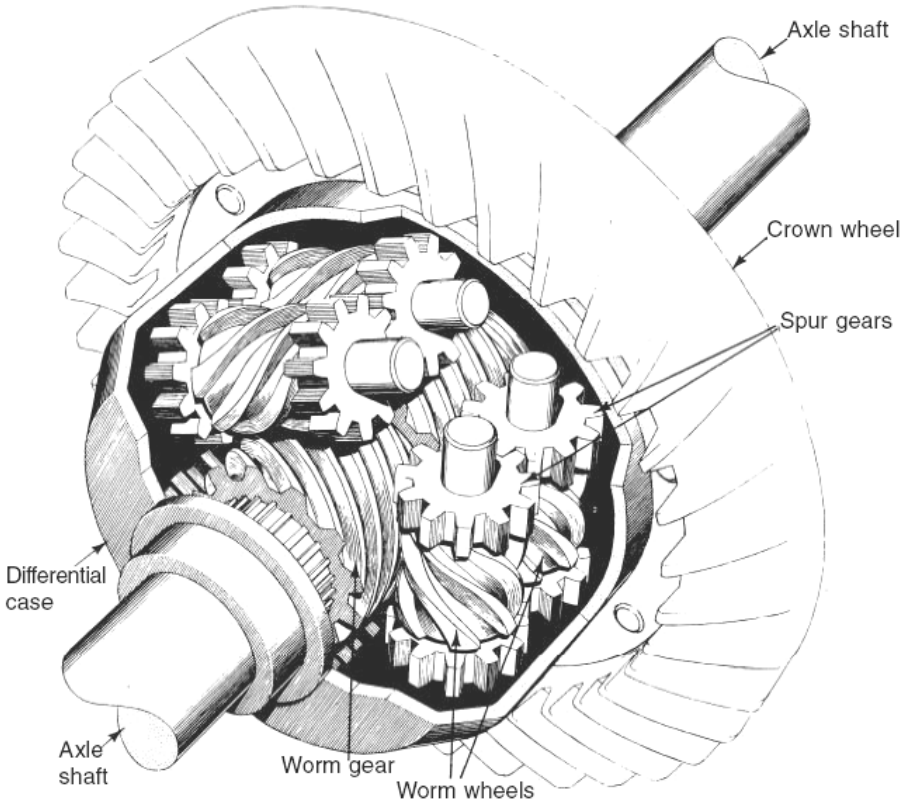
سیستمهای انتقال قدرت



Power Transmission Systems

تهیه و تنظیم : دکتر علی نوروزی

انتقال قدرت :

- ضرورت وجود سیستم انتقال قدرت :

موتور ماشینهای مختلف هنگام کار کردن دارای دور بالا و گشتاور پائین است بنحوی که دور موتور اغلب بین ۱۷۰۰ تا ۱۲۰۰۰ $\frac{rev}{\min}$ متغیر است. بنابراین در لحظه شروع کار موتور باید ارتباط موتور با چرخها را قطع نمود تا گشتاور اصطکاکی چرخها کاهش یابد و تنها فاکتور مقاوم، گشتاورهای اصطکاکی یاتاقانها باشد. از طرف دیگر پس از شروع بکار موتور باید وسیله ای فراهم شود تا چرخها را به آرامی به موتور متصل نماید.

هنگامیکه خودرو در شرایط مختلف جاده کار میکند، باید وسیله ای فراهم شود تا متناسب با شرایط جاده، گشتاور کم موتور را جبران نماید. البته میدانیم که با افزایش گشتاور، بهرحال دور کاهش می یابد چراکه مقدار توان ثابت است. ($p = 2\pi mT$)

یکی دیگر از ضروریات استفاده از سیستم انتقال زمانی است که خودرو دور میزند. در اینحالت بدلیل اینکه شعاع دوران دو چرخ یکسان نیست، چرخ بیرونی تعداد دور بیشتری نسبت به چرخ داخلی زده و بنابراین باید فاصله بیشتری را طی نماید.

- چیدمان سیستم انتقال قدرت :

در نوعی از چیدمان که در شکل ۱-۲۳ نشان داده شده است، راستای میل لنگ با محور خودرو یکی است. انتقال قدرت از طریق کلاچ توسط شفت کوتاه C انجام میشود. شفت خروجی از گیربکس دارای Universal Joint بوده و همچنین ساختار شفت بصورت دو تکه از نوع Sliding میباشد.

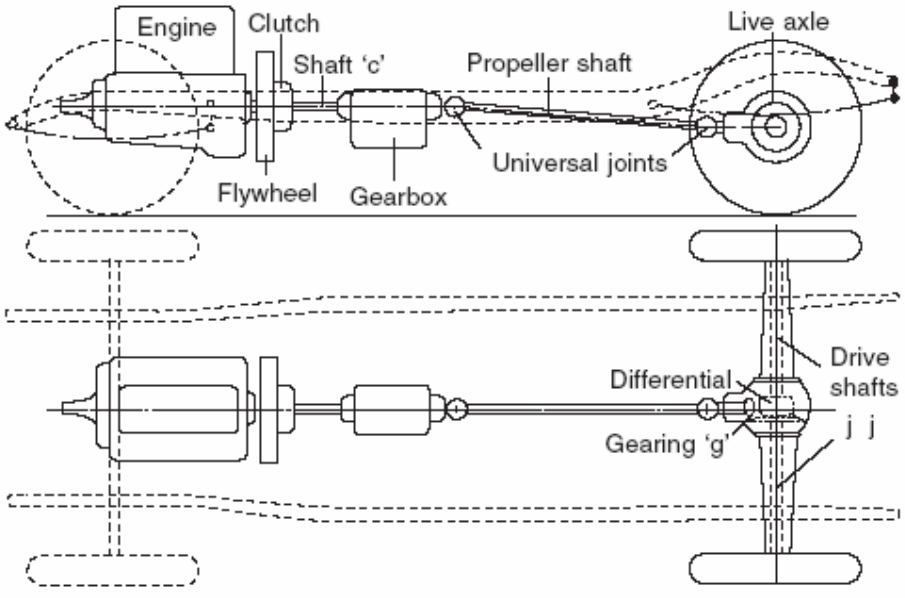


Fig. 23.1

دلیل استفاده از UJ و همچنین Sliding اینست که چرخهای عقب روی سیستم تعلیق سوار بوده و دارای حرکت عمودی میباشند. درصورت استفاده از محور صلب احتمال خمش شفت واسط وجود دارد.

در انواعی از چیدمان ممکن است موتور بر روی اکسل عقب نصب گردد. مزیت این سیستم کم شدن ارتفاع شاسی و همچنین خلوت شدن شاسی می باشد. اتوبوسها نمونه ای از این نوع ماشینها می باشند. در شکل ۲-۲۳ نمونه ای نشان داده شده است که موتور و گیربکس بصورت یک واحد یکپارچه بوده و موتور عمود بر محور خودرو نصب میگردد. در این سیستم بدلیل کوتاهتر شدن طول شفت انتقال قدرت، با در نظر گرفتن تغییر ارتفاع اکسل عقب (عبور از دست انداز)، مقدار نوسانات زاویه شفت افزایش خواهد یافت.

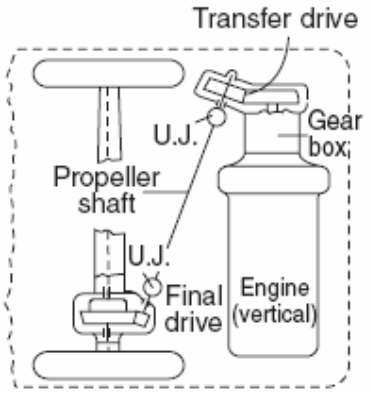


Fig. 23.2

بدلیل مذکور، دیفرانسیل در وسط اکسل نصب نشده است و بنابراین طول بلندتری دارد (کاهش نوسانات شفت محرک). از طرف دیگر تغییر زاویه انتقال نیرو کمتر از ۹۰ درجه بوده و بنابراین نیاز به طراحی سبکتری دارد. بدلیل یکپارچه بودن موتور و گیربکس در این طرح، عرض دستگاه زیاد خواهد بود. به همین دلیل بیشتر طراحان موتور را بطور طولی قرار میدهند (در جائیکه موتور و گیربکس بزررگ بوده و محدودیت فضا وجود دارد). نمونه ای از این طراحی در شکل ۳-۲۳ نشان داده شده است. در این طرح موتور و گیربکس از هم جدا هستند.

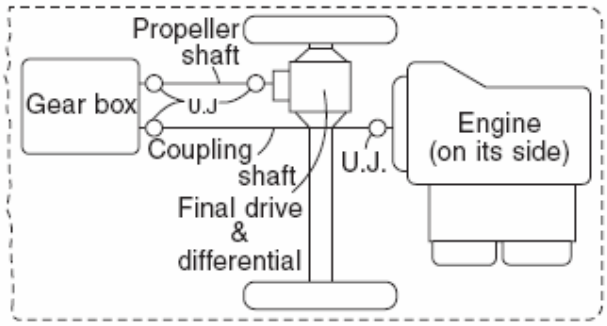


Fig. 23.3

یکی از بزرگترین مشکلات طراحی موتور در عقب اینست که راننـده صـدای موتـور را بخـوبی نمـی شنود و بنابراین قضاوت درستی در مورد تعویض دنده نخواهد داشت.

در ماشینهائی که چرخ جلو محرک است ممکن است از طرح بدون اکسل استفاده شود. شکل ۹-۲۳ و ۴۸-۱ نمائی از این سیستم را هنگامیکه موتور بصورت طولی نصب میشود نشان می دهند.

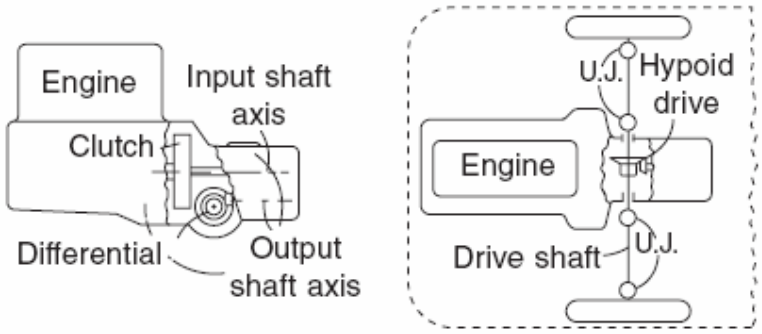


Fig. 23.9

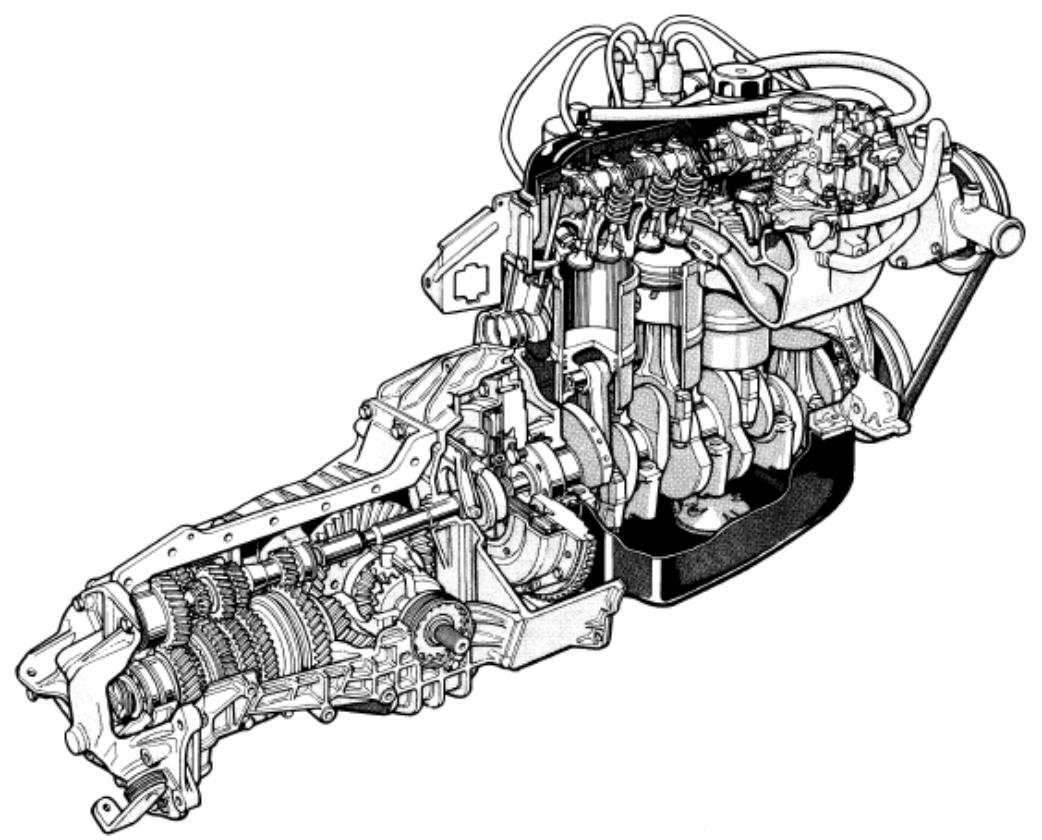


Fig. 1.48 In front-wheel drive vehicles the engine can be mounted longitudinally in front of the front axle with the manual gearbox behind. The shaft goes over the transverse differential (illustration: Renault).

در این نوع طراحی، محور ورودی و خروجی گیربکس در یک امتداد نیست. در طرح دیگـری کـه در ماشینهای "محور جلو محرک" بکار میرود، محور گیربکس و موتور در راستای عرضی میباشـد. ایـن

طرح در شکل ۱۰-۲۳ و ۵۰-۱ نشان داده شده است. تنها مشکل ایندو طرح استفاده از محورهای کوتاه میباشد که همانطور که قبلا ذکر شد باعث افزایش زاویه نوسان شفت میشود.

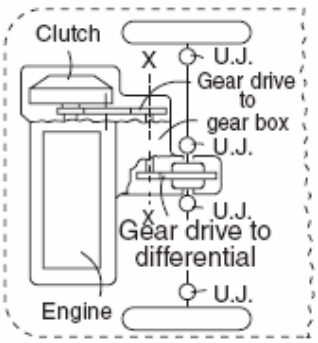


Fig. 23.10

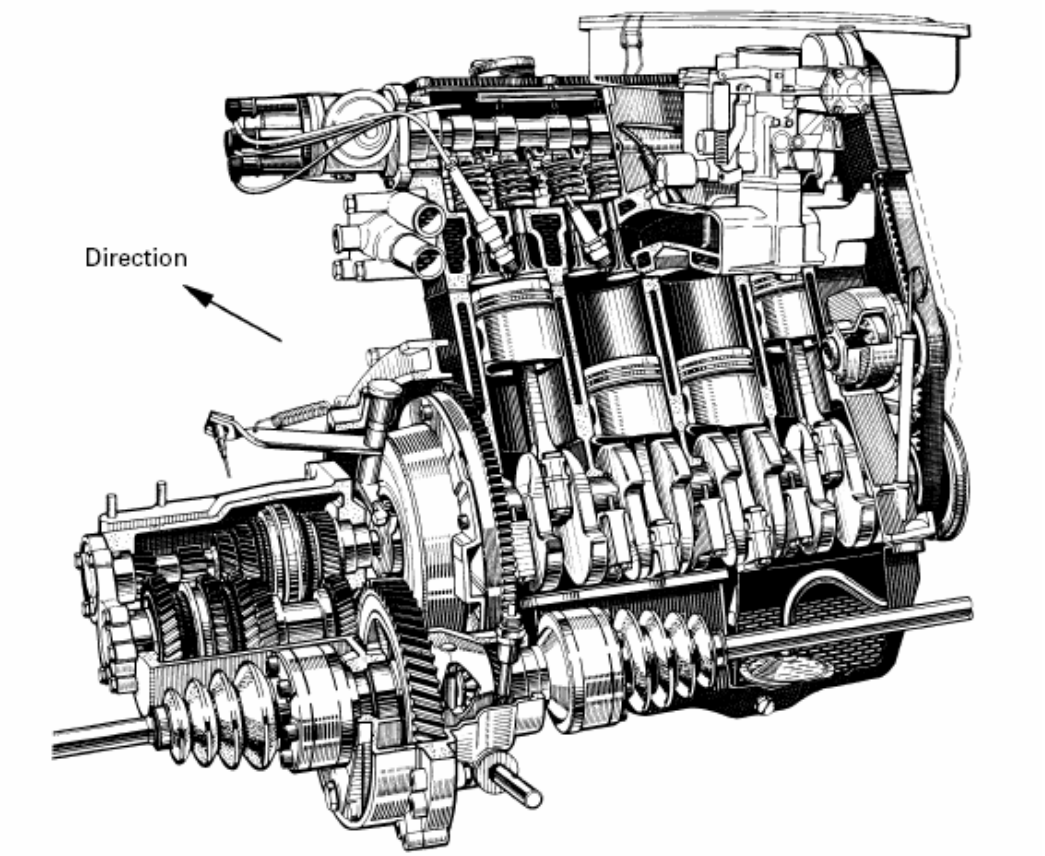


Fig. 1.50 Layout of transverse engine, manual gearbox and differential on the VW Polo. Because the arrangement is offset, the axle shaft leading to the left front wheel is shorter than that leading to the right one. The shifter shaft between the two can be seen clearly. The total mechanical efficiency should be around $n \approx 0.9$.

امروزه بدلیل محدودیت فضا در ماشینهای سواری، استفاده از طرح نصب موتور در عقب خودرو تقریبا منسوخ شده است. استفاده از طرح نصب موتور در وسط شاسی برای ماشینهای مسابقه و همچنین ماشینهای 4WD مناسب است. اشکالات این طرح صدای زیاد در داخل کابین و همچنین

دسترسی کم به موتور است. از دید گیرائی چرخ با زمین، نصب موتور در جلو خـودرو در ماشـینهای FWD نیروی گیرائی را افزایش میدهد (افزایش وزن روی چرخهای محرک).

در ماشینهای 4WD از جعبه دنده انتقال دهنده استفاده می شود. این جعبه دنده گشتاور خروجـی از گیربکس را بین چرخهای جلو و عقب تقسـیم میکنـد. شـکل ۱۱-۲۳ و ۷۰-۱ نمـائی از سیسـتم 4WD را نشان می دهد.

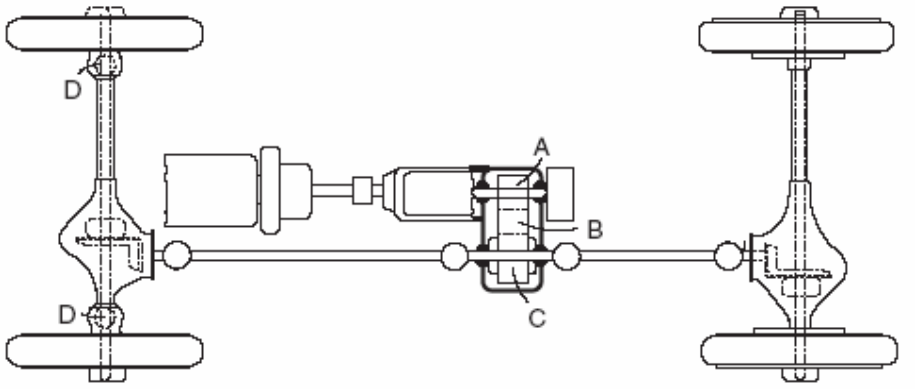


Fig. 23.11 General arrangement of four-wheel driven chassis

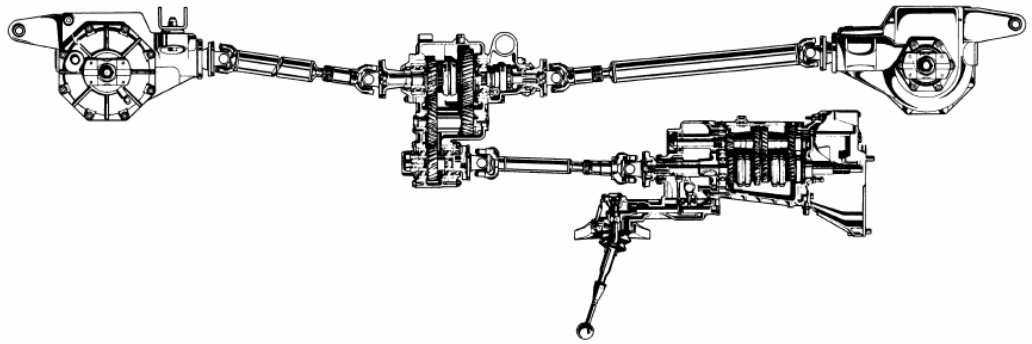


Fig. 1.70 Complex power distribution on the Fiat Campagnolo, a four-wheel drive, all-purpose passenger car. The drive moment is transferred from the manual gearbox via a centrally located two-gear power take-off gear to the differentials of the front and rear axles. Efficiency is not likely to be especially good.

در برخی از خودروهـای سـواری بـرای تـامین توزیـع وزنـی مناسـب، موتـور در جلـو و گیـربکس و دیفرانسیل بصورت یک واحد ترکیبی در عقب نصب می شوند. (شکل ۳۳-۱)

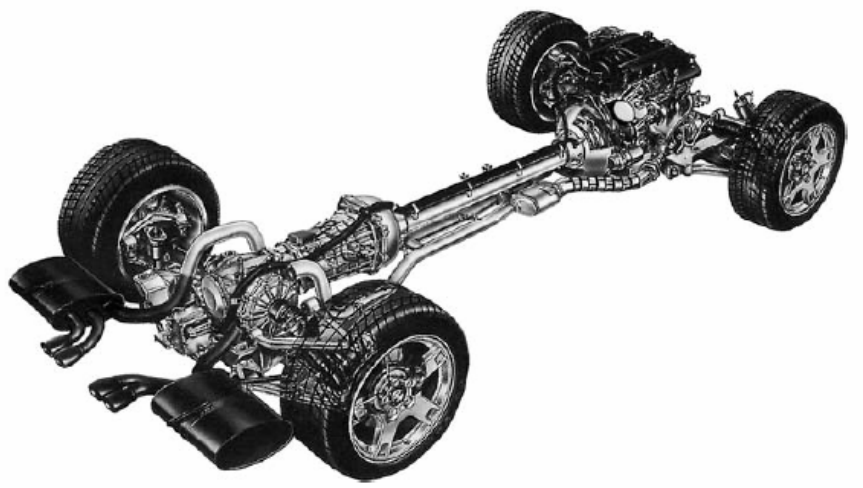


Fig. 1.33 Chevrolet Corvette (1998). In order to achieve balanced axle-load distribution, a more rigid overall system (necessary on account of the greater flexibility of the plastic bodywork) and more leg room, the gearbox is integrated with the rear-axle differential. Compared with standard drives, the cardan shaft turns higher (with engine speed) but is subject to correspondingly less torque. The front and rear axles have plastic (fibreglass) transverse leaf springs.

Compared with the previous model, unwanted vibration, particularly on an uneven road surface, is reduced as a result of the shorter length of the wheel spindles of 63 mm and the small steering-axle angle of 8.8 degrees. Owing to the combination of a castor angle of 6.5 degrees with a castor trail of 36 mm (previous model: 5.9 degrees, 45 mm), a good compromise is achieved between high lateral rigidity of the axle and good feedback properties.

مزایای استفاده از این چیدمان عبارتند از :

- طول موتور عاملی محدود کننده برای طراحی بشمار نمی آید. بنابراین این چیـدمان بـرای موتورهای با تعداد سیلندر زیاد کاربرد دارد.
- بار کمتری به پایه های موتور وارد می شود.
- عایق سازی صوتی موتور بسیار راحت تر است.
- در ماشینهای کششی مانند تریلر ها کـه بیشـتر بـار روی چرخهـای عقـب قـرار دارد، ایـن چیدمان مناسبتر است.
- ازآنجاکه طول مجرای خروج دود بسیار بلندتر است، بطور موثرتری میتـوان نـویز را کـاهش داد.

