Gearbox ها ساختمان و نحوه کارآنها

مقدمه:

گشتاور توليدي توسط موتور پس از انتقال توسط كلاچ به جعبه دنده مي رسد. وظيفه جعبه دنده انتقال دور موتور با نسبتهاي گوناگون و رساندن آن به خطوط انتقال و ميل گاردان در خودروهاي ديفرانسيل عقب يا مستقيماً به ديفرانسيل در خودروهاي ديفرانسيل جلو است.

سيستم جعبه دنده اي انتقال قدرت را مي توان به دو گروه جعبه دنده اي دستي و جعبه دنده اي اتوماتيک تقسيم بندي كرد. سيستم انتقال قدرت دستي در حالت انتقال مستقيم بازدهي در حدود ۹۸% ولي در دنده هاي با نسبت انتقال پايين تر بازده به حدود ۹۰% مي رسد. چون بيشترين زمان استفاده از اتومبيل، جعبه دنده در حالت انتقال مستقيم قدرت است، بنابراين با توجه به اين مورد و هزينه اوليه به نسبت كمتر اين سيستم جعبه دنده اي، هنوز استفاده از آنها در اكثر اتومبيلها مورد توجه است. از سيستم انتقال اتوماتيک بيشتر در اتومبيلهاي گرانقيمت تر و كلاسهاي بالاتر استفاده مي شود چرا كه با توجه به عملكرد ساده تر آن براي راننده، هزينه ساخت آن نيز بيشتر است. علاوه بر دو نوع فوق، امروزه استفاده از نسل جديدي از سيستم انتقال قدرت بنام سيستم انتقال قدرت پيوسته متغير **(CVT)** نيز مورد توجه طراحان خودروها قرار گرفته است.

سيستم انتقال قدرت دستي

در دسته بندي كلي از لحاظ نحوه كاركرد، جعبه دنده هاي دستي به سه گروه كلي تقسيم مي شوند:

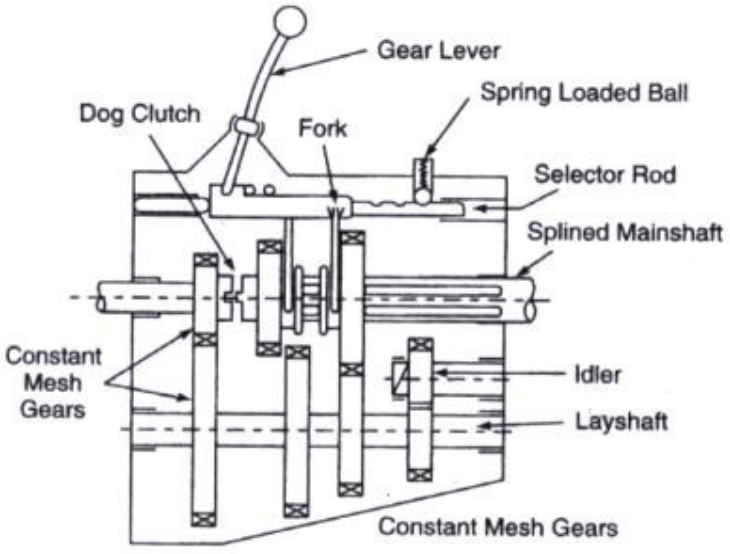
- **Sliding mesh type Gearbox**
- **Constant mesh type Gearbox**
- **Synchromesh type Gearbox**

Sliding Mesh Type Gearbox

اين جعبه دنده ها از قديميترين و ساده ترين انواع جعبه دنده ها هستند كه درگيري دنده ها در آنها توسط جابجا كردن دنده ها ايجاد مي شود. اين جعبه دنده ها در واقع شامل دو رديف شفت مي باشند : شفتي كه از طرف كلاچ مي آيد و خود شامل دو قسمت است؛ يكي كه كاملاً ثابت مي باشد و در واقع محور ورودي است بنام محور اصلي (**primary shaft**) و شفت ديگري كه در امتداد آن اما بصورت جداگانه و متحرك قرار دارد و بنام **splined mainshaft** خوانده مي شود و عمل تعويض دنده نيز با جابجايي اين شفت صورت مي گيرد.

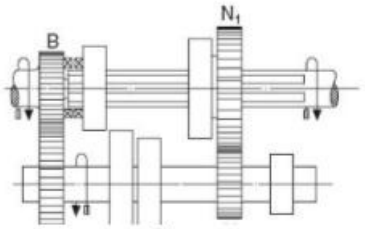
شفتي پاييني كه بنام محور ثانويه (**lay shaft**) خوانده مي شود و بسته به نوع جعبه دنده، تعدادي دنده بر روي آن قرار مي گيرد. اين شفت توسط درگيري بين دو دنده به طور دائم در ارتباط با محور اصلي است. (شكل۲-۱)

هنگامي كه گشتاور از طريق درگيري يك جفت دنده از محور اصلي به محور ثانويه منتقل مي شود، با توجه به نسبت تعداد دنده ها يك كاهش دور در آن ايجاد مي شود. حاصلضرب اين كاهش دور در كاهش دور ناشي از درگيري دو چرخ دنده نهايي، نسبت كاهش دور اصلي ناشي از يك دنده خاص را به ما مي دهد.

