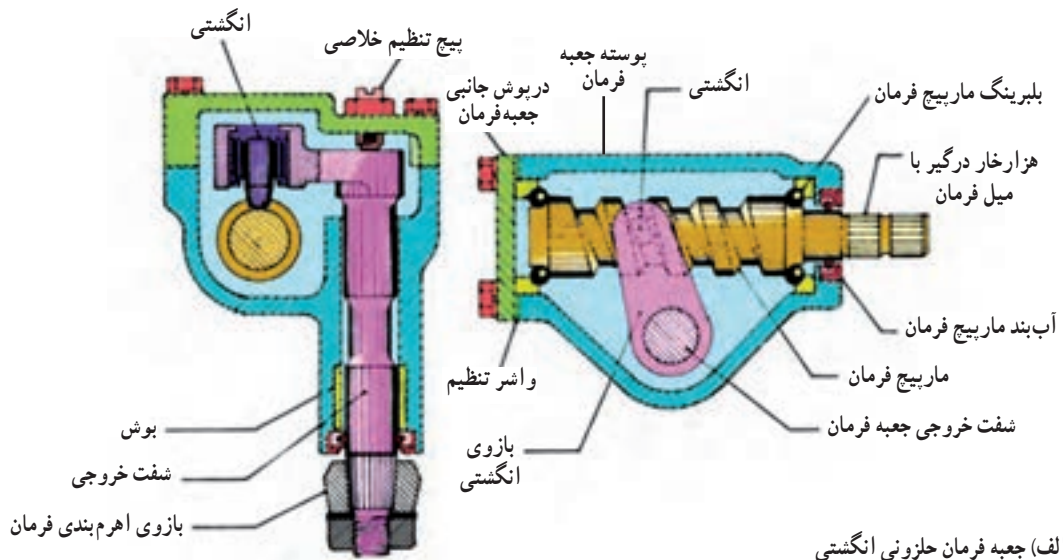
۱-۴-۸- **جعبه فرمان حلزونی انگشتی:** جعبه فرمان

حلزونی با دنده تاج خروسی و جعبه فرمان حلزونی غلتکی، این نوع

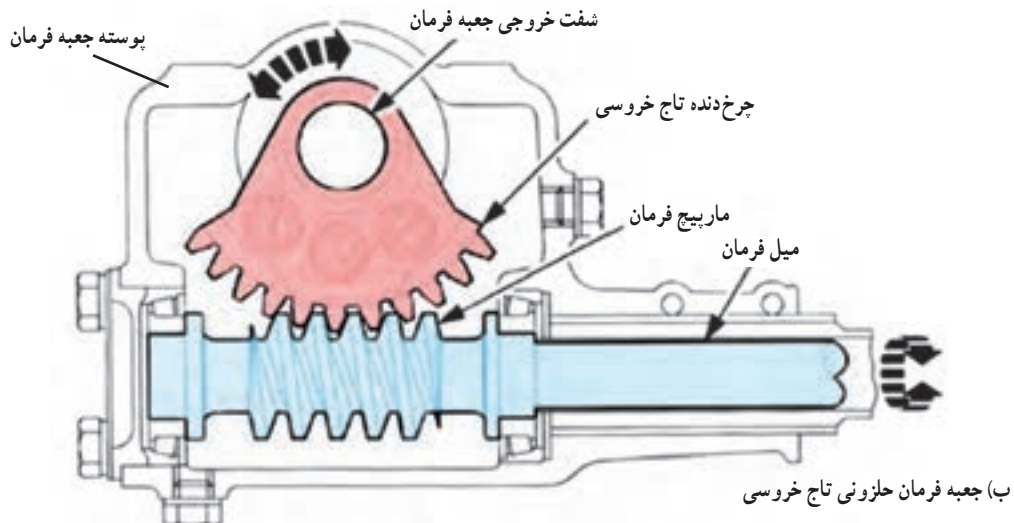
جعبه فرمان‌ها به دلیل معایب زیاد در خودروهای امروزی مورد

استفاده قرار نمی‌گیرند. لذا به جهت آشنایی در شکل‌های ۸-۸ و

۸-۹ نمایش داده شده‌اند.