در مقایسه ماشینهای محور جلو محرک با ماشینهای محور عقب محرک میتوان به این نتیجه رسـید که ماشینهای محور جلو محرک دارای پایداری بالاتری نسبت بـه ماشـینهای محـور عقـب محـرک میباشد. (شکل ۳۵-۱)

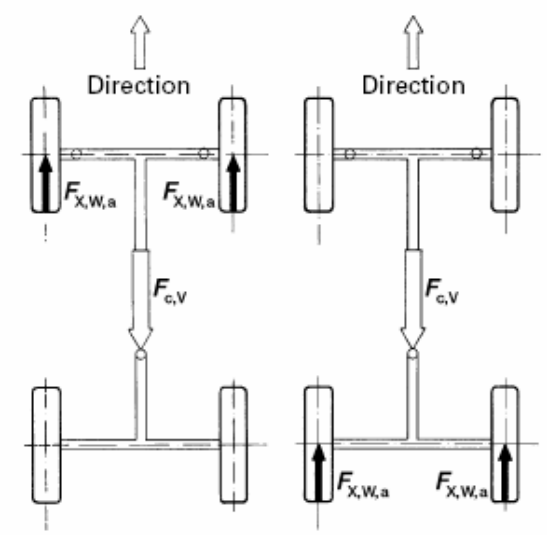


Fig. 1.35 On a front-wheel drive (left) the vehicle is pulled. The result is a more stable relationship between the driving forces $F_{X,W,a}$ and the inertia force $F_{c,V}$ Conversely, in the case of driven rear wheels an unstable condition is theoretically evident; front axle settings ensure the necessary stabilization.

- کلاچ :

کلاچ وسیله ایست برای قطع و وصل خط انتقال قدرت بین دو شفت موازی. کلاچ دارای انواع متنوعی است (اصطکاکی، مغناطیسی، گریز از مرکز و ...) که اغلب از کلاچهای اصطکاکی در خودرو استفاده میشود. در موتور برای قطع و وصل قدرت بین موتور و گیربکس از کلاچ استفاده میشود. از طرف دیگر درگیری موتور با چرخهای انتقال قدرت باید به تدریج صورت گیرد.

بطور کلی کلاچ همانند شکل ۲۴-۱ از دو صفحه تشکیل شده است. در خودرو یکی از این صفحات Flywheel و دیگری صفحه کلاچ است.

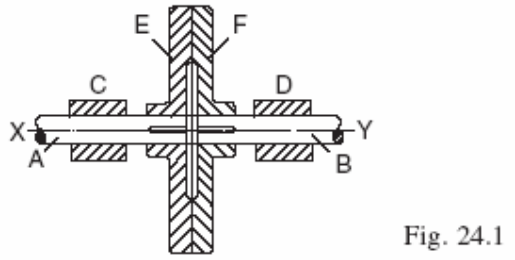


Fig. 24.1

صفحه کلاچ همانند یک لغزنده میتواند روی شفت خروجی حرکت محوری داشته باشد و از طرف دیگر تحت فشار فنری قرار دارد که آنرا به چرخ لنگر می فشارد. جدا شدن کلاچ از فلایویل توسط مکانیزمی که پدال کلاچ را به صفحه کلاچ متصل می کند، صورت میگیرد. از آنجائیکه انتقال قدرت بین صفحه کلاچ و فلایویل توسط اصطکاک صورت می پذیرد، جنس صفحات هم از لحاظ ضریب اصطکاک بالا و هم لحاظ خوردگی، بسیار مهم است. مقدار گشتاور انتقال یافته بستگی خواهد داشت به :

- ضریب اصطکاک صفحات
- مقدار سطح صفحات
- مقدار نیروی فنر پشت صفحه کلاچ

متاسفانه افزایش سطح صفحه کلاچ باعث افزایش اینرسی میشود. به عبارت دیگر هنگامیکه صفحه کلاچ از فلایویل جدا میشود باید تا حد امکان بسرعت متوقف شود. بنابراین در یک نیروی ثابت، با افزایش تعداد سطوح تماس، مقدار گشتاور انتقال یافته، افزایش خواهد یافت. شکل ۱-۲ بیانگر همین مطلب است.

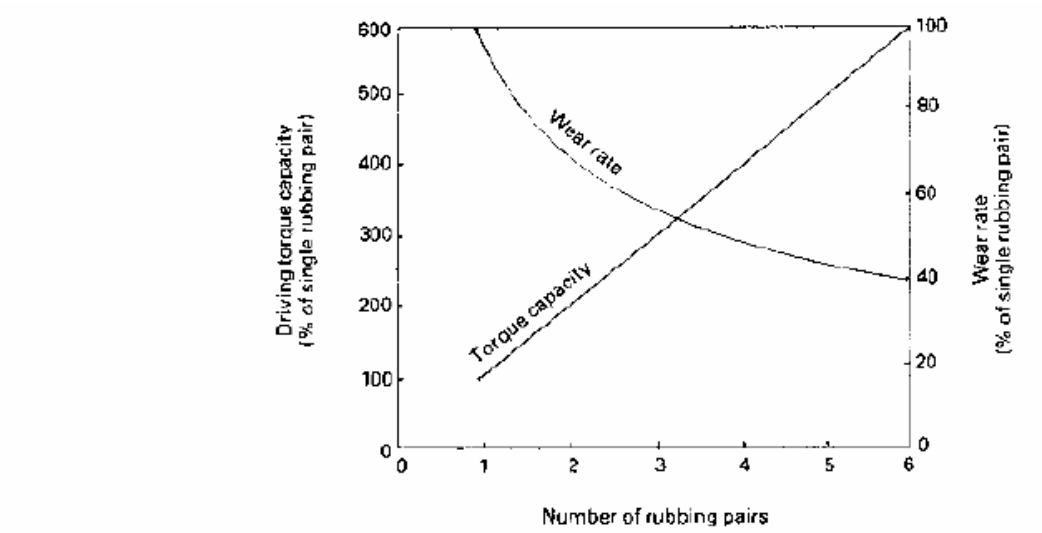


Fig. 2.1 Relationship of torque capacity wear rate and pairs of rubbing faces for multiplate clutch

در کلاچهای چند صفحه ای بدلیل اینکه سطوح میانی هم دارای تعداد سطوح درگیر بیشتری هستند و هم انتقال حرارت کمتری با محیط دارند، در معرض خوردگی شدیدتری می باشند. آستری (قسمت حلقوی بیرونی در شکل ۳-۲) و قسمت توپی مرکزی توسط فنرهای حلقوی به یکدیگر متصل شده اند. وقتی آستری با فلایویل درگیر میشود، بدلیل بوجود آمدن شوک درسیستم از فنری حلقوی استفاده شده تا شوک وارده به هزار خاری مرکزی وارد نشود.

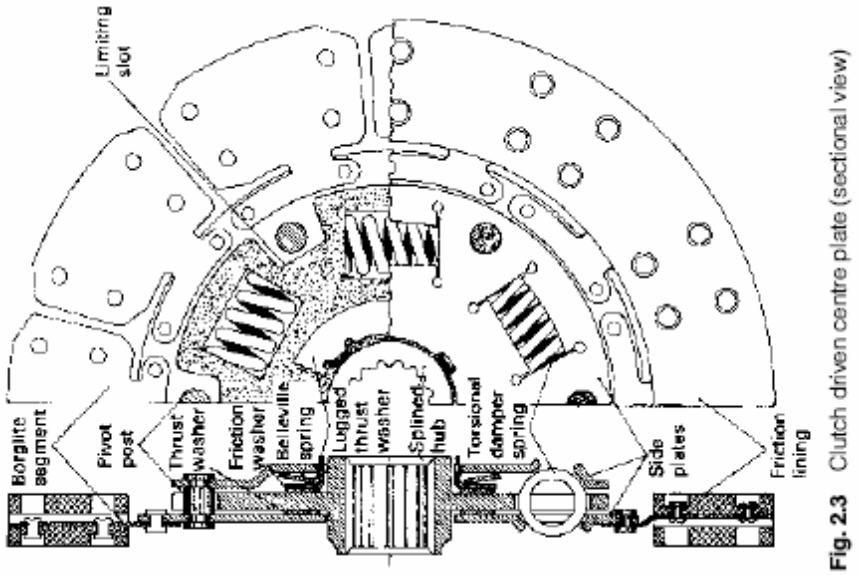


Fig. 2.3 Clutch driven centre plate (sectional view)

قائدتا مناسبترین جنس برای کلاچها آزبست میباشد ولی کلاچهای فلزی و سرامیکی نیز متداول میباشند. شکل ۱۱-۲ نمائی از نحوه اتصال صفحه و دیسک کلاچ را با فلایویل نشان میدهد.

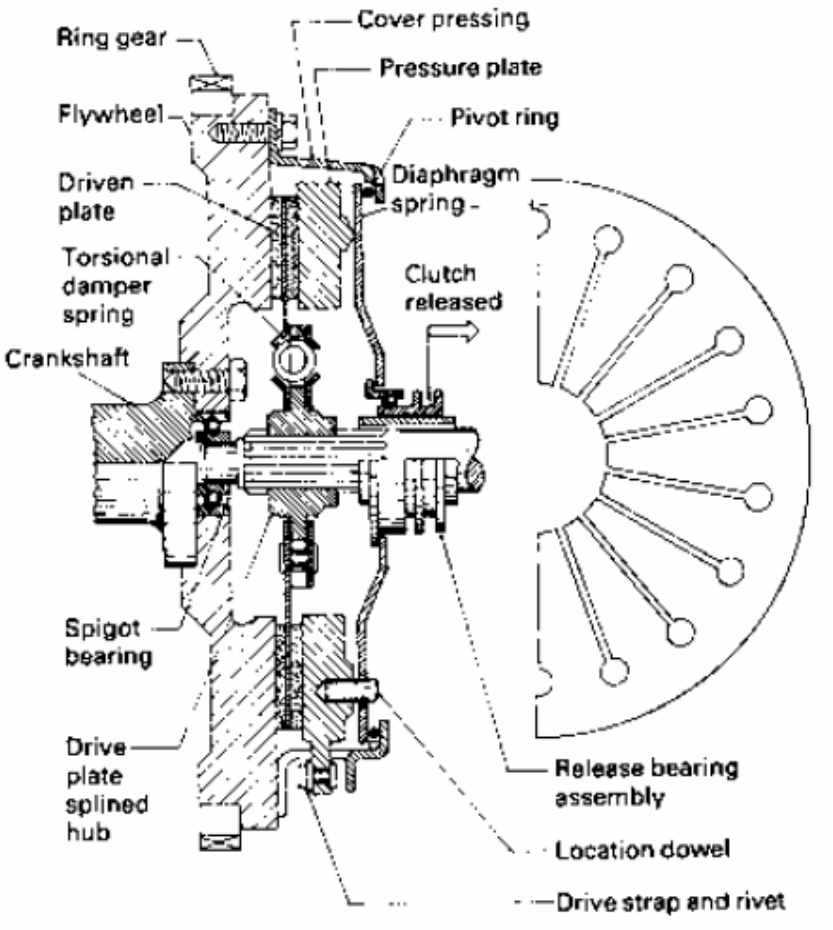
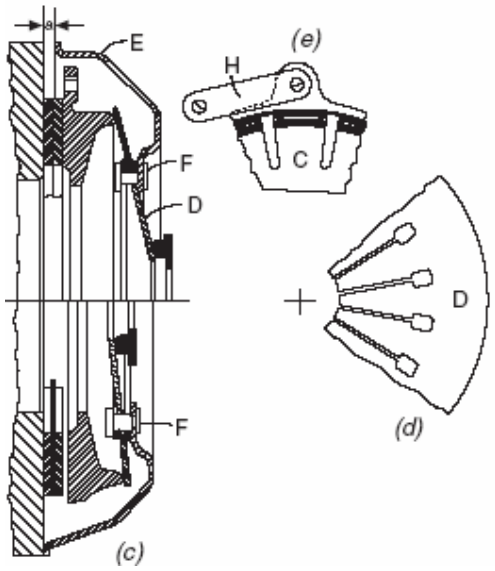


Fig. 2.11 Diaphragm single plate pull type clutch

شکل سمت راست فنر خورشیدی (دیافراگمی) شکلی را نشان میدهد که یکسر آن روی پوسته کلاچ و سر دیگر آن روی دوشاخه کلاچ نصب میشود. صفحه فنری مذکور از طریق سوراخهائی که بر رویش تعبیه شده است به دیسک متصل میشود. بنابراین پوسته کلاچ، صفحه فنری و دیسک همیشه با یکدیگر در حال چرخش هستند. قسمت داخلی دوشاخه کلاچ توخالی بوده و شفت گیربکس بدون هیچ تماسی از میان آن میگذرد. بنابراین حرکت شفت گیربکس و صفحه کلاچ با هم صورت میگیرد. اتصال دوشاخه کلاچ و صفحه فنری بوسیله یاتاقان کف گرد انجام میشود.

هنگامیکه اوپراتور پدال کلاچ را می فشارد، دو شاخه کلاچ بسمت راست حرکت کرده و همراه خود فنر خورشیدی و دیسک کلاچ را بسمت راست هدایت میکند. بنابراین فشار از روی صفحه کلاچ برداشته شده و انتقال قدرت به شفت گیربکس متوقف می شود. بالعکس وقتی اوپراتور پای خود را از کلاچ بر میدارد، فنر خورشیدی تمایل به برگشت به موقعیت اولیه را داشته و بنابراین بسمت چپ حرکت میکند و همراه خود صفحه کلاچ را به فلایویل می فشارد. بنابراین در حالت عادی که اوپراتور کلاچ نگرفته است، اتصال بین گیربکس و موتور برقرار است. به همین دلیل هنگام استارت

ماشین در صورتیکه ماشین در دنده باشد باید کلاچ گرفت چرا که گشتاور موتور در لحظه راه اندازی کم بوده و در صورت جدا نکردن گیربکس از موتور، موتور خاموش خواهد شد.
فنر دیافراگمی (خورشیدی) مقدار نیروی اوپراتور را افزیش میدهد بعبارت دیگر دارای مزیت مکانیکی است. شکل زیر دلیل این امر را نشان میدهد.



فاصله نقطه تماس دیسک کلاچ با فنر دیافراگمی کوچکتر از فاصله نقطه اعمال نیروی دوشاخه کلاچ میباشد.

$$F_{trustbearing} \times r_t = F_{disk} \times r_d \Rightarrow \frac{F_{trustbearing}}{F_{disk}} = \frac{r_d}{r_t} \;\&\; \frac{r_d}{r_t} < 1 \Rightarrow F_{disk} > F_{trustbearing}$$

کلاچهای چند صفحه ای دارای تعداد زیادی دیسک و صفحه کلاچ میباشند. نمونه ای از این کلاچها در شکل ۱۲-۲ نشان داده شده است.

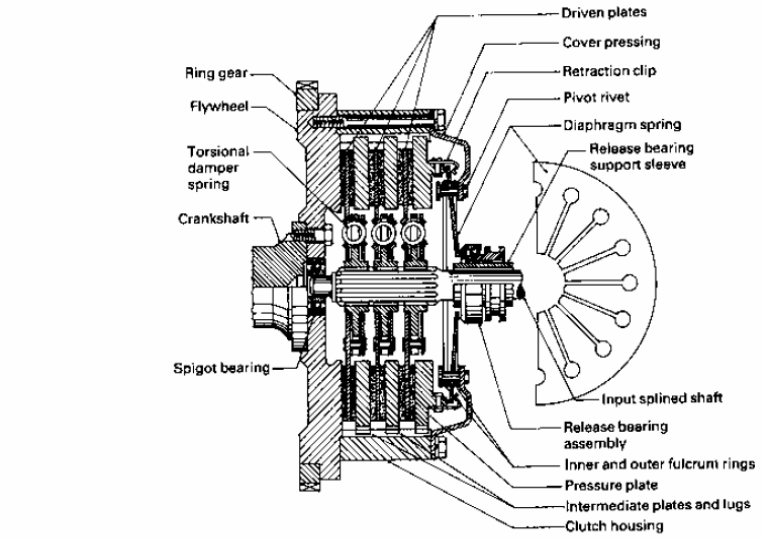


Fig. 2.12 Multiplate diaphragm type clutch

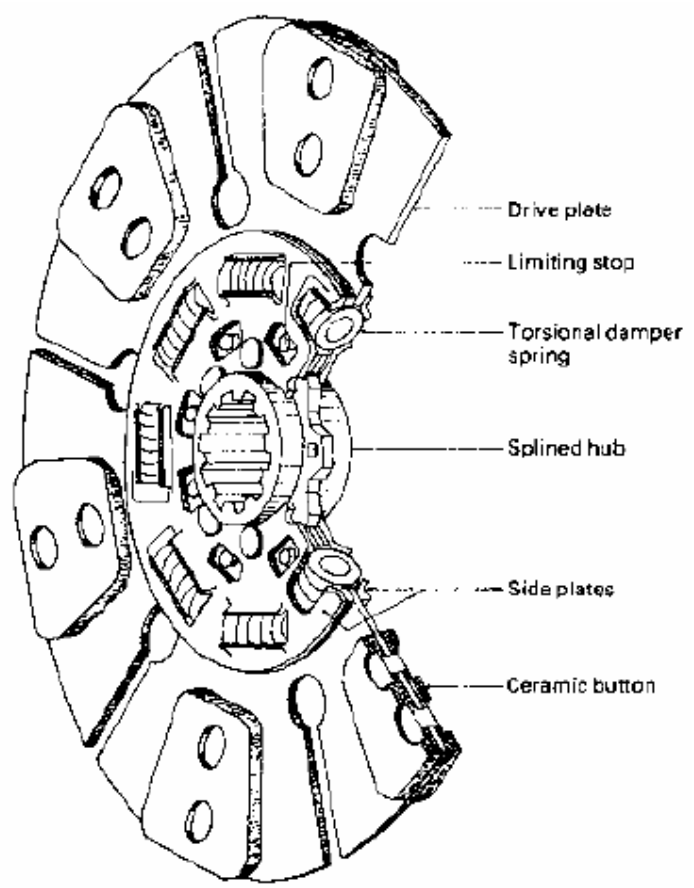


Fig. 2.9 Clutch driven plate with ceramic facings

- مکانیزمهای تحریک کلاچ :

- کلاچ بهمراه فنر Over centre

در این کلاچ که در شکل ۲۱-۲ نشان داده شده است، از یک فنر متراکم استفاده شده است. در این سیستم با فشردن کلاچ، زائده بالائی متصل به آن چرخیده و همراه خود فنر را میچرخاند. با چرخش فنر و پس از عبور آن از نقطه مرگ، فنر فرصت افزایش طول داشته و بنابراین با باز شدن خود به حرکت پدال کمک می کند.

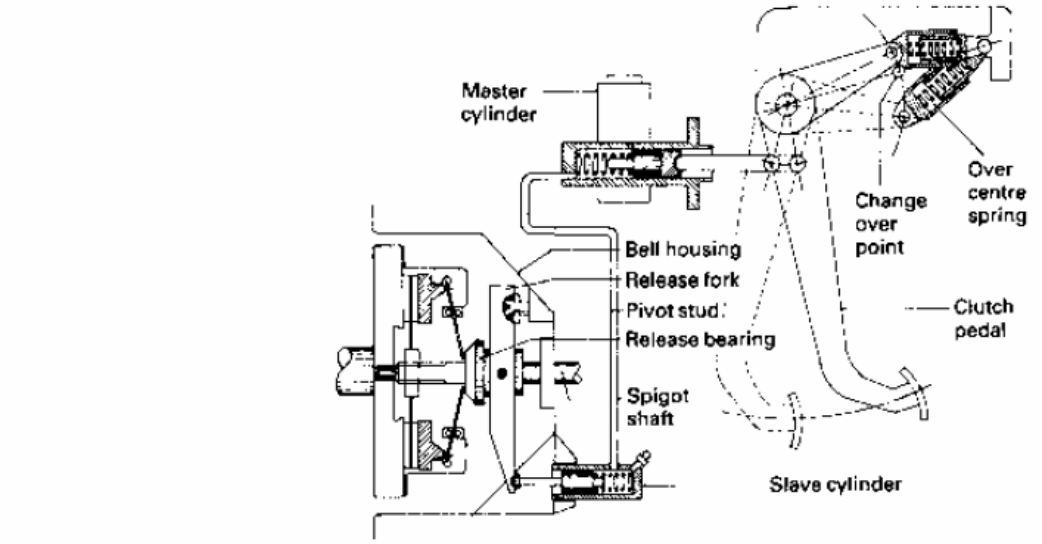


Fig. 2.21 Hydraulic clutch operating system with over-centre spring

مجموع نیروهای پای اوپراتور و فنر over centre باید بر نیروهای فنر دیافراگمی و فنرهای موجود در سیلندرها فائق آید. بدلیل آنکه پیستون سیلندر اصلی کوچکتر از پیستون سیلندر فرعی است، مقدار نیرو نیز افزایش می یابد.

- کلاچ سیمی :

در این کلاچ که در شکل ۲۲-۲ نشان داده شده است، ربع دایره در این مکانیزم ثابت بوده و طوقه دندانه دار متصل به آن میتواند روی آن بلغزد.

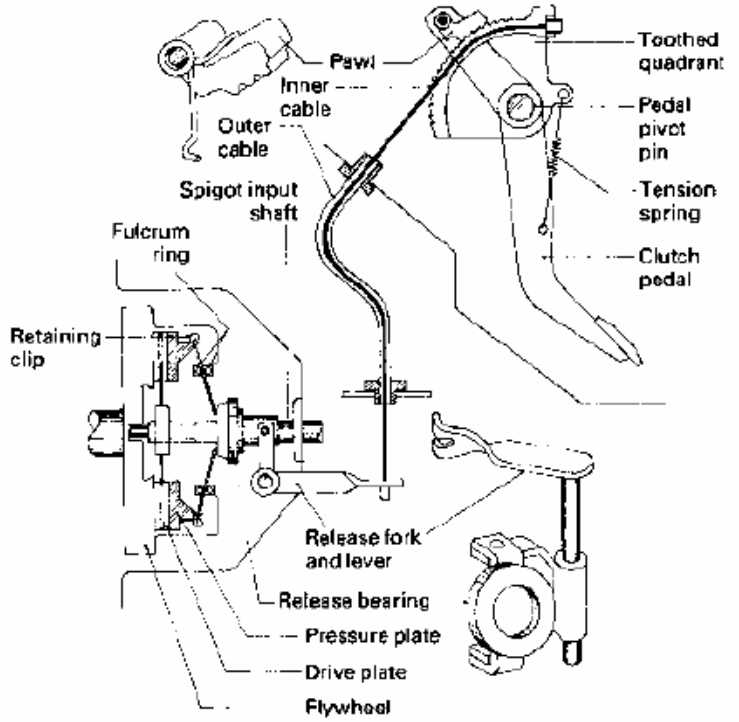
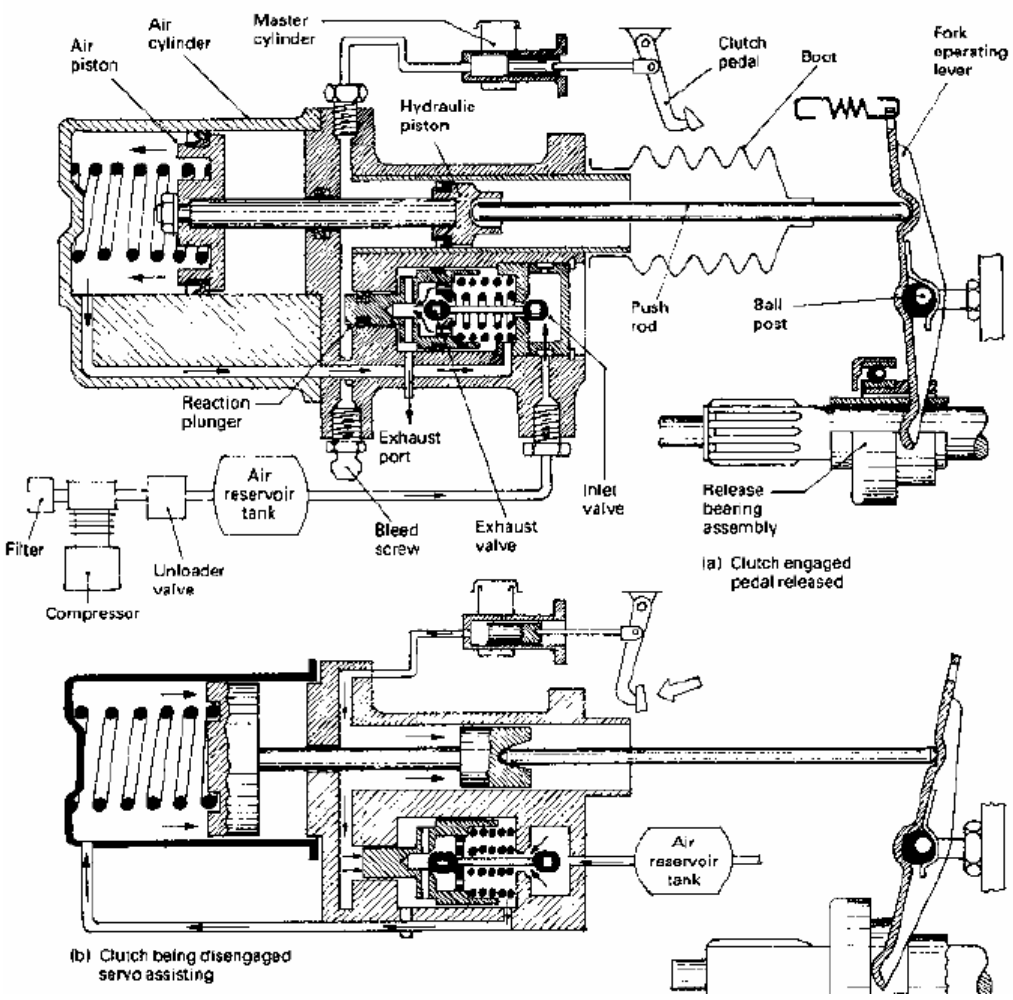


Fig. 2.22 Clutch cable linkage with automatic adjuster

یک ضامن قابل تنظیم، میتواند موقعیت پدال کلاچ و نقطه جدا شـدن کـلاچ از فلایویـل را تنظـیم کند. هنگامیکه اوپراتور کلاچ میگیرد، طوقه روی ربع دایره چرخیده و سیم کلاچ را همـراه خـود بـه عقب میراند. از طرفی فنر بین پدال و ربع دایره تحت کشش قرار می گیرد. با برداشتن فشار از روی پدال، فنر، مکانیزم را به موقعیت اولیه باز می گرداند.

