www.CarGeek.ir

1395

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

فصل اول ___ مقدمه وتاریخچه.....4
فصل دوم ___ مکانیزم فرمان 12
عملکرد فرمان 13
اجزای اصلی فرمان.....14
اتصالات فرمان.....20
نسبت تبدیل فرمان.....25
فرمانهای ایمن.....29
فصل سوم ___ زوایای تنظیم چرخ 32
هندسه تعلیق.....33
زوایه کمبر.....36
تمایل محور فرمان 42
زاویه کلی 45
زاویه کستر 45
زاویه سرجمعی وسربازی 48
زاویه سربازی چرخ درگردش 49
سیستم تعلیق خودرو.....51
فصل چهارم ___ جعبه دنده ها ی فرمان.....52
انواع جعبه دنده فرمان های معمولی.....53
1- جعبه دنده فرمان مهره مارپیچ..... 54
2- جعبه دنده فرمان انگشتی یا بادامکی 55

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

3- جعبه دنده فرمان حلزونی با دنده تاج خروس 57
4- جعبه دنده فرمان حلزونی غلتکی..... 58
5- جعبه دنده فرمان شاچمه ای 59
6- جعبه فرمان کشویی..... 60
انواع ساختار فرمانهای شانه ای 64
مزایا ومعایب فرمانهای ساچمه ای وشانه ای 65
سیستم فرمانهای هیدرولیک..... 67
فرمان هیدرولیک باتنظیم کننده دورموتور..... 70
فرمان هیدرولیک نوع شانه ای..... 71
کار دریچه وسیلندر هیدرولیک 73
پمپهای روغن مورد استفاده درفرمانها هیدرولیک..... 75
فرمان پرقدرت باهوای فشرده (Air Power steering System).....76
سیستم چهار چرخ فرمان(foure wheel Steering)..... 77

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فصل اول

مقدمه و تاریخچه

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

مقدمه :درهر خودرو مجموعه ای از سیستم هادر کنار یکدیگر عمل می کنند که یکی از مهمترین آنها سیستم فرمان می باشد .وجود این سیستم برای کنترل وتغییر دادن مسیر اتومبیل ضروری است . برای درک اهمیت سیستم فرمان از لحاظ ایمنی تصور نمایید که خودرو شمادر حال گردش در پیچ جاده می باشد که ناگهان سیستم فرمان به هر دلیلی عمل نکند دراین صورت حادثه گریز ناپذیر است . بدین جهت از لحاظ ایمنی سیستم فرمان هم اطراز سیستم ترمز ماشین می باشد ویکی از عوامل اصلی اطمینان وهمچنین راحتی اتومبیل به حساب می آید .

سیستم فرمان دراتومبیل ارتباط تنگاتنگی باسیستم تعلیق (فنر بندی) دارد وبا توجه به هندسه اتومبیل وچرخهای آن وهمچنین کابردی که دارد طراحی می گردد.

تاریخچه :

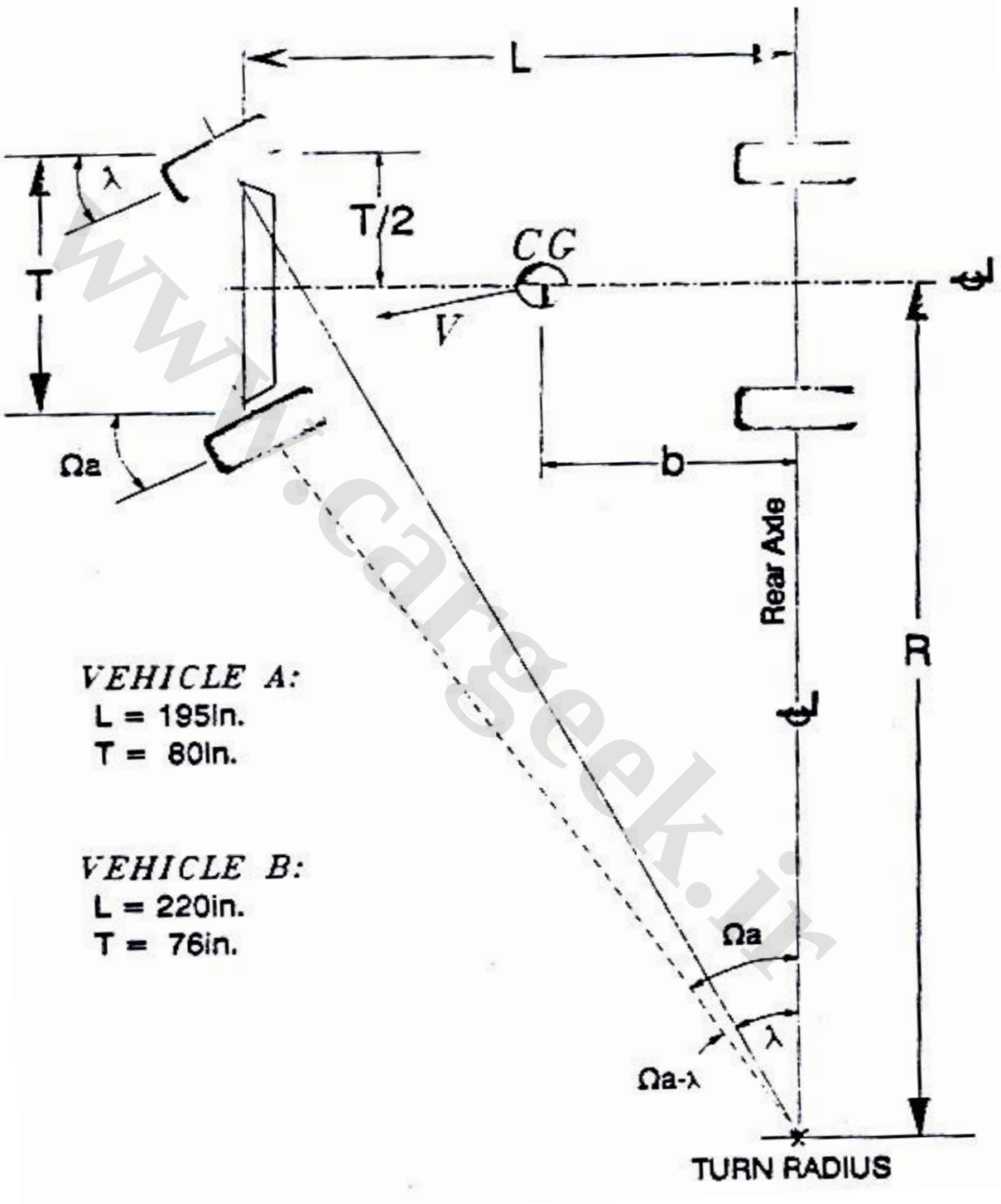
تا اوایل قرن 19 میلادی از سیستم های ابتدایی فرمان دردرشکه هاوواگنها استفاده می گردید . درسال 1805 آقای رودلف آکرمن طرحی را برای فرمان درشکه مراسم تشیع جنازه ابداع کرد تشریح اصل آکرمن در طراحی فرمان بصورت زیر می باشد :

درهنگام دور زدن ویاگردش به چپ وبه راست چرخ جلویی که در بیرون زاویه پیچ قرار دارد باید مسیر بیشتری را نسبت به چرخ داخلی طی کند به عبارت دیگر محیط دایره ای که چرخ خارجی طی می کند بیشتر از محیط است که چرخ داخلی طی می کند .درشکل (1-1) وهمچنین نمودار شکل (2-1) این اصل بیان گردیده است .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

THEORETICAL ACKERMAN GEOMETRY

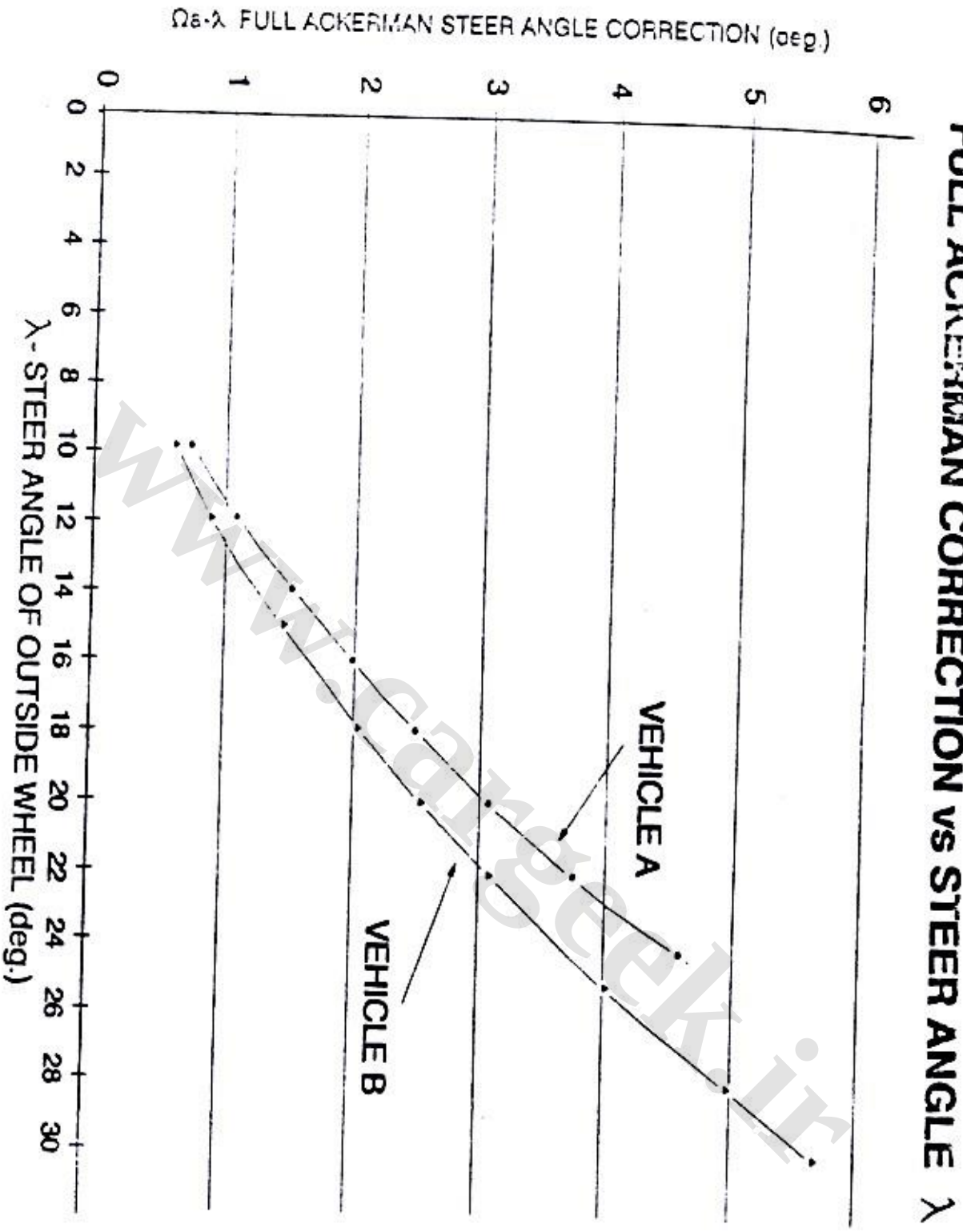


VEHICLE A:
L = 195in.
T = 80in.

VEHICLE B:
L = 220in.
T = 76in.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



FULL ACKERMAN CORRECTION vs STEER ANGLE λ

www.CarGeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

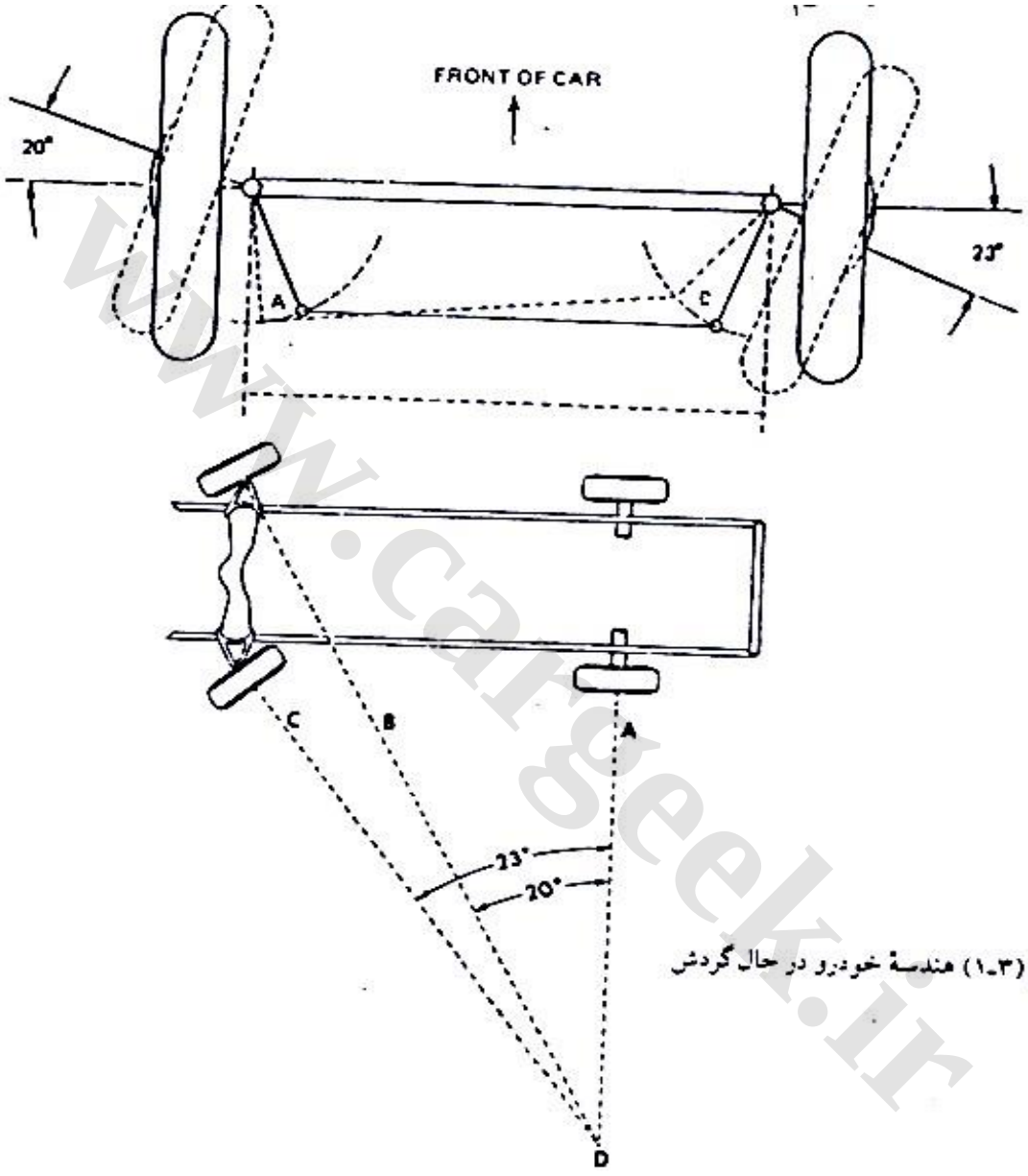
آکرمن طرح خود را باافزودن یک پیچ بزرگ به نام سگ دست درهر کدام از چرخهای جلو متصل کردن آنها به دوبازوی متحرک (اهرم سگ دست) که درپشت آنها قرار داشت کامل کرد .

نحوه قرارگرفتن بازوی متحرک بدین صورت بودکه وقتی چرخها مستقیم به طرف جلو بود جهت این اهرمها به طرف مرکز محور عقب بود این بازوها از طریق میل فرمان به هم متصل می شدند . شکل (3-1) هندسه خودرو درحال گردش درنشان داده است که در آن اتصالات OAوOB همان اهرم سگ دست چرخهای چپ وراست می باشند .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

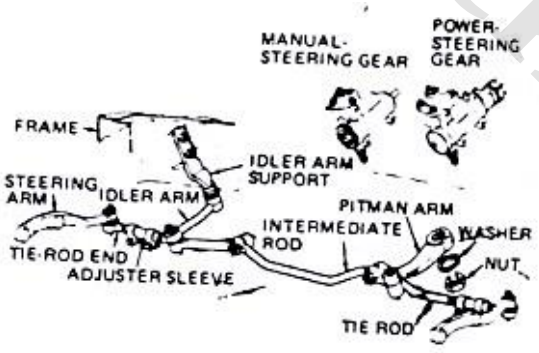


شکل (۳ـ۱) هندسهٔ خودرو در حال گردش

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

اصل آکرمن مساله فرمان ودور زدن در درشکه اسبی را حل کرد ومی توان گفت اساس کار فرمان در اتومبیلهای اولیه نیز قرار گرفت (فرمان درشکه ای) بعدها با اضافه کردن یک اهرم رابط بین جعبه فرمان وبازوهای متحرک سیستم مناسبتری بوجود آمد . باظهور سیستم تعلیق جداگانه چرخهای جلو ارتباط مستقیم خود را از دست دادند .راه حلی که به نظر می رسید ،تقسیم میل فرمان به دوقسمت واتصال هر قسمت به یک سر بازوی دوطرفه هزار خاری (Pitman) بود دراین صورت یک قسمت میل فرمان به نام جدید یعنی میل رابط (Tie-rod) نامیده شدو قسمت دیگر میل فرمان از طریق بازوی واسطه (Idler) که از نظر ساختمانی وشکل ظاهری مشابه به بازوی هزار خاری است وحرکت آن درست عکس حرکت بازوی هزار خاری بود به دومین میل رابط متصل شد شکل (4–1) سیستم تعلیق جداگانه چرخهای جلو که در سال 1930 بوجود آمدبسیار مورد توجه قرار گرفت ولی طراحان بزرگی همچون بوگاتی وفورد طرحهای اولیه خودرابه خاطرسادگی وراحتی بیشتر تا سالها استفاده کردند .



شکل(4–1)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

درطرحهای اولیه فرمان ، ارتباط فرمان با میل فرمان مستقیم بود وبنابراین میزان چرخش چرخها محدود بود یعنی کمتر از یک دور از حالت قفل به قفل که باعث می شد درسرعتهای بالا به خاطر سریع بودن ، خطرناک ودرسرعتهای پایین بسیارسنگین باشد بدین علت طراحان باتعبیه دیدن جعبه فرمان که درواقع نوعی جعبه دنده ساده می باشد توانستند میزان نیروی مورد نیاز برای چرخاندن فرمان را کاهش دهند . تا قبل از جنگ جهانی دوم نسبت تبدیل چرخ دنده ها 12:1 بود(به ازاء هر نفر 12 درجه چرخش فلکه فرمان یک درجه چرخش در چرخش) . که درنتیجه آن میزان چرخیدن فرمان از قفل تا قفل دو تا سه دور بود . در طول جنگ جهانی دوم با طراحی اتومبیلهای بزرگتر واستفاده از موتور در قسمت جلوی اتومبیل نیاز به استفاده ار چرخهای پهن تر پیدا شد .دراین زمان نسبت تبدیل چرخ دنده ها تامیزان 1:25 افزایش یافت .اما این میزان افزایش نسبت تبدیل هم نتوانست جوابگوی کاهش میزان نیرو به خصوص در اتومبیهای سنگین باشد و دراین موقع بود که مساله استفاده از سیستم فرمان هیدرولیکی مطرح شد یعنی یک نیروی خارجی در چرخاندن فرمان به راننده کمک کند .