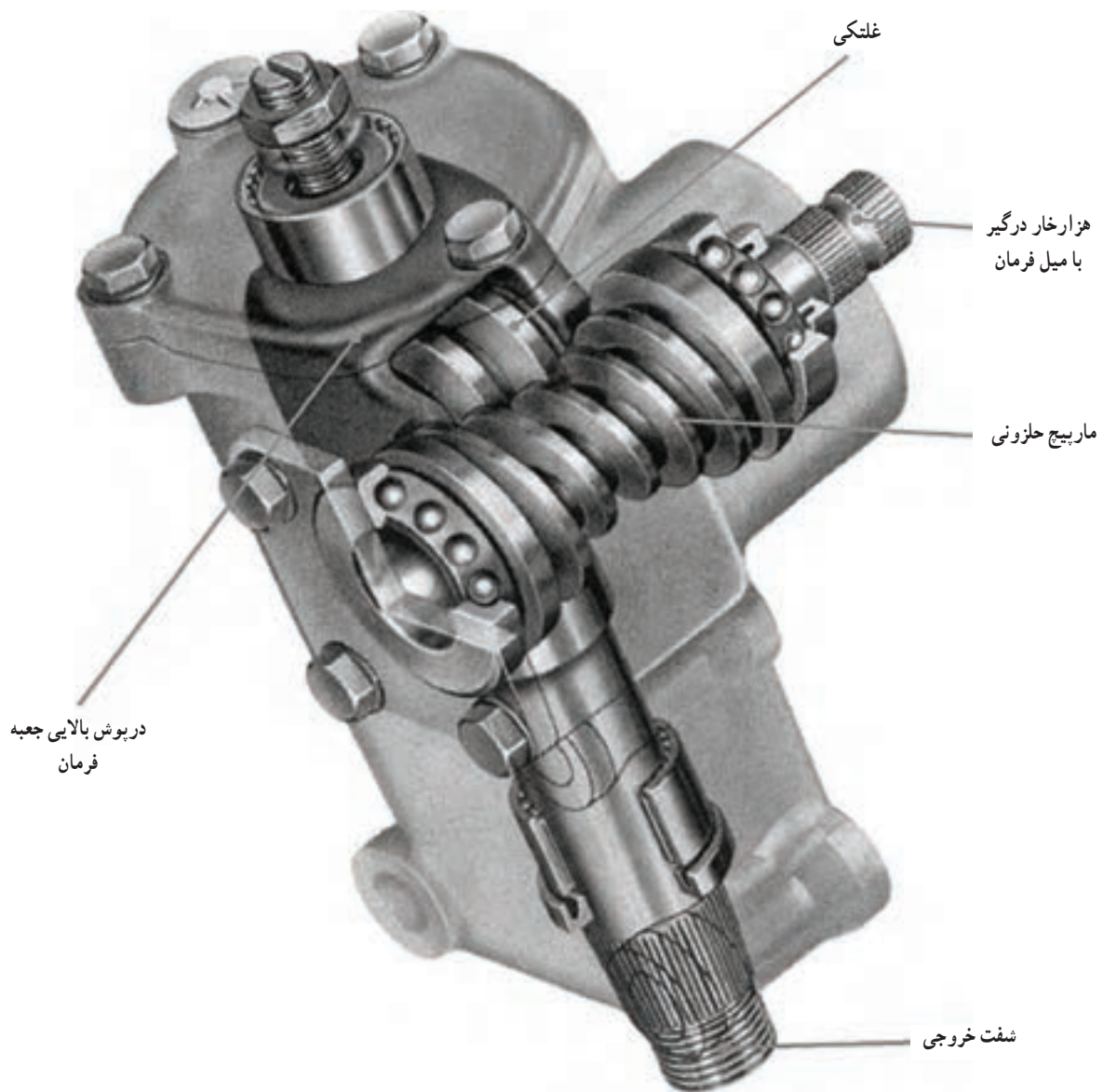
الف) جعبه فرمان حلزونی انگشتی



ب) جعبه فرمان حلزونی تاج خروسی

شکل ۸-۸- ساختمان داخلی جعبه فرمان حلزونی انگشتی و حلزونی با دنده تاج خروسی

شکل ۹-۸، ساختمان داخلی جعبه فرمان حلزونی غلتکی را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۸- جعبه فرمان حلزونی غلتکی

مهرة انتقال (۱۱) منتقل می‌کند. بنابراین مهرة انتقال حرکت خطی انجام می‌دهد. این حرکت از طریق دندانه‌های ایجاد شده بر روی بدنه خارجی مهرة (۹) به دنده 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

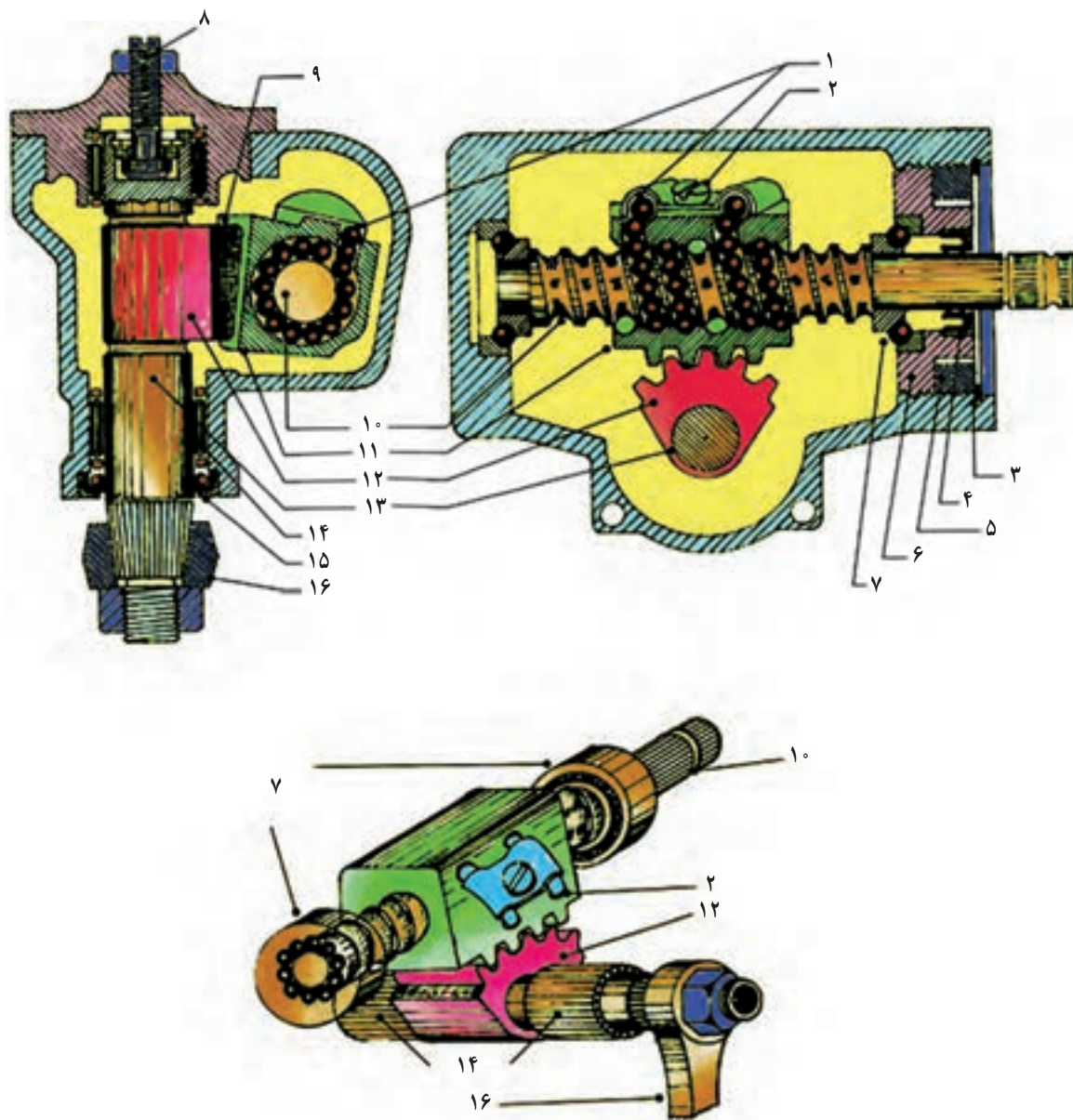
۲-۴-۸- جعبه فرمان ساچمه در گردش با دنده تاج خروسی: شکل ۱۰-۸، ساختمان داخلی جعبه فرمان ساچمه در گردش با دنده تاج خروسی را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۱۰-۸، با دوران غریبک فرمان، ماریج جعبه فرمان نیز دوران می‌نماید. از آنجایی که ماریج امکان حرکت محوری ندارد، حرکت خود را از طریق ساچمه‌ها (۱) به

نهایتاً فرمان دهی خودرو می‌شود.

به منظور تنظیم خلاصی فرمان (لقی بین تاج خروسی و

چرخ دنده روی ماریج 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 بزرگ تری دارد درگیری تاج خروسی و چرخ دنده روی ماریج بیشتر می‌شود و از این رو لقی بین آنها کاهش می‌یابد.