- کلاچ هیدرولیکی/ پنوماتیکی :

در شرایطی که بار روی خودرو زیاد است (ماشین آلات سنگین)، برای کـاهش خسـتگی اوپراتـور از این سیستم استفاده می شود.



در شکل بالا هنگامیکه اوپراتور کلاچ میگیرد (شکل b)، از یک طرف روی پیستون کـلاچ و از طـرف دیگر روی پلانجر اثر می گذارد. فشار روغن پشت پلانجر باعث حرکت آن بسمت راست شده و طـی این فرآیند، سوپاپ خروج نیز مسیر تانک هوای فشرده به پشت پیسـتون کـلاچ را نیـز بـاز میکنـد. بنابراین اوپراتور با کمترین فشار روی کلاچ قادر به حرکت آن خواهد بود.

هنگامیکه اوپراتور پا را از کلاچ برمی دارد(شکل a)، فشار فنر دوشاخه کلاچ و همچنین فنر پشت پیستون کلاچ، باعث برگشت پیستون کلاچ بسمت چپ میشود. از طرف دیگر بدلیل آنکه فشاری پشت پلانجر نیست، هوای فشرده، پلانجر را بسمت چپ هدایت کرده و مسیر تخلیه هوای فشرده به مخزن باز میشود. از طرف دیگر فشار پلانجر از روی سوپاپ تخلیه برداشته شده و بنابراین مسیر هوای فشرده به پلانجر بسته می شود.

- کوپلینگ هیدرولیکی :

این کلاچ از دو پوسته که روتور نامیده می شوند، تشکیل شده است. یکی از پوسته ها به میل لنگ و دیگری به گیربکس متصل می باشد. هر یک از روتورها دارای مسیرهائی همانند شکل ۱۸-۲۴ است که با X-X نشان داده شده است.

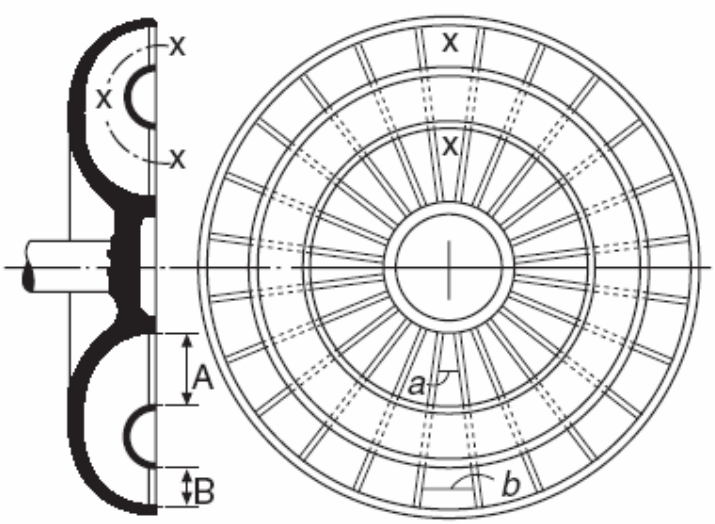


Fig. 24.18 Fluid flywheel rotor

جهت بالانس بودن سیستم هنگام کار، بدلیل آنکه فاصله a از b کوچکتر است، ارتفاع مجرای A از مجرای B بزرگتر در نظر گرفته شده است. بعبارت دیگر سطوح ورود و خروج سیال با هم برابر است.

شکل ۱۹-۲۴ حالتی را نشان می دهد که از دو روتور در مقابل هم استفاده شده است. هنگامیکه یکی از روتورها شروع به دوران نماید، سیال داخل آن بدلیل وجود نیروی گریز از مرکز از مجرای CD عبور کرده و وارد روتور B میشود. مادامیکه دور شفت ورودی(N) با شفت خروجی(n) برابر نباشد، سیال وارد روتور B میشود. به محض برابر شدن دور شفتها، انتقال سیال متوقف می شود.

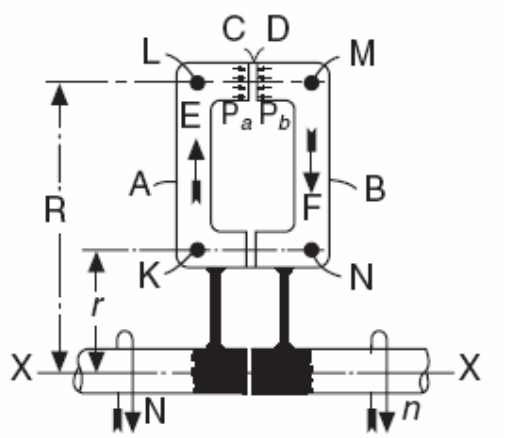


Fig. 24.19

شکل ۲۰-۲۴ حالتی را نشان میدهد که از این سیستم بعنوان کوپلینگ استفاده شده است. محفظه A و پوسته سمت چپ یکپارچه بوده و به میل لنگ متصل میباشند. محفظه B و شفت سمت راست نیز بهم متصل هستند. با چرخش پوسته و محفظه A، سیال به حرکت درآمده و باعث چرخش محفظه B و در نهایت شفت سمت چپ می شود.

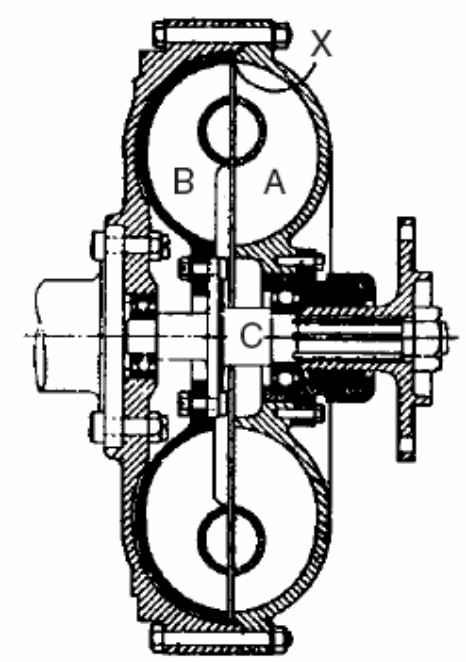
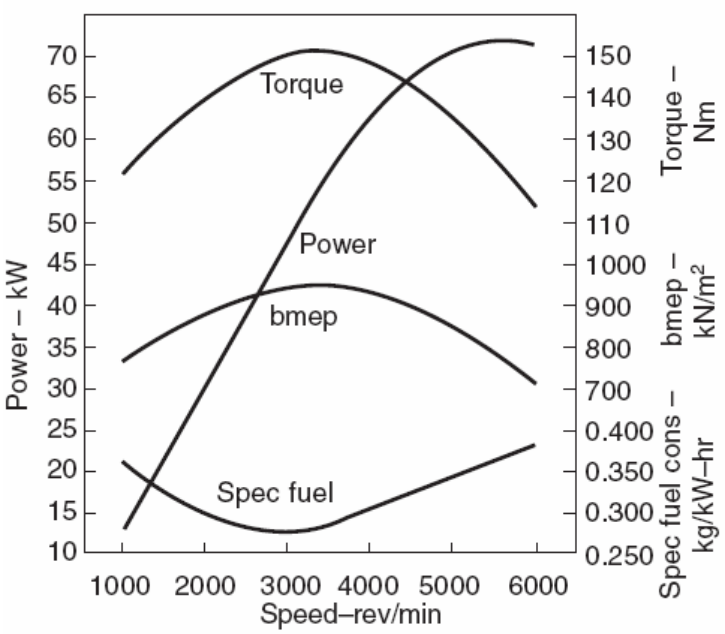


Fig. 24.20

- ضرورت وجود گیربکس :

همانگونه که در گراف شکل زیر دیده می شود، با افزایش دور، توان بالا میرود ولی محدوده تغییرات گشتاور متغیر است. مقدار گشتاور در دورهای پائین کم است زیرا فیلم روغن ضخیم بوده و نتیجتا مقدار اصطکاک زیاد خواهد بود از طرف دیگر در دورهای بالا ضخامت فیلم روغن بسیار کاهش یافته و توان اصطکاکی مجددا افزایش می یابد (این امر همانگونه که در شکل مشخص است بر روی مصرف سوخت نیز تاثیر گذار است).

بنابراین مقدار بیشینه گشتاور موتور در دور خاصی قابل دسترس است.



بنابراین باید وسیله بنام گیربکس در خودرو وجود داشته باشد تا دور چرخها در محدوده ای قرار گیرد تا ماکسیمم گشتاور قابل دسترسی باشد.

هنگامیکه خودرو روی سطوح مختلف شروع به حرکت میکند، سه نیرو بر آن وارد میشود که عبارتند از : ۱- نیروی مقاومت هوا ۲- نیروی سطح شیبدار ۳- مقاومت غلتشی.

در صورتیکه خودرو بتواند بر این سه نیرو فائق آید حرکت شتابدار افزاینده و در صورتیکه نیروهای مذکور بیشتر از نیروی رانشی خودرو باشند، حرکت از نوع شتابدار کاهنده خواهد بود.

- نیروی مقاومت هوا (آیرودینامیک) :

این نیرو با شکل جسمی که در حرکت است و همچنین با مجذور سرعت جسم رابطه مستقیم دارد. اصولا تمامی سیالات در مقابل جسمی که در آنها در حرکت است، از خود مقاومت نشان می دهند. شکل ۱-۲۵ مقدار مقاومت هوا را در مقابل سرعت جسم به تصویر میکشد.

بر طبق استانداردهای SAE نیروی مقاومت هوا برای ماشینهائی که سرعتشان کمتر از ۷۲ کیلومتر بر ساعت است، ناچیز است.

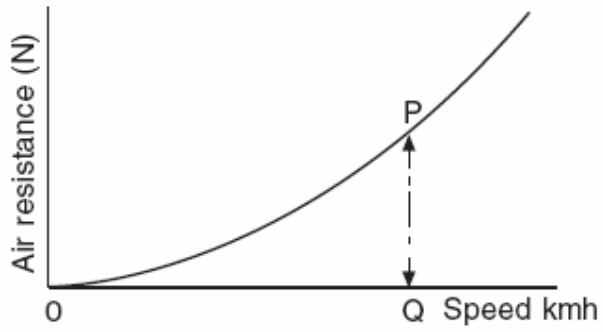


Fig. 25.1

- نیروی سطح شیبدار :

همانند شکل ۲-۲۵ هنگامیکه خودرو روی سطح شیبداری قرار میگیرد، برای حرکت بسمت بالا، چرخها باید نیروئی بیشتر از H به سطح اعمال نمایند (با صرف نظر از اصطکاک).

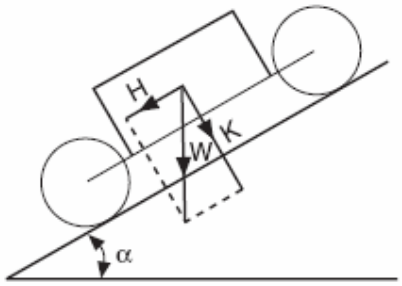


Fig. 25.2

نیروی مذکور صرفا به وزن خودرو و مقدار شیب وابسته است و مستقل از سرعت خودرو میباشد.

- مقاومت غلتشی :

شکل ۵-۲۵ نیروهای وارد بر چرخ را نشان میدهد گشتاور t مقدار گشتاوری است که از گیربکس وارد چرخ میشود. مقدار این گشتاور برابر است با $t = m \times T$. مقدار m، ضریب افزایش گیربکس و T گشتاور خروجی از موتور است.

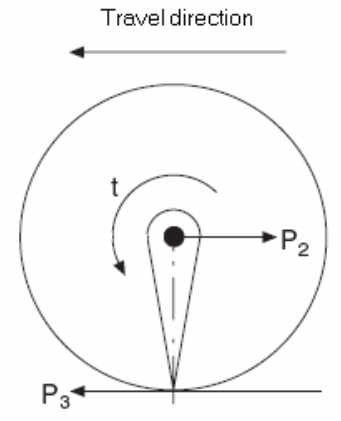


Fig. 25.5

از آنجا که نیروی مقاومت غلتشی(P_3) همواره خلاف جهت حرکت است، جهت این نیرو بسمت چپ خواهد بود. عکس العمل این نیرو به محور چرخ وارد میشود(P_2). دو نیروی مذکور با یکدیگر کوپلی تشکیل می دهند که خلاف جهت t میباشد. زمانی خودرو به حرکت در می آید که گشتاور t بر کوپل P_2P_3 فائق آید.

با توجه به اینکه تنها فاکتور رانش خودرو فائق آمدن گشتاور t بر کل نیروهای مقاوم مذکور است لذا سیستمی لازم است تا در سرعتهای مختلف و شیبهای متفاوت بتواند گشتاور لازم t را فراهم آورد.

نمودار شکل ۱-۳ ماکسیمم نیروی رانشی خودرو (Tractive Effort) را در دنده های مختلف و سرعتهای متفاوت نشان می دهد.

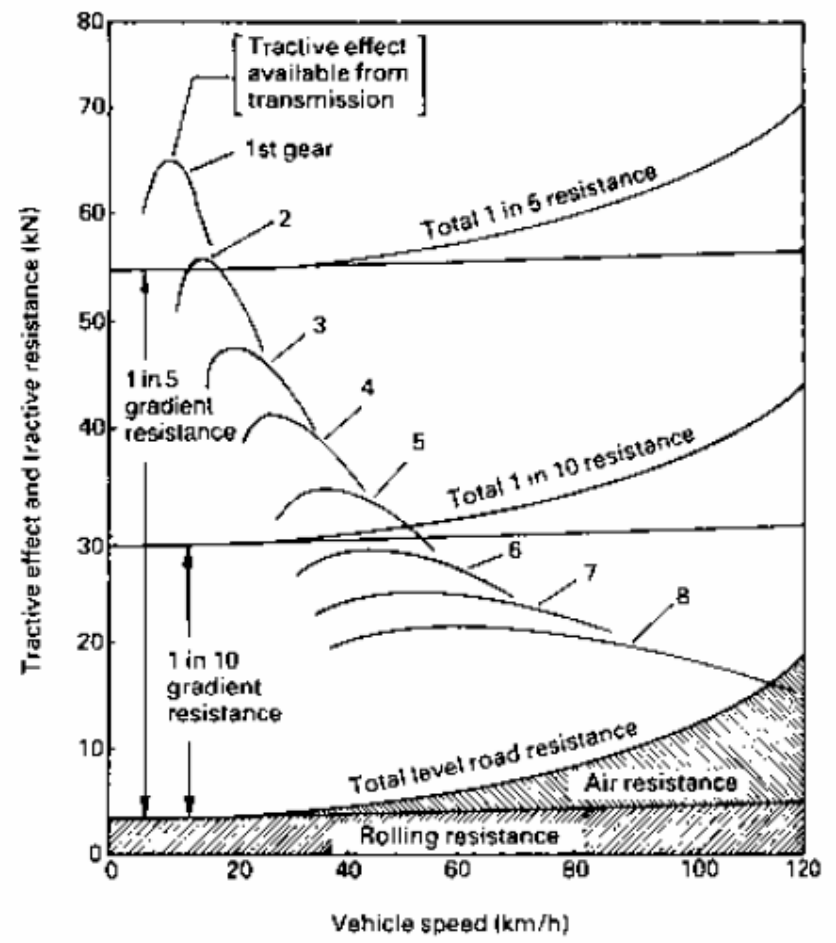


Fig. 3.1 Vehicle tractive resistance and effort performance chart

با توجه به آنچه گفته شد خواهیم داشت :

Tractive Effort>Rolling Resistance+Air Resistance+Gradient Resistance

در نمودار شکل ۱-۳، قسمت هاشور خورده برابر است با مجموع مقاومت غلتشی و مقاومت هوا. مقدار مقاومت غلتشی تقریبا مستقل از سرعت است ولی مقاومت هوا همانگونه که قبلا ذکر شد با

سرعت تغییر خواهد کرد. در همین گراف مشاهده می کنید که در شیبهای کمتر (شیب ۱ متـر بـه ازاء هر ۱۰ متر)، مقاومت گرادیان شیب کمتر خواهد بود. (چرا؟)

شکل ۲-۳ دیاگرام تغییرات سرعت خودروئی ۸ دنده را بر حسب دور موتور در دنـده هـای متفـاوت نشان میدهد. بعنوان مثال برای این خودرو در دنده ۱ هیچگاه نمیتوان بـه سـرعت ۲۰ کیلـومتر در ساعت دست یافت. از دنده ۳ به بالا، گشتاور افت میکند. خطوط پر رنگ در این گـراف محـدوده ای را مشخص می کنند که اگر دور موتور بیشتر از آن باشد، مصرف سوخت بهینه نخواهد بود.

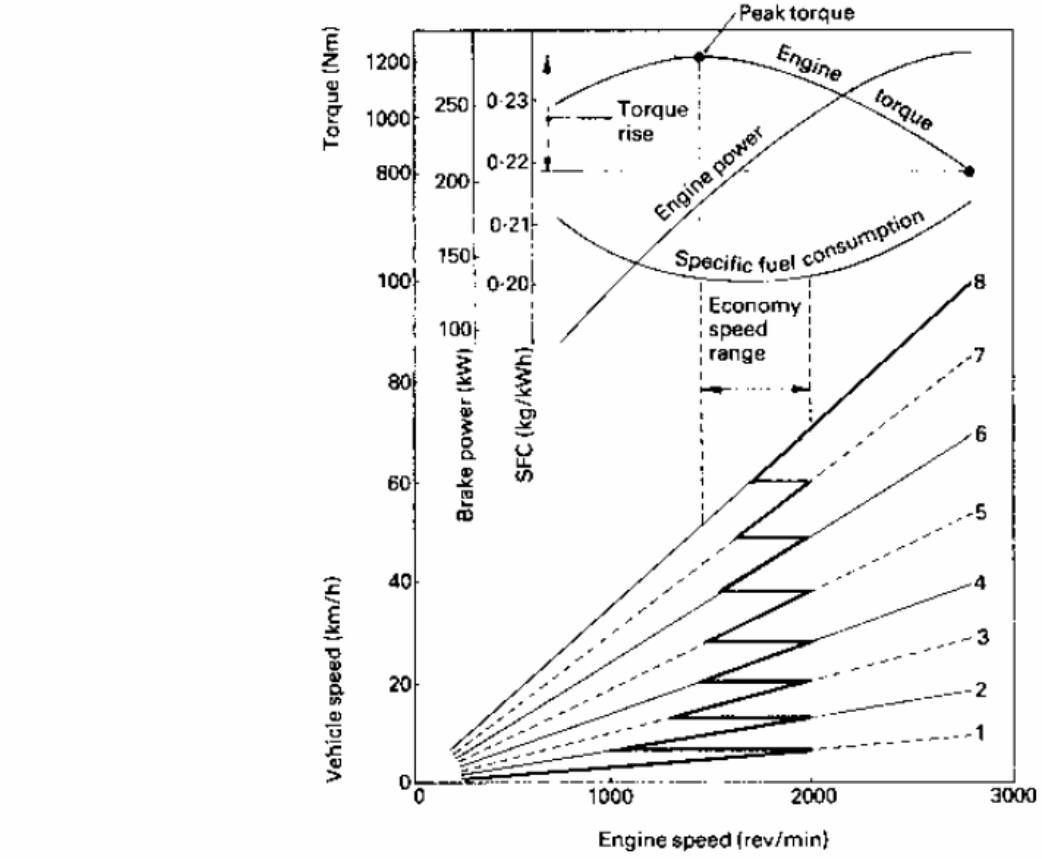


Fig. 3.2 Engine performance and gear split chart for an eight speed gearbox

طبق این نمودار در دور ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ rpm، مقدار مصرف سوخت کمینه خواهد بود بنـابراین در دنده های مختلف، محدوده دور موتور جهت کمینه شدن مصرف سوخت بدست خواهد آمد.

- ساختمان داخلی گیربکسهای مکانیکی :

گیربکسهای مکانیکی از این جهت که دنده های داخلی قابل حرکت باشند یا همواره بـا هـم درگیـر باشند بدو دسته زیر تقسیم بندی میشوند.

- Sliding Mesh
- Constant Mesh

- Sliding Mesh :

نمونه ای از این گیربکس در شکل ۱-۲۶ نشان داده شده است. خروجی کلاچ از طریق شفت کوتاه A وارد گیربکس میشود. شفت A با چرخدنده B یکپارچه است. این چرخدنده دائما با چرخدنده D درگیر است. چرخدنده D به نوبه خود نیز با شفت E یکپارچه است. چهار چرخدنده دیگر نیز روی این شفت قرار دارند (F,G,H,J).