خصوصیات یک جعبه فرمان مناسب اعم از ساده یا هیدرولیک عبارت است از راحتی در انجام عمل هدایت خودرو بطوریکه هیچ گونه گیروسفتی نداشته باشد . عدم انتقال ضربه های وارده ناشی از دست اندازهای جاده به راننده وبالاخره کوچک وارزان بودن وهمچنین تعمیر ونگهداری راحت می باشد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

به ظهور اتومبیلهای دیفرانسیل جلو واستفاده از لاستیکهای رادیال (پهن تر) ، نظریه آکرمن بطور دیگری تعبیر شد . درطراحی مهندسی امروزی درمورد سیستم فرمان نظریه بدینگونه است که چون به لاستیکهای بیرونی درچرخش بیشتری می شود در نتیجه باعث ایجاد زاویه چرخش بیشتری می شود منظور این است که برای یک عمل دور زدن ویا چرخش صحیح ومساوی ، درلاستیک خارجی زاویه تند تری باید نسبت به پیچ ایجاد شود واین درست برخلاف نظریه آکرمن می باشد .

در فصل بعدی با ساختار وانواع جعبه فرمان آشنا خواهیم شد .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فصل دوم

مکانیزم فرمان

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

عملکرد فرمان:

بطورکلی سیستم فرمان از دو بخش اصلی تشکیل گردیده جعبه دنده فرمان ومیلهای رابط که معمولاً یک مکانیزم چهار میله ای هستند .

وقتی راننده بادست یک نیروی کوپل روی فلکه فرمان ایجاد می کند این حرکت دورانی به وسیله یک شفت به جعبه فرمان منتقل می گردد ودر آنجا حرکت دورانی به طرق مختلف (جعبه فرمانهای مختلف) به حرکت رفت وبرگشتی تبدیل می گرددوضمناً نسبت دور وگشتاور نیز در آن تغییر می یابد . این حرکت انتقالی توسط میله های رابط به اهرم سگ دست متصل می شدند که باعث چرخش تایرها حول محور سگ دست می شود یعنی دوباره به حرکت دورانی تبدیل می شود . چرخ سمت دیگر نیز به تبع حرکت چرخ ومیله های رابط چرخش می نماید .

بنابراین وظیفه دستگاه فرمان تبدیل نمودن زاویه دوران فلکه به زاویه چرخش تایرهای خودرو بایک ارتباط منطقی است .

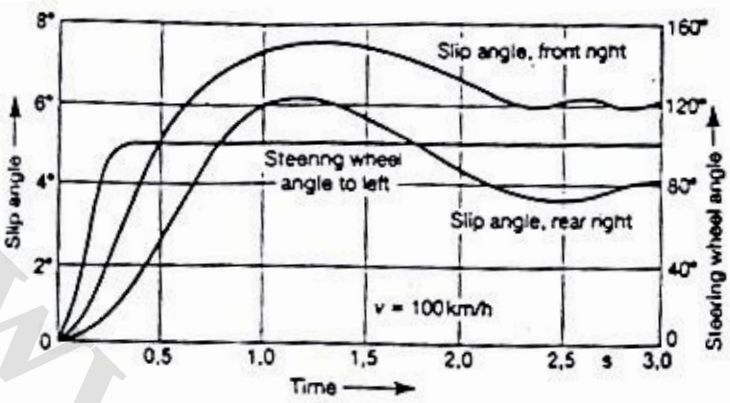
درهنگام هدایت خودرو ، راننده باید همواره رابط بین گردش فلکه فرمان درتغییر جهت مسیر حرکت را حفظ کند برای این منظور راننده اطلاعات انبوهی را دریافت می کند بدین صورت که انحراف از مسیر موجود را حدس می زند وگشتاور لازم را به فلکه فرمان اعمال می کند .

با وجود این هیچگونه رابط عملی دقیقی بین زاویه چرخش فلکه فرمان وتغییرات جهت حرکت وجود ندارد زیرا ارتباط فاکتورهای زیر به دلیل کشسان بودن اجزای شاسی به

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

صورت خطی نمی باشد . درنمودار شکل (1-2) رابط بین تغییر درزاویه چرخهای جلوباتغییردرزاویه چرخش فلکه فرمان درسرعت 100km/hr نشان داده شده است.



شکل (۱-۲)

اجزای اصلی فرمان :

به طور کلی دستگاه فرمان از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

1- فلکه فرمان

2- شفت اصلی وستون فرمان

3- جعبه دنده فرمان

4- میله رابط چرخها

5- اهرم سگ دست وسگ دست

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

1- **فلکه فرمان** (Steering Wheel)

فلکه فرمان یا غریبلک فرمان جلوی راننده قرارگرفته وبا دور دست بایستی آن را گرفت . فلکه فرمان به انتهای شفت فرمان نصب شده است . درگروهی از خودروها دسته دنده در زیر فلکه ودکمه برق در مرکز فرمان است . گرداندن فلکه فرمان وطراز گرفتن آن به وسیله رانندگان فوق العاده مهم است بطوریکه درلحظات خطرناک مهارت در بکاربردن فرمان کمک شایانی درجلوگیری از حادثه می نماید . فلکه فرمان یک لقی وحرکت آزاد مختصری باید داشته باشد که بوسیله تنظیمات درجعبه دنده فرمان این لقی کنترل می شود .

2- **شفت اصلی وستون فرمان** (Sreeting Shaft and column)

شفت فرمان یک میله تقویت شده است که فلکه فرمان رابه واحد جعبه دنده فرمان متصل می سازد وشامل سه جزء عمده می باشد شفت اصلی ، لوله فرمان وستون یا پوسته اصلی که خود ستون فرمان در اتومبیلهای مدرن دارای مکانیزم پیچیده ای است .

شفت فرمان توسط یک اتصال یونیورسال ، کوپلینگ فلکه را به جعبه دنده فرمان متصل می سازد . دربعضی فرمانهای قدیمی امتداد شفت فرمان ، مارپیچ جعبه دنده را تشکیل می دهد . لوله انتقال ، شفت فرمان را احاطه کرده است که انتهای فوقانی آن به دسته راهنما وانتهای تحتانی آن باشد داشتن دو شاخه مفصلی به اهرم بندی انتقال متصل می گردد.

www.cargeek.ir

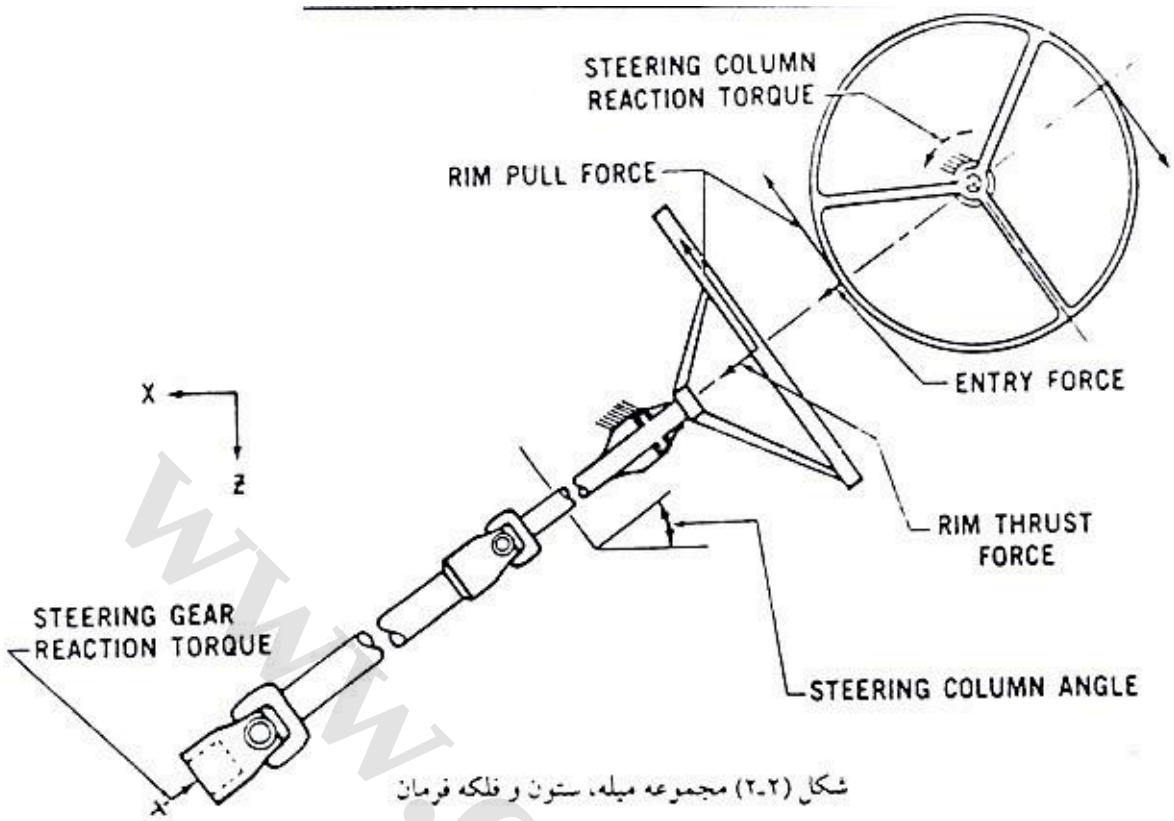
www.CarGeek.ir

لوله انتقال دریک پوسته اصلی که یاتاقانهای شفت تقویتی ، بستهای نگهدارنده وسایر متعلقات ستون فرمان رادر بر می گیرد احاطه شده وتوسط یک نگهدارنده صفحه ای کفی درانتهای تحتانی اشت ویک پایه شکافدار درست درزیر داشبورد نگهداشته می شود..

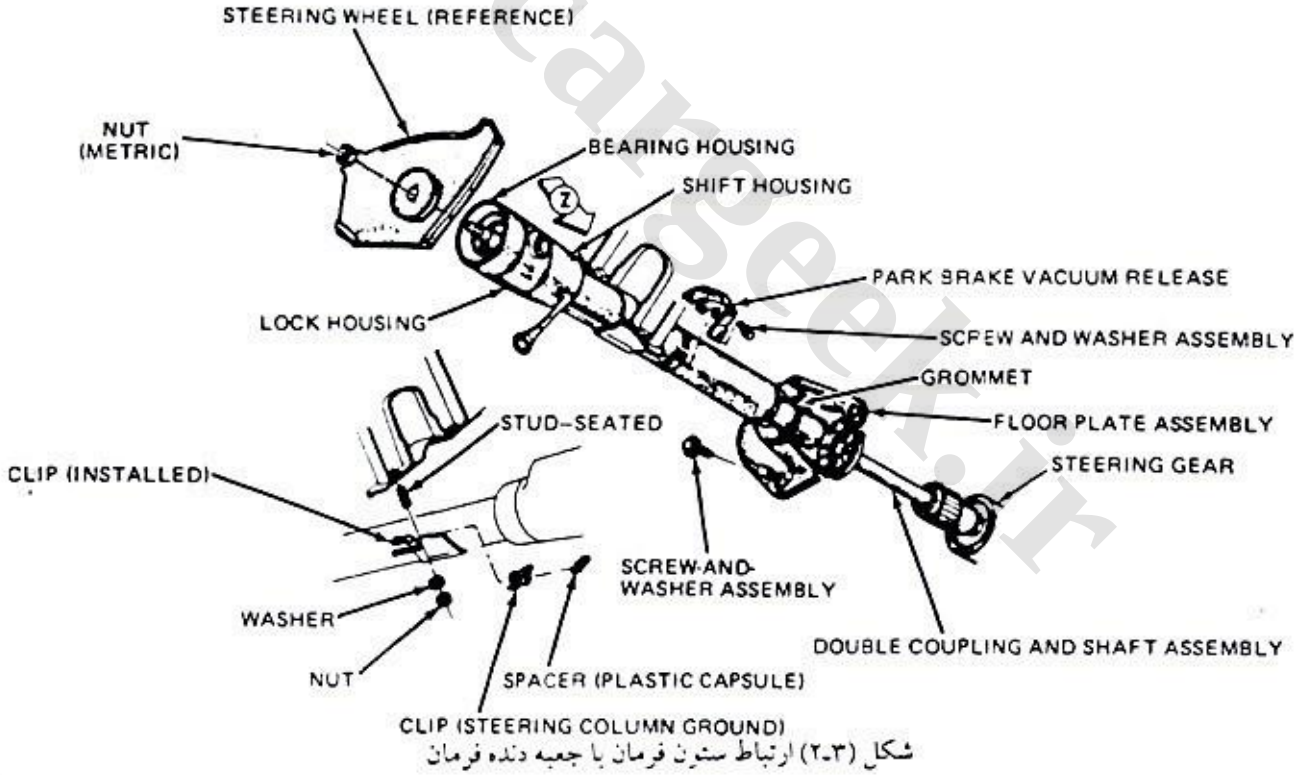
برای انجام هرگونه کاری روی ستون فرمان بایستی فلکه فرمان برداشته شود واز طرفی برای برداشتن فلکه فرمان بایستی متعلقات فوقانی ، از جمله دکمه بوق جدا گردد. با برداشتن متعلقات فوقانی ، مهره فلکه فرمان در معرض دید قرار می گیرد پس از باز کردن مهره فلکه از نشیمنگاه هزار خاریش باکشیدن (بوسیله پولی کش) بیرون آورده می شود. ساختمان دو نوع ستون فرمان در شکل (2–2) و(3–2) نشان داده شده است .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۲-۲) مجموعه میله، ستون و فلکه فرمان



شکل (۲-۳) ارتباط ستون فرمان با جعبه دنده فرمان

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

3-**جعبه دنده فرمان** (Steering gear)

واحد جعبه دنده فرمان گشتاور اعمالی به فلکه فرمان را جهت تامین نیروی کافی افزایش می دهد تا راننده براحتی بتواند خودرو را کنترل کند .

جعبه دنده های فرمان دردوگروه کلی فرمانهای معمولی (Manual steering) وپر قدرت (Power steering) یاهیدرولیکی تقسیم بندی می گردد. جعبه دنده های فرمان هیدرولیک ،شبیه نوع معمولی بوده ولی در آن از فشار روغن جهت افزایش کنترل راننده بر چرخهای استفاده می شود که این نیروی اضافی توسط پمپ متحرک موتور تامین می گردد.

بطور نرمال جعبه دنده های فرمان را برای حدود یک قوس 60 درجه پیچش درچرخهای جلو طراحی می کنند . مثلاً اگر برای انحراف چرخها به اندازهٔ یک زاویه 60 درجه ، پنج دور فلکه فرمان راباید چرخاند دراین صورت نسبت فرمان (5/6 * 360) 1:30 است

انواع وساختار جعبه دنده های فرمان در فصل بعدی آمده است .

درهمه فرمانها (به جزء فرمانهای شانه ای) محور خروجی از جعبه فرمان بصورت میله ای شیار دار است که آن رامیله هزار خار می گویند وعلاوه برآن قسمت دیگری نیز به نام هزار خار وجوددارد که بوسیله آن بامیله اتصال چرخها ارتباط پیدا می کند .

بازوی هزار خار (Pitman arm)

همانطور که گفته شد در انتهای میله هزار خار ، شیارهای زیادی است که به همین جهت هزار خار نام دارد . در سر بازوی هزار خار هم حفره شیارداری است که قطر داخل آن

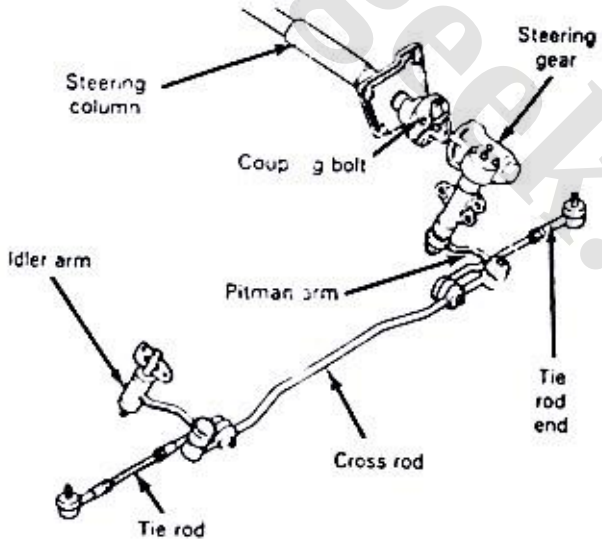
www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

مساوی با قطر خارجی میله هزار خار است این شیارهای ریز وزیاد باعث می گردد بازو ومیله هزار خار چفت شوند وحرکت دورانی میله هزار خار به بازو انتقال یابد وبازو را جلو یا عقب ببرد .سردیگر بازو دارای برآمدگی به شکل سیب است که بوسیله آن به میله رابط متصل می گردد.

4-**میله اتصال چرخها** (Tie rod)

میله اتصال چرخها در عقب اکسل قرارگرفته وطرفین آن براهرم سگ دست ویامستقیماً به طبق چرخ متصل می گردد. میله مزبور دو چرخ را به هم وصل می نماید ودراین صورت میله رابط فرمان فقط چرخ سمت چپ رابراست وچپ می برد (درماشینهای چپ فرمان) ولی چون میله اتصال چرخها دوچرخ را به هم متصل نموده است . چرخ سمت راست هم از حرکت چرخ سمت چپ پیروی ودرنتیجه با هم به راست وچپ می روند .



شکل (۵-۲) میله‌های اتصال چرخها (Tie rods)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

اهرم سگ دست وسگ دست

اهرم سگ دست وصل است ودر سمت چپ دارای سیبک است که درداخل شیار انتهای میله رابط فرمان واقع می شود ومعمولاً چرخ های جلو در طرفین یک محور بدون حرکت (اکسل) قرار گرفته اند واین محور مانند تیر آهن های ساختمانی است ودرهر طرف آن مفصل دارد که چرخ روی انتهای میله آن مفصل سوار است واین مفصل راسگ دست می گویند . در خودروی دیفرانسیل جلو مانند جیپ به جای سگ دست توپی قرار گرفته که محور متحرک چرخ از وسط آن عبور می نماید وبه چرخ جلو وصل می گردد وباعث می گرددتا ضمن اینکه بوسیله توپی ، چرخ به راست وچپ برود توسط محورهم نیروی موتور به آن منتقل گردد.