در این نوع جعبه فرمان برای انتقال حرکت ماریج 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 ماریج
- ۵- مهره ضامن
- ۶- پیچ تنظیم لقی طولی ماریج
- ۷- بلبرینگ ماریج
- ۸- پیچ تنظیم خلاصی جعبه فرمان
- ۹- دنده تاج خروسی مخروطی
- ۱۰- ماریج
- ۱۱- مهره با چرخ دنده شانده‌ای (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

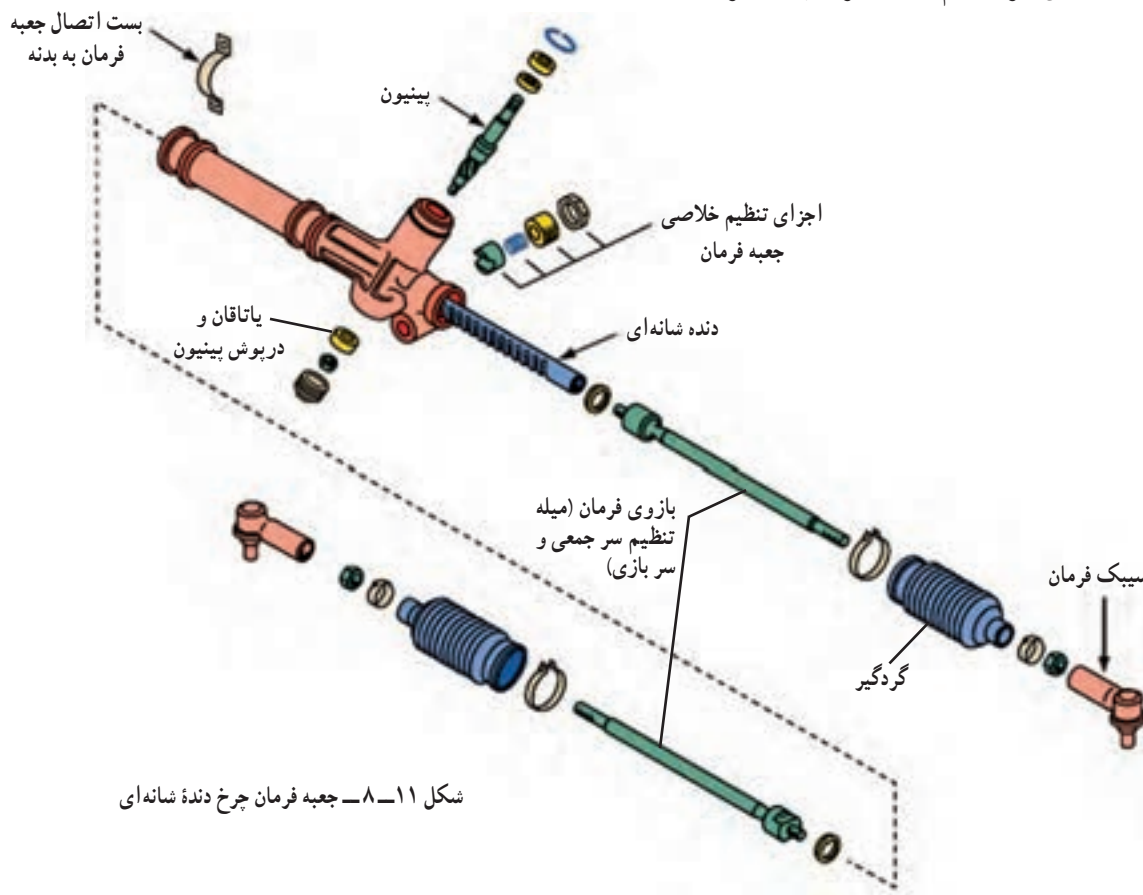
و دور زدن مورد استفاده قرار می گیرد، مقدار گام را افزایش می دهند تا به فرمان پذیری بیشتر خودرو منجر شود و در نتیجه قابلیت پارک کردن خودرو، به خصوص در فضاهای کوچک، افزایش یابد.

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.

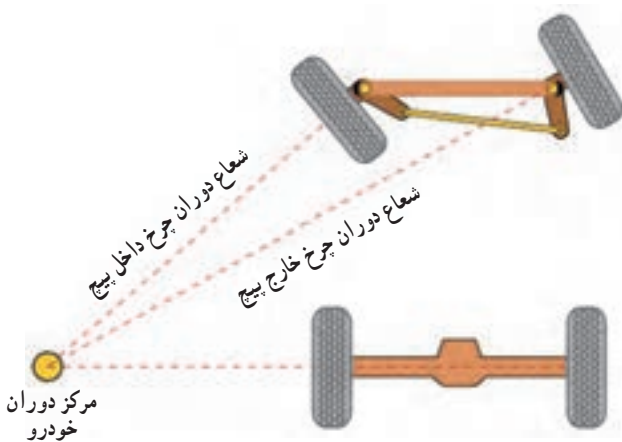


شکل ۱۱-۸- جعبه فرمان چرخ دنده شانه ای

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 ساچمه 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 سایس 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- سایس 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.

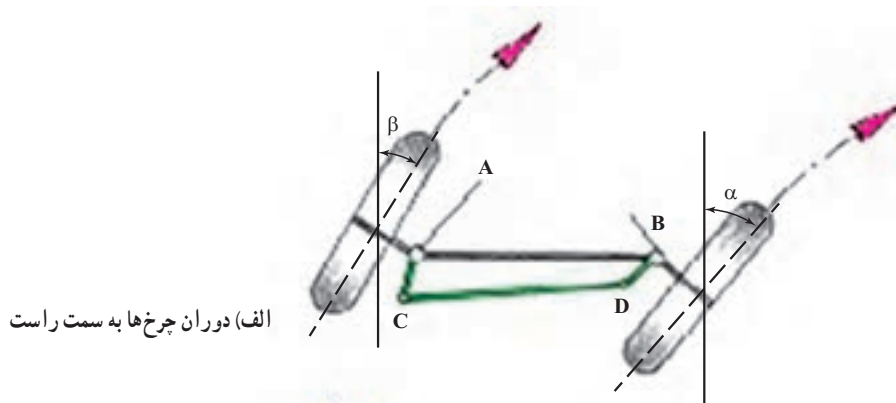
✿ معایب

- ۱- محدودیت افزایش گشتاور دارد.