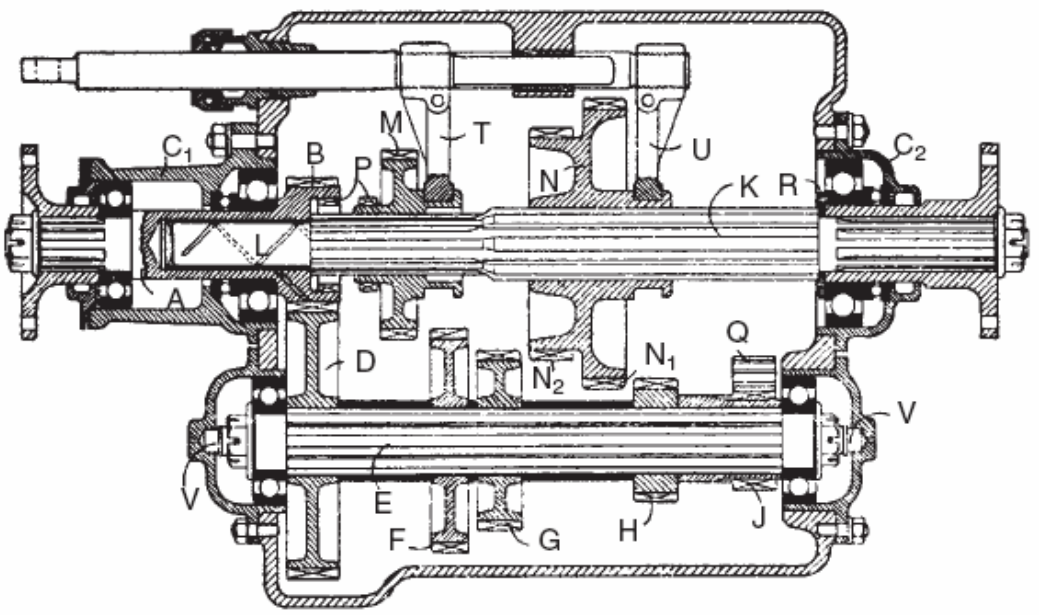


Fig. 26.1 Sliding-mesh gearbox

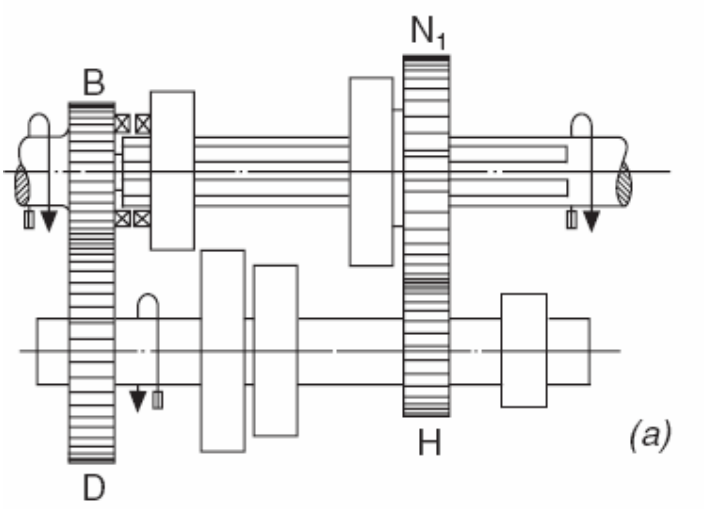
چرخدنده J بطور دائم با چرخدنده هرزگرد Q در ارتباط است. شفت خروجی از گیربکس که در پوسته C2 نصب شده است با شفت KL یکپارچه بوده و بصورت توپی در پوسته شفت A قرار داده شده است. شفت بالائی گیربکس بصورت هزارخاری بوده و دو چرخدنده M و N را روی خود حمل میکند. چرخدنده N بصورت دوبل بوده و به نوبه خود شامل دنده های N1 و N2 میباشد. ماهکهای T و U میتوانند چرخدنده M و N را در راستای شفت فوقانی حرکت دهند. ماهکهای T وU در داخل شیارهای چرخدنده های M و N نصب شده اند بنحوی که با حرکت ماهک، چرخدنده در راستای شفت حرکت خواهد کرد ولی باید توجه نمود که این عمل از چرخش چرخدنده جلوگیری نمیکند.

دنده P که در یک سمت چرخدنده M قرار گرفته است، با حرکت ماهک T، بسمت هزارخاری B رفته و با آن درگیر می شود. این عمل باعث یکپارچه شدن شفت ورودی با شفت فوقانی می شود. شفت فوقانی به چرخ متصل می باشد. توپی L دارای شیارهای موربی جهت روغنکاری است.

نحوه عملکرد گیربکس شکل ۱-۲۶ که دارای ۴ دنده جلو و یک دنده عقب است در زیر آمده است.

- دنده ۱ :

نحوه عملکرد گیربکس در دنده ۱ در شکل ۳-۲۶ حالت a نشان داده شده است.



در این حالت، ماهک U، چرخدنده N1 را با چرخدنده H درگیر میکند. همانگونه که قبلا گفته شد شفت پائینی همواره در حال چرخش است. یعنی چرخدنده H همواره در حال گردش است حال که چرخدنده N1 با آن درگیر شده است، بدلیل هزارخاری بودن دنده N1 با شفت فوقانی، انتقال قدرت به شفت بالائی منتقل شده و از گیربکس خارج میشود. بدلیل آنکه چرخدنده کوچک، چرخدنده بزرگ را می چرخاند، گشتاور افزایش می یابد. مسیر انتقال قدرت بصورت B-D-H-N1 می باشد.

$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in N}}{\text{No. teeth in H}} = n_1$$

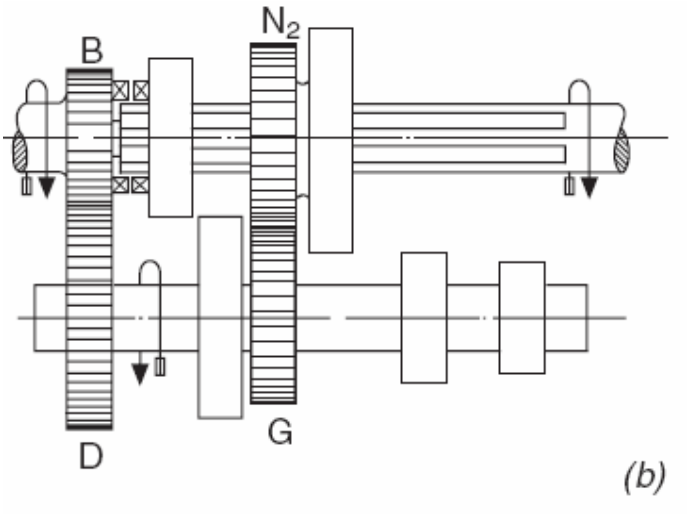
نسبت کاهش دور در کسر اول رابطه فوق (نسبت D به B)، همواره ثابت است.

- دنده ۲ :

در اینحالت ماهک U، چرخدنده N2 را چرخدنده G درگیر می کند. رابطه دور خروجی برابر خواهد بود با :

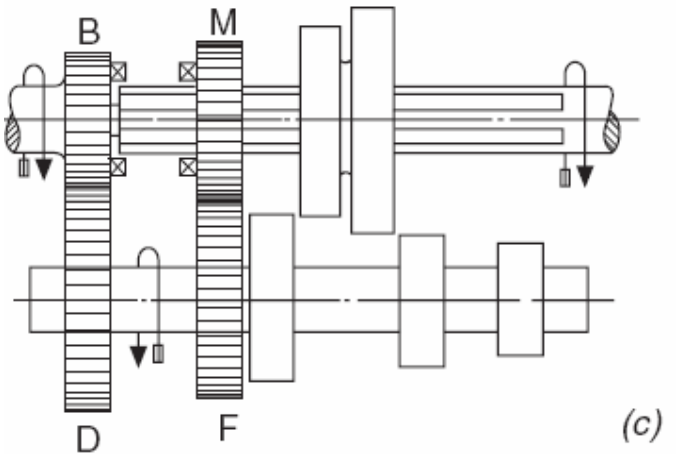
$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in N}_2}{\text{No. teeth in G}}$$

در مقایسه رابطه بدست آمده با رابطه قبلی در می یابیم که در کسر دوم رابطه اخیر نسبت دور N2 بر G افزایش می یابد. به عبارت دیگر چون قطر دنده خروجی در اینحالت نسبت به دنده ۱ کاهش یافته، بنابراین گشتاور خروجی سیستم کاهش و دور خروجی افزایش می یابد.



- دنده ۳ :

در این دنده بجای استفاده از چرخدنده N، از دنده M استفاده می شـود. در اینحالـت بـدلیل آنکـه قطر دنده M نسبت به F کاهش یافته و چرخدنده بزرگ، کوچـک را میرانـد بنـابراین دور افـزایش یافته و گشتاور کاهش می یابد.

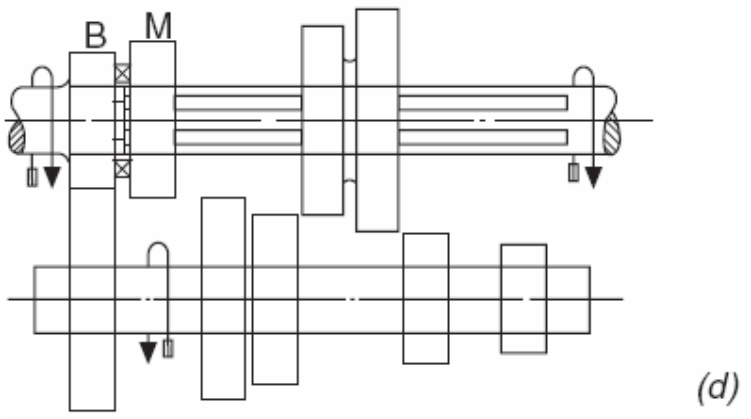


نسبت دور خروجی به ورودی برابر است با :

$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in M}}{\text{No. teeth in F}}$$

- دنده ۴ :

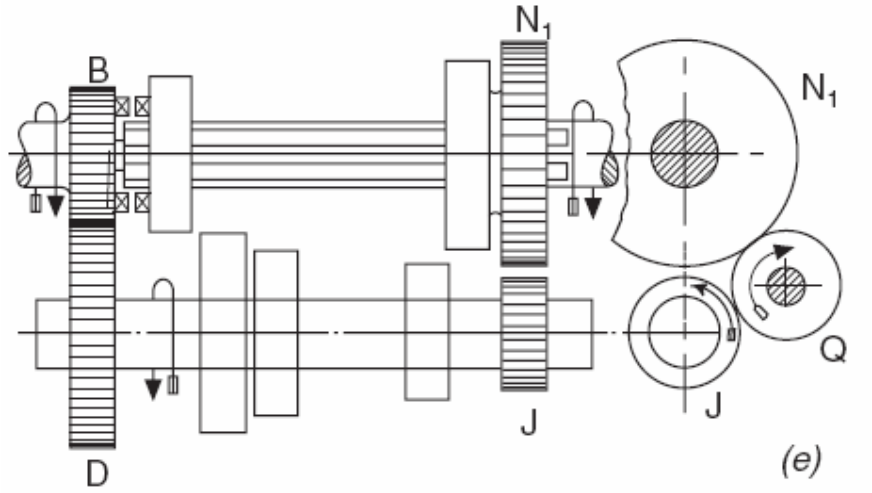
در این دنده چرخدنده M از طریق پینیون P با شفت ورودی یکپارچه می شود. در دنده هـای ۱،۲ و۳ بهر حال کاهش دوری از B به D صورت میگیرد ولی در دنده ۴ شفت خروجی بطور مستقیم به شفت ورودی متصل می شود.



در این دنده دور شفت ورودی و خروجی یکسان بوده و شفت پائینی گیربکس حالت هرزگرد دارد.

- دنده عقب :

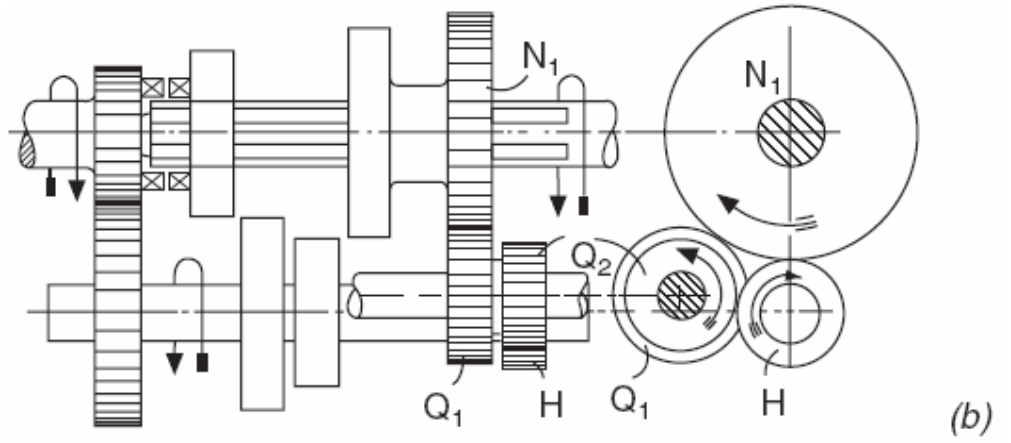
همانگونه که قبلا ذکر شد تا زمانیکه اوپراتور کلاچ نگیرد شفت پائینی همیشه بصورت هرزگرد در حال چرخش است و از آنجا که این شفت با چرخدنده Q همواره درگیر است، چرخدنده Q نیز همیشه بصورت هرزگرد در حال چرخش است.



هنگامیکه چرخدنده N بسمت راست حرکت کند، دنده N1 با Q درگیر شده و جهت چرخش N1 معکوس خواهد شد. بدلیل آنکه نسبت دنده ای Q و N1 بیشتر از H و N1 است، دنده عقب نسبت به دنده ۱ گشتاور بیشتر و دور کمتری خواهد داشت.

$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in N}_1}{\text{No. teeth in J}}$$

روش دیگر تعویض دنده به حالت معکوس در شکل زیر نشان داده شده است. در این حالت دنده عقب از دو چرخدنده که روی یک محور واحد نصب شده اند، تشکیل شده است. دنده Q2 با H درگیر شده و این عمل باعث چرخش شفت محرک Q1Q2 خواهد شد. از طرف دیگر Q1 با N1 درگیر شده و انتقال قدرت به شفت خروجی صورت می پذیرد.



مزیت استفاده از این روش اینست که طول گیربکس نسبت به حالت قبل کاهش می یابد. از معایب سیستم فوق اینست که تعداد اعضای محرک در این حالت نسبت به حالت قبل افزایش یافته است.

$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} =$$

$$\frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in } Q_2}{\text{No. teeth in H}} \times \frac{\text{No. teeth in } N_1}{\text{No. teeth in } Q_1}$$

- مکانیزم کنترل دنده (ماهک) :
  - مکانیزم نوع لغزنده

برای هر عضو لغزنده در گیربکس یک ماهک (Selector Fork) وجود دارد. ماهک نباید هیچگونه مقاومتی برای چرخش دنده ها ایجاد نماید و صرفا حرکت محوری در آنها ایجاد نماید. ماهک به نوبه خود نیز روی محوری موازی با شفت اصلی سوار بوده و میتواند با آن بلغزد. از آنجائی که فقط یک دسته دنده ولی چند دنده در اختیار اوپراتور است، حرکتهای مختلف دسته دنده میتواند باعث ایجاد دنده های متفاوت شود.

همانگونه که در شکل ۵-۲۶ مشاهده می کنید، قسمت ۱ نمای بقل از گیربکس را همانند شکل ۱-۲۶ نشان میدهد. حرکت دسته به راست و چپ در شکل ۱ باعث حرکت همین عضو بسمت جلو و عقب در شکل ۲ می شود و بالعکس. اوپراتور برای چک کردن حالت خلاص دسته دنده را در شکل ۲ بسمت راست و چپ حرکت می دهد. این عمل با حرکت زائده K در شیار P از شکل قسمت ۳ می شود.

هر یک از ماهکهای C، D و E بر روی میله های F,G,H که به پوسته گیربکس متصل هستند می لغزند. هنگامیکه زائده K پشت شیار مربوط به هر یک از ماهکها قرار گیرد، میتواند آن ماهـک را در جهت عمود حرکت دهد. بعنوان مثال فرض کنید در قسمت ۱ و ۳ از شکل ۵-۲۶ زائـده K توسـط اوپراتور پشت شیار P از ماهک C قرار گیرد. با حرکت دسته دنده ماهک C میتواند بنا بـه خواسـت اوپراتور بسمت جلو یا عقب حرکت نماید.

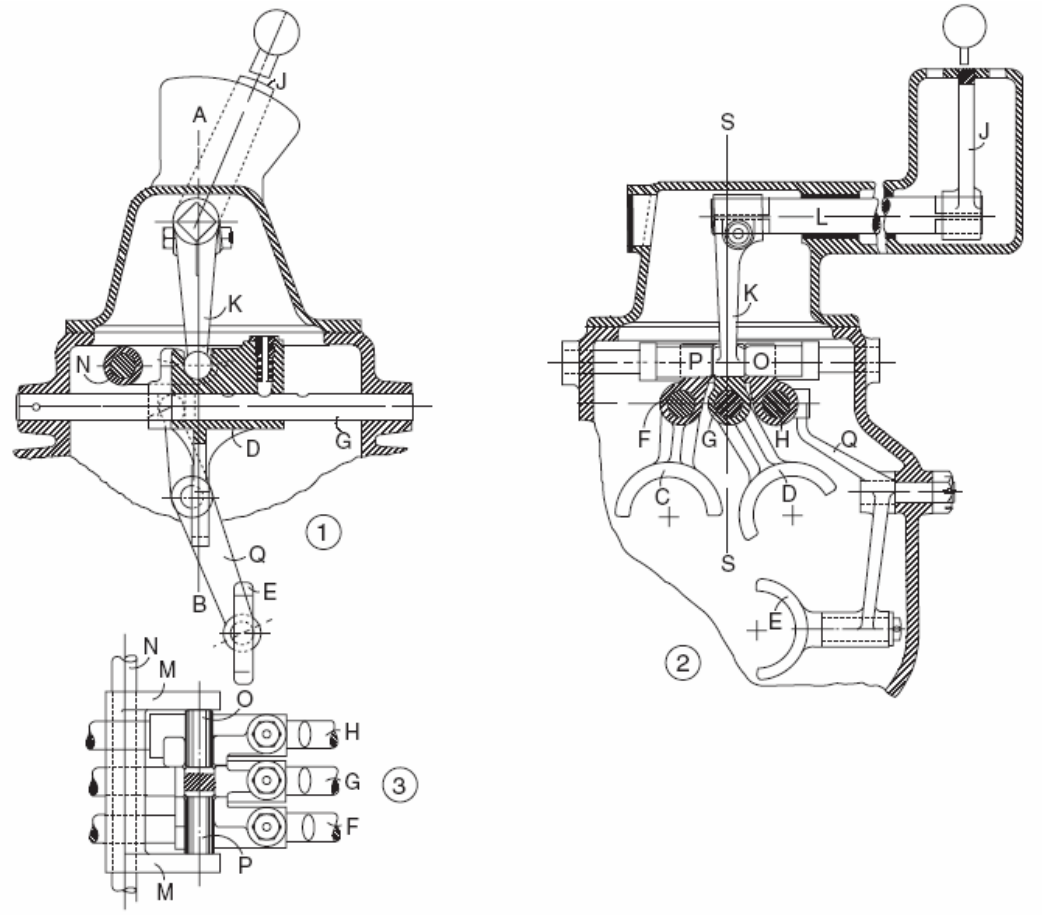


Fig. 26.5 Sliding-type selector mechanism

بعد از درگیری دنده برای آنکه دنده پس زده نشود (بدلیل دور بالای دنده هـای درگیـر شـونده)، از یک ساچمه تحت فشار فنر استفاده شده است بطوریکه ماهک را روی شفت هادی مربوطه ثابت نگه می دارد.

- مکانیزم نوع کروی :

نمونه ای از این سیستم در شکل ۶-۲۶ نشان داده شده است. ماهکهای A و B می توانند در داخل شیارهائی که داخل گیربکس تعبیه شده اند بلغزنـد. شـکل ۷-۲۶ جزئیـات ماهـک را در ایـن طـرح نشان میدهد.

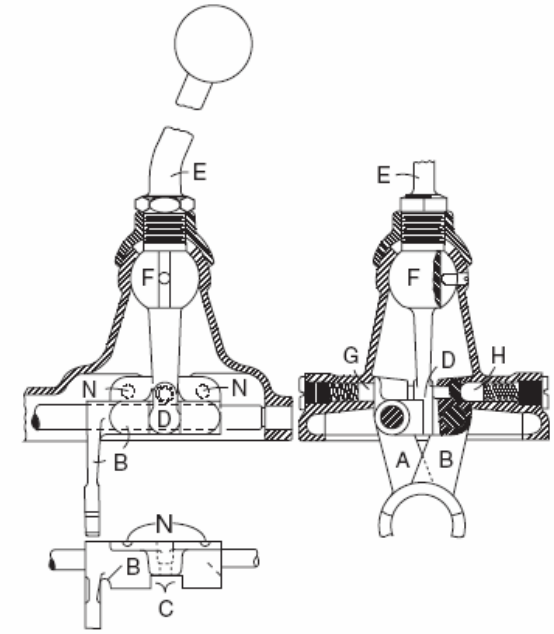


Fig. 26.6 Ball-type selector

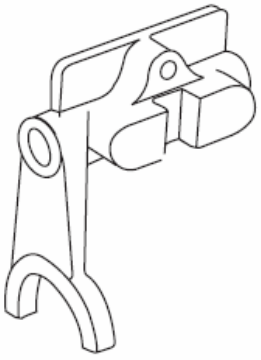


Fig. 26.7 A selector fork

شیارهای C در داخل ماهک تعبیه شده اند تا انتهای D از دسته دنده بتواند در آنها حرکت نموده و بنابه نیاز اوپراتور با یکی از ماهکهای A یا B درگیر شود.

- Constant mesh :

در این گیربکس در هر لحظه، تمام دنده ها با یکدیگر در اتصال دائم می باشند. ساده ترین نمونه این دسته از گیربکسها در شکل ۱۱-۲۶ نشان داده شده است.

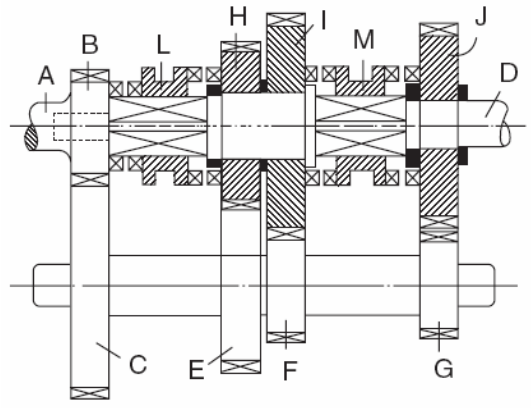


Fig. 26.11 Constant-mesh gearbox

چرخدنده B با محور A که به خروجی کلاچ متصل است، یکپارچه بوده و از طرف دیگر در اتصال دائم با چرخدنده C میباشد. دنده های E,F,G با محور پائینی گیربکس یکپارچه بوده و بنابراین سرعت زاویه ای تمامی آنها یکسان است ولی سرعت خطی متفاوت دارند. چرخدنده های H,I,J بطور دائم با دنده های شفت زیرین در اتصال بوده و بنابراین همواره در حال چرخش می باشند. دنده های مذکور روی محور فوقانی حالت هرز گرد داشته و اتصال آنها با شفت بالائی توسط دنده

برنجی M و L صورت میگیرد . دنـده هـای مـذکور روی بلبرینـگ یـا بـوش سـوار مـی باشـند. در صورتیکه به هر نحو، یکی از دنده های H,I,J به شفت فوقانی متصل شود، انتقال قـدرت توسـط آن چرخدنده به محور فوقانی انتقال می یابد و بنابراین بدلیل آنکـه انـدازه دنـده هـای فوقـانی بـا هـم متفاوت است، سرعتهای متفاوتی بوجود خواهد آمد.
دنده برنجی L,M بصورت هزارخاری به محور فوقـانی متصـل بـوده و قابلیـت حرکـت محـوری در راستای شفت فوقانی را دارند.
درصورتیکه دنده برنجی M بسمت چپ حرکت کند، دنده I را به محور فوقانی متصل کرده و دنـده ۱ ایجاد خواهد شد. در این حین دنده برنجی L در حالـت خنثـی قـرار دارد. دنـده ۲ وقتـی ایجـاد خواهد شد که دنده برنجی بسمت راست حرکت کند. این عمل باعث خواهد شد تا دنده H با محـور یکی شده و بدلیل کـوچکتر شـدن نسـبت دنـده ای، گشـتاور کـاهش و دور افـزایش مـی یابـد. در صورتیکه دنده برنجی L بسمت چپ حرکت کند، حالت Direct Drive اتفاق افتـاده و سـبکترین دنده ایجاد خواهد شد. حرکت دنده برنجی M بسمت راست باعث ایجاد دنده عقب خواهد شد.
گیربکسهای اتصال دائم نسبت به انواع لغزنده دارای مزایای زیر هستند :

- از آنجا که در این نوع گیربکس از دنده مورب استفاده میشود اولا درگیری دنده هـا راحـت تر انجام شده و ثانیا صدای کمی ایجاد خواهد شد.
- بدلیل سطح تماس بیشتر در دنده های مورب، تنش وارد بر دنده هـا در ایـن حالـت بسـیار کمتر است.
- از آنجا که عملا دنده برنجی عمل قطع و وصل دنده های اصلی را بعهـده دارنـد، خـوردگی روی آنها اتفاق افتاده و از وارد شدن خسارت به دنده های اصلی جلوگیری می شود.