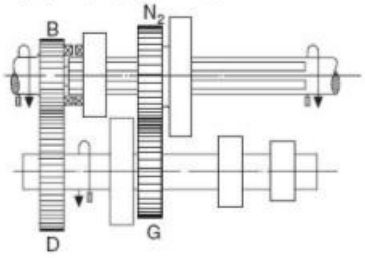


شکل۲-۱ sliding mesh type Gearbox

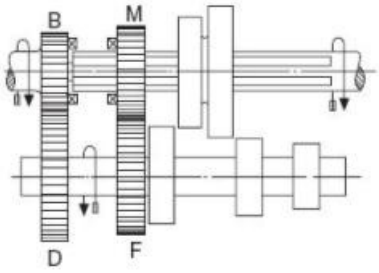
نحوه درگيري دنده ها و همچنين محاسبه كاهش نسبت دور را براي دنده هاي مختلف در شكلهاي۲-۲ مشاهده مي كنيد :



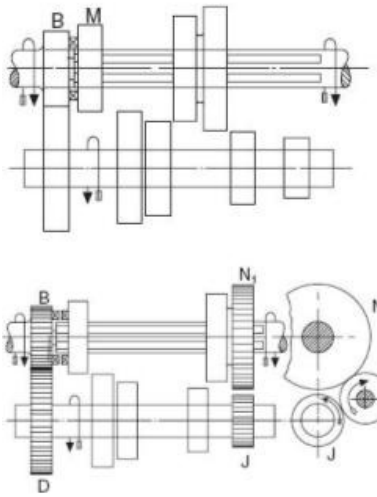
$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in N}}{\text{No. teeth in H}}$$



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



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



$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = 1$$

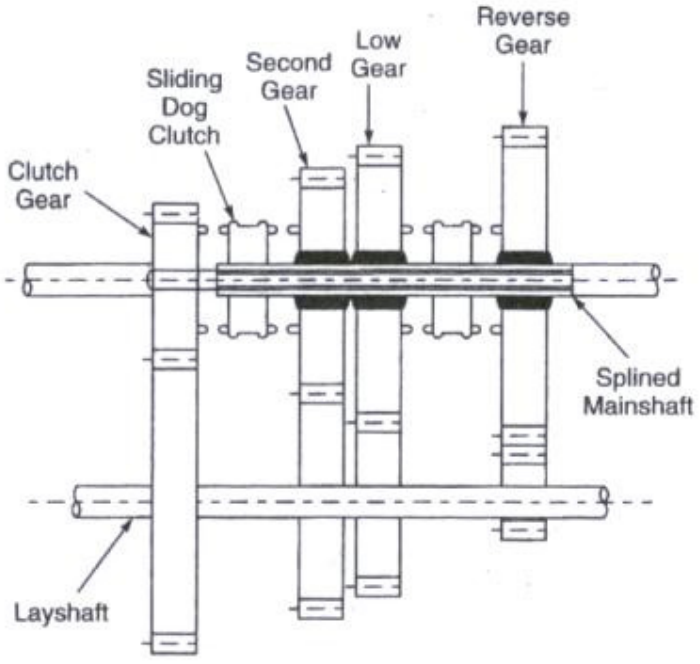
$$\frac{\text{Speed of engine shaft}}{\text{Speed of mainshaft}} = \frac{\text{No. teeth in D}}{\text{No. teeth in B}} \times \frac{\text{No. teeth in N}_1}{\text{No. teeth in J}}$$

شكل٢-٢ شكل شماتيک درگيري دنده ها در دنده هاي مختلف در type Gearbox sliding mesh

Constant Mesh Type Gearbox

در اين نوع از جعبه دنده ها بر خلاف حالت قبل همه دنده ها با هم درگير هستند، اين عمل باعث عملكرد آرام و بدون صداي اين دنده ها مي شود، چرا كه عمده صدا در سيستم جعبه دنده اي قبلي ناشي از جازدن دنده ها بود. علاوه بر آن، در اين سيستم چون دنده ها هميشه با هم درگير هستند مي توان از دنده هاي مارپيچي (هليكالي) استفاده نمود كه اين خود نيز در كاهش صدا و عملكرد نرمتر جعبه دنده موثر است. در اين نوع از جعبه دنده ها محل و نحوه قرارگيري دنده ها بر روي محورهاي اصلي و ثانويه همانند حالت قبلي است، ولي در اينجا هر دنده روي محور اصلي با دنده متناظر روي محور ثانويه درگير است. بنابراين در اين حالت بدون توجه به اينكه اتومبيل در چه دنده اي قرار دارد، در هر حال تمام دنده ها در حال چرخش هستند، اما تنها يكي از اين دنده هاي در حال چرخش است كه مي تواند به تناسب شماره دنده مورد نياز با محور اصلي كوپل شود و آنرا به حركت درآورد. اولين دنده روي **primary shaft** و نيز تمامي دنده هاي روي **lay shaft** با محور خود كاملاً فيكس هستند و امكان جابجايي نسبت به محور را ندارند. اما دنده هاي روي **splined main shaft** بر روي

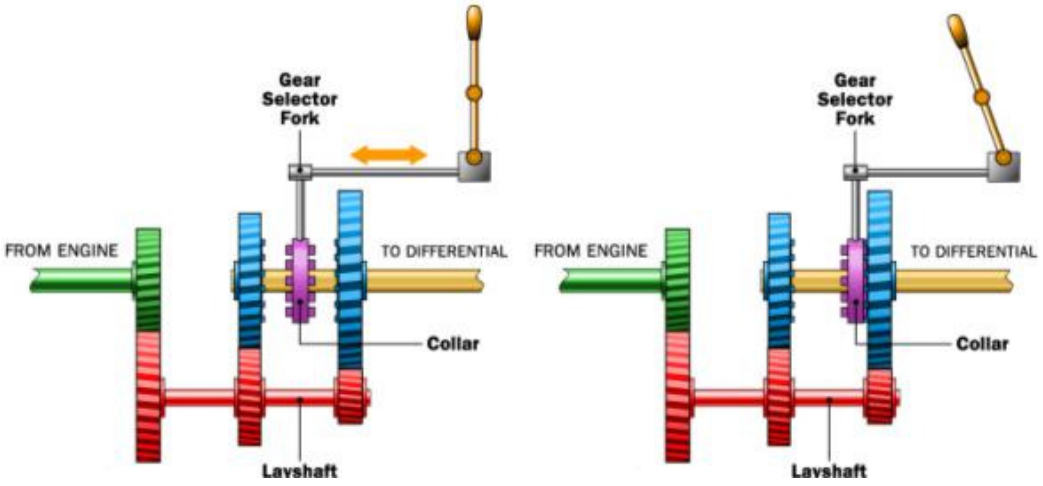
بلبرینگهایي سوار هستند و نسبت به محور خود در حال چرخشند و تنها یک دنده است که توسط مکانیزمي به محور کوپل مي شود. این مکانیزم **sliding dog clutch** نام دارد که روي محور ثانویه هزارخار شده است. با انتخاب دنده مورد نظر زبانه هاي روي **dog clutch** مربوط به آن دنده خود را با دنده درگیر مي کند و با این عمل، دنده مورد نظر با محور خود قفل مي شود و در واقع نسبت انتقال دلخواه را براي ما فراهم مي گرداند. (شکلهاي۲-۳ و ۲-۴)