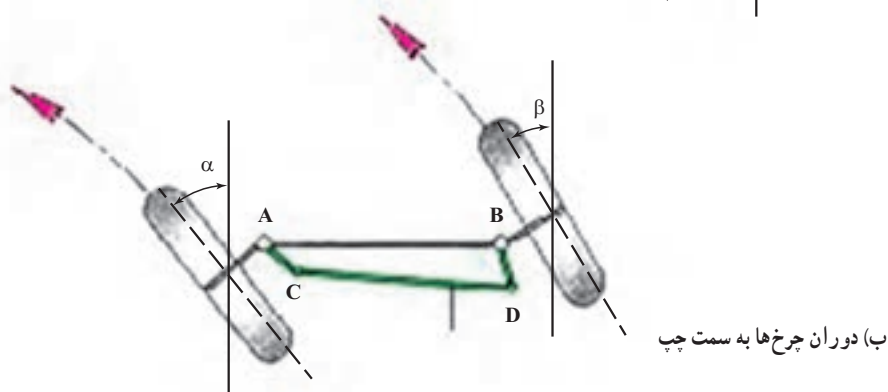
(۱۳-۸-ب)، عکس حالت (a) اتفاق می‌افتد بنابراین برای اینکه خودرو هنگام طی کردن مسیر پیچ جاده بتواند به صورت یکنواخت حرکت کند، طبق رابطه آکرمان باید ابعاد و زوایای بازوهای مکانیزم فرمان به گونه‌ای طراحی شود که زاویه فرمان چرخ داخل پیچ از زاویه فرمان چرخ بیرون پیچ بیشتر باشد. با در نظر گرفتن این موضوع، شکل ظاهری مکانیزم فرمان به صورت یک دوزنقه خواهد بود.

متصل کننده محورهای چرخ (AB) از خط واصل مفصل‌های (سیک‌ها CD) بازوی اهرم‌بندی فرمان (شغال دست‌ها) بزرگ‌تر است. $(AB > CD)$.

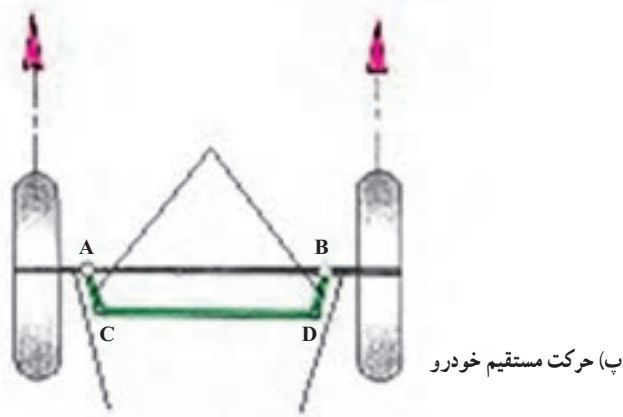
بنابراین مطابق شکل ۱۳-۸-الف، در دوران چرخ‌ها به سمت راست، به دلیل دوزنقه‌ای بودن اهرم‌بندی فرمان، دوران چرخ داخل پیچ (α) از زاویه دوران چرخ خارج پیچ (β) بیشتر است. همچنین در دوران چرخ‌ها به سمت چپ، مطابق شکل



الف) دوران چرخ‌ها به سمت راست



ب) دوران چرخ‌ها به سمت چپ



پ) حرکت مستقیم خودرو

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:

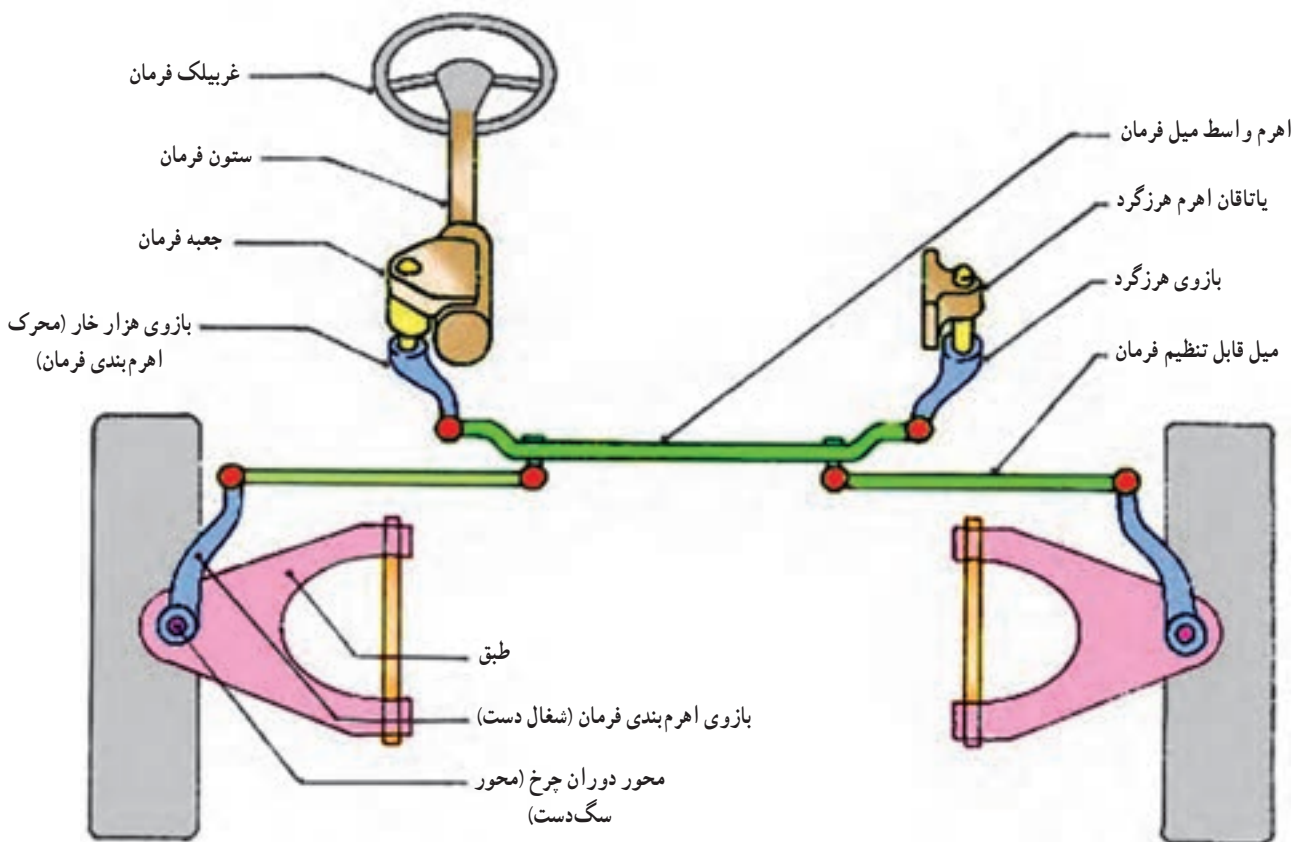
۱- محرک یا غیرمحرک بودن محور جلو و قرارگرفتن موتور به صورت طولی یا عرضی؛