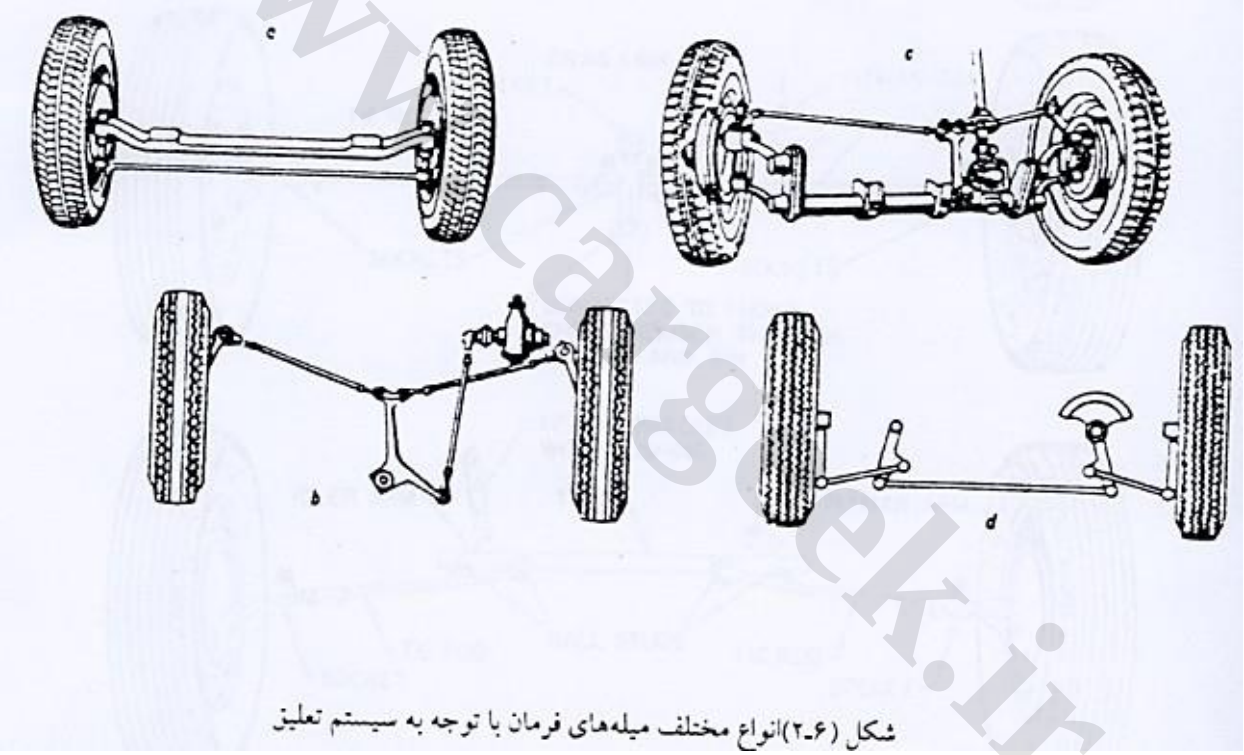
اتصالات فرمان:

برای مرتبط ساختن سگ دست های فرمان چرخ های جلو به جعبه دنده فرمان انواع مختلف اتصالات وجود دارد . با چرخاندن فلکه فرمان . بازوی هزار خاری فرمان از یک سو به سوی دیگر حرکت می کند این حرکت توسط اهرم بندی فرمان به توپی چرخ منتقل می شود بنابراین اتصالات بایستی طوری طراحی شوندکه راننده به آسانی ودقیق بتواند وضعیت چرخ ها را کنترل کند بطوریکه هرگونه حرکت بالاوپایین شدن چرخها روی کنترل راننده برخودرو تاثیر نگذارد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

دربیشتر موارد ، سیستم تعلیق جلو طرح اهرم بندی فرمان راتعیین مـی کنـد . زمـان کـه خودرو دارای سیستم تعلیق مستقل است درآن دو میله اتصال چرخ وبطور معمـول یـک بازوی هرزگرد یابازوی واسطه وجود دارد .



شکل (۶ـ۲)انواع مختلف میله‌های فرمان با توجه به سیستم تعلیق

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

ولی وقتیکه از یک محور جلو توپر استفاده گردد تنها از یک میله اتصال چرخ استفاده می شود . ونیاز به هیچ گونه بازوی هرزگرد نخواهد بود .

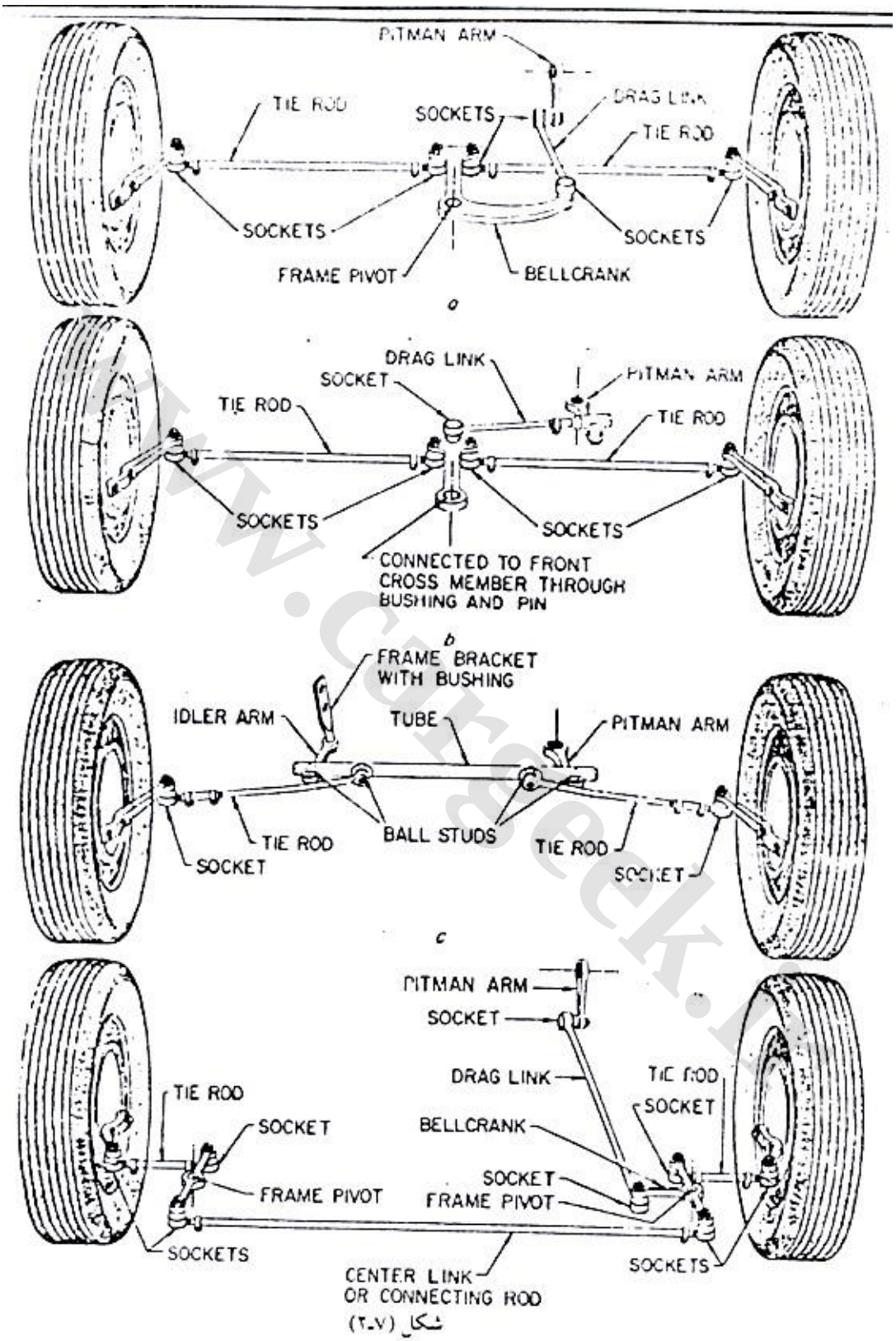
شکل (7-2) چند نوع از اهرم بندی فرمان رانشان می دهد . تمام آنها وسایلی جهت تنظیم طول میله های اتصال چرخها با رابطهارا دارند .

بطوریکه به کمک آنها تنظیم صحیح چرخها میسر میشود.

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



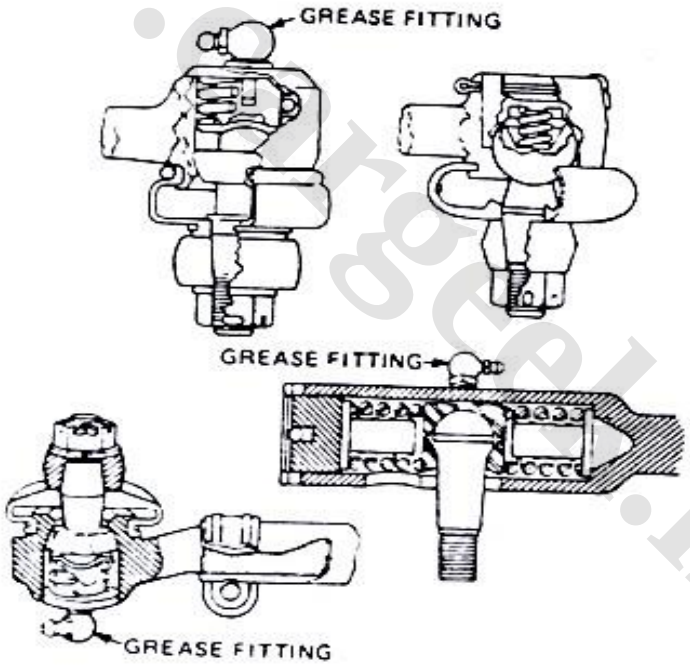
شکل (۲-۷)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

کاسه سیبک وطرفین میله اتصال چرخها

قسمت های مختلف اهرم بندی فرمان توسط کاسه سیبک ها ویا طرح های مختلف سرهای رابط به همدیگر متصل می شوند بعضی از آنها دارای گریس خور بوده وبعضی دیگر در هنگام ساخت برای کل مدت کارکردشان روغنکاری می گردند .(شکل 2-8)



شکل (۸-۲)کاسه سیبکها و انتهای میله اتصال چرخها.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

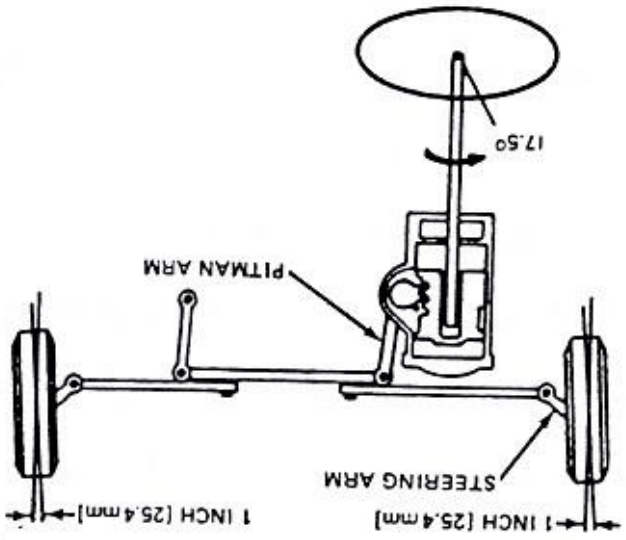
در بسیاری از خودرو ها اتصال بازوی هرزگرد از طریق بوشهای لاستیکی صورت می گیرد . این بوشهای مانند نوسانات بازوهای هرزگرد از یک طرف وبه طرف دیگر نوسان می کنند .سپس آنها مقداری نیرو را جهت کمک به برگشت چرخها به مرکز ، بعد از گردش کامل اعمال می نمایند . کاسه سیبک های فرمان کوچکتر نیز وجود دارند که ازنظر ساختمان شبیه به اتصالات سیبکی تعلیق جلو می باشند .

نسبت تبدیل فرمان (Steering ratio)

نسبت یک سیستم فرمان رابطهء مابین حرکت فلکه فرمان وحرکت چرخهای جلو نسبت به مسیر مستقیم می باشد . از نظر مقدار معمولاً این نسبت عددی بزرگتر از 10 است . یک نسبت فرمان نمونه 1: 17/5 است به این معنی که فلکه فرمان باید 17/5 درجه بچرخد تا چرخ جلو 1 درجه بچرخد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



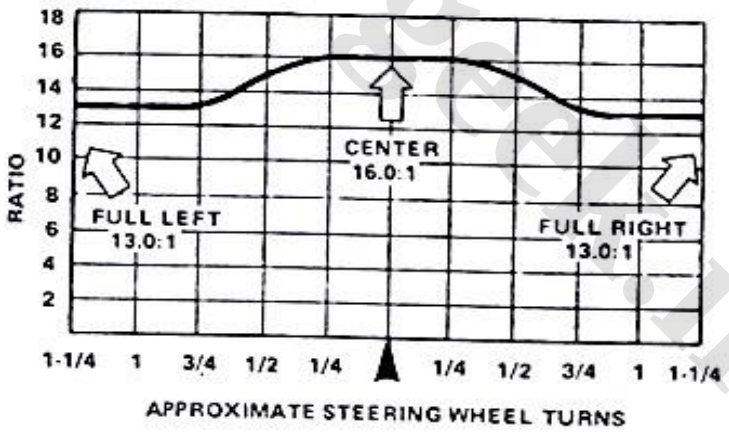
شکل (۲-۹) نسبت تبدیل فرمان ۱۷/۵:۱

این نسبت فرمان توسط دوعامل حاصل می گردد. بخشی ازاین نسبت توسط چهار میله ای فرمان حاصل می شود ولی بیشتر آن توسط جعبه فرمان تامین میگردد . نسبت های حقیقی بواسطهٔ نوع وکاربرد خودرو تغییر می نماید . برای مثال بعضی از سیستمهای فرمان معمولی نسبت بزرگ 1: 28 رادارا هستند تانیروی لازم برای چرخاندن فلکه فرمان را کاهش بدهند وهمچنین بعضی ماشینهای سبک اسپورت نسبت پایین 1: 10 را دارند . نسبت فرمان بالا را معمولاً فرمان کند ونسبت های پایین رافرمان سریع می نامند .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

در فرمانهای هیدرولیک نسبت فرمان معمولاً 1: 16 برای رانندگی در مسیر مستقیم است وتا 1: 13 درگردش کامل پایین می آید (نسبت فرمان دهی متغیر). این نسبت همانطوریکه گفته شد در جعبه فرمان وبوسیله چرخدنده ها تغییر داد .تغییرات مورد نیاز در نسبت فرمان در زیر شرح داده است : از موقعیت مستقیم تا 40 درجه در هر جهت (چپ یا راست) نسبت فرمان ثابت می ماند سپس نسبت فرمان به تدریج کاهش می یابد . مثلاًاز مقدار 1: 16 که درحالت اول بود با حرکت بیشتر از یک ربع دور فلکه فرمان می باشد . در هنگام رانندگی در شهر چرخ فرمان معمولاً بسیار بیشتر از 40 درجه می چرخد .مثلاً برای پارک کردن اتومبیل ، فلکه فرمان هنگامی که بیشتر از 40 درجه بچرخد نسبت فرمان کاهش می یابد وعموماً این نسبت تا 1: 13 کاهش می یابد که در نمودار شکل (10–2) آورده شده است .



شکل (۱۰-۲) چرخش تقریبی فلکه فرمان

نکته این که وقتی فلکه فرمان تماماً در یک جهت چرخیده باشد نسبت فرمان 1: 13 را دارد حسن این خصوصیت دراین جاست که وقتی به طرفین گردش می کنیم ویابه عقب

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

حرکت می کنیم وپارک می کنیم حرکت فلکه فرمان تـاثیر بیشـتری دارد. در واقـع وقتـی نیاز افزایش می یاید پاسخ نیز افزایش می یابد. نسبت فرمان متغیر بوسیله شـکل دندانـه های راک وقطاع چرخ دندهٔ روی اهرم هزار خار حاصل می شود . درنسبت فرمان ثابـت ، دندانه ها یک اندازه هستند ولی در نسبت فرمان متغیر دندانه وسطی بلنـدتر مـی باشـد بنابراین هر گاه چرخ دهندهٔ شانه ای که روی شفت راک قرار دارد به انـدازهٔکافی حرکـت کرد تا دندانهٔ بعدی را درگیر کند طول موثر اهرم کنندهٔ دندانه تغییر می کنـد وایـن بـدان معنی است که حرکت راک حرکت بیشتری در قطاع چرخ دنده روی شفت اهرم هزار خار بوجود می آورد. در شکل (11-2) تصویر فرم دندانه هانشان داده شده است.

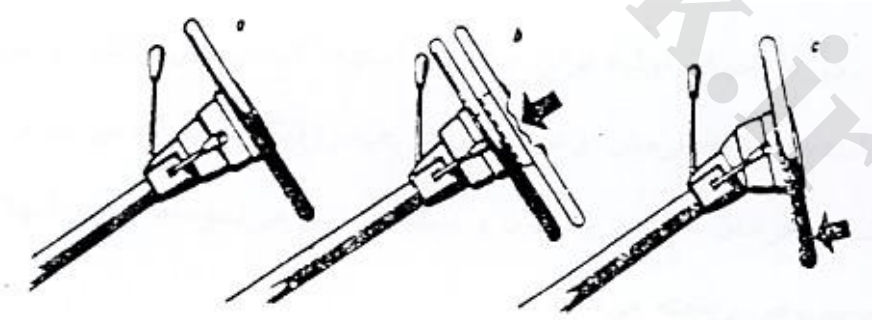
www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فرمانهای ایمن :

امروزه مساله ایمنی بحث روز مهندسی خودرو می باشد .باافزایش سرعت وتعداد خودروها میزان تلفات وجراحات در تصادفات روبه افزایش است . با یک ترمز ناگهانی ، سرعت خودرو باماکزیمم نسبت کاهش $6m/s_2$ کند خواهد شد وزمان لازم برای توقف کامل خودرو در سرعت 32km/h حدود 1/5 ثانیه خواهد بود .

یکی از خطرناک ترین انواع تصادفات ، تصادف از روبه رومی باشد دراین نوع تصادف در مرحله نخست با یک مانع ساکن یاخودروی دیگر برخورد می نماید در مرحله دوم که مدت کوتاهی بعداز برخورد اول روی می دهد سرنشینان خودرو به ویژه سرنشینان جلو باوسایل ادوات داخلی از جمله شیشه جلو ، داشبورد وفلکه فرمان برخورد می نماید . برای به حداقل رساندن اثرات ضربه به سرنشینان به ویژه راننده راه حلهاوطرحهای متنوعی ارائه شده است که بیشتر مربوط به فلکه فرمان وشفت فرمان می باشد . انواع فرمانهای ایمنی در شکل (12–2) آمده است .