- گیربکس ترکیبی (Constant-Sliding Mesh) :

شکل ۱۲-۲۶ نمونه ای از یک گیربکس ترکیبی را نشان می دهد. دنده های ۱ و ۲ از نوع لغزشـی و سائر دنده ها از نوع دائما درگیر می باشند. شفت A به محور خروجی از گیربکس متصـل بـوده و از طرف دیگر با چرخدنده B یکپارچه است. دنده B به نوبه خود F را چرخانده و بنابراین محور زیرین گیربکس به چرخش در می آیـد. دنـده هـای C,D,E,F همگـی نسـبت بـه محـور زیـرین حالـت هزارخاری دارند. محور فوقانی G از یک طرف در توپی چرخدنده B جازده شده و از طرف دیگر نیز بواسطه بلبرینگ به پوسته گیربکس متصل است. بدلیل بلند بودن شفت بالائی ایـن شـفت از وسـط توسط بیرینگ به پوسته متصل شده است.
چرخدنده H با حرکت محوری خود بسمت راست یا چپ روی شفت بالائی بترتیب با دنده هـای C و D درگیر شده و دنده ۱ و ۲ را بوجود می آورد.

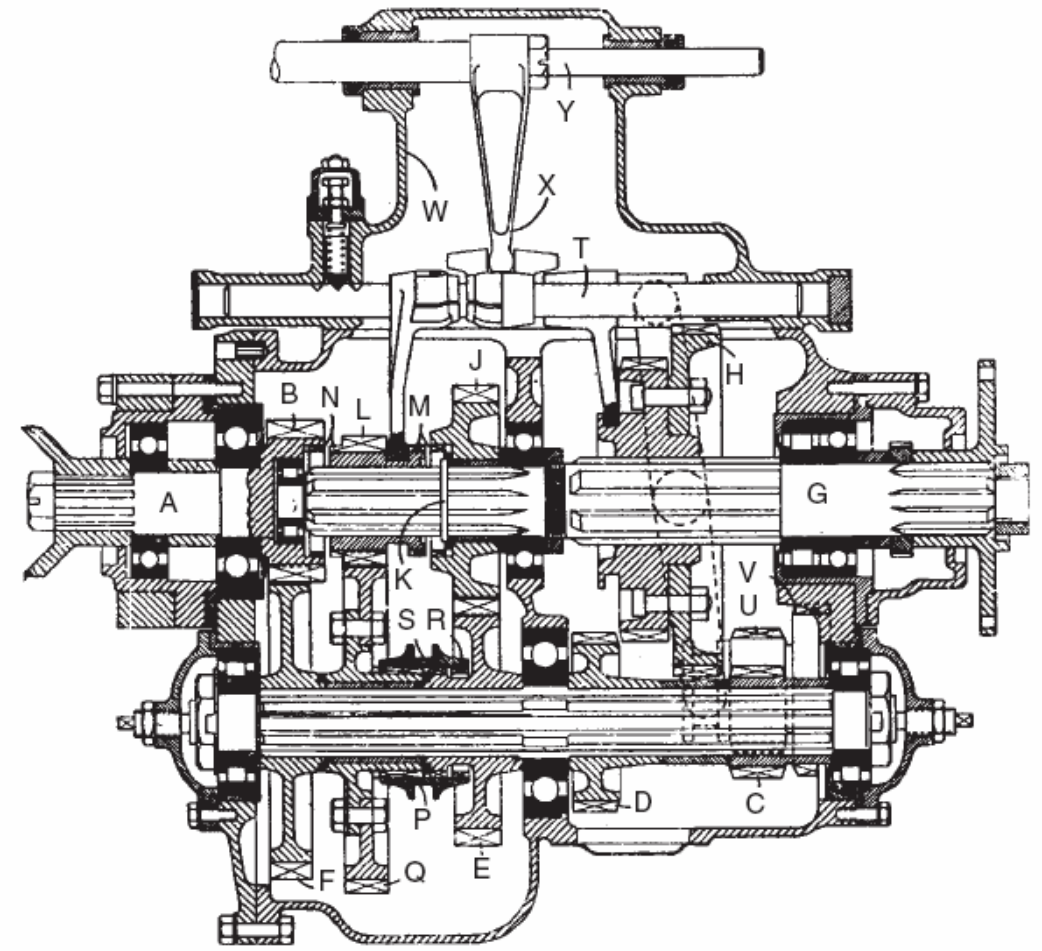


Fig. 26.12 Five-speed gearbox

چرخدنده J روی محور فوقانی حالت آزاد داشته و توسط رینـگ قفلـی K در مکـان خـودش ثابـت میشود. قسمتهای سیاه رنگ در این شکل بوش می باشند. دنده J و E بـا هـم اتصـال دائـم دارنـد. هنگامیکه دنده لغزنده L بسمت راست حرکت میکند، دنده J با محور یکی شده و بنـابراین دنـده ۳ تولید می شود. این عمل توسط درگیری هزارخاری داخلی و خـارجی M صـورت میگیـرد. دنـده ۴ حالت Direct Drive داشته و با حرکت دنده L بسمت چپ محقق میشود. دنده ۵ حالت Over Drive دارد. وقتی قسمت R از بوش P بسمت چـپ حرکـت نمایـد، از یـک طـرف بـا دنـده R از چرخدنده E و از طرف دیگر با دنده S از چرخدنده Q درگیر می شود. بنـابراین چرخدنـده Q کـه نسبت به شفت پائینی حالت هرز گرد دارد، توسط بوش P با شفت تحتانی یکپارچـه شـده و بـا آن میچرخد. این عمل باعث چرخش دنده L و در نهایت شفت فوقانی می شـود. چـون قطـر دنـده Q نسبت به L بزرگتر است، دور افزایش می یابد.

نمونه دیگری از گیربکسهای ترکیبی در شکل ۱۳-۲۶ نشان داده شده است.

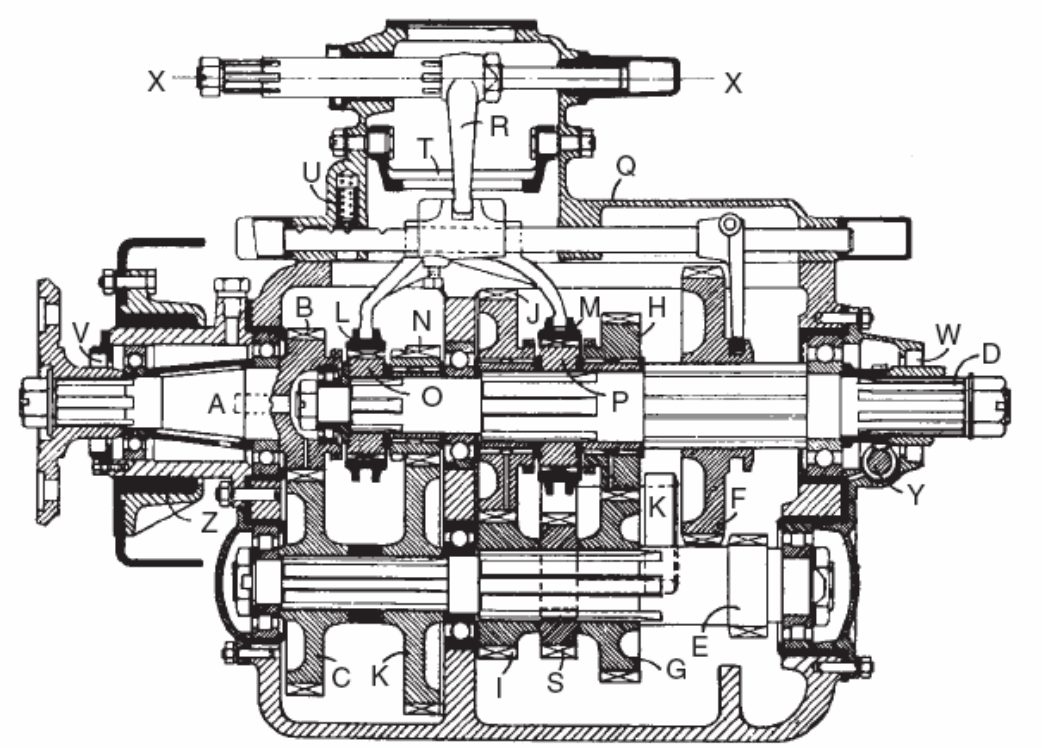


Fig. 26.13

چرخدنده B همانند حالت قبلی بطور دائم با دنده C درگیر است. چرخدنده های C,K,I,S,G نسبت به شفت تحتانی حالت هزارخاری داشته ولی دنده E با شفت تحتانی یکپارچه است. قسمت میانی این شفت بوسیله بلبرینگ به پوسته اتصال یافته است. دنده های G,I,K بصورت Constant Mesh بترتیب با دنده های H,J,N اتصال دارند. دنده برنجی های L,M به نوبه خود اتصال دنده های H,J,N,B را با شفت اصلی فراهم می آورند. دنده برنجی های L,M به نوبه خود روی دنده های O,P نصب شده و با حرکت دسته دنده می توانند به طرفین حرکت کنند. به عبارت دیگر با حرکت دسته دنده، دنده برنجی های مذکور می توانند با دنده های کوچکی که روی دنده های H,J,N,B تعبیه شده درگیر شده و اتصال دنده های مذکور را با شفت فوقانی برقرار سازند. دنده هرزگرد K با دنده S از شفت تحتانی درگیری دائم داشته و بنابراین بطور دائم در حال چرخش است. با حرکت دنده F بسمت چپ، این دنده با K درگیر شده و دنده عقب تولید می شود.

- همدور ساز (Synchromesh) :

این ابزار از برخورد دنده ها در هنگام درگیری اولیه جلوگیری می کند. در این روش قبل از درگیری چرخدنده ها ابتدا دور دو دنده توسط یک سطح اصطکاکی یکسان شده و سپس درگیری اتفاق می افتد. سطوح درگیر مذکور باید دارای مقاومت بالائی نسبت به خوردگی باشند.

شکل ۱۵-۲۶ نمونه ای از یک مکانیزم همدور ساز را نشان می دهد. فرض کنید همانند آنچه در قبل گفته شد شفت A خروجی گیربکس و شفت D، شفت فوقانی گیربکس باشند. بنابراین چرخدنده B در اتصال دائم با شفت تحتانی می باشد. هر دو دنده B,C دارای دنده های B,E و همچنین سطوح مخروطی G,H می باشند.

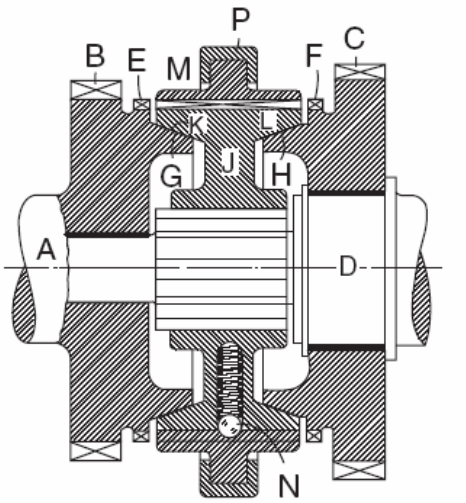


Fig. 26.15

عضو J قابلیت لغزش در راستای شفت اصلی را داشته و دارای سطوح K,L می باشد. بدین ترتیب اگر عضو J بسمت چپ حرکت نماید، سطوح K,G با هم درگیر شده و این عمل باعث همدور شدن آنها خواهد شد. عضو M نسبت دنده J حالت هزارخاری داشته و می تواند در راستای آن بلغزد. لغزش عضو M باعث میشود دنده های داخلی آن با دنده E درگیر شده و درگیری به سادگی صورت پذیرد. ماهک p عمل انتقال عضو M را بعهده دارد. در حالت خنثی هیچکدام از سطوح K,L با سطوح دنده های B,C درگیر نیست. وقتی دنده تعویض میشود در ابتدا ماهک P عضو M را حرکت میدهد ولی بدلیل آنکه فنر N بین اعضای M و J قرار گرفته، باعث خواهد شد تا عضو J نیز حرکت نماید. حرکت این عضو باعث درگیری سطوح شده و با فشار بیشتر اوپراتور ساچمه پائین میرود. بنابراین عضو M میتواند درگیر شود. در صورتیکه فنر N مقاومت خود را از دست داده یا تعویض دنده بسرعت انجام گیرد باعث خواهد شد تا قبل از همدور شدن دنده ها عضو M با یکی از دنده ها درگیر شده و بنابراین خوردگی و صدا مشهود خواهد بود.

نوع دیگری از همدور ساز همانند شکل ۱۶-۲۶ می باشد. مخروطهای K,L روی عضو M قرار داشته و می توانند در راستای عضو J بلغزند. پین Q باعث خواهد شد که عضو M نیز با J بچرخد.

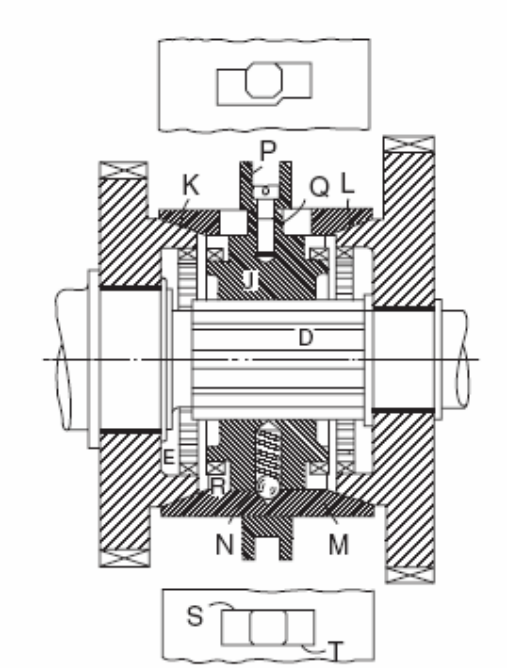


Fig. 26.16

نمونه امروزی همدور ساز در شکل ۱۸-۲۶ نشان داده شده است. عضو کشوئی A روی هزارخاری که بر روی توپی B تعبیه شده است می تواند بلغزد. توپی B نیز به شفت خروجی C متصل است. هنگامیکه عضو لغزنده A تا انتها بسمت راست و چپ حرکت کند، با دنده های D و G درگیر شده و بترتیب دنده های ۳ و ۴ را بوجود می آورد. هم دورسازی توسط دنده های H,J که از داخل مخروطی هستند صورت میگیرد. سطوح مخروطی داخل دنده های H,J با سطوح مخروطی دنده های E,F درگیر میشود. تعداد و قطر دنده های H,D و همچنین G,J دقیقا با هم برابر است. توپی B دارای سه شیار بوده که خار K در آن قرار میگیرند. این خارها از یک طرف به توپی B و از طرف دیگر به دنده واسط J,H متصل می باشند (شکل a,b). فنرهای L,M باعث میشوند تا خار K همیشه بسمت خارج فشار آورد (بدلیل حصول اطمینان از درگیری خار K با دنده های J,H). عملکرد سیستم را هنگامیکه دنده از ۳ به ۴ تعویض میشود، مورد بررسی قرار میدهیم.

در ابتدا (دنده ۳ به ۴) دنده F از دنده E و همچنین توپی B سریعتر می چرخد. هنگامیکه اوپراتور دسته دنده را حرکت میدهد، ماهک، عضو کشوئی A را بسمت چپ هدایت میکند بنابراین خار K از طرف کشوئی تحت فشار قرار گرفته و فشار را به چرخدنده رینگی J منتقل می کند. این عمل باعث درگیری سطوح مخروطی دنده J با F میشود. درگیری سطوح مذکور از یک طرف سرعت F را کاهش و سرعت J را افزایش می دهد. شکل a همین حالت را نمایش میدهد.

با افزایش فشار اوپراتور روی دسته دنده، عضو A بر فشار فنر K فائق آمده و بنابراین شیار، فنر را رد می کند. این عمل باعث می شود تا کشوئی A آزادانه حرکت کرده و با دنده های G,J که هم اکنون همدور شده اند، درگیر شود.

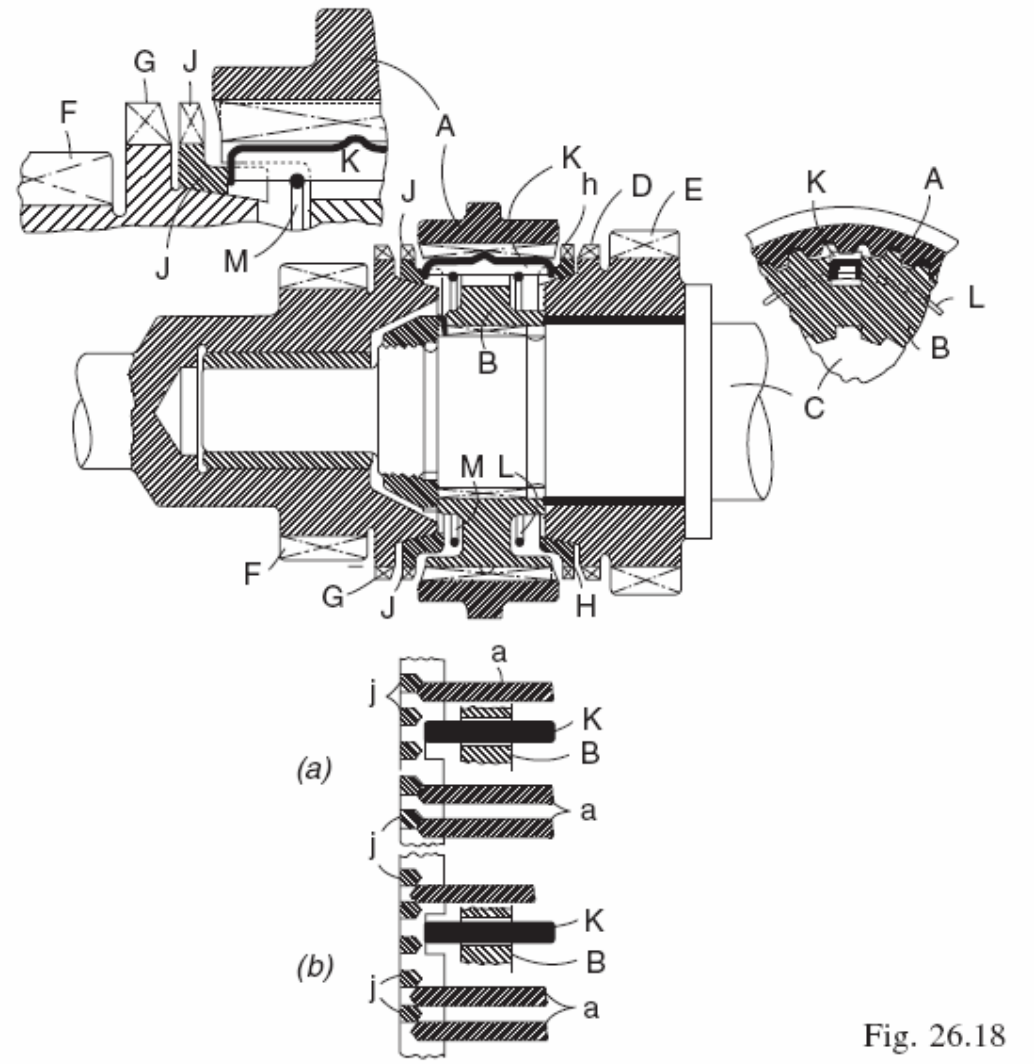
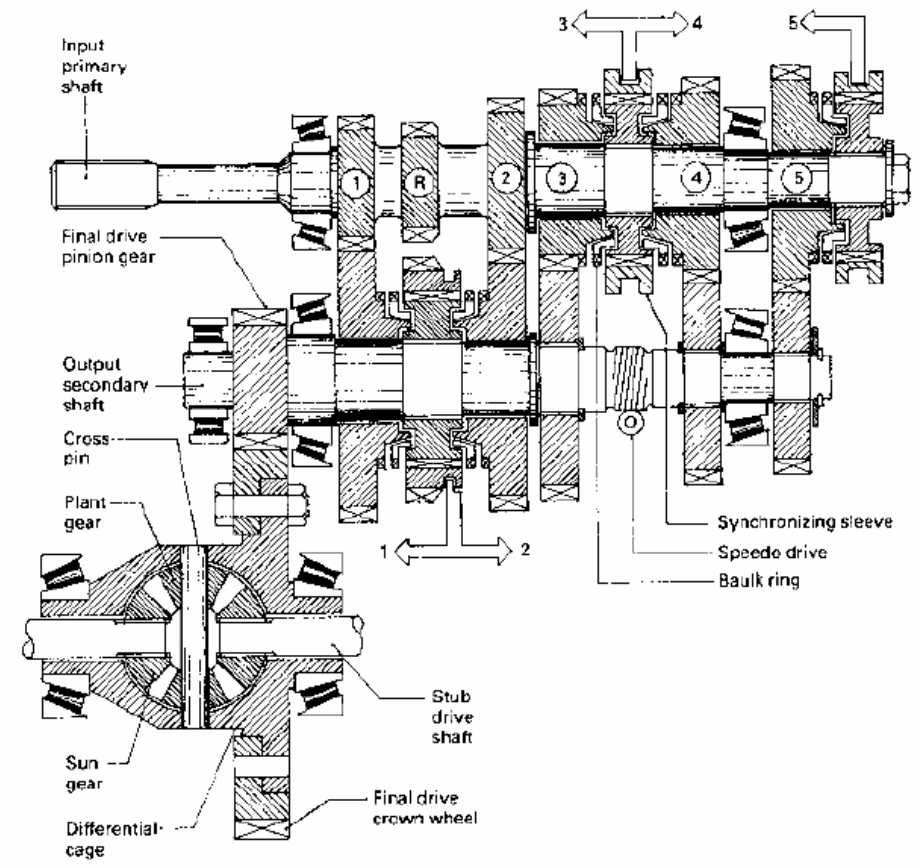


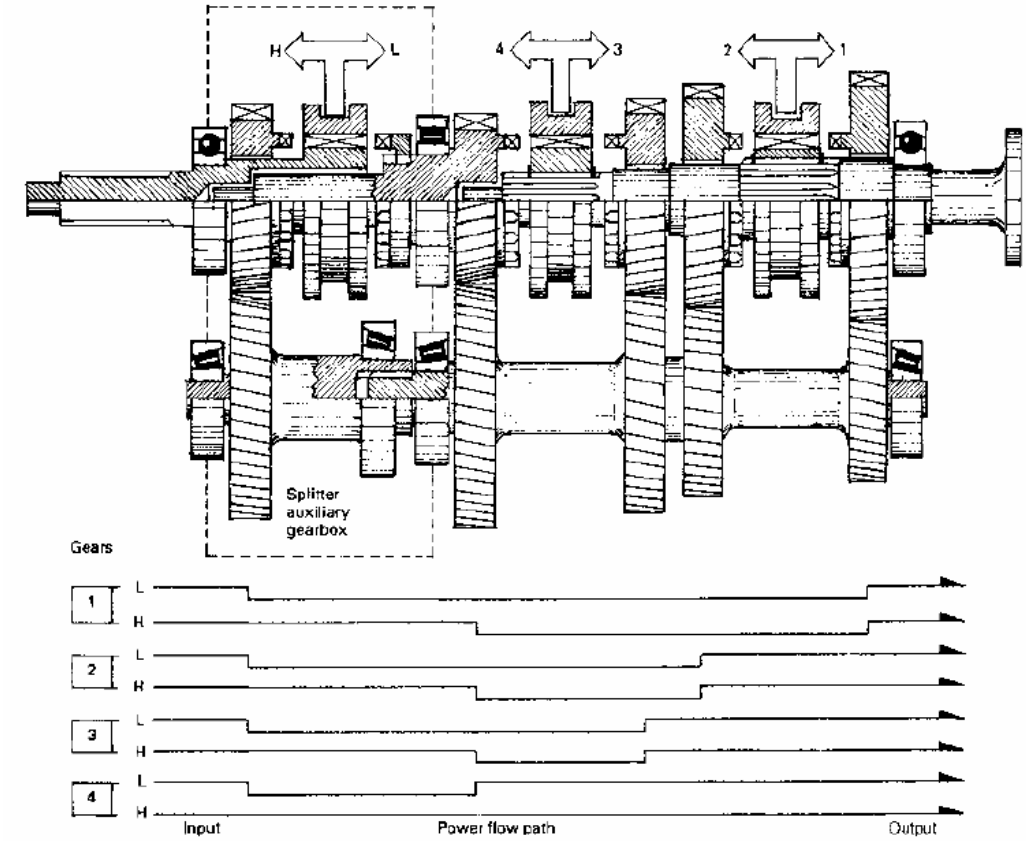
Fig. 26.18

همانگونه که در شکل a نشان داده شده است دنده هـای کشـوئی A و دنـده رینگـی J در ابتـدا در راستای هم نیستند ولی با افزایش فشار اوپراتور، دنده های کشوئی A در داخل شـیار هـای دنـده J جای خواهد گرفت.