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

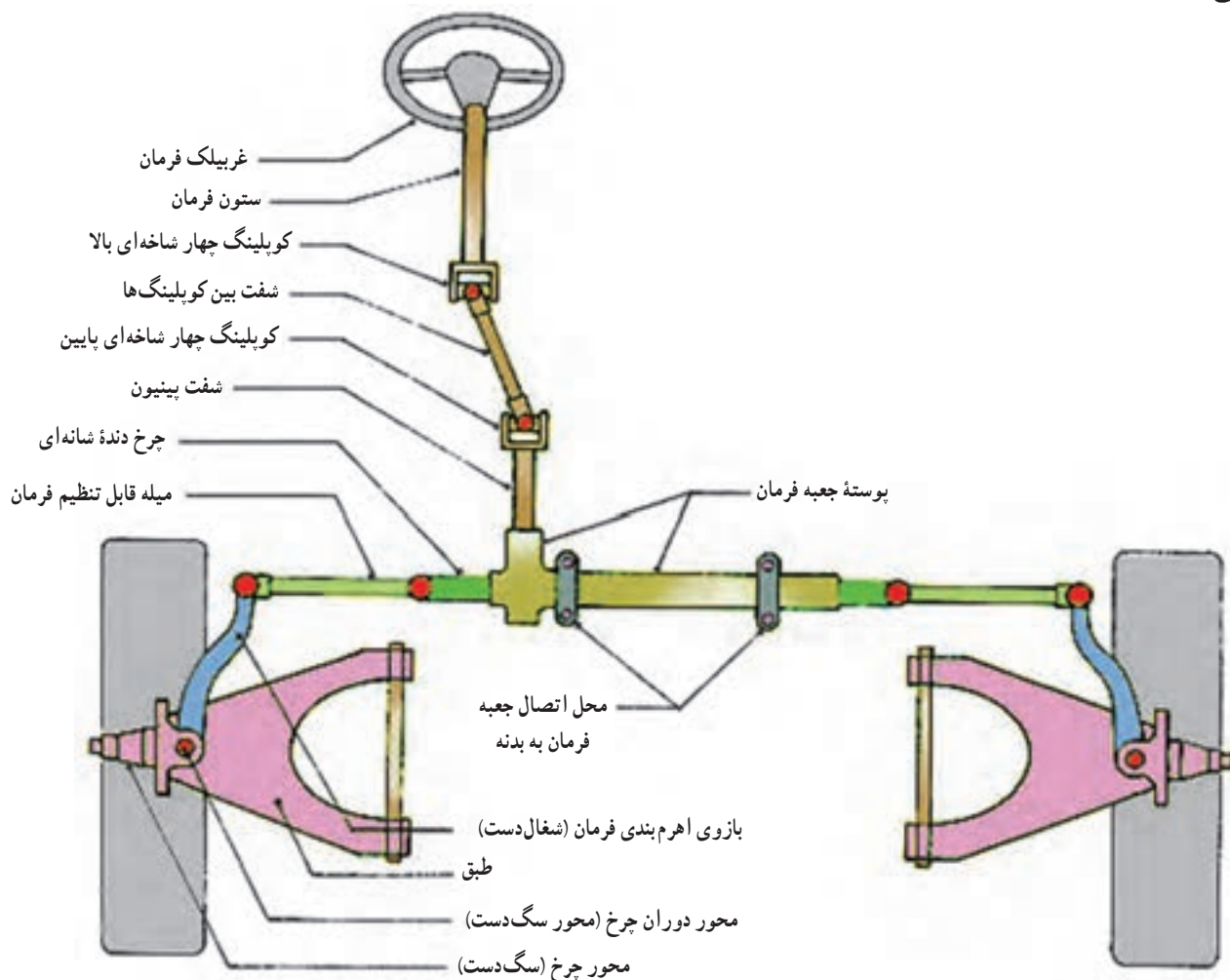
باعث جابه‌جایی اهرم واسط می‌شود. اهرم واسط نیز این حرکت را از طریق میله قابل تنظیم فرمان به بازوی اهرم بندی فرمان انتقال می‌دهد. این امر موجب دوران چرخ و فرمان‌دهی خودرو می‌شود.

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.

بازوی فرمان به اهرم محور چرخ منتقل می‌شود و باعث فرمان دادن به چرخ‌ها می‌گردد. از ویژگی‌های این مکانیزم سادگی و تعداد کم بازوهای آن است.

شکل ۸-۱۵، مکانیزم فرمان به کار رفته در جعبه فرمان‌های چرخ‌دنده‌شانه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۸-۱۵، در این مکانیزم با حرکت خطی چرخ‌دنده‌شانه‌ای فرمان، بازوی فرمان نیز جابه‌جا می‌شود. حرکت



شکل ۸-۱۵- مکانیزم فرمان به کار رفته در جعبه فرمان‌های چرخ‌دنده‌شانه‌ای

مانند هیدرولیکی و الکتریکی در سیستم فرمان استفاده می‌شود. از این رو دوران غریبک فرمان با نیروی کمتری صورت می‌گیرد و علاوه بر آن تأخیر در فرمان‌دهی خودرو نیز کاهش می‌یابد.

۸-۷- فرمان‌های با توان کمکی

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:

۱- فرمان‌های هیدرولیکی؛

۲- فرمان‌های الکترو هیدرولیکی؛

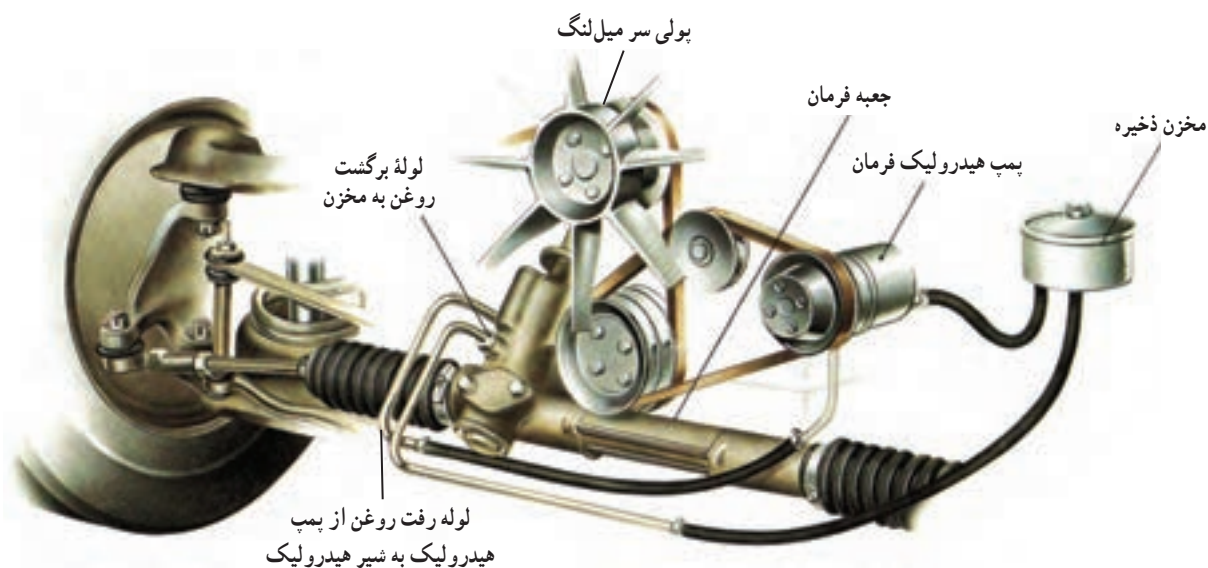
۳- فرمان‌های الکتریکی.