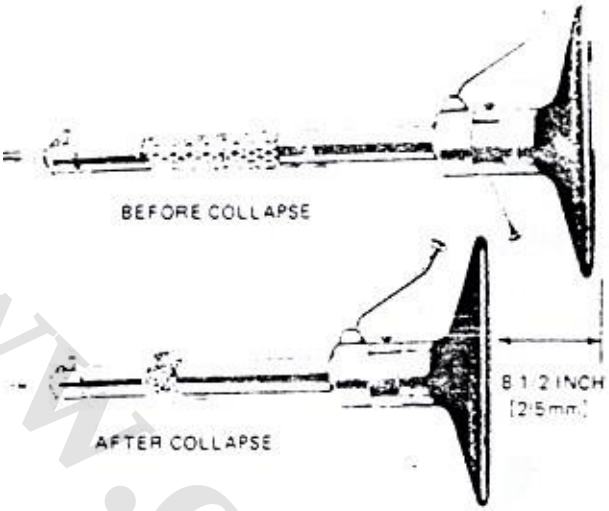


شکل (۱۲-۲) انواع فرمانهای ایمنی

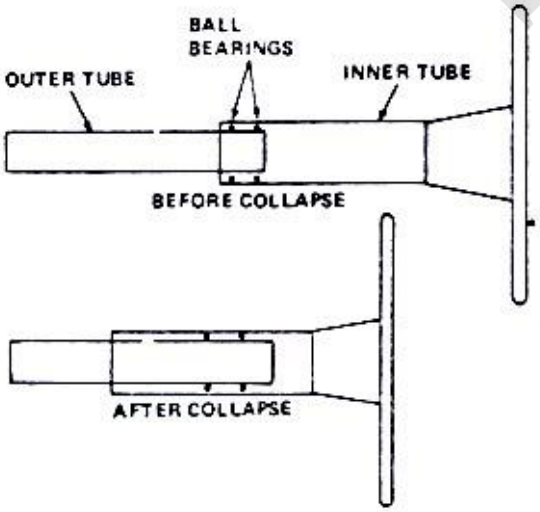
www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

یکی از طرحهای ایمنی استفاده از فرمان درهم فرو رو(Collapsible steering column) می باشد بطور کلی یک فرمان درهم فرو رو از یک شفت فرمان دو تکه تشکیل شده که بین این دو تکه مواد جاذب انرژی ویا مکانیزم های جذب انرژی قرارمی گیرد.



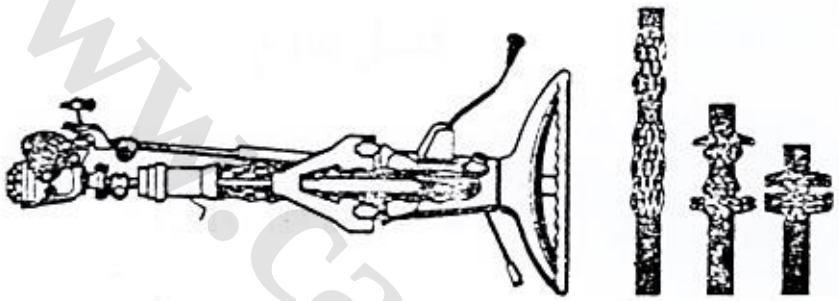
در طرحهای اولیه برای جذب واستهلاک انرژی ناشی از برخورد راننده با فلکه فرمان ازمکانیزم های هیدرولیکی استفاده می شد ودو تکه شفت فرمان همانند پیستون وسیلندر عمل می نمودند وبین آنها روغن مخصوص ریخته می شد .



www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

روش دیگری که بکارمی رود استفاده از فلکه فرمان هایی است که در برخورد راننده با آن تغییر فرم می دهند وخطر آسیب دیدگی رابه حداقل می رسانند .معمولاً فرمانهای انعطاف پذیرتوانایی جذب ضربه وهمچنین قابلیت تنظیم در جهت محوری (Telescopic) وشعاعی (Tiltable) رادارا هستند .



شکل (۱۵-۲): فرمان تلسکوپی با فلکه فرمان گود

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فصل سوم

زوایای تنظیم چرخ

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

هندسه تعلیق (Front-end geometry)

اصطلاح هندسه تعلیق جلو مربوط به زوایای بین چرخهای جلو وقطعات متصل کننده چرخهای جلو وشاسی اتومبیل می باشد .

ظاهر امر چنین به نظر می رسد که چرخها خودبه خود به حالت مستقیم وعمود نسبت به زمین قرار می گیرند وعکس العملهای مختلف سیستم فرمان از قبیل حرکت مستقیم چرخها در جاده ویا برگشتن فرمان بعد از گردش ویا صدانکردن تایرها در موقع حرکت مستقیم وگردش ها وبالاخره کیفیت مطلوب رانندگی اتو مبیل وعدم لاستیک سابی، طبیعی به نظر می رسد . زوایای مختلف مرتبط با هندسه تعلیق را می توان در موارد زیر دسته بندی نمود :

1- زاویه کمبر
2- تمایل محور فرمان یا زاویه کنیگ پین
3- زاویه کلی
4- زوایه کستر
5- زوایه تواین
6- زاویه توآت یا شعاع گردش

زوایای تنظیم فرمان در روانی فرمان ،ثبات واستحکام فرمان وکیفیت هدایت خودرو موثر است همچنین درکاهش لاستیک سابی لاستیک ها تاثیر دارد . بار و سرعت خودرو ممکن است سبب تغییر زوایا گردند .

www.cargeek.ir

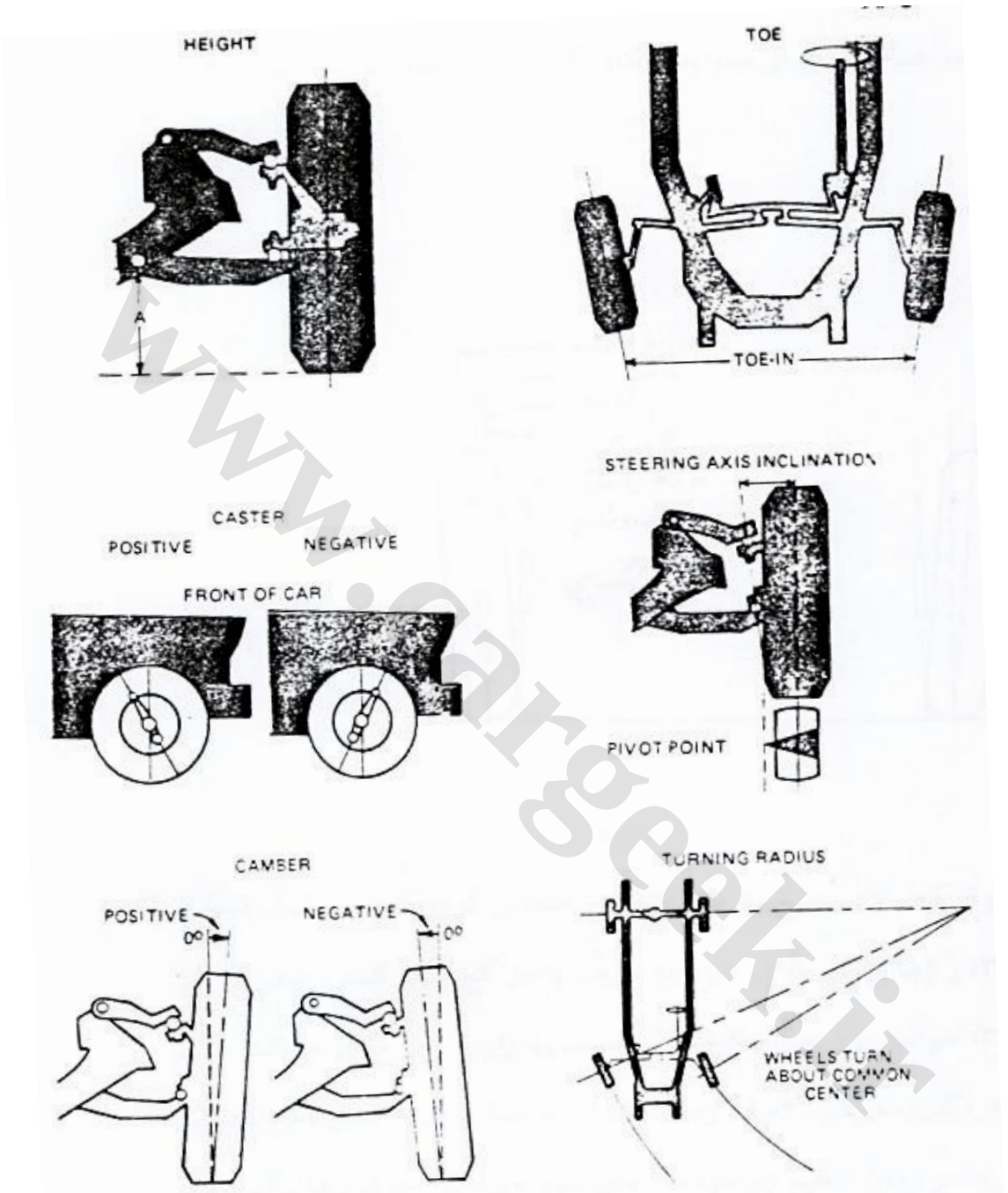
www.CarGeek.ir

بعلاوه این زوایا با تغییر وضع وسیله بـر اثـر شـتاب وترمـز یـا وضـعیت سـطح جـاده ونیروی وارده متاثر می گردند .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



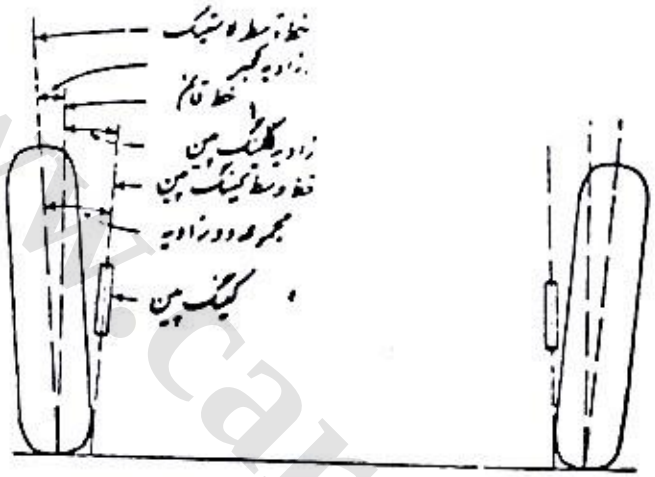
شکل (۱-۳): فاکتورهای ششگانه در تنظیم چرخ جلو

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

زاویه کمبر (Camber)

میزان کج شدن چرخهای جلو به طرف داخل یا خارج نسبت به حالت قائم در هنگامی که از جلو به آنها نگاه شود را کمبر گویند .(شکل 2-3)



شکل (۲-۳)

وقتیکه بالای چرخ به طرف خارج متمایل گردد کمبر ، مثبت (شکل 3-3) وزمانی که بالای چرخ به طرف داخل کج شود کمبر ، منفی (شکل 4-3) خواهد بود . میزان کج شدن نسبت به زاویه چرخ در حالت قائم اندازه گیری می شود که اندازه بدست آمده

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

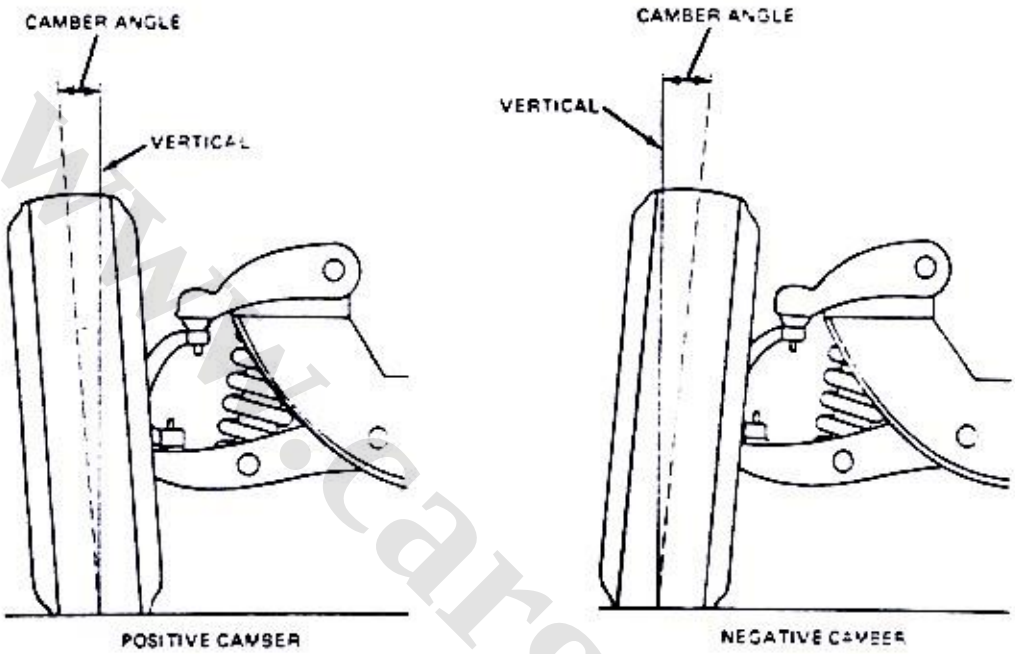
همان زاویه کمبر نام دارد . این زاویه در زمان تنظیم چرخها چک می شود. در اکثر خودروها یک زاویه کمبر مثبت جزئی به اندازه تعیین شده به چرخها داده می شود . هنگامی که خودرو تحت بار قرار می گیرد ودرامتداد جاده حرکت می کند چرخها بایستی مستقیماً در وضعیت قائم ، بالا وپایین برود .

دراین وضعیت یعنی کمبر صفر ، تمام پهنای آج های تایر روی سطح جاده قرار می گیرد وبار وسایش در عرض آج ها بطور یکنواخت توزیع می شود .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

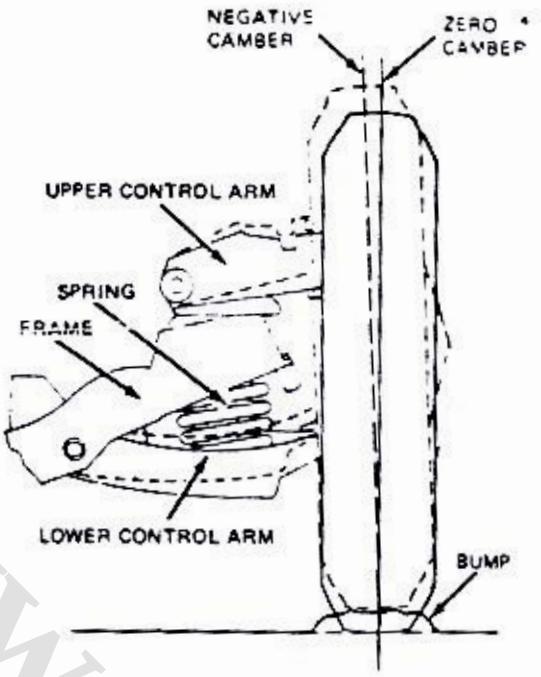
www.CarGeek.ir



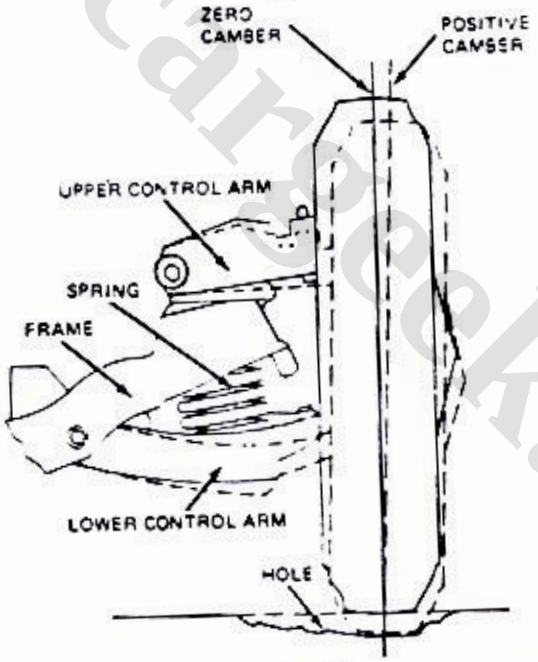
شکل (۳.۲) زاویه کمبر (میزان تمایل قسمت بالای چرخ به طرف داخل یا خارج زمانی که از جلو نگاه می شود)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۳-۳) منفی شدن کمبر در چرخ جلو در اثر برخورد با موانع سطح جاده

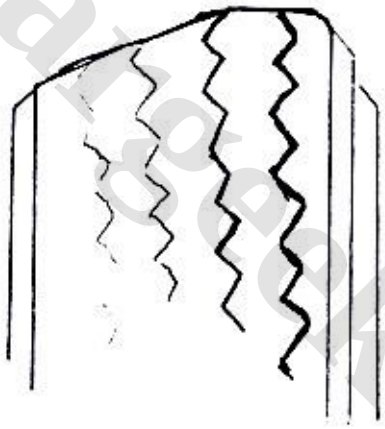


شکل (۳-۴) مثبت شدن جزئی کمبر با قرار گرفتن تایر در گودیهای سطح جاده

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

هر میزان کمبر چه مثبت وچه منفی منجر به سایش سریع وغیر یکنواخت تایر می گـردد. کج شدن چرخ سبب اعمال بار بیشتر با آج های یک طرف تایر نسبت به طرف دیگـر مـی گردد. به این دلیل کمبر را زاویه سایش تایر نیز می نامند . کمبر مثبت زیاد باعث سـایش آج های سمت بیرونی تایر می گردد وکمبر منفی زیاد باعث سـایش آج هـا سـمت داخـل تایر می شود .



شکل (۳-۵) سایش لاستیک بر اثر کمبر غلط

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

زاویه کمبر مشخص شده توسط کارخانه سازنده وضعیتی است که بطور طبیعی ماکزیمم عمر تایر حاصل گردد.

در صورتیکه وسیله ء نقلیه روی یک جاده کاملاً مسطح حرکت کند کمبر ایده آل برای هر دو چرخ جلو یکسان خواهد بود . این کمبر اید ه آل جهت آوردن چرخ های جلو به وضعیت قائم در زمانی که وسیله بطور طبیعی تحت بار ودر حال حرکت است . کافی ومناسب می باشد . با وحود این جاده ها بندرت دارای سطوح کاملاً صاف می باشند . اکثر جاده ها کمانی شکل اند بطوریکه وسط آن نسبت به طرفین کمی بالاتر قرار دارد . هنگامی که خودرو درامتداد یک طرف تاج جاده در حال حرکت است تمایل دارد که به طرف خارح کمی کج شود وبطرف راست رانده شود . این سبب خواهد شد که سمت بیرونی آجهای تایر راست جلو بطور زیاد سائیده شود زیرا سهم بیشتری از وزن اتومبیل را حمل می نماید .

برای برطرف کردن این مشکل بعضی از وسایل نقلیه دارای وضعیت کمبری هستند که به چرخ سمت چپ جلو کمبر مثبت به اندازه یک چهارم درجه بیشتر از چرخ سمت راست داده می شود . نظربه اینکه با بیشتر شدن کمبر مثبت ، خودرو تمایل پیدا می کند که به سمت کشیده شود ، رو هم رفته اثرات تاج جاده بر طرف می گردد.

وخودرو به سمت جلو در یک خط مستقیم حرکت می کند .

دلیل دیگر افزایش کمبر مثبت د رچرخ جلو سمت چپ این است که اکثر خودرو ها تنها با قرار گرفتن راننده داخل آنها در تردد هستند .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

هنگامی که راننده وارد خودرو می شود وزن راننده باعث می گردد که طرف چپ خودرو کمی پایین تر قرار گیرد .

این عامل در سرپیچ کمبر مثبت چرخ جلو سمت چپ را کاهش می دهد . همچنین ارتفاع نامناسب شاسی که بواسطه شکم برداشتن فنرهای عقب یا جلو ایجاد شده می تواند در کمبر موثر باشداین دلیل است بر لزوم چک کردن وتصحیح نمودن ارتفاع تعلیق جلو ، قبل از اینکه تنظیم گردند .