مثال :

اشکال زیر گیربکس ۵ دنده ای را نشان میدهد که دارای ۳ شفت اصلی است. در مورد نحوه کارکرد بحث کنید ؟ با فرض نسبت دنده ای مناسـب و فـرض معلـوم بـودن دور شـفت ورودی، دور شـفت خروجی را محاسبه کنید ؟ آیا این گیربکسها می تواند Over Drive باشند ؟


Input primary shaft
Final drive pinion gear
Output secondary shaft
Cross-pin
Plant gear
Sun gear
Differential cage
Stub drive shaft
Final drive crown wheel
Synchronizing sleeve
Speedo drive
Baulk ring
1
R
2
3
4
5
1 2
3 4
5


H L
4 3
2 1
Splitter auxiliary gearbox
Gears
1
2
3
4
L
H
Input
Power flow path
Output

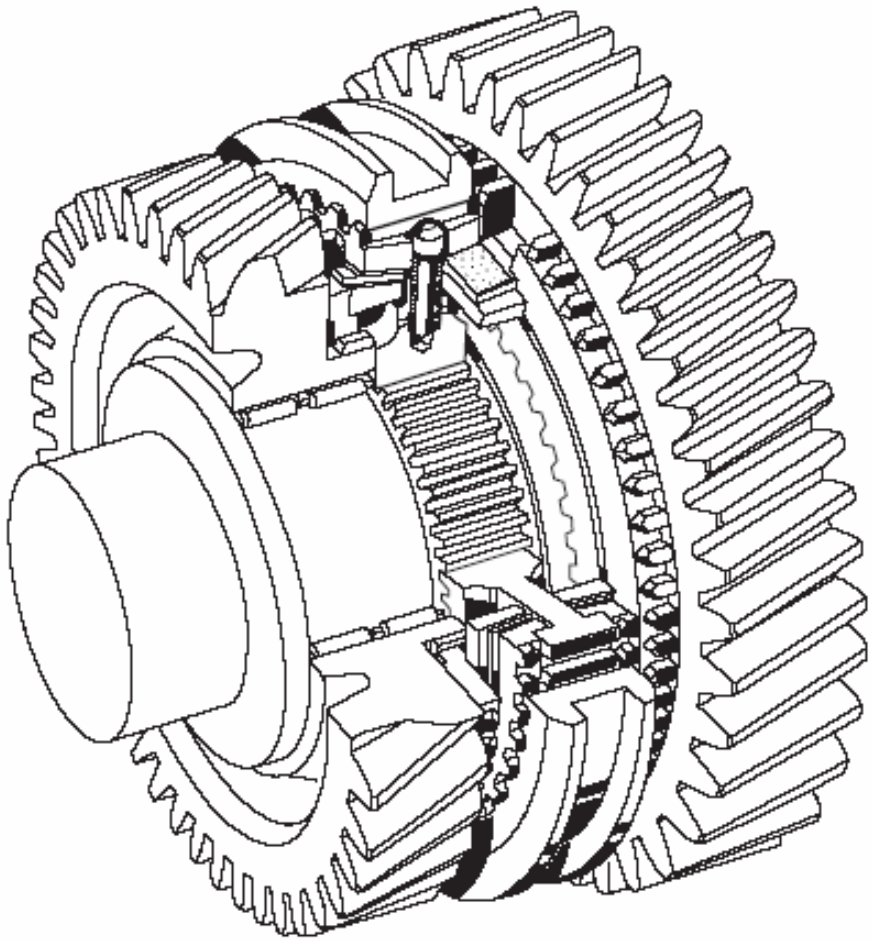


Fig. 26.20 ZF D-series, double-cone synchroniser. A significant attraction of this type is short axial length

- چرخدنده خورشیدی (Epicyclic) :

در این سیستم (شکل ۱-۲۷) دنده ای که به نوعی گیربکس به حساب می آید، دو دنده A,S حـول محور x-x می چرخند. دنده مرکزی، خورشیدی (Sun Gear) و دنده محیطـی کـه دنـده داخلـی می باشد، رینگی نامیده می شود (Annular Gear-Ring Gear).

دنده واسطی که بین دنده های مذکور قرار می گیـرد، سـیاره ای نامیـده مـی شـود (Planetary Gear). این دنده هم دارای حرکت دورانی حول محور y-y و هـم دارای انتقـال حـول محـور x-x میباشد.

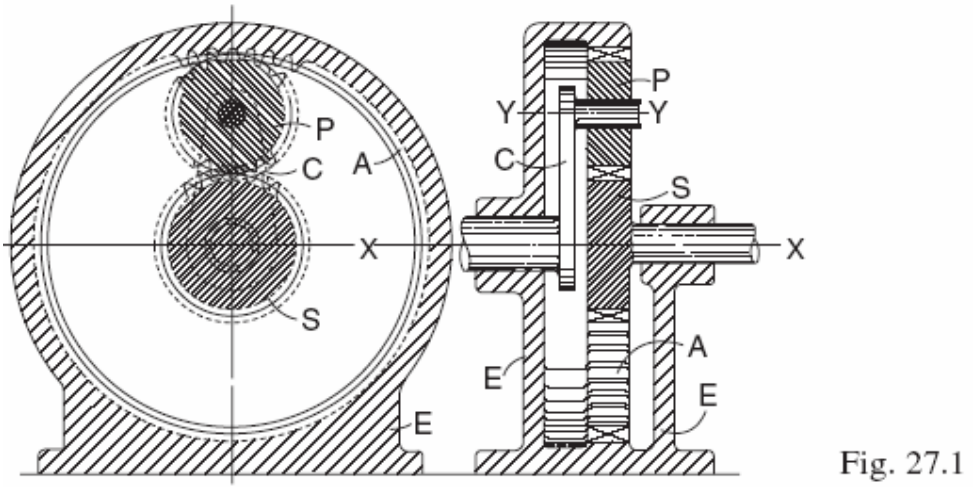
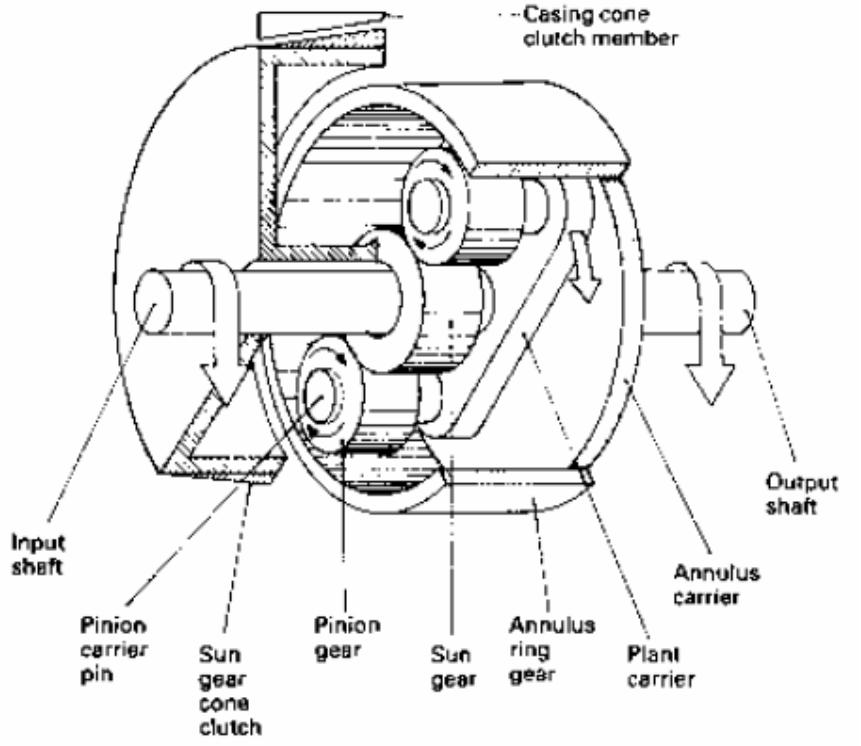


Fig. 27.1



معمولا از چند سیاره استفاده می شود بطوریکه تمامی آنها بر روی حامل (Carrier) قرار دارنـد. در اشکال فوق، حامل مستقیما به شفت خروجی متصل است. بسته به اینکه کدامیک از اجزاء سیسـتم قفل شود، دورهای متفاوتی میتوان بدست آورد. در این سیستم بدلیل آنکه از چندین سیستم دنـده ای استفاده شده است اولا بار بین دنده ها پخش میشود ثانیا بدلیل آنکه دنده ها در تماس دائـم بـا هم هستند، خوردگی حین درگیری وجود نخواهد داشت. از معایب این سیستم میتـوان بـه صـدای زیاد سیستمهای خورشیدی اشاره نمود چراکه تعداد اجزاء متحرک سیستم زیاد است.

در شکل ۵-۲۷ قسمت a مشاهده می کنید کـه خورشـیدی ورودی و حامـل خروجـی مـی باشـند. اینحالت باعث کاهش دور میشود بنابراین با عوض شدن حامل و خورشیدی بترتیب بعنوان ورودی و خروجی، گیربکس افزاینده خواهد بود.

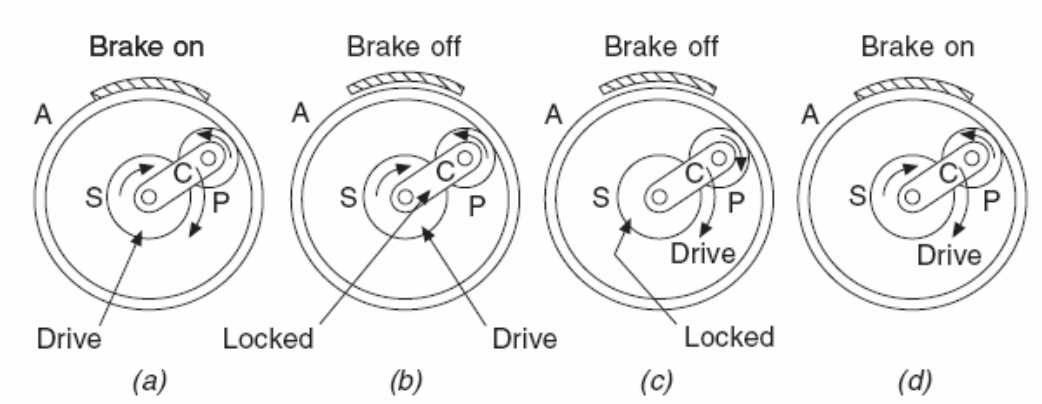


Fig. 27.5

در شکل b، حامل قفل شده و خورشیدی محرک اسـت بنـابراین رینگـی خروجـی خواهـد بـود. در اینحالت علاوه بر تغییر جهت چرخش، دور کاهش خواهد یافت.

در شکل c، خورشیدی قفل شده و انتقال قدرت بین حامل و رینگی صورت می گیـرد. در اینحالـت درصورتیکه حامل محرک باشد، رینگی در همان جهت و با دور بیشتری خواهد چرخید.

در این سیستم درصورتیکه همزمان ۲ عضو با هم قفل شوند، کل سیستم بصـورت Direct Drive عمل می کند. بنابراین با توجه به توضیحات بالا ۳ دنده جلو و یک دنده عقب وجود خواهد داشت.

گاهی اوقات برای افزایش بازه دور و گشتاور گیربکسهای خورشیدی از چندین سیسـتم خورشـیدی بطور سری استفاده مـی شـود. نمونـه ای از ایـن ترکیـب در شـکل ۷-۲۷ نشـان داده شـده اسـت. قسمتهای ترمز کننده با B (Brake) و قسمتهای انتقال قدرت بـا C (Clutch) نشـان داده شـده اند. عملا از کلاچهای نواری بعنوان ترمز و از کلاچهای دیسـکی چنـد صـفحه بـرای کـلاچ اسـتفاده می شود.

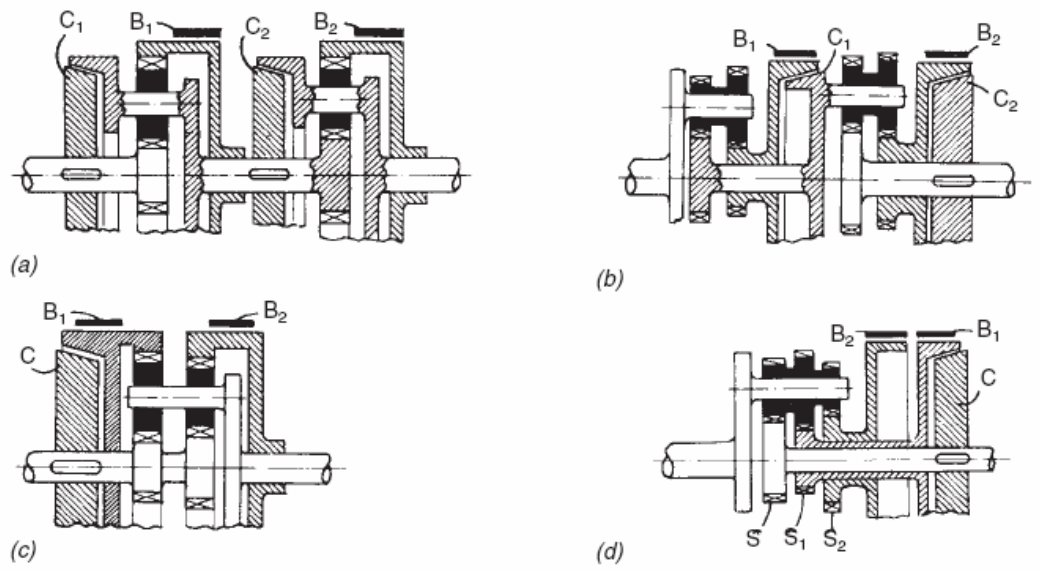


Fig. 27.7 Epicyclic gearbox arrangements

- گیربکس Wilson :

نمونه ای از این گیربکس در شکل ۸-۲۷ ترسیم شده. برای تحلیل این گیربکس، هر یک از قطعات را در یک شکل بررسی می کنیم.

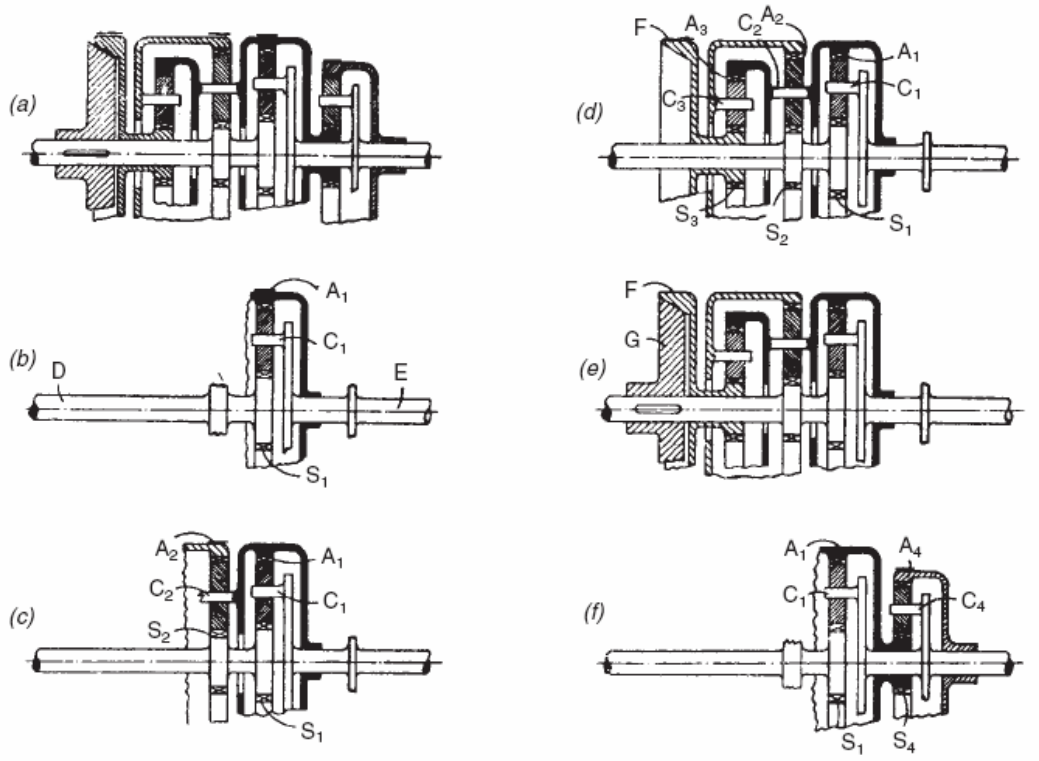


Fig. 27.8 Wilson gear ratios

شکل b، شفت ورودی را بهمراه خورشیدی S1 نشان میدهد. حامل C1 از طریق شفت E مستقیما به چرخ متصل می گردد. با توجه به آنکه شفت D به موتور متصل است، درصورتیکه دنده رینگی A1 قفل شود، دور حامل C1 بدست خواهد آمد. مطمئنا در این حالت گیربکس کاهنده خواهد بود. دنده سیاره ای دوم در شکل c نشان داده شده است بطوریکه خورشیدی S2 ورودی سیستم می باشد. درصورتیکه رینگی A2 ترمز شود بدلیل آنکه حامل C2 با رینگی A1 کوپل است، انتقال قدرت به رینگی A1 انجام خواهد شد ولی از طرفی خورشیدی S1 نیز در حال چرخش است بنابراین دنده سیاره ای و در نتیجه حامل سرعتی معادل برآیند سرعت رینگی و خورشیدی خواهد شد. در این حالت سرعت کاهنده خواهد بود. دنده ۳ در شکل d نشان داده شده است. در این شکل رینگی A3 ترمز شده است بنابراین انتقال قدرت از طریق خورشیدی S2 به دنده سیاره ای P2 و حامل C2 انجام میشود. از طرفی چون حامل به رینگی A2 متصل است، سرعت رینگی داخل A2 هم تابعی از C2 و هم تابعی از C3 است.

- مبدل گشتاور (Torque Converter) :

این دستگاه همانند گیربکس وظیفه کاهش دور و افزایش گشتاور را بعهده دارد با این تفاوت که اولا مانند گیربکس حالت پله ای ندارد (تعویض دنده با عث افزایش یا کاهش گشتاور بصورت پیوسته می شود) ثانیا محدوده گسترده تری نسبت به گیربکس عادی دارد.

این نوع گیربکس از لحاظ اصول کار بسیار شبیه به کوپلینگ هیدرولیکی است ولی بجای ۲ مجرا دارای ۳ مجرای اصلی می باشد. قسمت اول که موتور متصل بوده و وظیفه رانش سیال را بعهده دارد، Impeller نامیده می شود. قسمتی که توان خروجی را انتقال می دهد Rotor نامیده می شود. قسمت میانی ثابت بوده و به شاسی متصل می باشد و وظیفه تغییر نسبت گشتاور انتقال یافته بین روتور و پروانه ورودی را بعهده دارد. از آنجا که کوپلینگ هیدرولیکی فاقد این قطعه می باشد بنابراین نمی تواند گشتاور شفت ورودی را تغییر دهد.

شکل ۱-۴ یک کوپلینگ هیدرولیکی را نشان می دهد که فاقد استاتور می باشد. مسیر حرکت سیال همانگونه که قبلا گفته شد از از فلایویل به پمپ و در نهایت پس از عبور ازمجراهای تعبیه شده در پمپ با شتاب وارد پره های توربین شده و باعث رانش توربین می شود.

در شروع حرکت لغزش زیاد است ولی با دور گرفتن سیال، مقدار دور و گشتاور انتقال یافته همسان می شود.

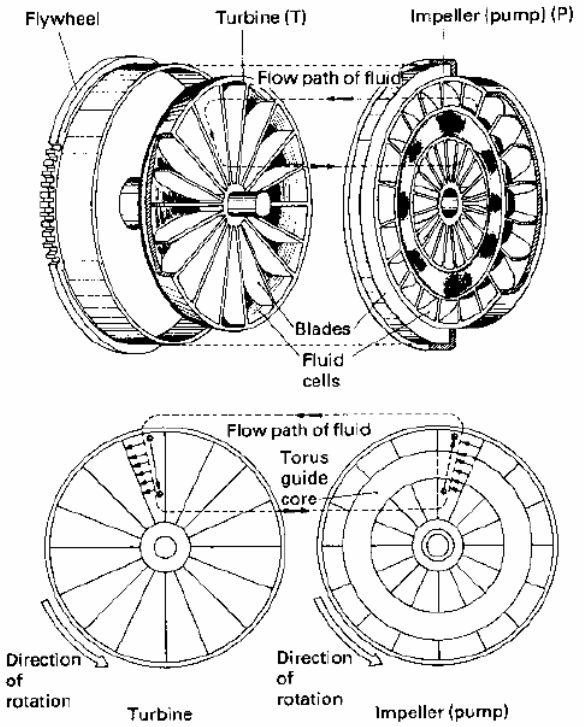


Fig. 4.1 Fluid coupling action

شکل ۲-۴ مجداد نمائی از یک کوپلینگ هیدرولیکی را نشان می دهد. مجراهـای پمـپ بـه پوسـته فلایویل متصل بوده و با آن می چرخند.

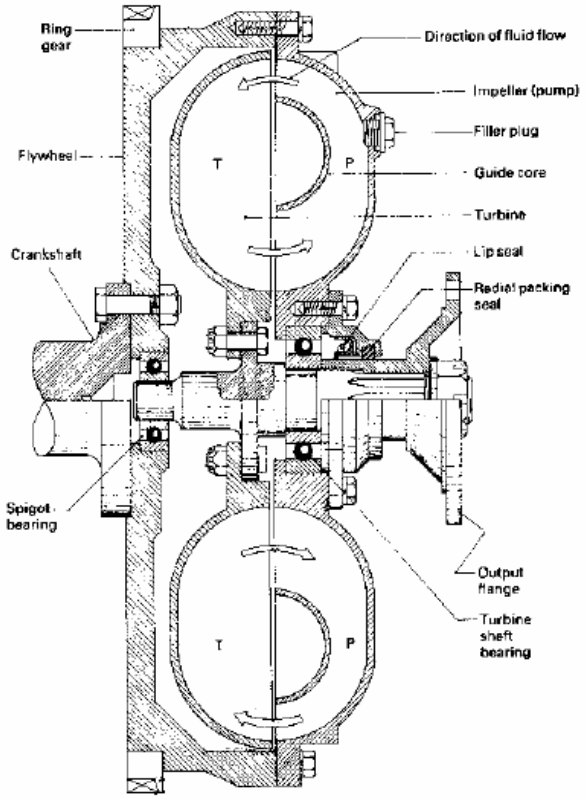


Fig. 4.2 Fluid coupling

شکل ۸-۴ نمای داخلی از یک مبدل گشتاور را نشان میدهد. بـر خـلاف کوپلینگهـای هیـدرولیکی، قسمت داخلی پمپ و توربین تقریبا شبیه به هم بوده و هر دو دارای مجراهائی برای عبور سیال مـی باشند. عضو میانی که Stator نامیده می شود، همیشه ثابت است.