در این بخش جعبه فرمان‌ها با توان کمکی بررسی می‌شوند.

۱-۷-۸- فرمان هیدرولیکی: شکل ۱۶-۸، نمای

شماتیک فرمان هیدرولیکی را با جعبه فرمان دنده‌شانه‌ای نشان

می‌دهد.



شکل ۱۶-۸- شماتیک فرمان هیدرولیکی

مطابق شکل ۱۶-۸، در این مکانیزم از فشار هیدرولیکی

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 پولی از میل‌لنگ موتور دریافت می‌کند.

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

بیشتری می‌شود.

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.

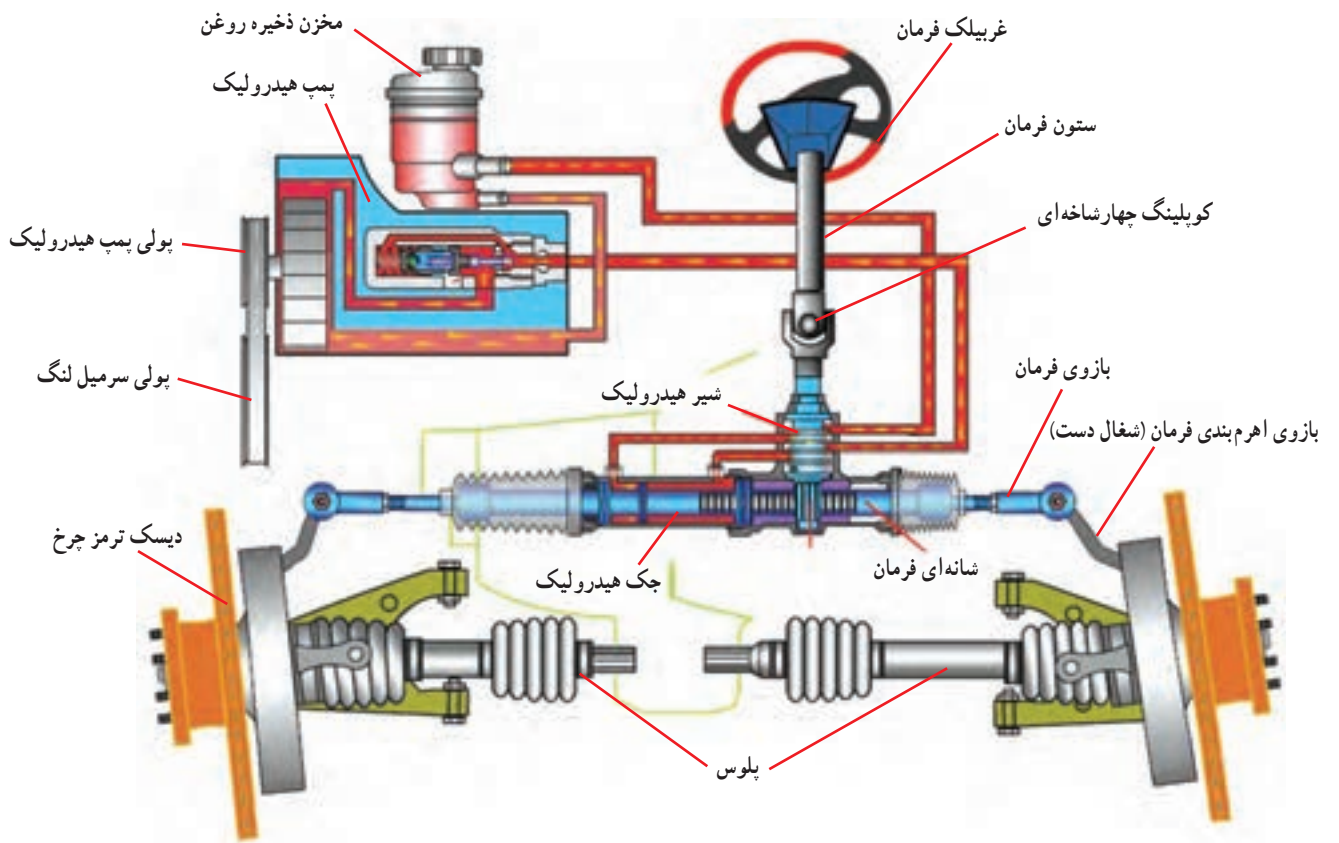
با توجه به شکل ۱۸-۸ عملکرد فرمان هیدرولیک در

حالت‌های زیر بررسی می‌شود:

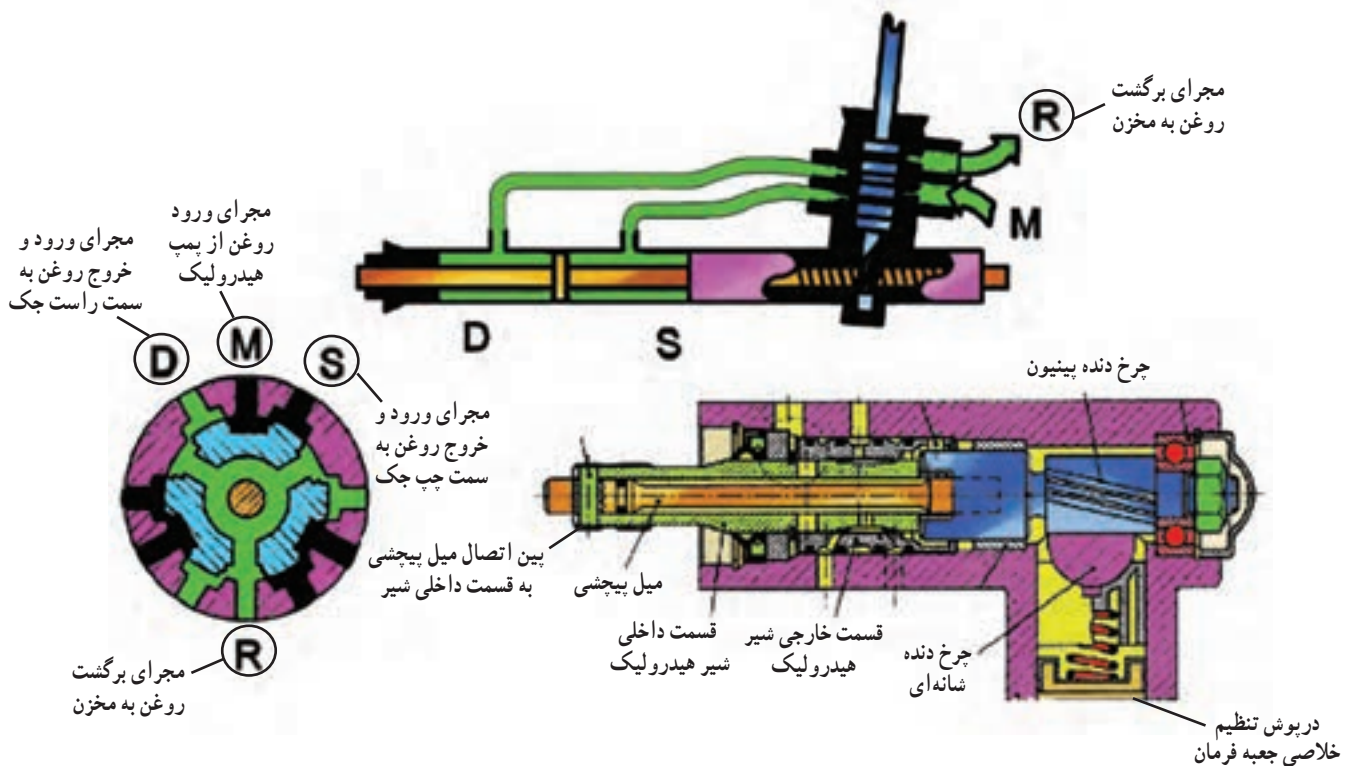
۱- حالت ثابت بودن غریبک فرمان: مطابق شکل