تمایل محور فرمان (Steering – axis inclination)

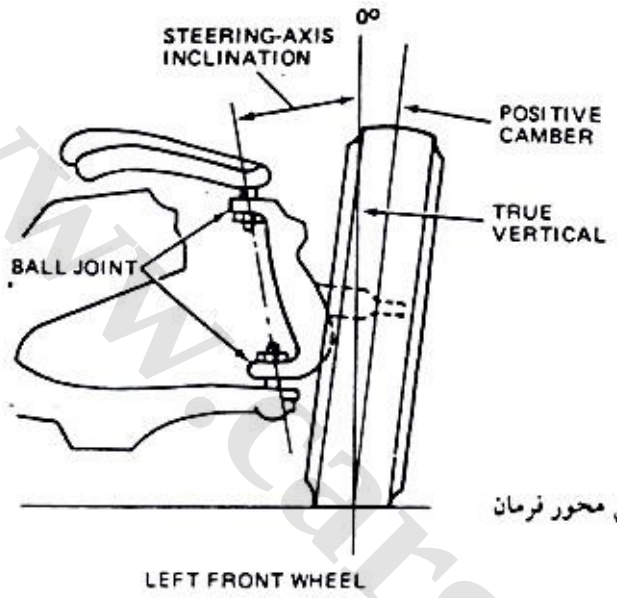
درخودرو های قدیمی ، کلیه سیستم های فرمان دارای یک کنیگ پین بودندکه به سگ دست فرمان جهت حفاظت اضافه می شد آنگاه ع به کمک اتصالات سیبکی ، دنباله های سگ دست فرمان ومحافظ به همدیگر متصل وعضو واحدی راتشکیل میدادند . درانواع دیگر فرمان ، با اتصالات سیبکی هیچ گونه کنیگ پین دیگری به کار نمی رود ودر عوض سگ دست فرمان از طریق اتصالات سیبکی همراه بازوهای کنترل فوقانی وتحتانی محافظت می گردد.

خط گذرنده از مراکز دو اتصال سیبی ، محور فرمان نامیده می شود . سگ دست فرمان ودرنتیجه چرخ حول این محور نوسان می کنند بنابراین محور فرمان بصورت محوری که چرخ جلو برای هدایت خودرو حول آن نوسان می کند تعریف می شود . تمایل محور فرمان همچنین تمایل اتصال سیبکی نامیده می شود .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

تمایل محور فرمان زاویه ایست کـه بـین خـط قـائم وخـط عبـوری از مراکـز اتصـالات سیبکی بصورت درجه اندازه گیری می شود زمانی که از جلو به وسیله نقلیه نگـاه مـی شود شکل (7-3) بابیان دیگر کجی خط عبوری از مراکـز اتصـالات سـیبکی بـه طـرف داخل نسبت به حالت قائم را می گویند .



شکل (۲۱-۱) : تمایل محور فرمان

شکل (۳-۶) تمایل محور فرمان

تمایل محور فرمان به چنددلیل مفید است :

اول اینکه بعداز پیچیدن خودرو بابازگشت چرخها به وضـعیت مسـتقیم بـه ایجـاد ثبـات فرمان کمک می نماید . به عبارت دیگر بازگشت پذیری انجام می کند .

دو اینکه تمایل محور فرمان ، گشتاور لازمه جهت چرخاندن فرمـان مخصوصـاً هنگـامی که خودرو رد حال توقف باشد را باکاهش می دهد .

سوم اینکه سایش تایر ها را کاهش می دهد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

هنگامی که چرخ جلو در وضعیت رو به جلو مستقیم می باشد تـوپی چـرخ دربـالاترین نقطه خود قرار دارد وضمن اینکه توپی حـول محـور بـه جلـو وعقـب حرکـت مـی کنـد شروع به پایین آمدن میکند زیرا توپی حول محور فرمان که به طـرف داخـل کـج شـده است نوسان می کند باوجود این تایر درتماس بازمین بوده ونمـی توانـد بطـرف پـایین حرکت کند .بنابراین درحالی که چرخ از وضعیت رو بـه جلـو ومسـتقیم بـه یـک سـمت منحرف می شود سگ دست فرمان ، اتصالات سیبکی وبدنه خودرو بـه همـراه شاسـی بطرف بالا بلند می شوند . میزان بلند شدن جزئی ودرحدود یک اینچ باکمتر می باشد . ولی همین میزان بلند شدن کافی است تاوزن خودرو به برگشت چرخها به وضعیت رو به جلو ومستقیم کمک نماید .

همین عمل تمایل دارد که چرخها درحال غلـتش رادرمقابـل هرگونـه نیـروی کوچـک کـه سعی بر منحرف ساختن آنها از وضعیت رو به جلـو ومسـتقیم دارد مقـاوم سـازد . ایـن مقاومت باعث سفتی فرمان نمی گردد. تمایل محور فرمان قابل تنظیم نمی باشـد . مقـدار این تمایل یاکجی داخل سگ دست در نظر گرفته می شود . درصورتیکه کمبر مـی توانـد برای هر مقادیری که متناسب باآن تمایل محور فرمان مـی باشـد تنظـیم مـی گـردد . بـا وجود این هر گونه تغییردر کمبر باعث تغییری مشابه درتمایل محور فرمان خواهـد شـد این موضوع در قسمت بعد یعنی زاویه کلی بیشتر مورد بحث قرار می گیرد .

هنگامی که تمایل محور فرمان به اندازهٔ مشخص شده نباشد ، تـوپی واتصـالات سـیبکی خمیدگی پیدا کرده است وبایستی تعویض گردد.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

زاویه کلی (included angle)

درهندسه تعلیق ، زاویه کلی به مجموعه زوایه کمبر وتمایل محور فرمان یا خط عبوری از اتصالات سیبکی می باشد که می توان آن را بصورت زیرنوشت :

تمایل محور فرمان + کمبر =زاویه کلی

زاویه کلی نقطه تقاطع خط مرکزی تایر بامحور فرمان وخط مرکزی اتصال سیبکی را مشخص می کند.

این نقطه مشخص می کند که آیا چرخ در حال غلتش میل به تو – این (سرجمعی) یا به تو – اُت (سربازی) دارد .

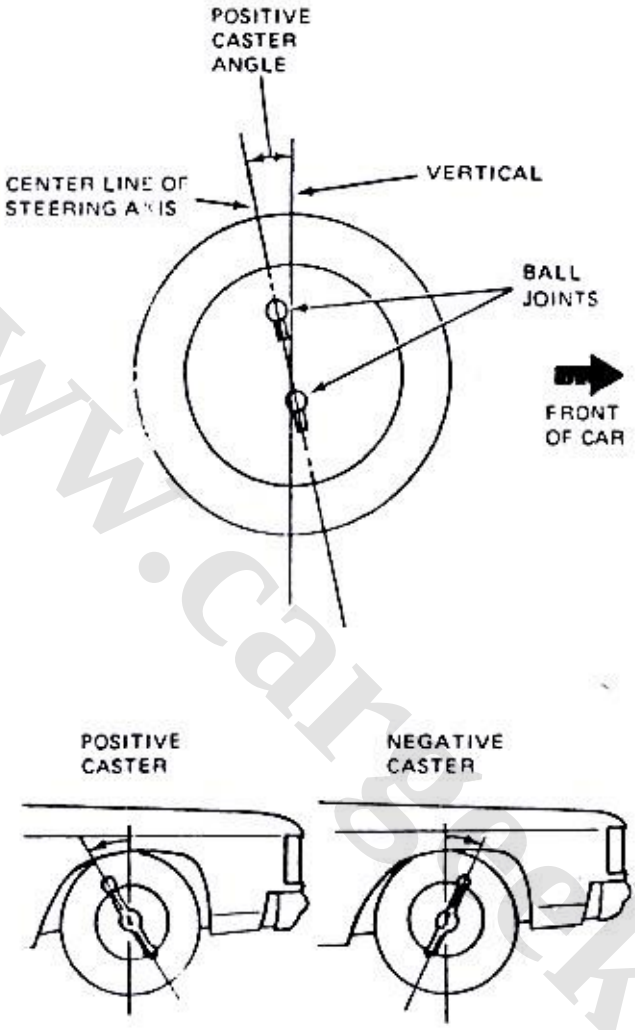
تایر بایستی در جهتی که خودرو در حال حرکت است سیر کند امادر صورتی که تایر داری سرجمعی یاسرباز ی باشد در حالیکه به سمت جلو می غلتد به یک سمت کشیده می شود . در صورتی که زاویه سرجمعی یا سربازی چرخ بیشتر ازمیزان استاندارد باشد بایک سمت کشیده می شود وسایش آن سریعتر صورت می گیرد.

زاویه کستر (Caster)

کستر زاویه است که تمایل به محور فرمان را به سمت جلو عقب نسبت به حالت قائم هنگامی که از پهلو به چرخ نگاه می شود را نشان می دهد . به عبارت دیگر کستر مقدار تمایل کنیگ پین یا سگ دست بطرف جلو یا عقب اتومبیل است .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

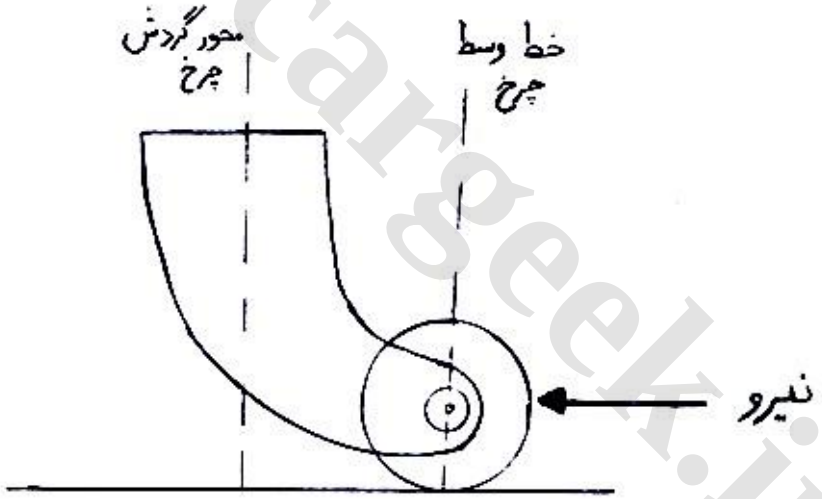


شکل (۳-۷) زاویه کستر چرخ در جلو

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

مقدار تمایل کنیگ پین یا سگ دست بطرف عقب اتومبیل کستر مثبت می باشد مقدار تمایل کنیگ پین یا سگ دست به طرف جلو اتومبیل کستر منفی می باشد زاویه کستر را می توان در دوشاخ جلو دوچرخه به خوبی مشاهده کرد در چرخهای گردان مبلها ومیزها نیز دیده می شود همانطور ی که در شکل (8-3) نشان داده شده است . محور دوران چرخ یک مقدار جلو تر از محور چرخ است که این اختلاف باعث می شود چرخ یک مربوط همواره مسیر خودر ا در جهت حرکت مبل (جهت اعمال نیرو) حفظ کند .



شکل (۳-۸)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

در وسائل نقلیه از همین خاصیت استفاده کنید تاموجبات ثبات چرخ رادر حرکت مستقیم ودر گردشها فراهم سازد .

اگر چه زاویه کستر قابل تنظیم است ولی تاثیر کمی بر سایش تایر دارد .

علل استفاده از کستر را می توان درموارد زیر بیان نمود :

1- جهت تدام وثبات جهت حرکت وکنترل

2- جهت افزایش توانایی برگشت فرمان

3- کاهش دادن گشتاور موردنیاز فرمان

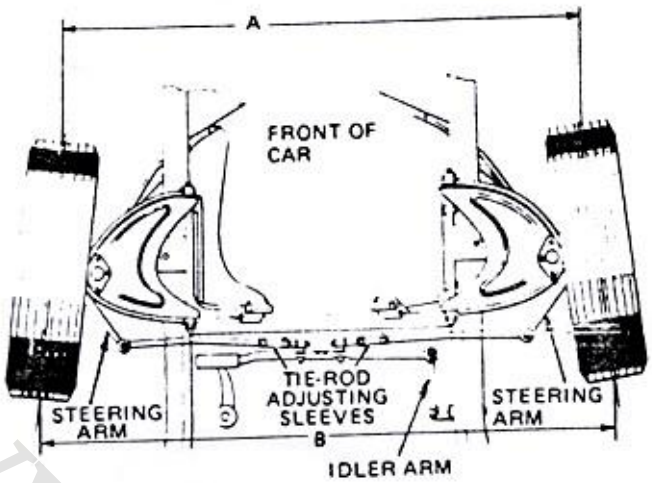
زاویه سرجمعی وسربازی (Toe in& Toe out)

زاویه Toe عبارت است از اختلاف فاصله نقطه جلو ونقطه عقب چرخهای جلو اتومبیل هنگامی که از بالای جلو بندی اتومبیل نگاه می کنیم . وقتی فاصله جلویی چرخها کوچکتر از فاصله عقبی باشد حالت سرجمعی Toe in بوجود می آید که دراین حالت چرخهای جلو اتومبیل تمایل دارد که به جای حرکت مستقیم رو به جلو به طرف داخل رانده شود . علت وجود زاویه سر جمعی این است که هنگام حرکت اتومبیل دراثر زوایای کمبر ونیروهای اصطکاکی ، چرخهای جلو تمایل دارند که از یکدیگر دور شوند یا در اصطلاح باز شوند . برای اینکه این پدیده که موجب لاستیک سابی چرخها می شود خنثی می گردد یک مقدار سر چرخها رابه هم نزدیکتر می کنند .

مقدار زاویه سرجمعی ، بسته به مقدار کمبر چرخ بین 2 تا 6 میلیتر می باشد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۹-۳) سر جمعی چرخها

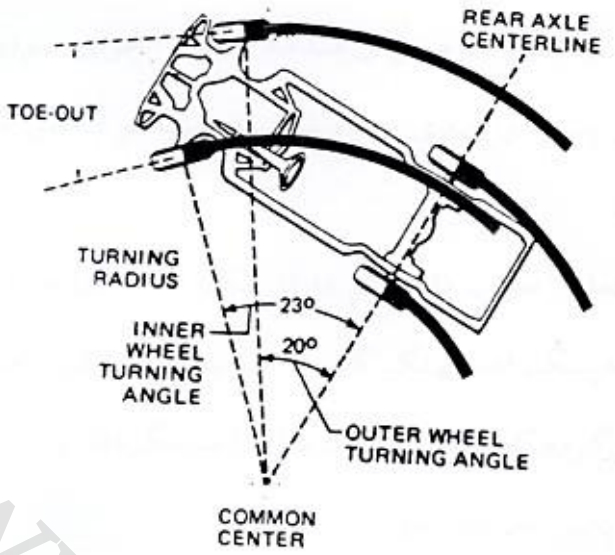
زاویه سرباز ی چرخ در گردش (Toe out)

در خودرو هنگام پیچهاایجاد می شود همان طور ی که گفته شد هنگام پیچیدن خودرو چون چرخ داخلی درمسیر منحنی خود روی دایره ای کوچکتر نسبت به چرخ بیرونی حرکت می کند زاویه گردش آن نسبت به شاسی بایستی بیشتر باشد یعنی چرخی که در قسمت داخلی قوس قرار گرفته است زاویه بیشتری رانسبت به چرخی که در قسمت بیرونی قوس دارد داشته باشد . در نتیجه چرخهای جلو که درحالت معمولی دارای زاویه سرجمعی است بعد از پییچیدن به هر سمت از یکدیگر باز می شوند وزاویه سربازی در آنها ایجاد می گردد.

پس در حقیقت سربازی حین دور زدن همان تفاوت شعاع های دوران می باشد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۱-۳) سربازی حین دور زدن

گفته شد که اتصالات فرمان اغلب بصورت متوازی اضلاع می باشند که خود باعث تصحیح شعاع های دوران چرخها می گردد مراجعه شود به شکل (3-1)

انواع دیگر اتصالات فرمان نیز سربازی مشابه ای در هنگام پیچیدن در چرخ داخلی ایجاد می کنند. شعاع دوران قابل تنظیم نیست ودر صورت نادرست بودن یعنی یک یا هر دو بازوی فرمان خمیدگی پیدا کرده است وبایستی تعویض گردد.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

سیستم تعلیق خودرو :

برای راحتی سرنشینان اتومبیل وصدمه ندیدن اجزای خود رو بر اثر ضربات ناشی از پستی وبلندی جاده نیاز به سیستم تعلیق در خودرو ضروری می باشد .

یک سیستم تعلیق خوب باید هم دارای یک خاصیت فنری مناسب وهم دارای یک دمپینگ (مستهلک کننده) خوب باشد . عدم وجود دمپر در ماشین باعث می گردد که نوسانات فنرها جذب نگردند وماشین بطور مداوم به بالا وپایین خواهد جهید .

انواع مختلفی از سیستم های تعلیق در خودرو هاباکاربردی متفاوت وجود دارد که خود مبحث کاملی است ودرباره آن پروژه های جداگانه نوشته شده است .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

فصل چهارم

جعبه دنده های فرمان

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

انواع جعبه دنده فرمانهای معمولی

منظور از جعبه دنده فرمان معمولی آنست که فقط نیروی مکانیکی دست روی آن اعمال گردد (Manual Steering) . درمطالب گذشته گفته شد که جعبه دنده فرمان وظیفه دارد گشتاوری که به فلکه فرمان اعمال شده رابه حرکت خطی اهرم بندی تبدیل نماید بطور یکه عکس العمل چرخها را خنثی نماید .

جعبه دنده فرمان در حقیقت یک جعبه دنده کوچک است که بین فلکه فرمان واتصالات دستگاه فرمان قرار می گیرد ودنده ها باعث می شوند که چرخها جلو به راحتی از طرفی به طرف دیگر بچرخند وهمچنین ضربات ناشی از جاده به فلکه فرمان منتقل نگردد.

انواع مختلفی از جعبه دنده فرمان وجوددارد که با توجه به طرح دنده آنهانامگذاری شده اند با این وجود تمام طرحهای عمده را می توان در دو نوع اصلی جعبه دنده دسته بندی نمود .

الف- **جعبه دنده فرمان با چرخ دنده مارپیچی :**

در همه انواع این گروه یک شافت اصلی بصورت مارپیچ وجود دارد ولی ممکن است از لحاظ اهرم هزار خاروطرز درگیری آن با مارپیچ مختلف باشند از انواع معروف این نوع می توان از سکتور مارپیچ ، غلتک مارپیچ ، مهره مارپیچ ، بادامکی ، حلزونی و... نام برد.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

ب- جعبه دنده فرمان نوع شانه ای :

این جعبه فرمان در اکثر وسایل نقلیه سبک ومعمولی به کار می رود . دراین نوع فرمان یک دنده کوچک (پینیون) در انتهای تحتانی میل فرمان وجود دارد که باعث حرکت شانه می گردد. هنگامیکه فلکه فرمان ومیل فرمان توسط راننده گرداننده شود حرکت چرخشی فلکه مستقیماً به حرکت رفت وبرگشتی تبدیل می گردد.

حال برا ی نمونه چند جعبه فرمان معمولی را بررسی می نماییم .