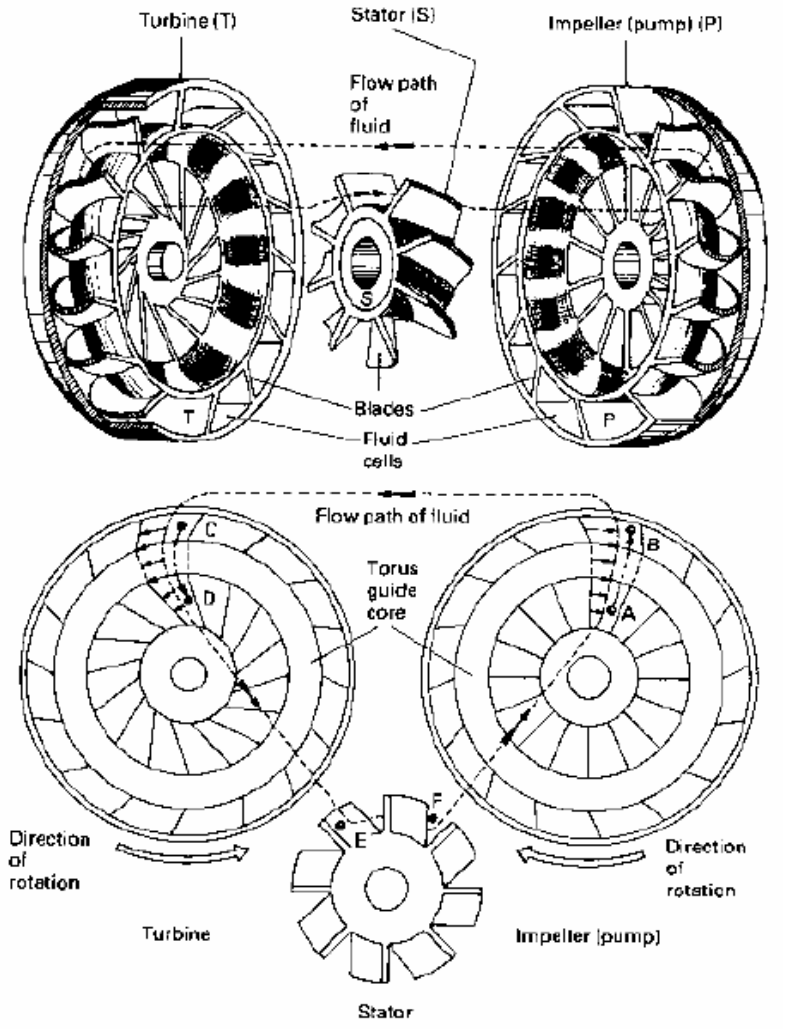
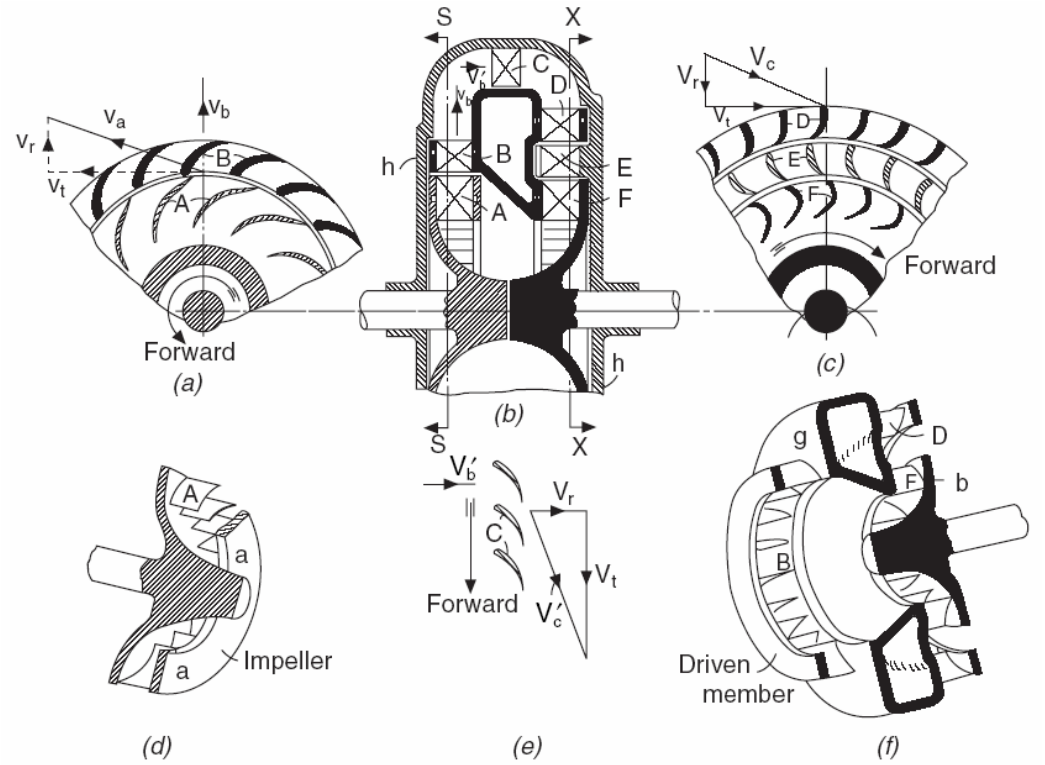


Fig. 4.8 Three element torque converter action

همانند شکل زیر هنگامیکه پروانه آب پخش کن A شروع به چرخش می کند، پره های این پروانـه سرعتی معادل V_a به ذرات سیال می دهد که سیال را با داخل محفظه B می پاشد. هماننـد شـکل b محفظه A در داخل محفظه B کار میکند. سیال پس از عبور از مجرای B به پره های C برخورد کرده و با کمی تغییر مسیر به مجرای F وارد می شود. بدلیل آنکه دو مجرای متصل به هم B,F در یک راستا نیستند، در این مجرا یک جریان چرخشی ایجاد می شود که باعث دوران محفظه B مـی شود.



- گیربکسهای مرکب از سیستم خورشیدی و هیدرودینامیک :

مقطعی از این گیربکس در شکل ۱۶-۲۸ نشان داده شده است. عضو متحرک D بـا دو پوسـته E و G کوپل بوده مجموعه کلاچهـای (Clutch Pack) C1 و C2 خورشـیدی هـای S1 و S2 را بـه پوسته های مذکور مرتبط می سازد. ترمزهای B1 و B2 می توانند رینگی های مـرتبط بـا خـود را قفل نمایند. حالتی را فرض کنید که کلاچ C1 درگیر شود. در اینحالت خورشـیدی S2 فعـال مـی شود. از طرفی سیاره ای P2 نیز تمایل به چرخش دارد.

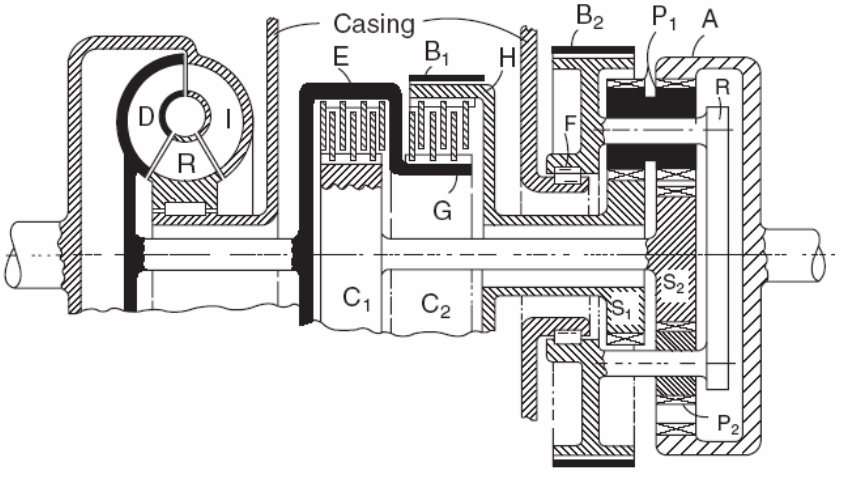


Fig. 28.16

حال اگر ترمز B2 فعال شود، حامل R قفل شده و چرخش خورشیدی S2 باعث حرکت رینگـی A می شود.

مثال : عملکرد گیربکس اپی سایکلیک-هیدرو دینامیک ZF در شکلهای زیر نشان داده شده اسـت. از روی اشکال هر یک از دنده ها را توصیف نمائید؟

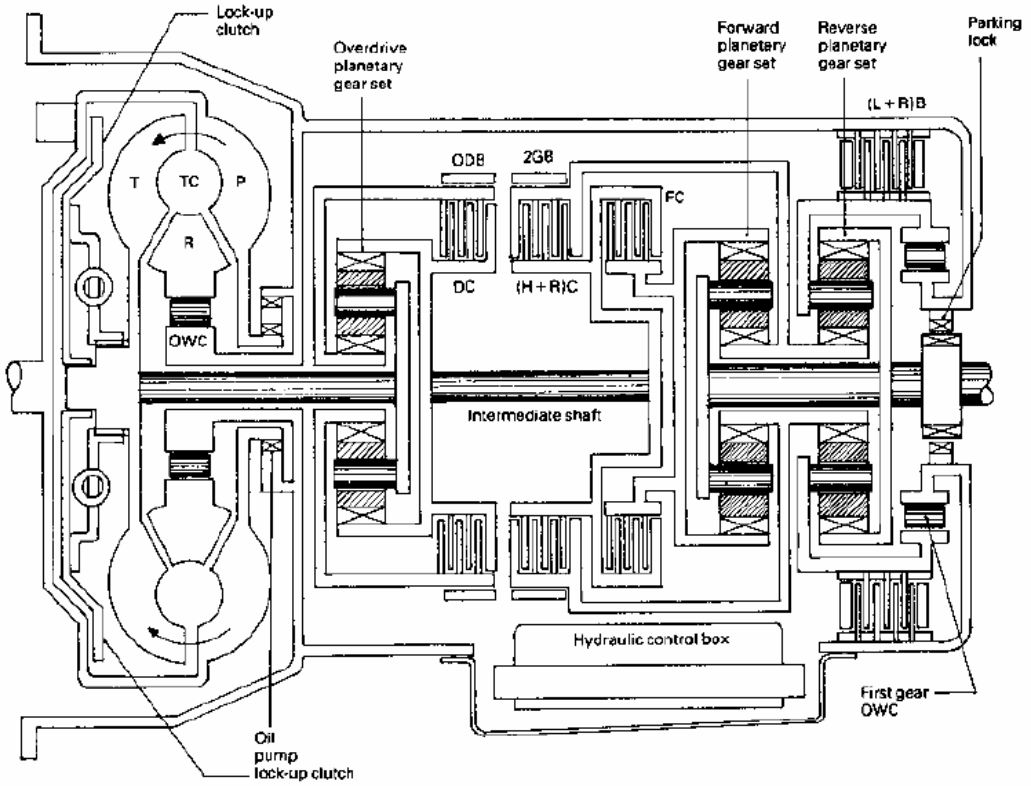
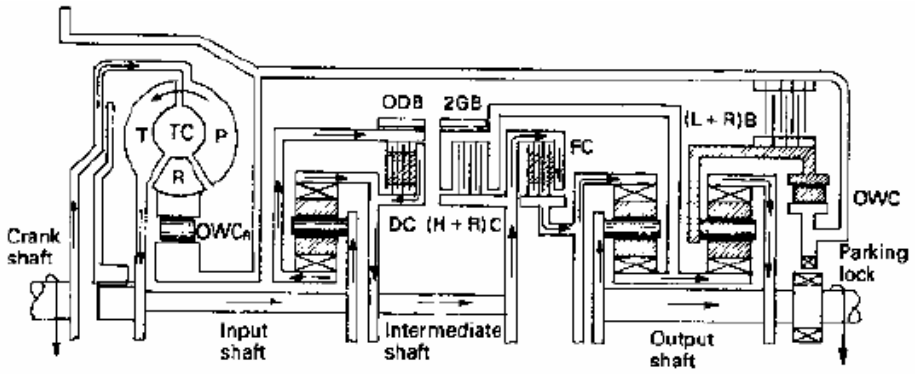


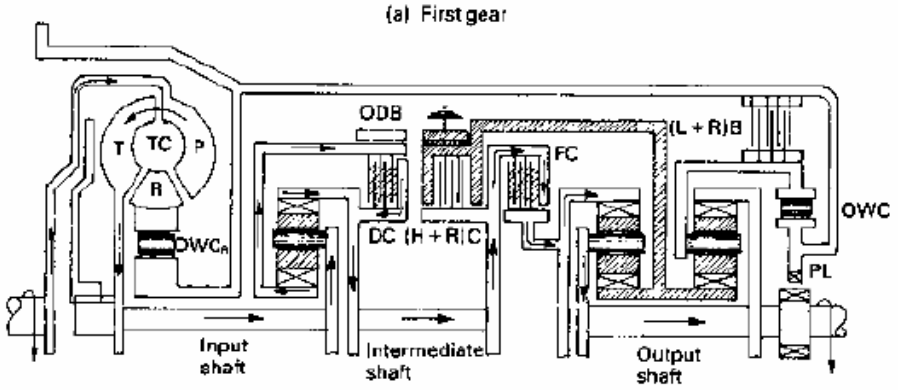
Fig. 5.2 Longitudinally mounted four speed automatic transmission layout

Table 5.1 Clutch and brake engagement sequence

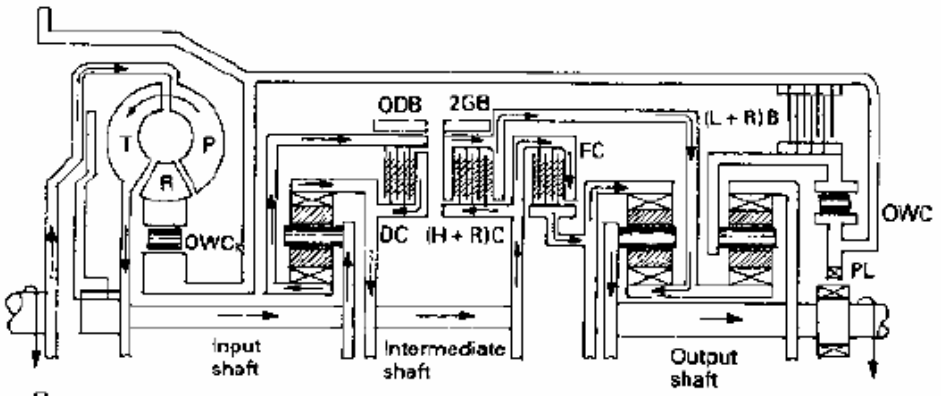
Range	Drive clutch DC	High and reverse clutch (H + R) C	Second gear band brake 2GB	Forward clutch FC	Overdrive brake ODB	Low and reverse brake (L + R)B	One way clutch OWC	Ratio
P and N	–	–	–	–	–	–	–	–
First D	Applied	–	–	Applied	–	–	Applied	2.4:1
Second D	Applied	–	Applied	Applied	–	Applied	–	1.37:1
Third D	Applied	Applied	–	Applied	–	–	–	1:1
Fourth D	–	Applied	–	Applied	Applied	–	–	0.7:1
Reverse R	Applied	Applied	–	–	–	Applied	–	2.83:1



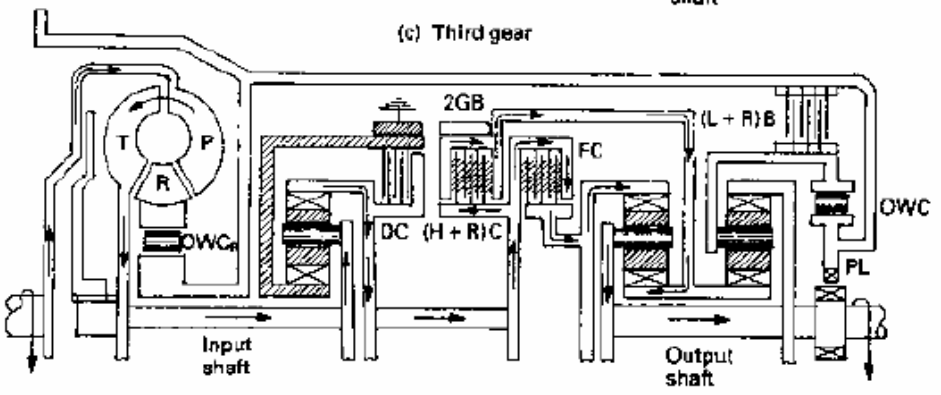
(a) First gear



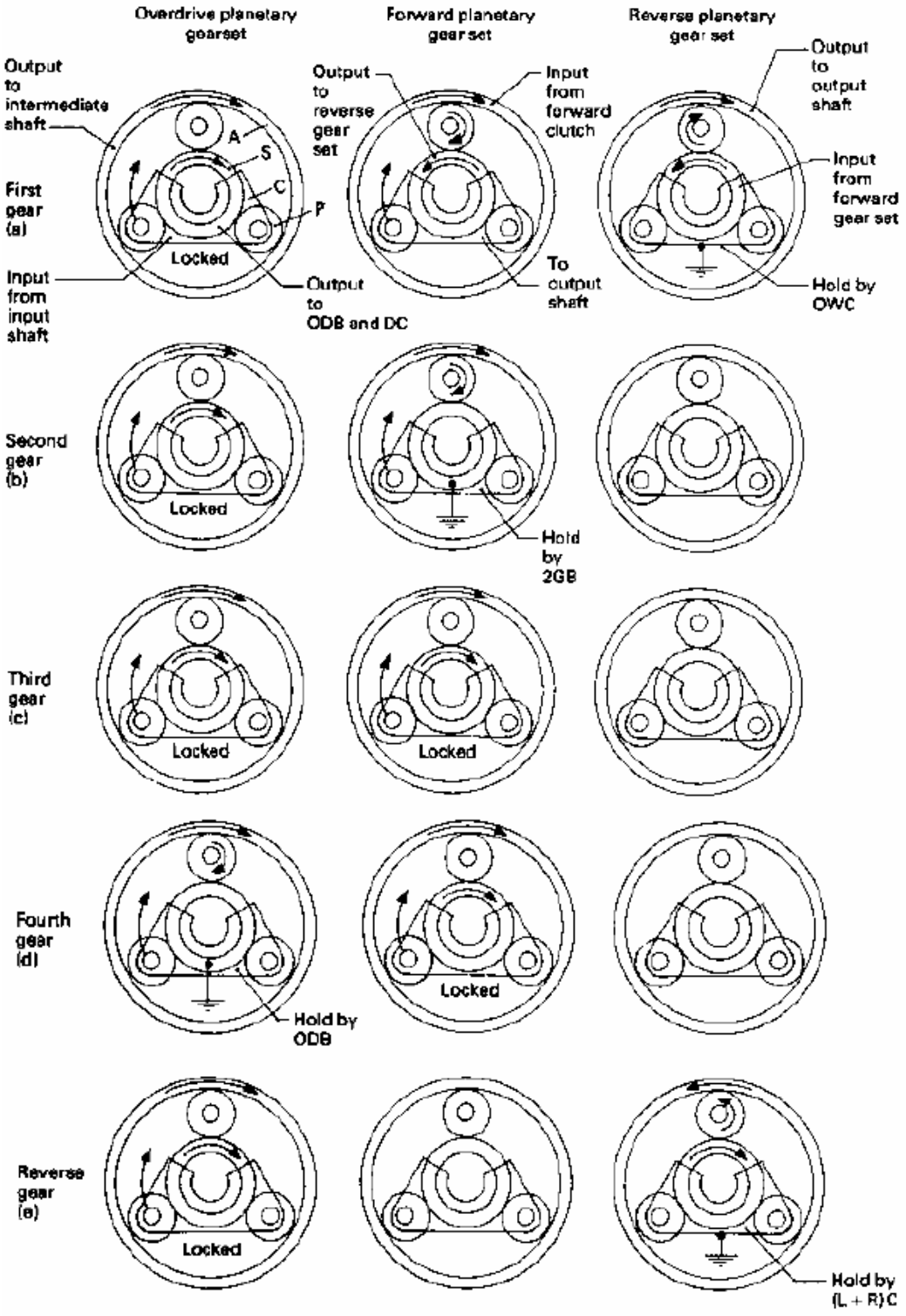
(a) Second gear



(c) Third gear



(d) Fourth gear


Overdrive planetary gearset
Forward planetary gear set
Reverse planetary gear set
Output to intermediate shaft
Output to reverse gear set
Input from forward clutch
Output to output shaft
A
S
C
P
First gear (a)
Locked
Input from input shaft
Output to ODB and DC
To output shaft
Input from forward gear set
Hold by OWC
Second gear (b)
Locked
Hold by 2GB
Third gear (c)
Locked
Locked
Fourth gear (d)
Hold by ODB
Locked
Reverse gear (e)
Locked
Hold by (L + R) C

- دیفرانسیل :

دیفرانسیل وسیله ایست که بدون توجه به دور چرخهای خروجی، گشتاور خروجی از موتور را بطـور یکسان بین دو چرخ تقسیم میکند. همانند شکل ۲-۳۱ شفت خروجی از گیربکس از طریق پینیـون D (عضو ۱ شکل ۲۷-۱۲) وارد دیفرانسیل می شود.

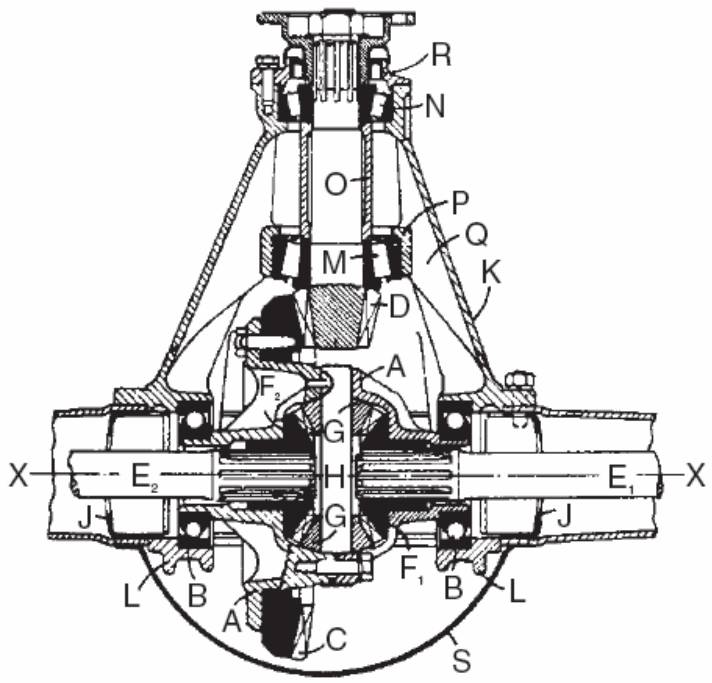


Fig. 31.2

این پینیون چرخ تاجی C (عضو ۲ شکل ۲۷-۱۲) را می چرخاند. چرخ تاجی به نوبه خود به پوسـته A پیچ شده است. جفت چرخدنده G-G (عضو ۳ شکل ۲۷-۱۲) از یـک طـرف بوسـیله شـفت H (عضو ۵) به هم و از طرف دیگر به پوسته A متصل هستند.

هنگامیکه ماشین در مسیر مستقیم حرکت کرده و مقاومت روی دو چرخ یکسـان اسـت، چرخدنـده های مخروطی G-G صرفا حرکت دورانی حول محور X-X داشته و فاقد هرگونه دوران حول محور H می باشند.