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



شکل ۱۷-۸- شمای ظاهری فرمان هیدرولیک



شکل ۱۸-۸- نحوه عملکرد فرمان هیدرولیک و شیر هیدرولیک فرمان (در حالت چرخش غریبک به سمت راست)

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 غربیلک 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.

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 غربیلک به سمت راست یا چپ:
مطابق شکل ۱۸-۸، هنگامی که غربیلک فرمان به سمت راست دوران می‌کند، در اثر گشتاور اعمالی غربیلک 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

نکته: همان‌گونه 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 غربیلک 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 غربیلک 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 غربیلک 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 غربیلک فرمان اعمال می‌شود فعال می‌گردد و

فرمان جذب و مستهلک می‌شود.

(توسط موتور) افزایش می‌یابد.

۴- با در نظر گرفتن گشتاور پیچشی مناسب برای میله پیچشی، در سرعت‌های زیاد که میزان گشتاور جابه‌جایی‌ای عملی 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

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.

۲-۷-۸- 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.

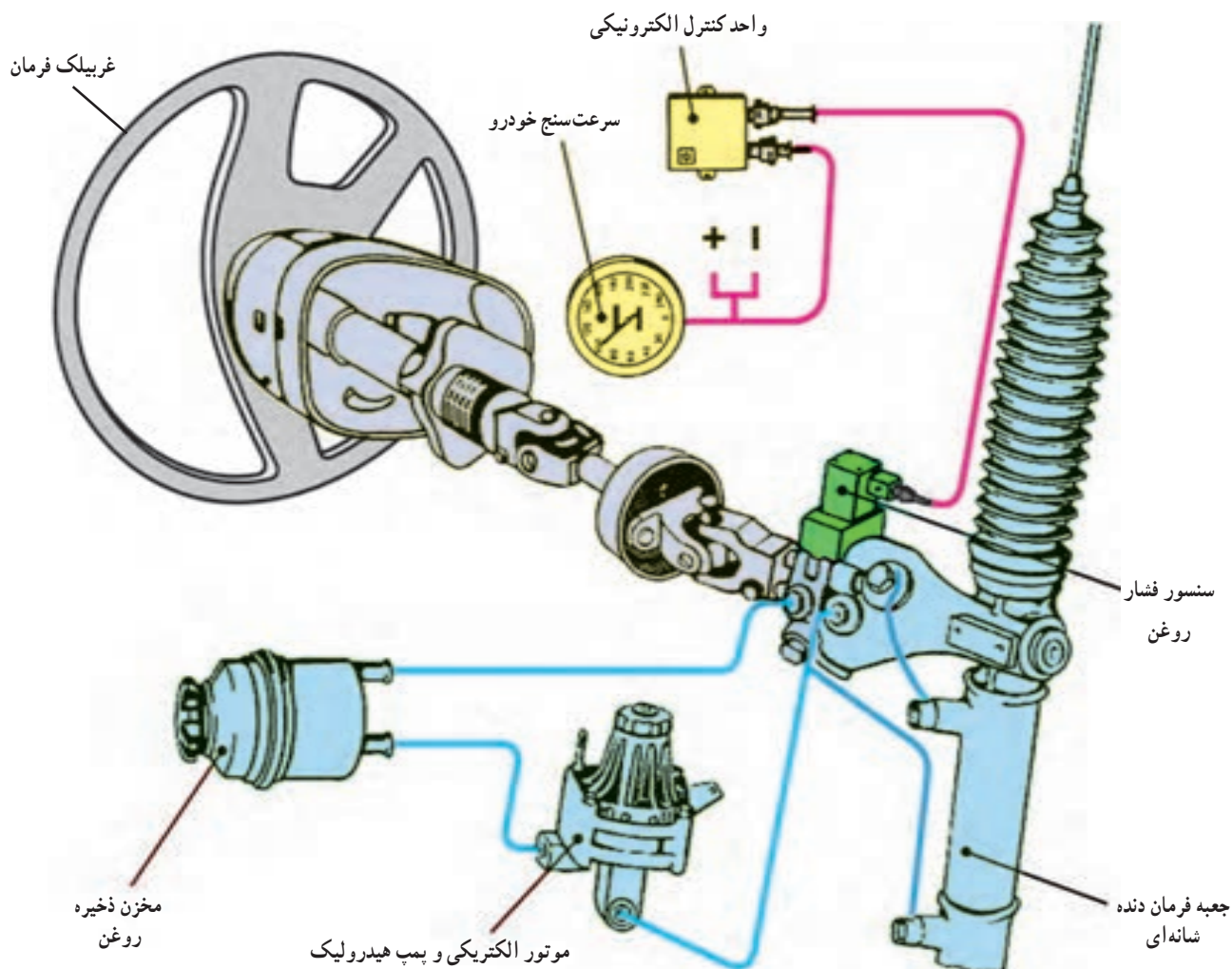


شکل ۱۹-۸- ساختمان ظاهری فرمان الکترو هیدرولیکی

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 آنرا 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 این رو در سرعت‌های بالا با کاهش فشار تولیدی پمپ هیدرولیک، حساسیت فرمان کاسته می‌شود تا