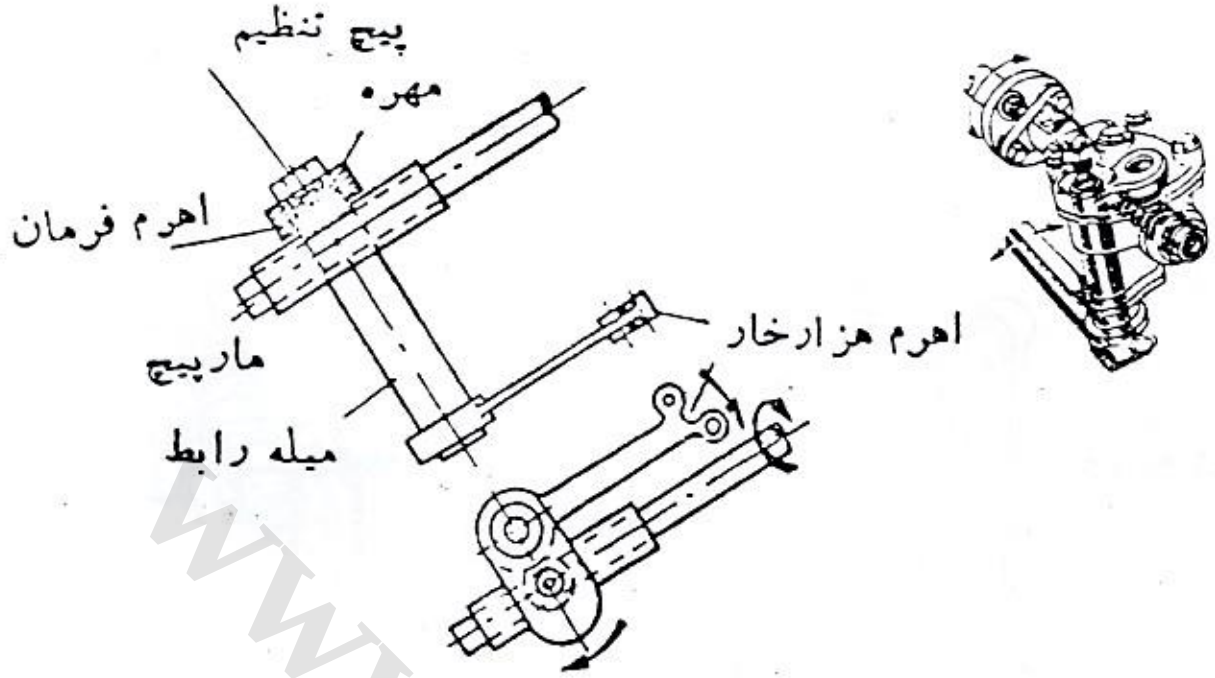
1- **جعبه دنده فرمان مهره مارپیچ :**

این جعبه فرمان ها امروزه مورد استعمال چندانی ندارند. دراین نوع جعبه فرمانها مهره نیم کره ای حرکت گردشی مارپیچ رابه حرکت رفت وبرگشتی تبدیل می نماید . این مهره مستقیماً به اهرم هزار خار (PITMAN) مربوط است واین اهرم را در جای خود می تواند بچرخاند . شکل (1-4)

دراین نوع جعبه فرمان پیچ تنظیم به مهره نیم کره ای روی مارپیچ فشار می دهد ودرنتیجه خلاصی آن را به دلخواه کم ویازیاد می کند . خلاصی فرمان نباید از حدود 10 تا 15 درجه تجاوز نماید . زیرا درغیر اینصورت اطمینان رانندگی کم می شود .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



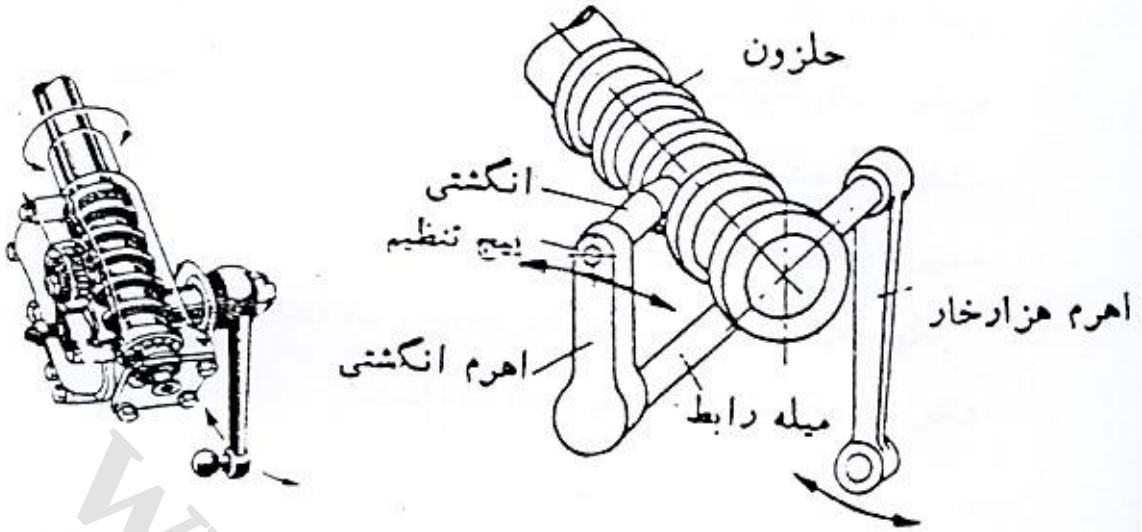
شکل (۱-۴) - جعبه فرمان مهره مارپیچی فولکس واگن

2-**جعبه دنده فرمان انگشتی یا بادامکی** (Worm& tapered peg)

دارای یک محور حلزونی درانتهای میل فرمان است که بوسیله مونتاژ بلبرینگ حمایت می شود بازوی هزار خاردارای اهرمی است که درانتهایش یک میخ مخروطی (انگشتی) قرار دارد این میخ مخروطی در داخل شیارهای حلزونی حرکت می کند وباعث دوران بازوی هزار خار می شود وقتی که چرخ فرمان ، چرخ دنده حلزونی را می چرخاند میخ مخروطی مجبور است شیارهای چرخ دنده حلزونی را دنبال کند . حرکت میخ ، باعث حرکت بازوی هزار خار ودر نتیجه اتصالات چرخها می گردد شکل (2-4)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۲-۴) جعبه فرمان انگشتی (بادامکی)

دراین نوع جعبه فرمان گام حلزون در قسمت وسط کمتر ودر طرفین محور بیشتر است . که این باعث تغییر نسبت فرمان می گردد. علاوه بر این ، تغییر گام محور حلزون باعث تمایل برگشتن فرمان به حالت وسط خود بعد از گرداندن آن می شود .

بازی بین انگشتی ومحور حلزونی به کمک پیچ مخصوصی قابل تنظیم می باشد این پیچ عمق در گیری انگشتی را داخل شیار حلزون کم ویا زیاد می کند وبدینوسیله خلاصی فرمان تنظیم می گردد (بعلت مخروطی بودن سر انگشتی) . انگشتی رابه کمک یاتاقان رولربرینگی در تکیه گاه خود محکم می کنند .

چون غلتک باید حول محور خود با شعاع معینی گردش کند محور حلزون نباید استوانه کامل باشد زیرا در این صورت با گرداندن کامل فرمان وحرکت غلتک ، درگیری آن با محور حلزون از بین می رود وآزاد می شود . برای جلوگیری ازاین مشکل قطر دو

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

انتهای محور حلزون کمی بیشتر از قسمت وسط آن می باشد وبه عبارت دیگر محور حلزون بایدباز مسیر دایره ای غلتک تبعیت نماید .

بطور کلی غلتک در دو نوع دو دندانه وسه دندانه ای می باشد که در شکل نوع دودندانه ای آن نشان داده شده است .

2- **جعبه دنده فرمان حلزونی بادنده تاج خروسی** (Worm & Secotr):

در این جعبه فرمان که به آن سکتور – مارپیچ نیز می گویند درانتهای میل فرمان یک محور حلزونی سوارشده است که هنگام دوران می تواند قسمتی از یک چرخدنده (تاج خروسی) را به گردش در آورد .

بازوی هزار خار به دنده تاج خروسی وصل است ومی تواند حرکت تاج خروسی را عیناً به میله های رابط فرمان منتقل کند .

این جعبه دنده شامل یک پوسته چدنی یاآلومینیومی که مار پیچ ودنده سکتور را در بر می گیرد ، می باشد . شافت اصلی که حلزونی را می چرخاند بوسیله بلبرینگ هایی در پوسته نگهداشته می شود .

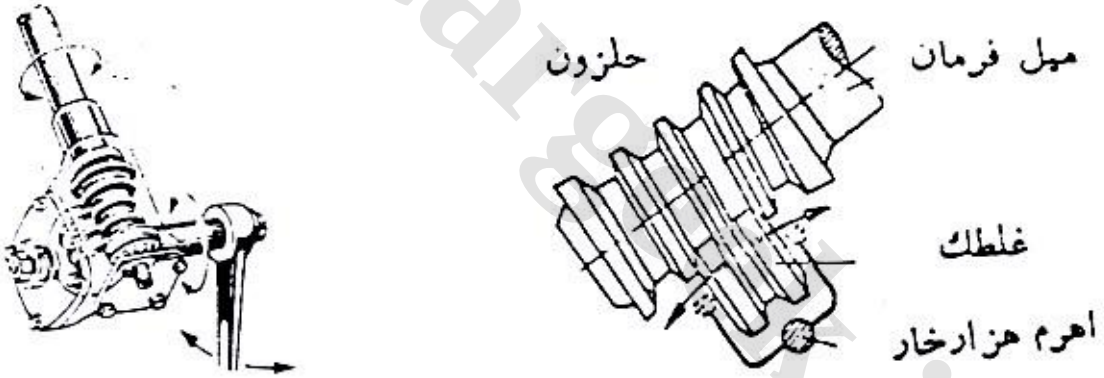
دنده تاج خروسی (در شکل قطاع چرخدنده با 14 دندانه) شافت مخصوص خودش را دارد که در بلبرینگ یابوش هایی در داخل پوسته .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

4- جعبه دنده فرمان حلزونی غلتکی (Worm& roller)

دراین نوع جعبه فرمان با گرداندن فلکه فرمان محور حلزونی به گردش در می آید وغلتکی را که با آن درگیر است به حرکت در می آورد . این غلتک روی بازوی هزار خار مونتاژ شده است وقتی دندانه غلتک روی شیارهای حلزونی حرکت می کند حرکت به بازوی هزار خار واز آنجا به اتصال چهار میله ای ودرانتها به چرخها منتقل می شود شکل (3-4) . این نوع سیستم فرمان بیشتر در خودروهای ژاپنی استفاده می شود واز نظر طراحی از ساده ترین سیستمهای فرمان می باشد .

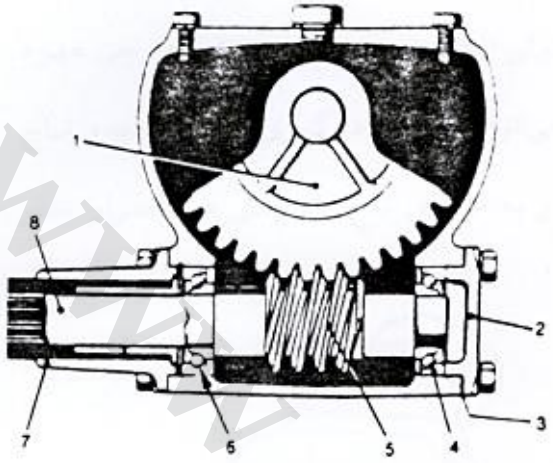


شکل (۳-۴) جعبه دنده فرمان حلزونی غلتکی.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

در جهت عمود بر مارپیچ نصب می شود . در شکل (4-4) اجزاءجعبـه دنـده نشـان داده شده است .



شکل (۴-۴) جعبه دنده فرمان

حلزونی - تاج خروسی.

۱ - سکتور ۲ - در پوش انتهایی

۳ - واشر ۴ - بلبرینگ ۵ - مارپیچ

۶ - بلبرینگ ۷ - پوسته خارجی

۸ - محور اصلی

برای تنظیم این جعبه فرمان در موقع لزوم بوش خارج ازمرکزی که دنـده تـاج خروسـی روی آن یاتا قان شده را کمی می گردانند .

5-**جعبه دنده فرمان ساچمه ای** (Recirculating ball)

برای کم کردن اصطکاک بین دنده های جعبه فرمان وهمچنین بـه منظـور روایـن بیشـتر فرمان ، امروزه در مواردی زیادی از فرمانهای ساچمه ای استفاده می گردد.

دراین سیستم ارتباط بین مارپیچ فرمان ومهـره انتقـال حرکـت بوسـیله سـاچمه برقـرار است . برای هدایت ساچمه ،لوله های مخصوصی روی آن تعبیه شده است که می توانـد ساچمه راپس ازگردش درمسیر خود مجدداً به مسیر اولیه باز گرداند. درهر گردش فلکه فرمان مهره بدون دوران در امتداد محور میل فرمان حرکت طولی انجام میدهد . دربدنـه

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

خارجی مهره دندانه هایی تعبیه شده است که می تواند ضمن درگیری بایک دنده تاج خروسی آن را به دوران در آورد وبه انتهای تاج خروسی میله هزار خار وصل است .

شکل (5-4)

شکل ۲۹ ــ جعبه فرمان ساچمه‌ای

شکل (۵-۴) جعبه دنده فرمان ساچمه‌ای.

6-**جعبه فرمان کشویی** (Rack&pinion)

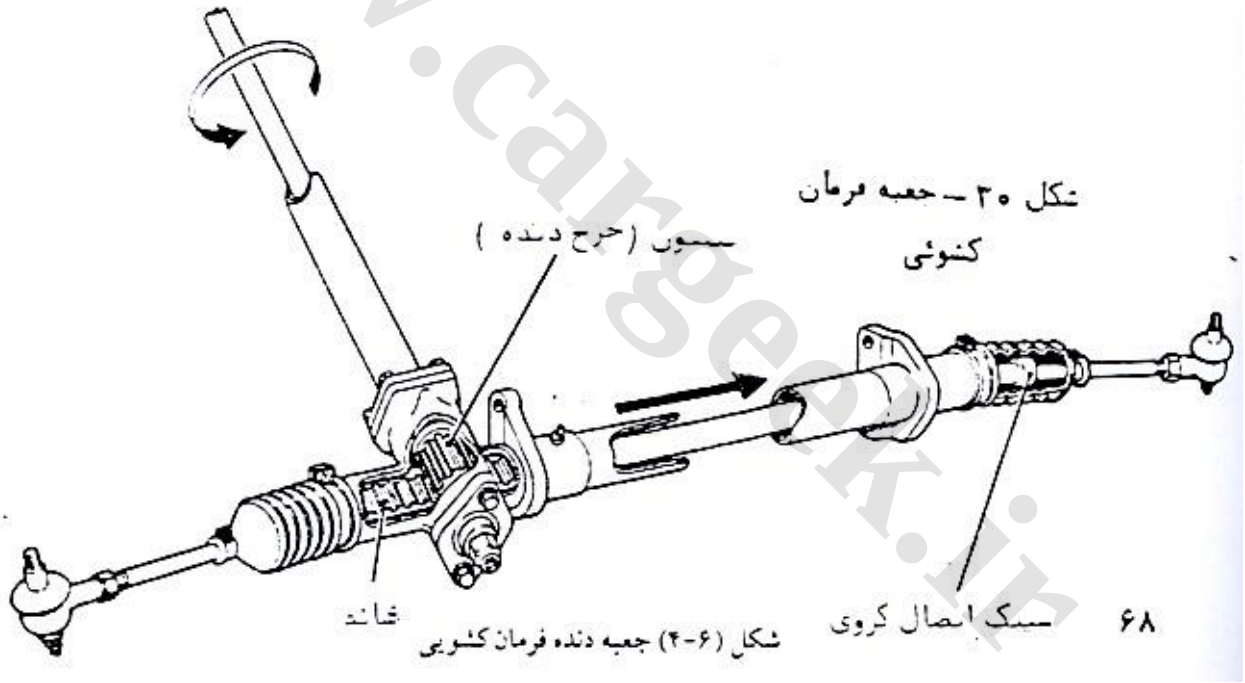
این سیستم فرمان جزء معروفترین انواع سیستم می باشد در اغلب اتومبیلهای که دارای محورمحرک جلو هستند (مانند پراید - رنو5 و...) به کار می رود وهمچنین دراتومبیلهای کوچک که نیروی زیادی برای گرداندن چرخ فرمان نیاز ندارند بااین وجود در اتومبیلهای معمولی نیز استفاده می گردند . (مانند پژو ،اپل و ...)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

دراین سیستم به انتهای شفت فرمان چرخ دنده کوچکی به نام پینیون متصل است که می تواند روی یک دنده شانه ای بغلتد وبعلت درگیری آنرا به چپ وبه راست براند (شبیه شانه گاز پمپ انژکتور).

دراین سیستم میله رابطه به چرخ همان ادامه Rack می باشد وبرای جلوگیری از نفوذ گرد وخاک بداخل جعبه فرمان از لاستیکهای گردگیر (dst boot)در دو انتهای آن استفاده می شود.