شکل۲-۳ Constant mesh type Gearbox

در این نوع از جعبه دنده ها براي درگیري بهتر زبانه **dog clutch** و دنده لازم است که سرعت آنها با هم برابر باشند. براي تحقق نسبي

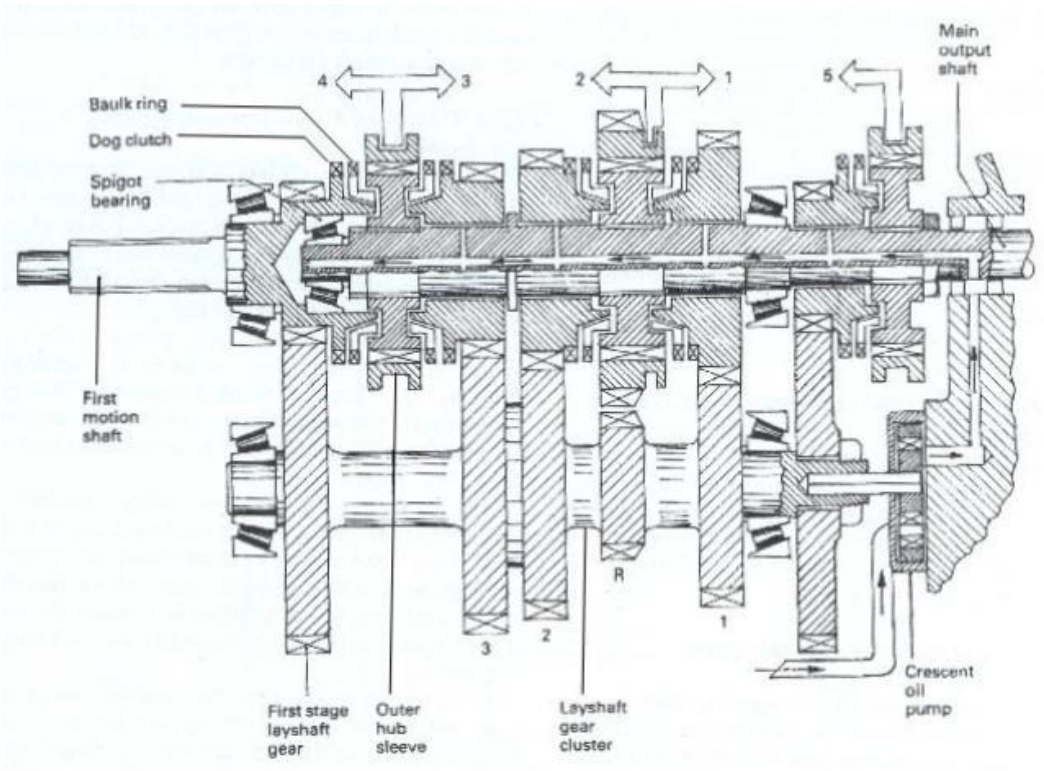
اين امر در اين نوع سيستم جعبه دنده اي از **double declutching** استفاده مي شود. بدينگونه كه بار اول كه كلاچ گرفته مي شود، ارتباط موتور با جعبه دنده قطع مي شود. پس فشار از روي زبانه هاي **dog clutch** برداشته مي شود تا بتوان آن را به حالت خلاص منتقل كرد. بعد با رها كردن كلاچ، موتور را به سرعت مناسب مي رسانيم. منظور از سرعت مناسب، دور موتوري است كه با دنده بعدي تناسب دارد. يعني كاري مي كنيم كه زبانه هاي **dog clutch** و چرخ دنده اي كه مربوط به دنده بعدي است با سرعت يكساني بچرخند تا زبانه ها بتوانند در چرخ دنده جفت شود. حالا مجبوريم يك بار ديگر كلاچ را فشار دهيم تا اين زبانه ها و دنده جديد با هم درگير شوند. بنابراين در اين حالت براي تعويض دنده راننده ابتدا بايد دنده را خلاص كند و سپس با كلاچ گيري دوباره دنده بعدي را انتخاب نمايد.