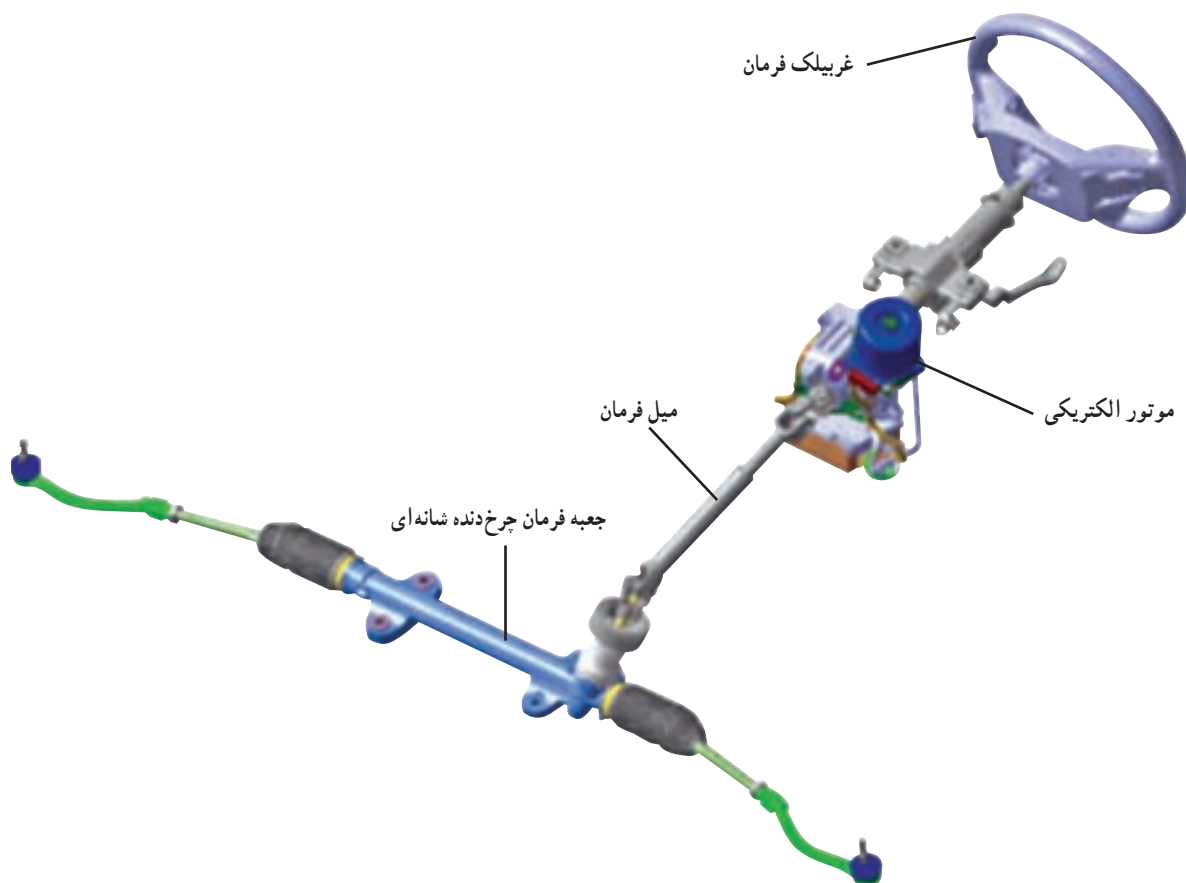
ایمنی خودرو افزایش یابد.

۳-۷-۸- سیستم فرمان الکتریکی: در این سیستم

به منظور تولید توان کمکی به دست راننده از یک موتور الکتریکی استفاده می‌شود. شکل ۲۱-۸، نمای ظاهری این سیستم فرمان را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۲۱-۸، 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 این رو برای دوران غریبک فرمان به توان کمتری از دست راننده نیاز است.

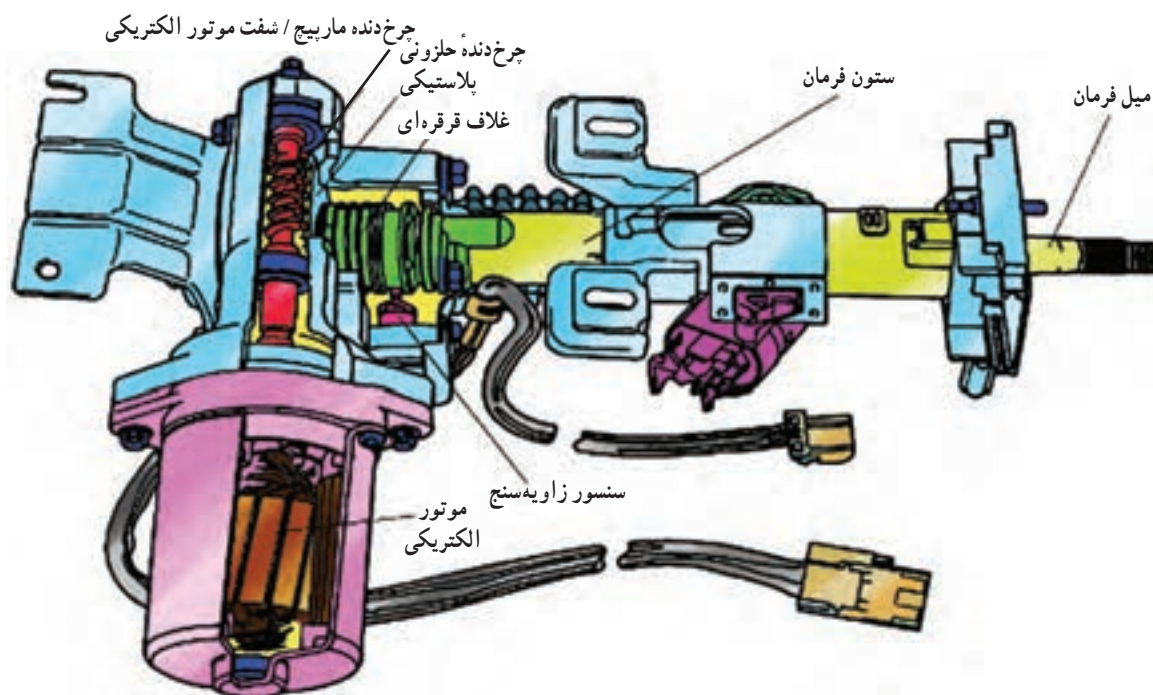
نکته: در برخی از مدل‌های این نوع سیستم فرمان، علاوه بر نصب موتور الکتریکی بر روی ستون فرمان، موتور الکتریکی بر روی چرخ‌دنده‌شانه‌ای فرمان یا چرخ‌دنده بینون جعبه فرمان نصب می‌گردد.



شکل ۲۱-۸- نمای ظاهری سیستم فرمان الکتریکی

و میزان دوران غریبلیک 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 این رو برای دوران غریبلیک فرمان به توان کمتری از

شکل ۸-۲۲، ساختمان داخلی جعبه فرمان الکتریکی را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۸-۲۲، هنگام دوران غریبلیک فرمان، میله پیچشی داخل غلاف قرقره‌ای، تحت گشتاور اعمالی از طرف غریبلیک 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 به خصوص 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.