شکل (۶-۴) جعبه دنده فرمان کنویی

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

بازی بین پینیون ودنده شانه ای به کمک یک پیچ قابل تنظیم است کـه دنـده شـانه ای داخل یک محفظه(Housing) قرار می گیرد واین محفظـه درپشـت موتـور بـه سـینی پدال به وسیله ء بستهایی متصل می شود . ودر شکل (7–4) طرز ومحل قرار گـرفتن محفظه فرمان شانه ای وهمچنین نحوه اتصال آن به چرخ نشان داده شده است .

www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

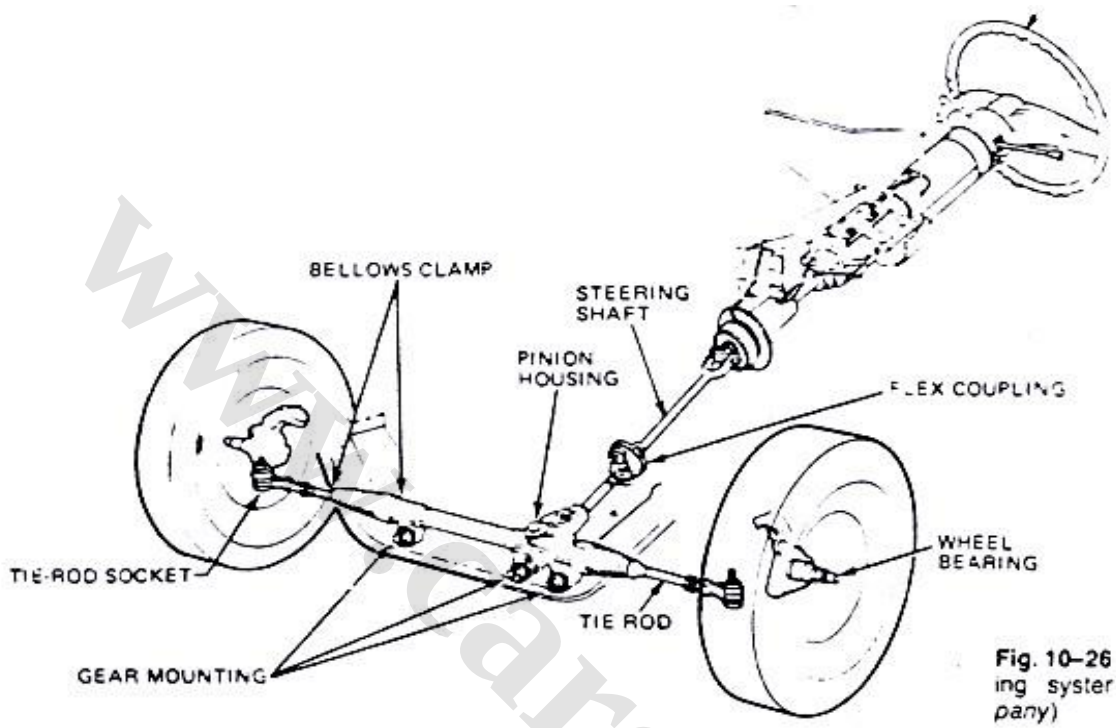
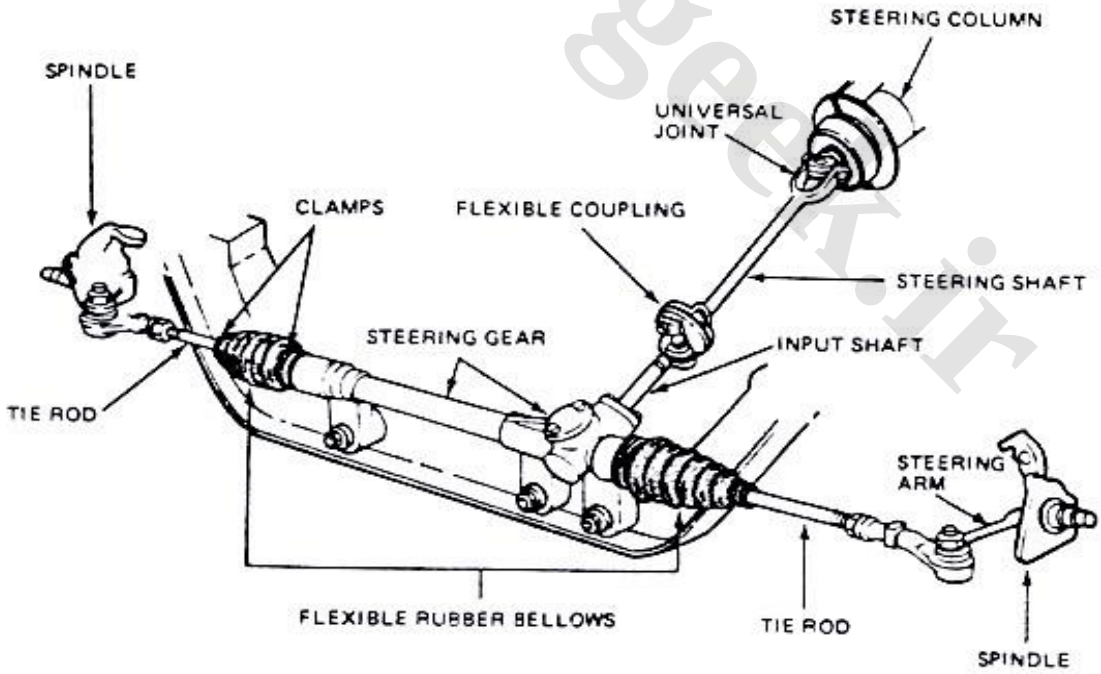


Fig. 10–26 ing syster pany)



www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

انواع ساختار فرمانهای شانه ای :

چهار ترکیب برای فرمانهای شانه ای بسته به طرز قرار گرفتن دنده پینیون و دنده شانه ای وجود دارد .

1- دنده پینیون در مرکز جعبه فرمان قرار نگرفته باشد و مثلاً برای خودروهای چپ فرمان در سمت چپ قرار می گیرد واتصالات میل فرمان در طرفین دنده شانه ای پیچ شده اند .

2- دنده پینیون درمرکز جعبه فرمان قرار گرفته باشد .

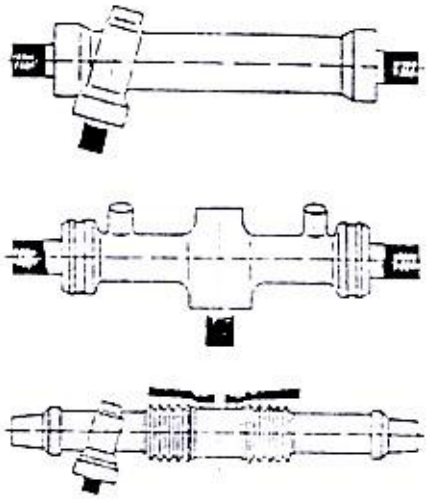
3- دنده پینیون در کنار قرار گرفته ومیل فرمانها در میانه به دنده شانه ای متصل شده اند.

4- نوع معروف به فرمان کوتاه که دنده پینیون خارج ازمرکز می باشد ومیل فرمانها به یک طرف دنده شانه ای متصل شده اند .

انواع 1 و3 اغلب مورد استفاده کلی دارند ولی نوع دوم وچهارم توسط بعضی کمپانی های خاص برای خودروهای تولید یشان استفاده می گردد.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

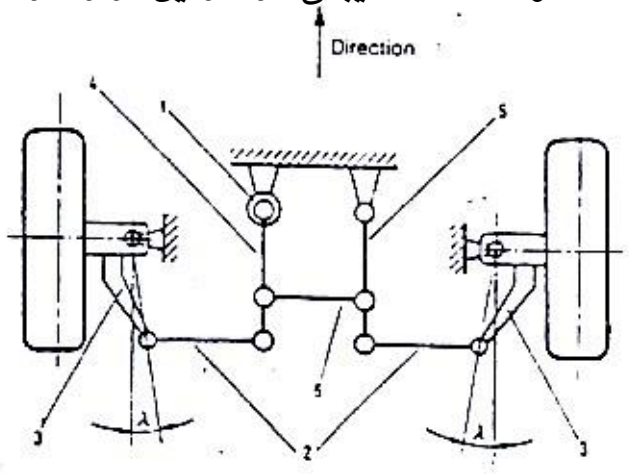


شکل (۸-۴)

مزایا ومعایب فرمانهای ساچمه ای وشانه ای

دو سیستم فرمان که در خودروهای امروزی به وفور استفاده می شوند فرمانهای ساچمه ای وشانهای هستند که هریک به نوبه خود دارای مزایا ومعایبی می باشند .

جعبه فرمانهای ساچمه ای وکلاً فرمانهای با حرکت دورانی نیاز به یک بازوی هرزگرد ویک میله تعدیل کننده (نقطه 6 درشکل 9-4) برای اتصال به بازوی هزارخاری (4) داردمیله ها قابل تنظیم هستند واتصالات سیبکی در طرفین قرار دارند .



شکل (۹-۴)

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

این سیستم فرمان پیچیده است وبرای طراحی درماشینهای سواری با چرخهای مستقل مشکلاتی دارد بنابراین از سیستم های فرمان شانه ای گرانتر تمام می شود . جعبه دنده فرمان ساچمه ای تغییر وگشتاور بالاتری نسبت به فرمانهای شانه ای را دارا می باشد . جعبه دنده فرمان شانه ای به تنها در خودروهای سواری کوچک ومتوسط به کار می رود بلکه بر روی خودروهای بزرگ نیز نصب می گردد وخودروهایی باسیستم تعلیق مستقل جلو اکثراً از این سیستم فرمان سود می برند. امتیازات این سیستم فرمان نسبت به سیستم های ساچمه ای عبارتنداز :

- ساختمان ساده
- ساخت غیر پیچیده واقتصادی
- بازدهی بالا به دلیل عملکرد ساده ءآن
- دارای حداقل نوسان ناخواسته سیستم فرمان است
- نیاز به فضای بسیار کمی دارد
- دیگر به اهرم های هرزگرد ویاتاقانهایشان همچنین میله رابط میانی نیاز نیست .

ازمعایب این سیستم فرمان می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- حساسیت بیشتر به ضربه
- تنش پیچشی تحت تاثیرنیروهای زاویه ای
- روی اکسل های صلب (یکپارچه) غیر قابل نصب است .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

سیستم فرمانهای هیدرولیک

دراوایل فرمانهای هیدرولیک درماشینهای سنگین مورد استفاده قرار می گرفت . ولی امروزه بیشتر از نیمی از اتومبیلهای ساخته شده در آمریکا به فرمان هیدرولیک مجهز می باشند اساس فرمان هیدرولیک بسیار ساده است به این تربیت که هرگاه شافت فرمان را بچرخانیم یک بوستر داخل عملیات می شود واین بوستر است که بیشتر کارفرمان راانجام میدهد .

فرمانهای پرقدرت می توانند ازهوای فشرده ،مکانیزمهای الکتریکی ویافشار روغن استفاده کند ودرواقع وقتی که فشار روغن مورداستفاده باشد نام این نوع سیستم فرمان هیدرولیک می باشد وموارد دیگر فرمانهای پر قدرت استفاده چندانی ندارند.

درسیستم فرمانهای هیدرولیک یک پمپ که بطورپیوسته کار می کند فشار هیدرولیکی را تهیه می کند . وقتی چرخ فرمان بچرخد در یچه های وارد عملیات می شوند وفشار هیدرولیکی رابه سیلندری منتقل می نمایند . این فشار باعث به حرکت درآمدن پیستون (جک) می شودکه بیشتر کار فرمان را انجام می دهد و بعنوان مثال برای چرخاندن چرخ فرمان درفرمانهای هیدرولیکی حدود یک سوم فرمان مکانیکی نیرو لازم می باشد . پمپ روغن فرمان های هیدرولیک معمولاً بوسیله تسمه توسط موتور خودرو رانده می شود البته دربعضی مدلهای قدیمی پمپ فرمان بوسیله میل لنگ رانده می شد.

بطور کلی دو نوع سیستم فرمان هیدرولیک وجود دارد یکی سیستم فرمان هیدرولیک داخلی(Integral) ودیگری سیستم خارجی (External) اگر سیلندر پیستون که فشار

www.cargeek.ir

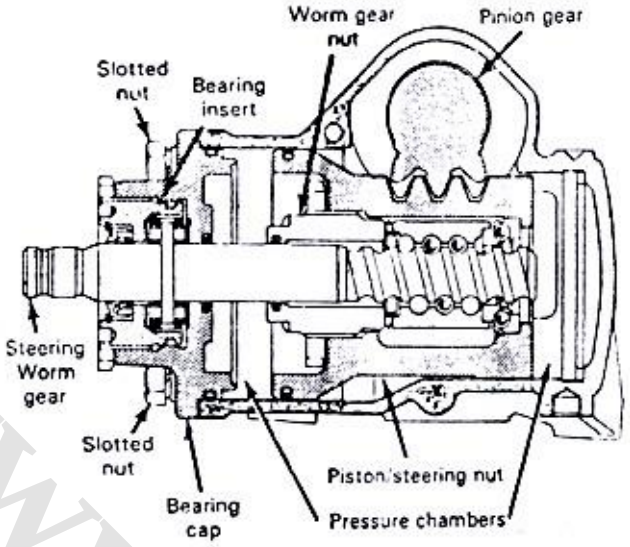
www.CarGeek.ir

روغن را به نیروی حرکتی تبدیل می کنند داخل جعبه فرمان باشد سیستم فرمان هیدرولیک رادرونی گویند واگر این سیلند رپیستون مابین شاسی وچهار میله ای فرمان قرار گرفته باشدسیستم فرمان هیدرولیک خارجی می باشد

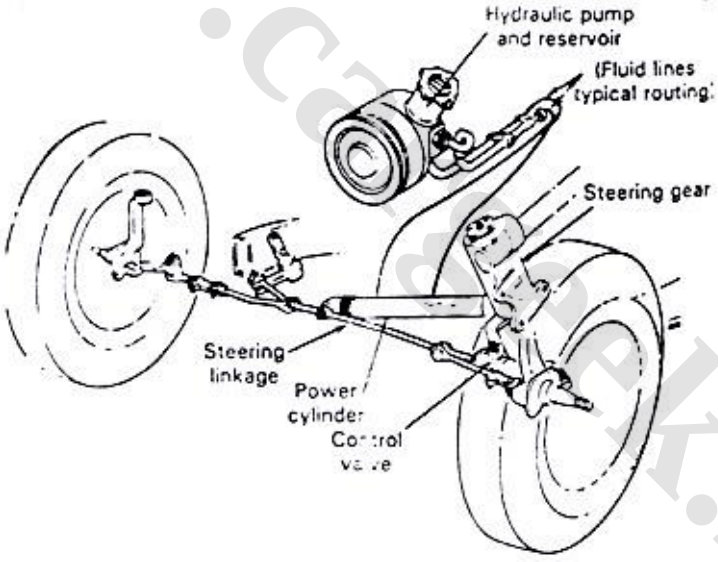
www.cargeek.ir

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۰-۴) سیستم فرمان هیدرولیک داخلی



شکل (۱۱-۴) سیستم فرمان هیدرولیک خارجی

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

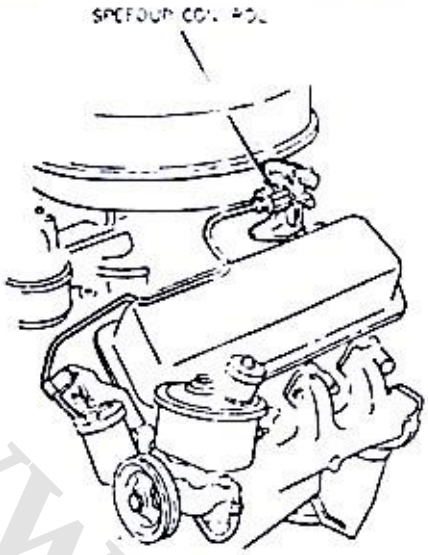
بطورکلی تمام سیستمهای فرمان هیدرولیک به گونه ای ساخته می شوند که هر گاه موتور کا رنکند ویا هر گونه اشکالی در منبع قدرت بوجود بیاید بتوان اتومبیل رابه صورت دستی فرمان داد.

فرمان هیدرولیک باتنظیم کننده دور موتور(Speed Up Control)

در بعضی خودرو هاباسیستم فرمان هیدرولیک هنگام پارک کردن ماشین به این دلیل که با چرخش کامل فرمان دیگر چرخها قادر به چرخش بیشتر نیستند واز طرفی پمپ همچنان کارمی کند تا فشار لازم را برای حرکت بیشتر بتواند تامین کند در نتیجه پمپ سختر کار می کند وبار اضافه ای رابه موتور تحمیل می کند که این بار اضافه دور موتور را کاهش میدهد تا جائیکه این عمل باعث خاموش شدن موتور می گردد. برای جلوگیری از این اتفاق بعضی سیستمها به تنظیم کننده افزاینده دور موتور در حالت سکون مجهز شده اندشکل (12-4) یک نمونه ازاین وسیله را که روی موتور خودرو فورد نصب شده نشان میدهد . وقتی فشار پمپ به مقدار ماکزیمم آن برسد دریچه سوزنی کمی باز شده بطوریکه دور موتور در حالت سکو ن رابطور موقت افزایش دهد . این کار باعث جلوگیری ازخامو ش شدن موتورمیشود . وقتی که فرمان ازیک انتها برمی گردد دوباره فشار پمپ کم می شود ودریچه بسته می گردد در نتیجه دور موتور کنترل می گردد.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۲-۴) تنظیم‌کننده دور موتور در حال سکوت

Idle speedup control arrangement for a power-steering system. (Ford Motor Company)

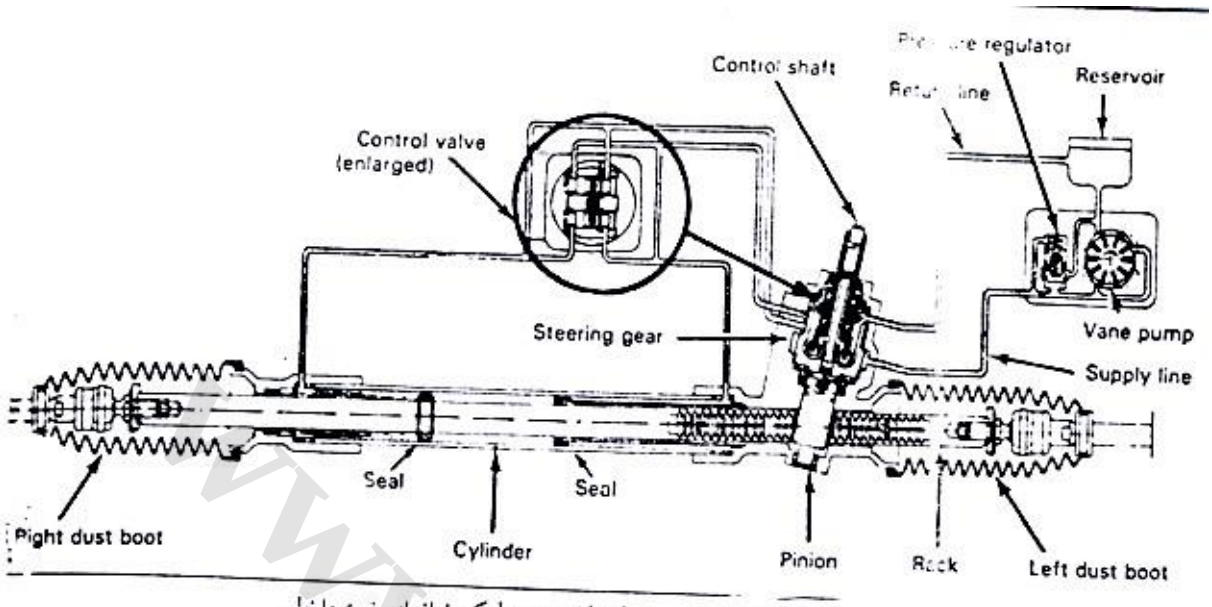
اکنون به تشریح یک نمونه از فرمانهای هیدرولیک داخلی و بیرونی می پردازیم.