شكل۲-۴ Dog clutch در حالت آزاد و درگير با دنده ها

Synchromesh Type Gearbox

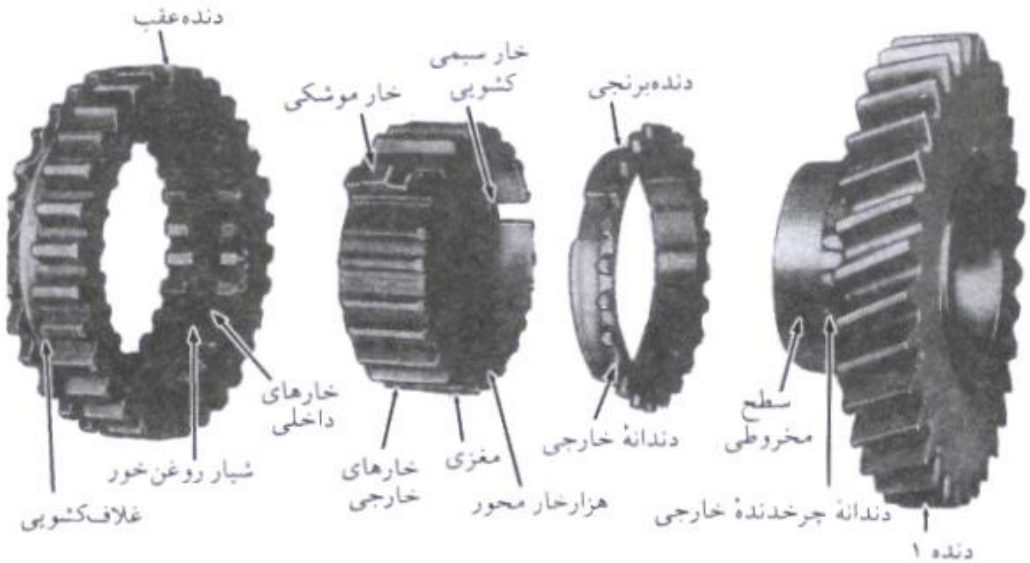
در اين نوع جعبه دنده نيز همانند حالت قبل دنده هاي روي شفت اصلي با دنده مربوطه روي شفت ثانويه در حالت درگيري دائم هستند. دنده هاي روي شفت ثانويه روي محور ثابت و دنده هاي روي شفت اصلي توانايي گردش آزادانه حول محور خود را دارند. از اين لحاظ نيز، اين نوع جعبه دنده همانند جعبه دنده هاي **constant mesh** هستند، اما نكته اي كه در اينجا وجود دارد استفاده از سيستم همسرعت كننده (**synchronizer**) در اين نوع



جعبه دنده ها مي باشد كه در اين حالت لزوم جعبه دنده به **double declutching** را از ميان مي برد. با استفاده از اين سيستم همسرعت كننده در اين جعبه دنده ها، عمل تعويض دنده براحتي و بدون سروصداي ناشي از بهم خوردن دنده ها صورت خواهد گرفت. (شكل۲-۵)

شكل۲-۵ Synchromesh type gearbox

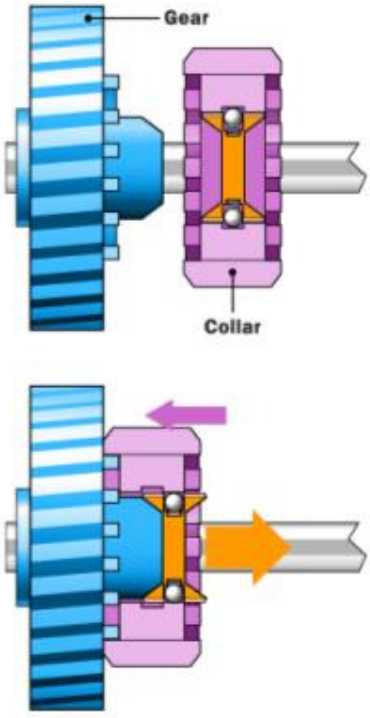
اگر جعبه دنده در وضعيت خلاص باشد توان انتقال نمي دهد. در اين حالت هيچ يك از چرخدنده هاي روي محور خروجي به آن قفل نمي شوند. در هنگام تعويض دنده، چرخدنده ها با عمل كشويي به محور قفل مي شوند. خود كشوييها نيز توسط هزار خار به محور خروجي متصلند و با آن مي چرخند. ماهك روي كشويي در شيارهاي غلاف كشويي جفت مي شود. وقتي راننده دسته دنده را جابجا مي كند، اين حركت از طريق ميله بندي به ماهك روي كشويي منتقل مي شود. ماهك، غلاف كشويي را به حركت در مي آورد و غلاف چرخدنده مورد نظر را روي محور قفل مي كند. به كمك كشويي مي توان كاري كرد كه چرخدنده ها و غلافهاي كشويي در حوالي زماني كه بايد با هم درگير شوند، با سرعت برابر بچرخند. وقتي اين سرعتها با هم برابر باشند، چرخدنده ها به نرمي درگير مي شوند. كشوييها، مخروطهاي هماهنگ كننده اي روي چرخدنده ها و نيز روي دنده برنجي دارد كه در واقع كار يك كلاج كوچك را انجام مي دهند. مغزي كشويي با هزار خار به محور خروجي جعبه دنده متصل است. غلاف كشويي روي مغزي كشويي جفت مي شود. (شكل۲-۶)

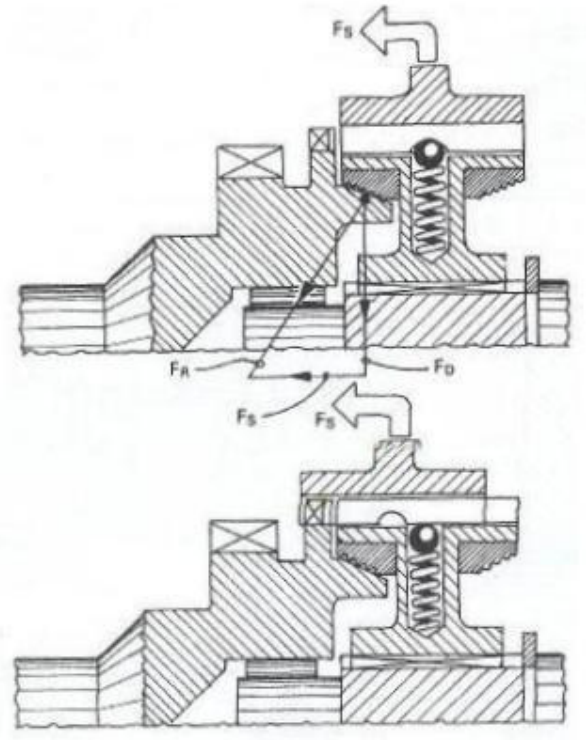


شکل۲-۶ شکل یک دنده بهمراه اجزاي همسرعت کننده مربوط به آن

عمل همسان سازي سرعت طي سه مرحله صورت مي گيرد:

وقتي دنده عوض مي كنيم، غلاف كشويي به طرف چرخدنده مورد نظر مي رود. اين غلاف روي خارهاي مغزي كشويي مي لغزد و خارهايي را با خود جابجا مي كند. اين خارها نيز به دنده برنجي نيرو وارد مي كنند و آن را به طرف چرخدنده مورد نظر مي رانند، در نتيجه سطح مخروطي دنده برنجي با سطح مخروطي چرخدنده تماس پيدا مي كند. اصطكاك بين آنها سبب يكسان شدن سرعت و هماهنگي در چرخششان مي شود. وقتي دنده هاي خارجي دنده برنجي و چرخدنده با يك سرعت مي چرخند، غلاف كشويي روي آنها مي لغزد. درنتيجه چرخدنده به محور قفل و تعويض دنده انجام مي شود. توان از اين چرخدنده از طريق غلاف كشويي و مغزي كشويي به محور منتقل مي شود. (شكل۲-۷)

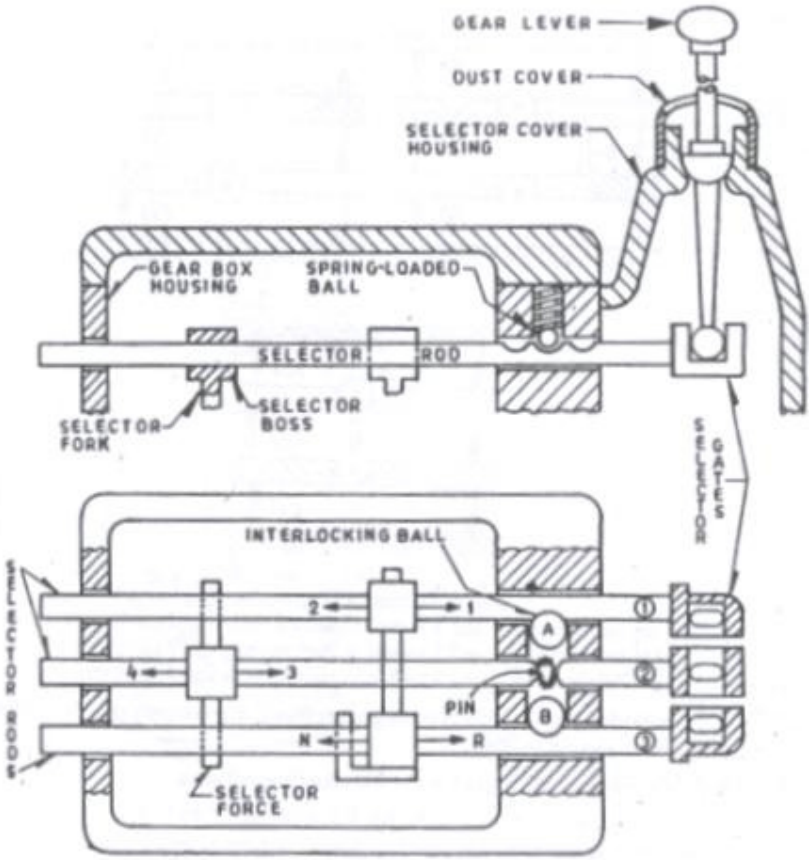




شکل۲-۷ عمل سیستم همسرعت کننده

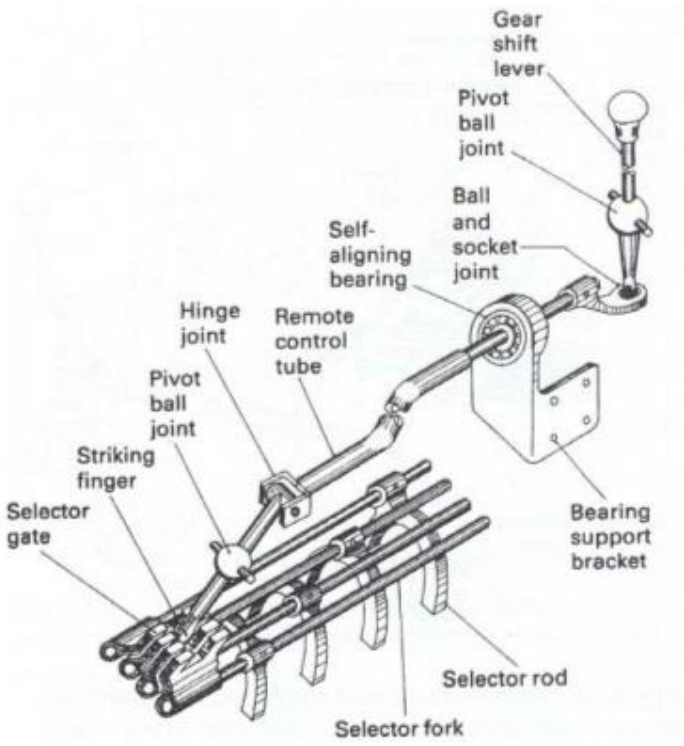
عملگر تعويض دنده و ميله بندي آن

سالها پيش جعبه دنده هاي دستي چهار دنده بودند و دسته دنده دركف اتاق قرار داشت؛ جاييكه راننده براحتي به آن دسترسي داشت. انتهاي جعبه دنده به مكانيسم تعويض دنده متصل مي شد. پس از آن دسته دنده را به لوله فرمان منتقل كردند؛ جاييكه بيشتر در دسترس راننده بود. با اين تغيير جاي پاها در صندلي جلو نيز وسيعتر شد. امروزه دسته دنده دوباره در كف اتاق نصب مي شود. درواقع اغلب اوقات دسته دنده بخشي از كنسول مياني است. براي اتصال دسته دنده به جعبه دنده از ميله بنديهاي با آرايش مختلف استفاده شده است. طرز كار تمام اين ميله بنديها اساساً يكي است. براي عوض كردن دنده بايد دو حركت به دسته دنده اعمال كرد. در اولين حركت ماهك روي كشويي و كشويي مربوط به چرخدنده مورد نظر انتخاب مي شود. حركت دوم سبب مي شود كه ماهك روي كشويي، غلاف كشويي را به حركت در آورد. در نتيجه حركت اخير، چرخدنده مورد نظر به محور اصلي قفل مي شود. (شكل۲-۸)



شكل۲-۸ مكانيسم تعويض دنده

در شكل۲-۹ نمونه اي از ميله بندي تعويض دنده مربوط جعبه دنده طولي پنج و شش سرعته اتومبيل فورد را مشاهده مي كنيد.