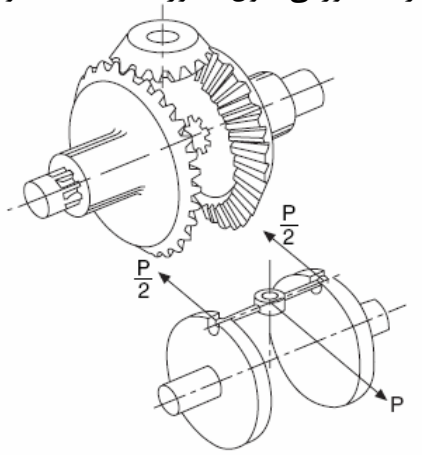


Fig. 31.1

شکل ۱-۳۱ همین حالت را نشان می دهد. بدلیل آنکه دنده هـای G-G فاقـد دوران حـول محـور خود می باشند، به هر یک از دنده های سر پلوس نیروی $\frac{P}{2}$ را وارد مـی کنـد بنـابراین گشـتاور دو چرخدنده مجاور با هم مساوی خواهند بود.

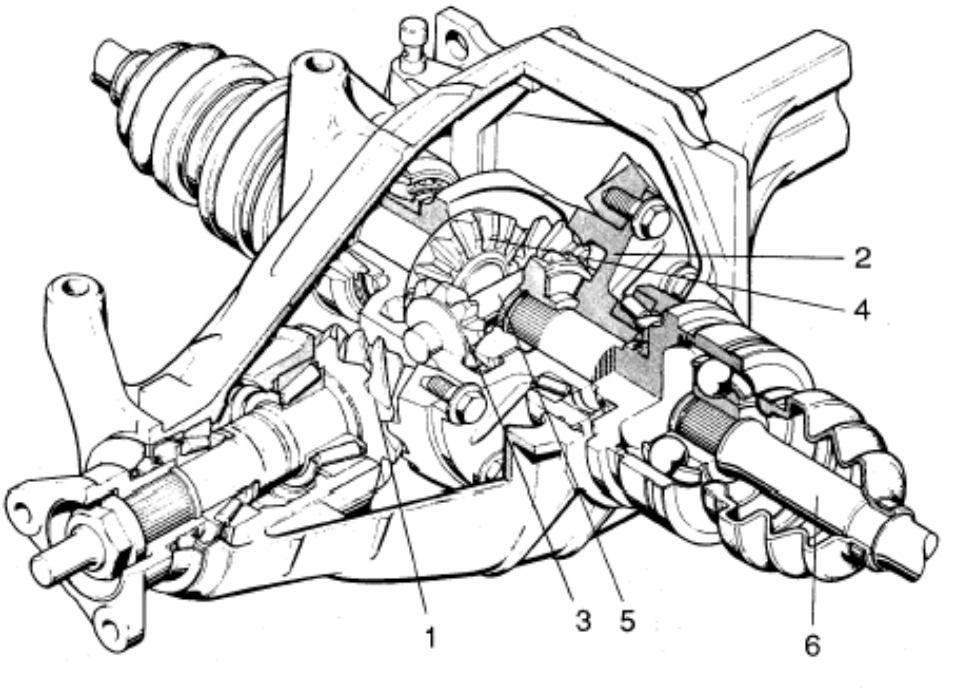


Figure 12.27. Non-locking Opel rear axle differential. *1* Bevel gear final drive; *2* Differential cage; *3* Differential bevel gears; *4* Axle bevel gears; *5* Differential pin; *6* Axle shafts

در حالتیکه مقاومت زیر دو چرخ متفـاوت باشـد یـا چـرخ در حـال دور زدن باشـد، دوران دو چـرخ یکسان نخواهد بود. در این حالت علاوه بر دوران چرخدنده هـای G-G حـول محـور X-X، حـول محور خود (H) نیز دوران خواهند داشت.

بدترین وضعیت در حالت مذکور وقتی روی می دهد که یکی از چرخها قفل شود (مثلا وقتی یکی از چرخها گیر می کند ولی چرخ دیگر مقاومت خود را از دست می دهد). در اینحالت پوسته اصـلی در حال چرخش بوده و هرز گرد ۳ و محور ۵ را با خود می چرخاند. فرض کنید پلوس ۶ روی آسـفالت و پلوس مقابل آن روی یخ باشد. بـدلیل آنکـه مقاومـت روی دو چـرخ یکسـان نیسـت، پلـوس ۶ از حرکت بازایستاده و این عمل باعث چرخش هرزگرد ۳ حول محور خود می شـود. مرکـز آنـی دوران در این هرز گرد نقطه تماس آن با پلوس ۶ می باشد. بنابراین هرز گرد مذکور با دور مضاعف نسـبت به حالتی که خودرو مستقیم حرکت می کند، خواهد چرخید و بنابراین کل دور به پلوس مجاور می رسد. لازم به ذکر است در این حالت گشتاور دو پلوس یکسان خواهد بود.

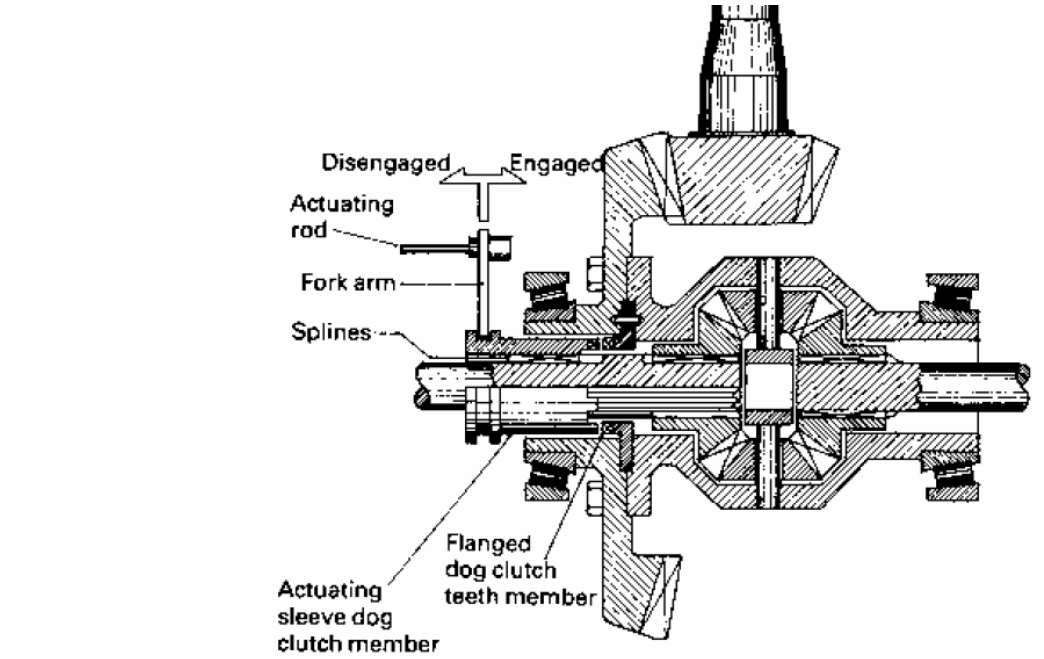
سئوال : با دور کردن چرخهای عقب از زمین (توسط جک) در یک خودروی محور عقب محرک و با چرخاندن یکی از چرخها چه اتفاقی می افتد ؟ (رفتار دیفرانسیل در حالتی که اوپراتور کلاچ بگیرد یا نگیرد را بررسی کنید)

- قفل دیفرانسیل :

در برخی از حالات مثلا هنگامیکه ماشین در زمینی مرطوب، یخ زده، پر از گل و لای و ... (شرایطی که ممکن است گیرائی دو چرخ با هم متفاوت باشد)، در سرعتهای کم از قفل دیفرانسیل استفاده می شود.

قفل دیفرانسیل ممکن به دو صورت دستی یا اتوماتیک عمل نماید. به قفل دیفرانسیل نوع اتوماتیک، Limited Slip نیز گفته می شود. وظیفه این عضو یکپارچه نمودن دو پلوس کناری می باشد بنحوی که دور دو چرخ یکسان خواهد شد. در اینحالت رفتار دیفرانسیل عملا همانند حرکت در خط مستقیم خواهد بود. هنگامیکه قفل دیفرانسیل درگیر است از دور زدن باید اجتناب نمود چراکه احتمال شکستن دنده های هرزگرد وجود دارد.

شکل ۹-۷ نمائی از قفل دیفرانسیل که پلوس سمت چپ را با کرانویل یکپارچه می کند، نشان میدهد.



7.9 Differential lock mechanism

- قفل دیفرانسیل اتوماتیک :

نمونه ای از این قفل در شکل ۱۶-۷ نشان داده شده است. پشت پینیون پلوس از یک توپی که با شفت هزارخاری شده است استفاده شده. روی توپی مذکور یک کلاچ چند صفحه ای نصب شده است بنحوی که با چرخش توپی، کلاچها نیز شروع به چرخش نموده و روغنی را که در بین آنها قرار گرفته است به حرکت در می آورند.

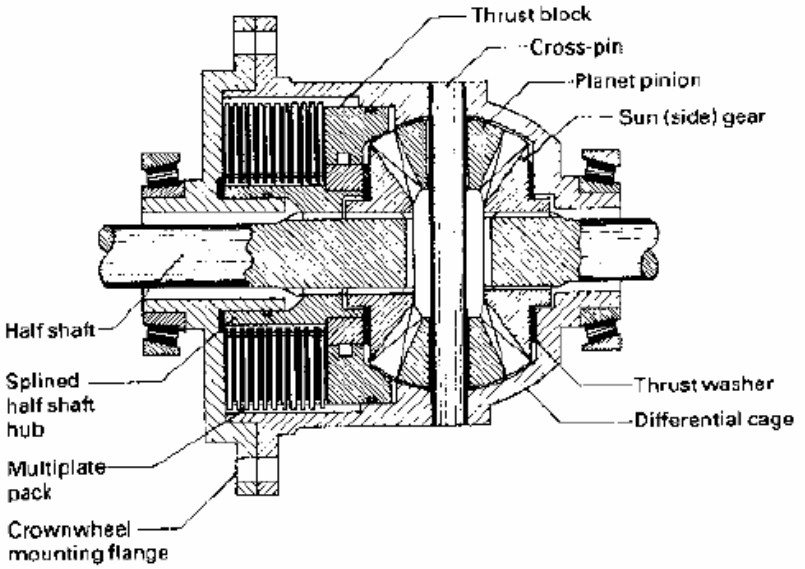


Fig. 7.16 Viscous coupling differential

حرکت ذرات روغن بدلیل انرژی دورانی است که از دیسکها به آن وارد میشود. انرژی دورانی روغن باعث حرکت رو به جلوی مجموعه دیسک ها و توپی متصل به آن میشود. این عمل باعث فشرده شدن بلوک کف گرد به یکی از پینیونها و پوسته دیفرانسیل می شود.

لازم به ذکر است حرکت گردابی سیال که باعث حرکت مجموعه دیسکها میشود، در یک دور خاص از حرکت دیسکها روی می دهد و در حالت عادی (دور کم) عملا دیسکها بدون حرکت می باشند. خوشبختانه در این نوع دیفرانسیل بدلیل آنکه فشار روغن عامل یکپارچه شدن شفت با پوسته دیفرانسیل می باشد، میتوان در حالتیکه قفل دیفرانسیل عمل میکند دور زد.

در حالتیکه بدلیل قرار گیری چرخ روی سطوح کم مقاومت، بکسوات روی میدهد، بدلیل آنکه دور یکی از چرخها از دیگری بیشتر است، فقط کلاچهای دیسکی سمت بکسوات فعال می شوند.

- کاهنده نهائی (Final Drive):

در ماشینهای راهسازی و کشاورزی بدلیل آنکه به دور کم و گشتاور زیاد در چرخ احتیاج است، دور پلوس خروجی از دیفرانسیل را مجددا کاهش میدهند تا افزون بر گیربکس و دیفرانسیل، دور کاهش یافته و گشتاور افزایش یابد.

نمونه ای عملی از کاهنده نهائی که برای این منظور کاربرد دارد در شکل ۲۰-۷ نشان داده شده است.

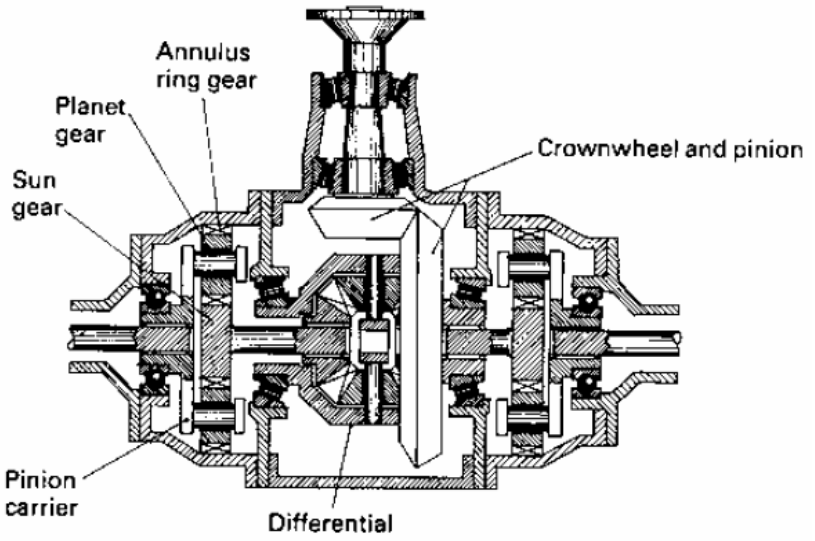
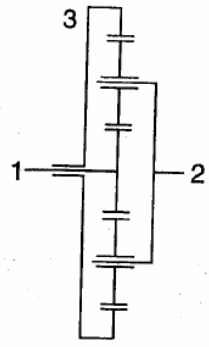


Fig. 7.20 Inboard epicyclic double reduction final drive axle

همانگونه که در این شکل مشخص است، گشتاور خروجی از دیفرانسیل وارد یک سیستم خورشیدی میشود و خورشیدی را به حرکت در می آورد. در این سیستم، رینگی به پوسته متصل بوده و حامل خروجی سیستم است. این چیدمان باعث کاهش دور و افزایش گشتاور می شود.

- ضمائم :

- عملکرد طرحوار مکانیزم گیربکس سیاره ای :



1 ... Sun gear
2 ... Spider
3 ... Ring gear

State of motion	Type of gearbox	Input	Out-put	Frame	Planetary step ratio
a)	Gear-set with fixed axles	1	3	2	$i_P = \frac{n_1}{n_3} = i_S = -\frac{z_3}{z_1}$
b)		3	1		$i_P = \frac{n_3}{n_1} = \frac{1}{i_S} = -\frac{z_1}{z_3}$
c)	Planetary transmission single drive	1	2	3	$i_P = \frac{n_1}{n_2} = 1 - i_S = 1 + \frac{z_3}{z_1}$
d)		2	1		$i_P = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1 - i_S} = \frac{1}{1 + \frac{z_3}{z_1}}$
e)		2	3	1	$i_P = \frac{n_2}{n_3} = \frac{1}{1 - \frac{1}{i_S}} = \frac{1}{1 + \frac{z_1}{z_3}}$
f)		3	2		$i_P = \frac{n_3}{n_2} = 1 - \frac{1}{i_S} = 1 + \frac{z_1}{z_3}$

- مسیر جریان سیال در گیربکس هیدرو دینامیک :

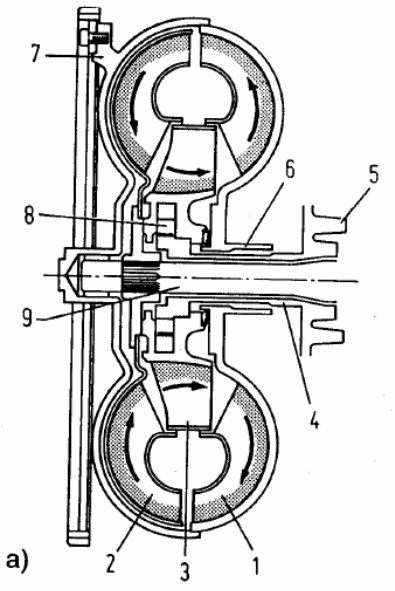
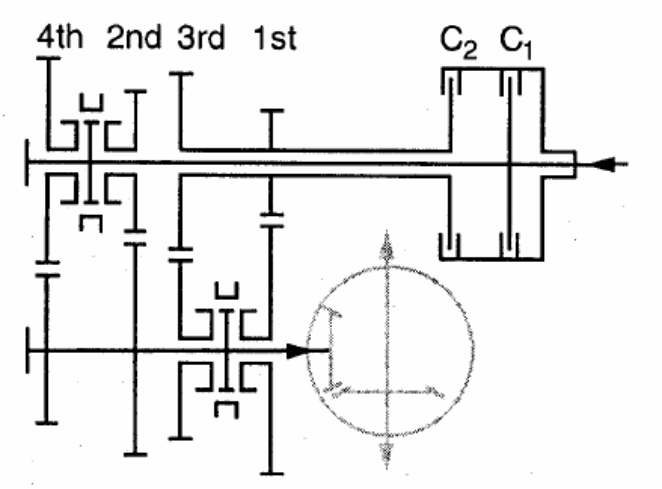


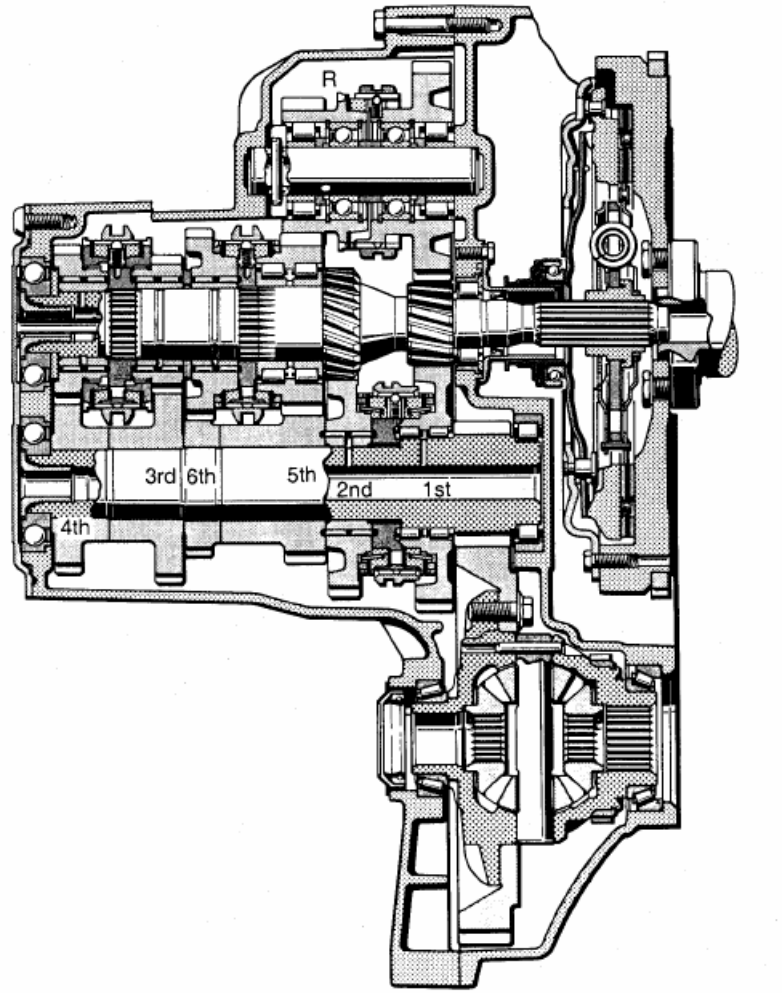
Figure 10.2.
a) Components of a torque converter [10.3].
1 Impeller
2 Turbine
3 Reactor
4 Hollow shaft bracing reactor to housing
5 Housing, fixed
6 Impeller hollow shaft for transmission fluid pump drive
7 Converter cover, linked to the impeller
8 Reactor freewheel
9 Turbine shaft (transmission input)
b) Flow pattern

- سئوالات نمونه :

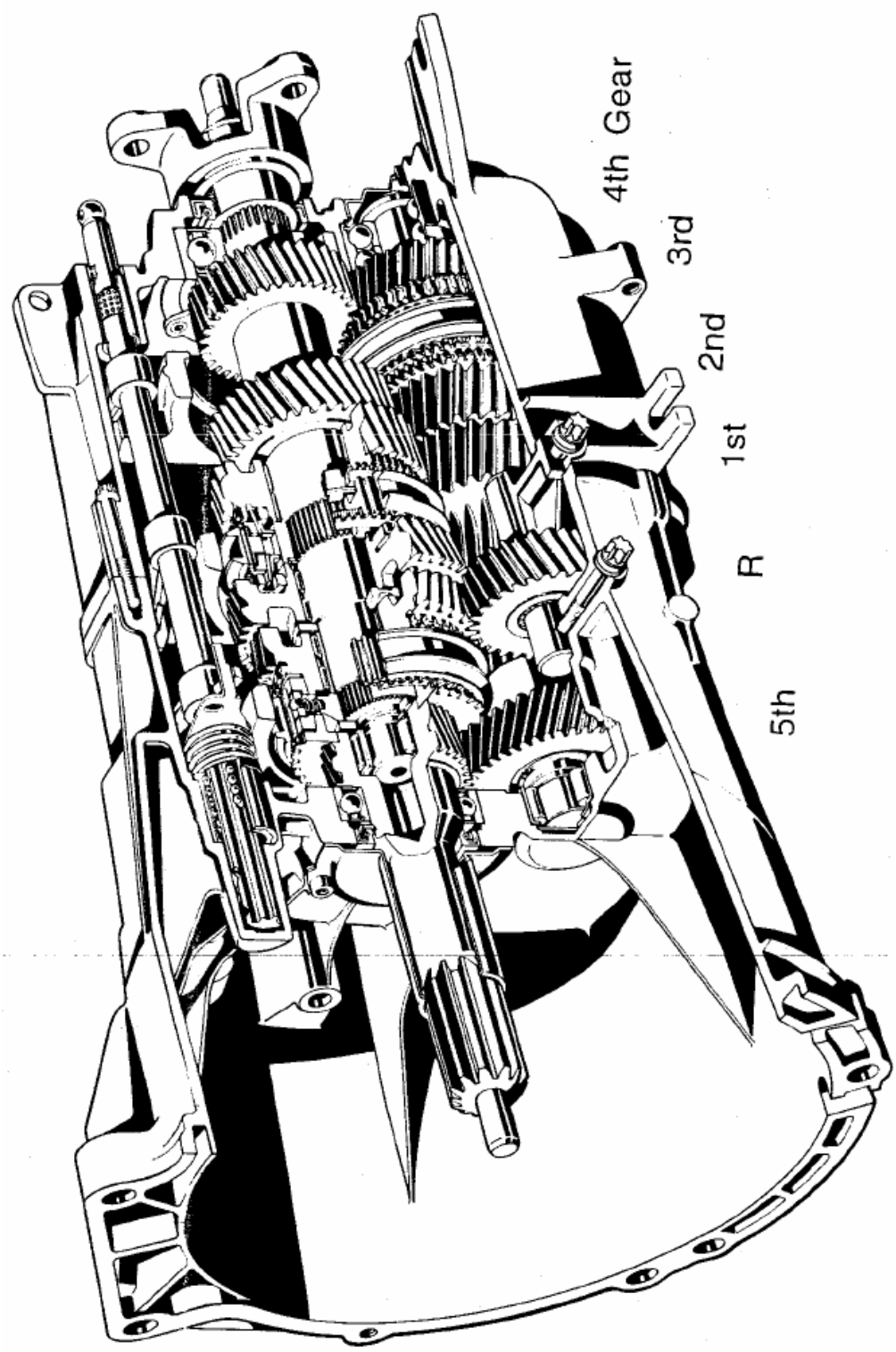
- نحوه عملکرد گیربکس شکل زیر را شرح دهید ؟



- گیربکس شکل زیر را تحلیل و نسبت دنده ای را در هر دنده بدست آورید ؟



- گیربکس شکل زیر را تحلیل کنید ؟



موفق باشید.

در صورت تمایل به داشتن کل جزوه با شماره 989124604807+ تماس حاصل نمائید.