فرمان هیدرولیک نوع شانه ای (Power Rack & Pinion Steering)

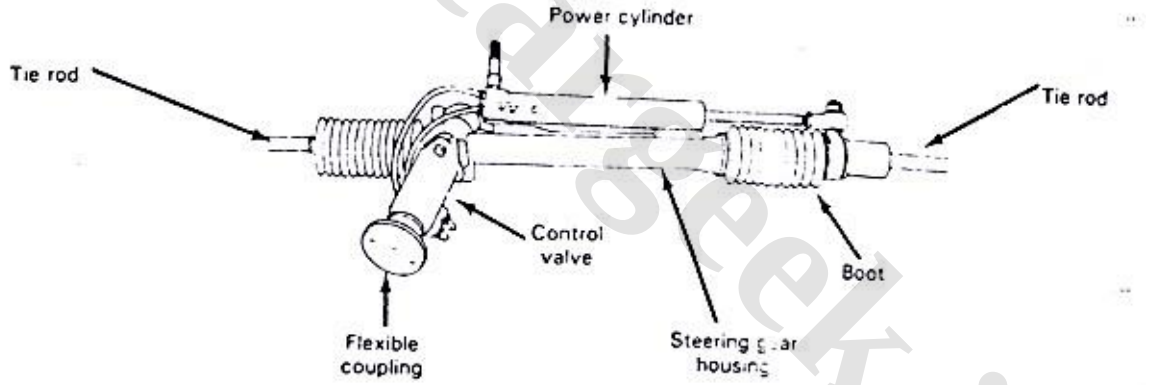
سیستم فرمان هیدرولیک شانه ای در بسیاری از اتومبیلهای استفاده می شود وهر نوع داخلی وخارجی آن کاربرددارد . همانطور که درشکل (13-4) یک نوع خارجی آن مشخص شده است نیروی کمکی توسط سیلندری که بین شاسی وچهار میله ای قرار دارد اعمال میشود ودر نوع داخلی خود دنده شانه ای که بند مرکزی چهارمیله ای قرار دارد نقش پیستون را دارد ودرداخل سیلندر که شامل محفظه جعبه فرمان نیز هست قرار دارد .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۳-۴) سیستم فرمان هیدرولیک شانه‌ای نوع داخلی



شکل (۱۴-۴) سیستم فرمان هیدرولیک شانه‌ای نوع خارجی

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

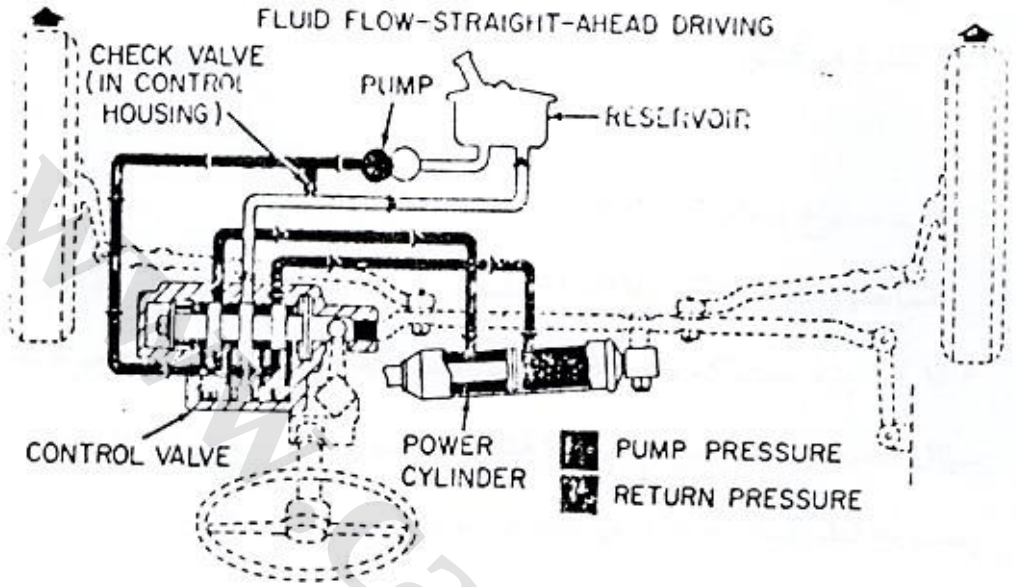
درسیستم نمایش داده شده در بالا یک دریچه چرخان، جریان سیال فرمان هیدرولیک را جهت میدهد تا نیروی کمکی از طریق فشار روغن در جهت مناسب اعمال گردد.

کار دریچه وسیلندر هیدرولیک

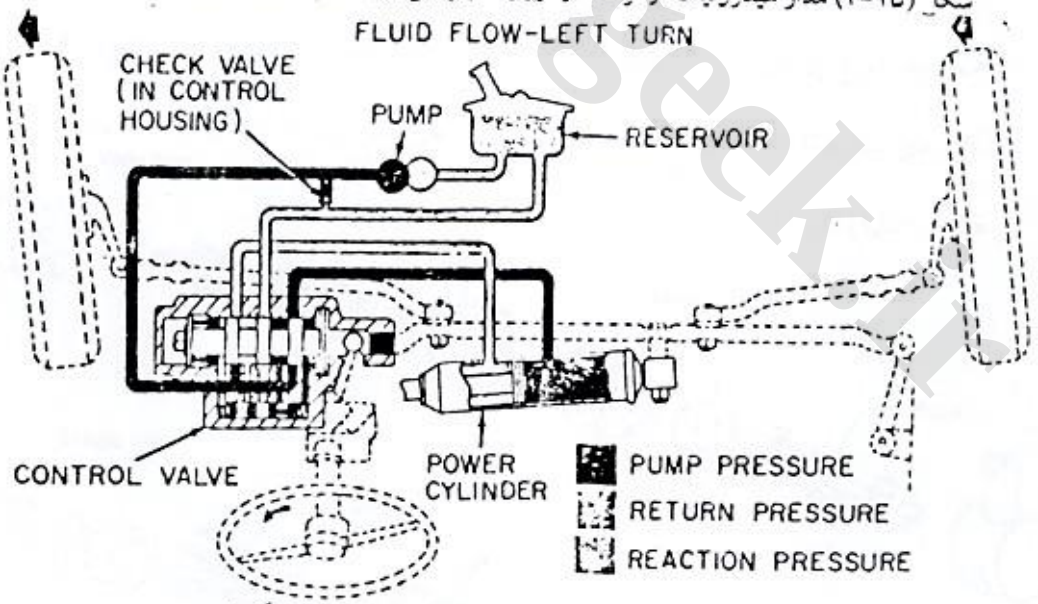
اغلب سیستمهای هیدرولیک دارای دریچه ای ماسوره ای (Spool Valve) مـی باشـند و درحالت رانندگی مستقیم دریچه ماسوره ای در مرکز قرار می گیرد وفشاری یک انـدازه به دو طرف پیستون وارد می شود . وبه این ترتیب سـیلندر بوسـتر هـیچ تمـایلی بـرا ی عمل ندارد .وقتی چرخ فرمان می چرخد باعث عمل کردن دریچه می شود روغن بـه یـک طرف هدایت می شود وپیستون حرکت می کند (15-4) نشان می دهـد کـه وقتـی چـرخ فرمان به چپ بچرخد بازوی هزار خار به راست می چرخد وساچمه انتهای آن در یچـه ماسوره ای را به راست می برد .اکنون روغـن تحـت فشـار از پمـپ فقـط بـه یـک طـرف پیستون سیلندر بوستر جریان پیدا می کند دراین حالت روغن به سـمت راسـت پیسـتون جریان می یابد ودر نتیجه چرخها به سـمت چـپ هـدایت مـی شـود همانطوریکـه بـافلش مشخص شده است .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۵-۴) مدار هیدرولیک در فرمان هیدرولیک بیرونی برای حالت مسیر مستقیم



شکل (۱۶-۴) مدار هیدرولیک در فرمان هیدرولیک بیرونی برای حالت گردش به چپ.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir

پمپهای روغن مورداستفاده در فرمانهای هیدرولیک :

انواع زیادی از پمپهای وجوددارند ولی دراین جا به سه نوع متداول آنها اشاره می کنیم .

الف- **نوع پره ای** Vane Type Pump

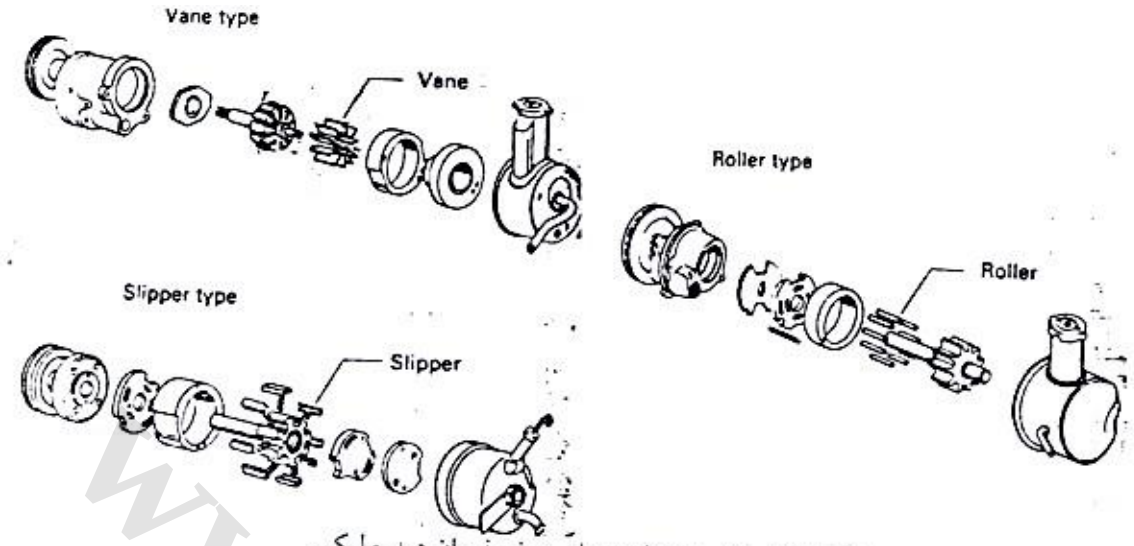
همانطور که در شکل (17-4) مشخص است پمپ دارای یک موتور با 6تا10 پره است که در سطح داخلی پمپ که بیضوی است می چرخند سیال محبوس شده بین دو پره با فشار از قسمتی که پره ها ازقطر بیشتر پمپ به قطر کمتر حرکت می کنند از پمپ خارج می شود .

ب- **نوع غلتکی** Roller Type Pump

همانند نوع پره ای است که فقط به جای پره از غلتک استفاده می شود 6 غلتک در بین دندانه های موتور داخل پمپ می چرخد تاسیال را به سمت پرفشار هدایت کند .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۷-۴) سه نوع از پمپهای روغن فرمان هیدرولیک.

ج- **نوع کفشکی** Slipper Type Pump

همانند نوع غلتکی است ولی به جای غلتک از 4 تا 10 کفشک که بـر روی فنـر سوارشـده استفاده می کند .

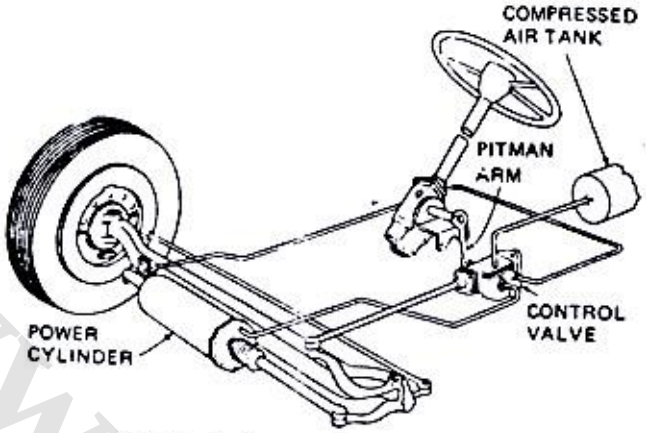
پمپهای فرمان های هیدرولیک مدرن یک دریچه کنترل جریـان دارنـد کـه دبـی روغـن را تاحدود دوگالن در دقیقه محدود می کند . درسیستم های فرمان هیدرولیک باید از روغن مناسب استفاده گردد. روغن های باویسکوزیته بالا در مسـیرهای مکـش نیـروی بیشـتر مصرف می کند وبدین سبب در پمپ تولید صدای زیاد می نمایند .

فرمان پر قدرت با هوای فشرده(Air Power Steering System)

شکل (18-4) تصور شماتیکی از فرمان هیدرولیکی است که از هوای فشـرده اسـتفاده می کند .

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



Schematic layout of an air power-steering system. (Bendix-Westinghouse Automotive Air Brake Company)

شکل (۱۸-۴) فرمان هیدرولیک با هوای فشرده

کمپرسوری که توسط اتومبیل کار می کند هوای فشرده رامهیا می کند این سیستم ازنوع فرمان هیدرولیک خارجی (external lhn kage) است . وقتی بازوی هزار خار می چرخد دریچه کنترلی به یک طرف حرکت می کند . این کار باعث می شود که هوای فشرده به یک طرف سیلندر هیدرولیکی وارد بشود وپیستون رابه حرکت در آورد . این حرکت به وسیله ءمیل پیستون به چهار میله ای فرمان منتقل می شود .

سیستم چهار چرخ فرمان (4 Wheel Steering)

ازتجهیزات جدید فرمان که اخیراً توسط شرکتهای خودرو سازی روی سیستم فرمان نصب می گردد سیستم چهار چرخ فرمان (4ws) می باشد . یعنی چرخهای عقب نیز

www.cargeek.ir

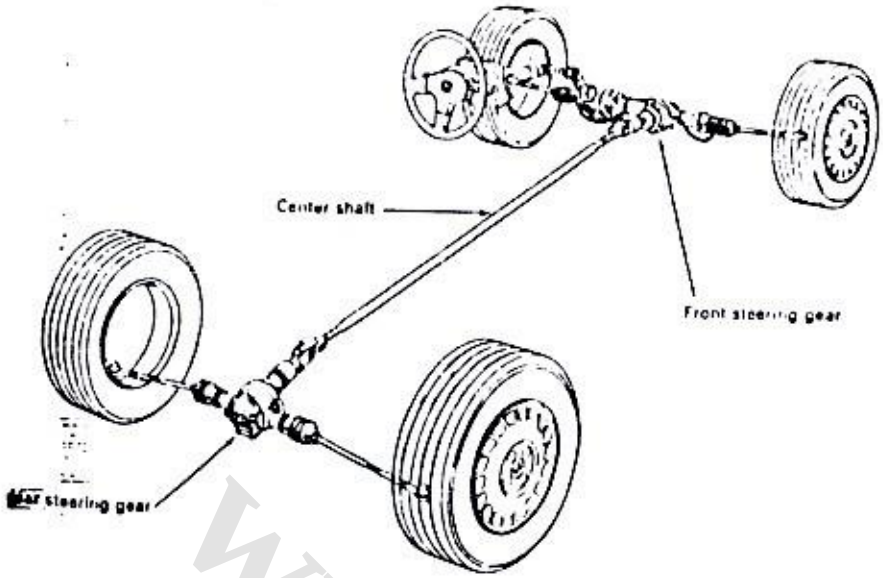
www.CarGeek.ir

تحت کنترل فرمان خودرو قرار می گیرند . این سیستم بصورت مکانیکی (در ماشینهای با فرمان هیدرولیک) ودرگروهی دیگر از خودرو هابصورت الکتریکی عمل می نماید . دراین خودرو های بسته به مقدار گردش فلکه فرمان چرخهای عقب در دو جهت مختلف حرکت می کنند . دریک سیستم نمونه تا 10 درجه چرخش فلکه فرمان چرخ عقب 1/5 درجه هم جهت آن می چرخد در چرخش بیشتر فلکه فرمان چرخ عقب در جهت خلاف جهت چرخهای جلو می چرخد . این بدان علت است که در سرعتهای بالا چرخش فرمان باعث ناپایداری خودرو در جاده نگردد.

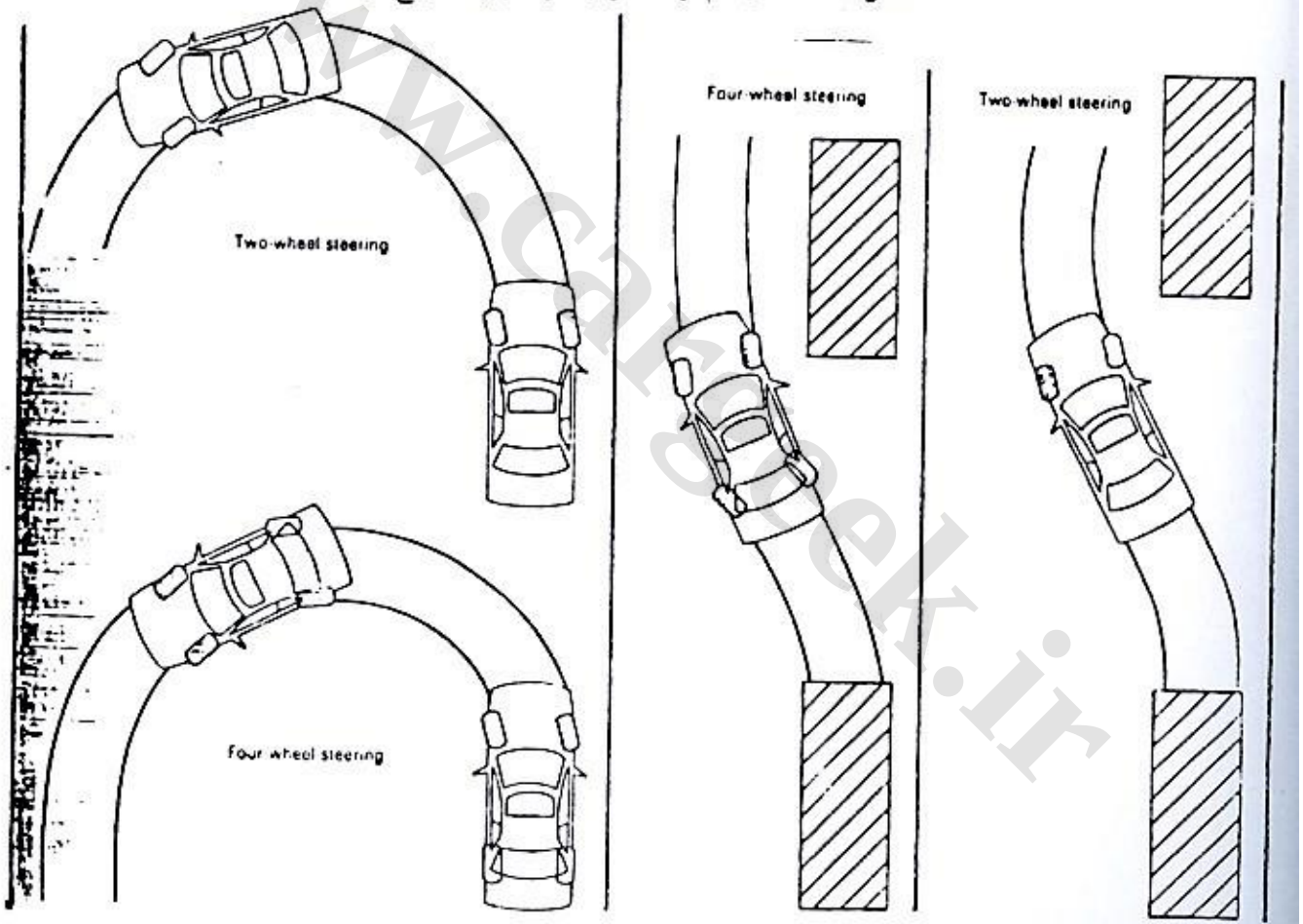
در سیستم فرمان هوندا از این سیستم مکانیکی استفاده می شود ودرخودرو های نوع مزدا ترکیبی از مکانیکی – هیدرولیکی – والکترونیکی به کار می رود. گاهی ممکن است با توجه به سرعت اتومبیل ، چرخهای عقب کنترل شوند.

www.cargeek.ir

www.CarGeek.ir



شکل (۱۹-۴) سیستم فرمان خودرو هوندای چهار چرخ فرمان



شکل (۲۰-۴) : وقتی چرخ های عقب در جهت عکس چرخ های جلو بچرخد شعاع مسیر طی شده به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش میابد .

www.cargeek.ir