شكل۲-۹ ميله بندي تعويض دنده فورد

دنده هاي كمكي (splitter change & range change)

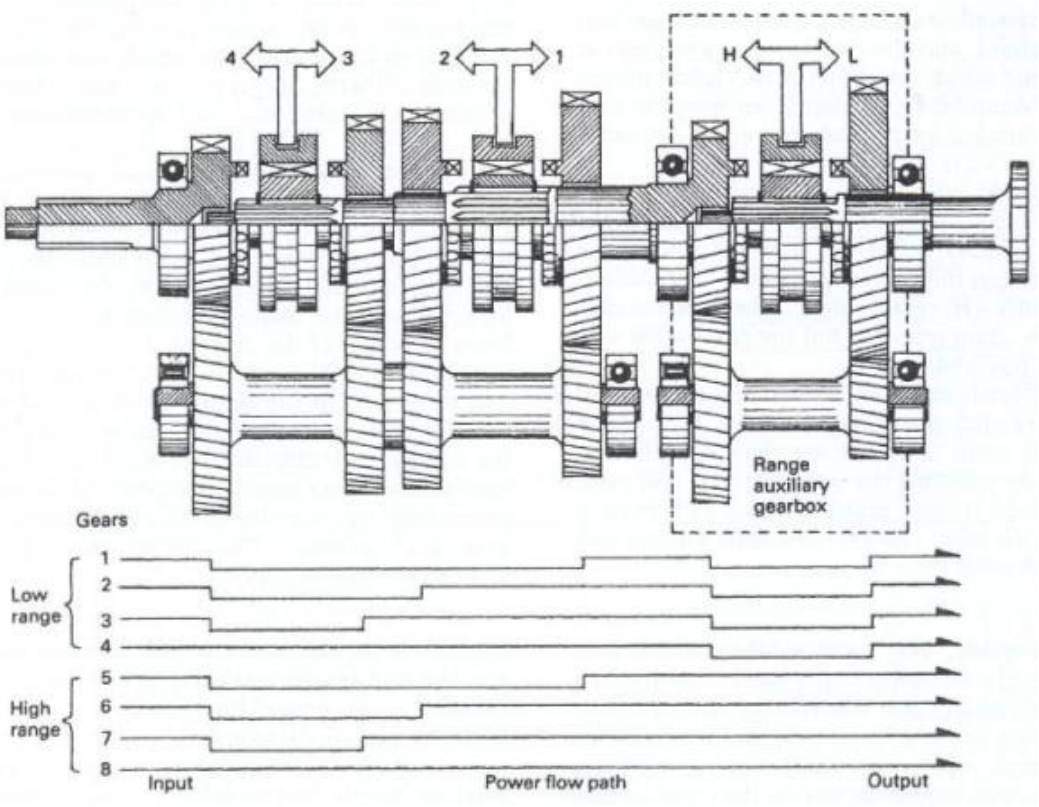
براي خودروهاي نسبتاً سبک با وزن حدود يک تن که نسبت قدرت به وزن بزرگي دارند، يک جعبه دنده ۴ سرعته يا ۵ سرعته معمولي جوابگوي اتومبيل در عملکرد صحيح خود مي باشد. اما براي خودروهاي سنگيني که بارهاي بزرگي را تحمل مي کنند و نسبت قدرت به وزن بسيار پاييني دارند، استفاده از اين جعبه دنده ها به تنهايي نمي تواند گزينه مناسبي باشد. تحت چنين شرايط عملکردي اگر فاصله نسبت انتقال دنده ها خيلي زياد باشد، در حين تعويض دنده دور موتور به شدت افت مي کند و بازيافت گشتاور دوباره موتور به کندي صورت مي گيرد؛ بنابراين براي کمتر کردن اثرات ناشي از اين افت دور در هنگام تعويض دنده به فاصله هاي کوچکتري از اختلاف افزايش نسبت دنده اي نياز است. با دو برابر

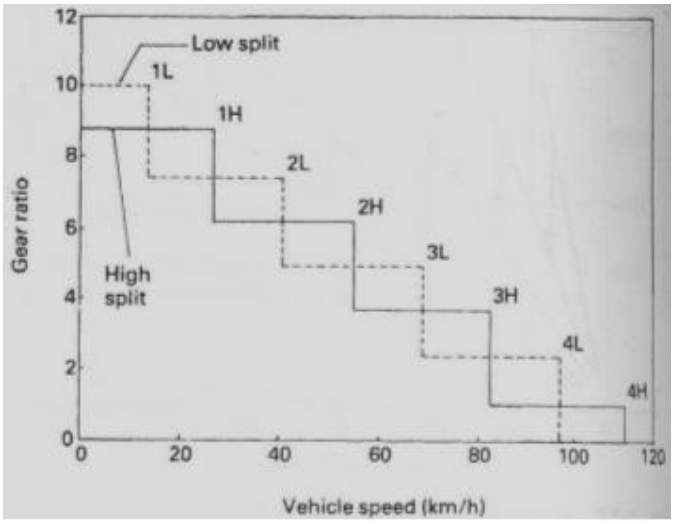
کـردن تعـداد نسبت دنده ها اثرات افت دور موتور در حين تعويض دنده کاهش مي يابد.

جهت تحقق اين امر و افزايش تعداد نسبت انتقال مي توان از تعداد چرخدنده هاي بيشتر با نسبت انتقالهاي گوناگون در گيربکس استفاده کرد، اما استفاده از اين روش به بزرگ و سنگين شدن جعبه دنده مي انجامد. براي جلوگيري از اين امر يک جعبه دنده کوچک دو وضعيتي را به صورت سري با جعبه دنده معمولي ۴ سرعته، ۵ سرعته و ... قرار مي دهند. استفاده از اين جعبه دنده کمکي به اين ترتيب تعداد نسبت انتقال را در جعبه دنده هاي معمولي دو برابر مي کند. در وضعيتهاي بسيار خاص مي توان از جعبه کمکي سه وضعيته استفاده کرد، در اين صورت تعداد دنده هاي جعبه دنده معمولي تا سه برابر افزايش مي يابد که در اينگونه کمکيها معمولاً يکي از نسبتهاي انتقال بسيار کم در نظر گرفته مي شود.

جعبه دنده هاي کمکي مي توانند به دو صورت قبل يا بعد از جعبه دنده اصلي قرار گيرند که طراح با توجه به شرايط مورد نظر خودرو آن را برمي گزيند :

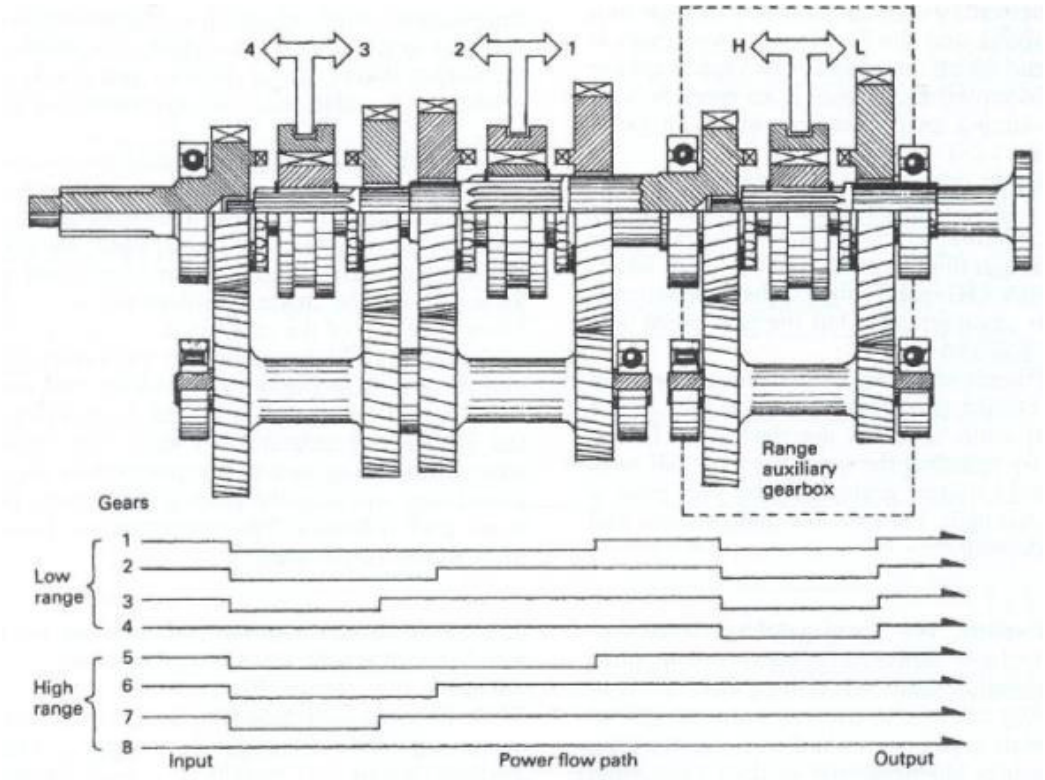
Splitter gear change : در نوع جعبه دنده، جعبه دنده کمکي قبل از جعبه دنده اصلي قرار مي گيرد. در اين حالت جعبه دنده کمکي دو حالت دارد، حالت اول که نسبت انتقال مستقيم است و گشتاور ورودي از موتور بدون تغيير به جعبه دنده اصلي مي رسد و حالت دوم که نسبت انتقال ناشي از اين دنده تقريباً ۱ : ۱/۴ – ۱/۲ است. (شکل۲-۱۰)

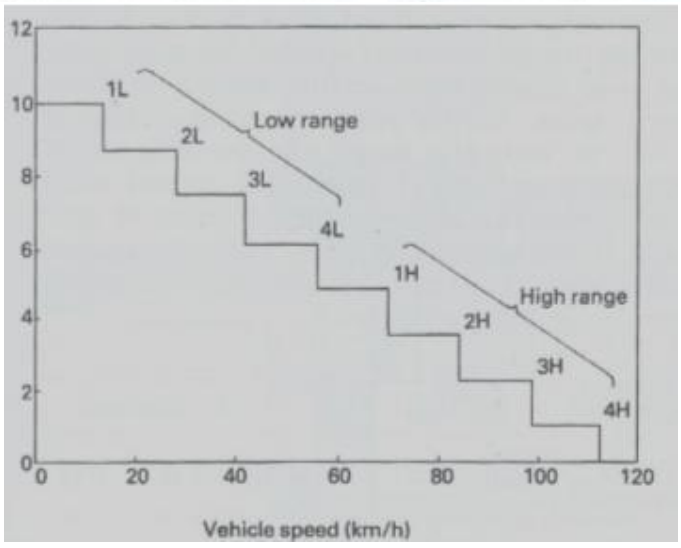




شكل٢-١٠ جعبه دنده كمكي از نوع Splitter و ترتيب تعويض دنده ها در اين نوع جعبه دنده

Range gear change : در اين نوع جعبه دنده، جعبه دنده كمكي بعد از جعبه دنده اصلي قرار مي گيرد. جهت تعويض دنده در اين نوع جعبه دنده ها ابتدا دنده كمكي را در حالت **low** قرار داده و دنده هاي اصلي را به ترتيب تغيير مي دهيم، سپس دنده كمكي را در حالت انتقال مستقيم يا **high** قرار داده و دوباره دنده هاي اصلي را به ترتيب عوض مي كنيم. (شكل۲-۱۱)





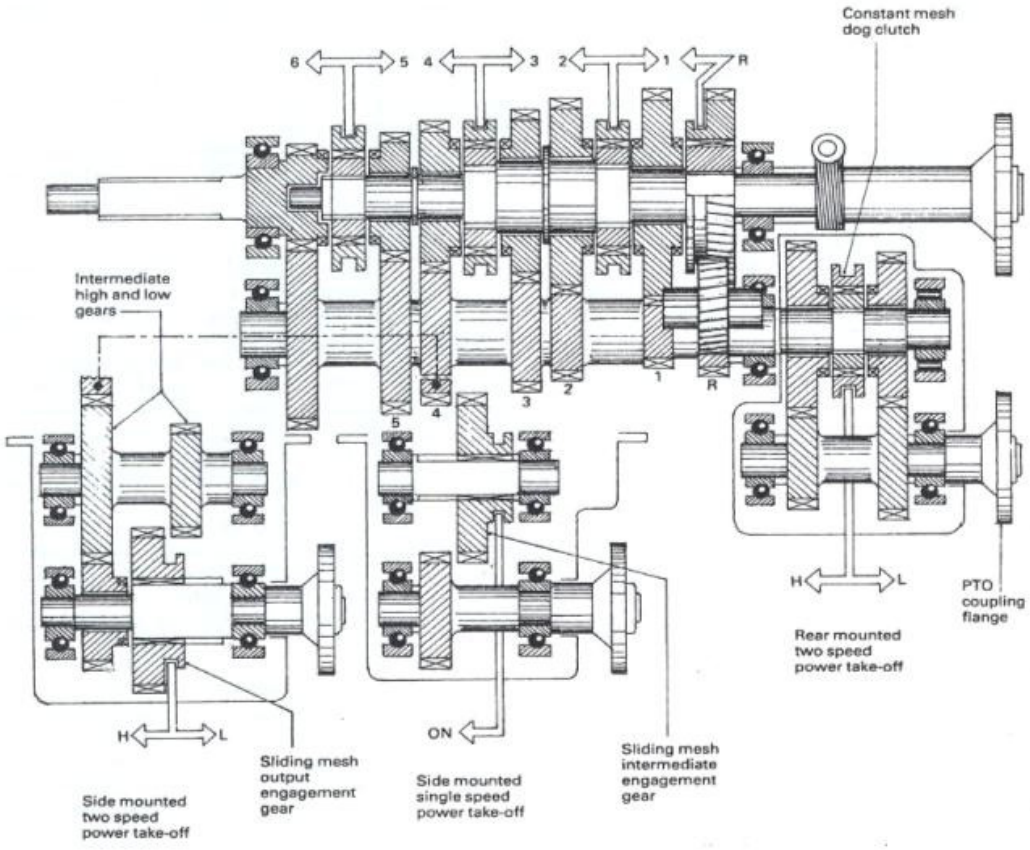
شكل۲-۱۱ جعبه دنده كمكي از نوع range و ترتيب تعويض دنده ها در اين نوع جعبه دنده

هر دو نوع جعبه دنده هاي **splitter** و **change** مي توانند به صورت چرخدنده هاي ساده يا خورشيدي باشند. همچنين برخي از جعبه دنده ها در صورت نياز مي توانند از جعبه دنده هاي **splitter** و **change** به صورت همزمان استفاده كنند.

PTO (Power take-off)

PTO در واقع مكانيزمي است كه تعدادي شفت محرك را براي بكار انداختن تجهيزات كمكي در برخي از خودروهاي خاص فراهم سازد. اين شفتها مي توانند نيروي محرك خود را از موتور و توسط دنده هاي تايمينگ سر ميل لنگ بگيرند؛ اما معمولاً در اكثر سيستمها اين نيرو را از قسمتي از جعبه دنده مي گيرند. كابردهاي مرسوم **PTO** ها شامل موارد زير هستند؛ مانند : پمپهاي هيدروليكي، كمپرسورها، ژنراتورها، بالابرها، جرثقيل ها، چرخ لنگرهاي دوار، قرقره هاي شيلنگ آتش نشاني، دستگاههاي مخلوط كننده، تيغه هاي ماشين برف روب و ديگر مكانيزمهاي مكانيكي كه به منبع جداگانه اي از قدرت محركه نياز دارند.

قدرت محرك **PTO** مي تواند توسط يكي از دنده هاي روي **lay shaft** فراهم شود و يا اينكه شفت مربوطه مستقيماً به انتهاي **lay shaft** متصل شود و چرخش خود را يكسره از خود شفت بگيرد. (شكل۲-۱۲) **PTO** ها بسته به نوع استفاده مي توانند به صورت تك سرعته يا دو سرعته كار كنند. در واقع سيستمي مانند جعبه دنده هاي كمكي در اين مورد نيز مورد استفاده قرار مي گيرد كه فراهم آورنده دو سرعت متفاوت مي باشد. جهت دستيابي به سرعت دلخواه شفت نسبت دنده ها در اين مورد نيز مي تواند به صورت دلخواه انتخاب شوند.



شكل۲-۱۲ جعبه دنده بهمراه PTO هايي كه قدرت خود را از دنده ها مي گيرند.

اوردرايو (Over drive)

وقتي جعبه دنده هاي استاندارد را در دنده بالا قرار مي دهيم، نسبت انتقال يك به يك است. در جاده هاي سرازيري در صورتيكه موتور اتومبيل قدرت كافي را داشته باشد و سرعت نيز در حد معقولي باشد موتور قادر خواهد بود كه اتومبيل را با نسبت تبديل كمتر از واحد نيز به حركت در آورد. براي اين منظور در گيربكس بعضي از اتومبيل ها وسيله اي بنام اوردرايو پيش بيني شده است. اوردرايو يا فوق سرعت يك سيستم مكانيكي است كه به انتهاي جعبه دنده هاي معمولي بسته مي شود. محور خروجي جعبه دنده محور ورودي اوردرايو را به حركت در مي آورد. اوردرايو

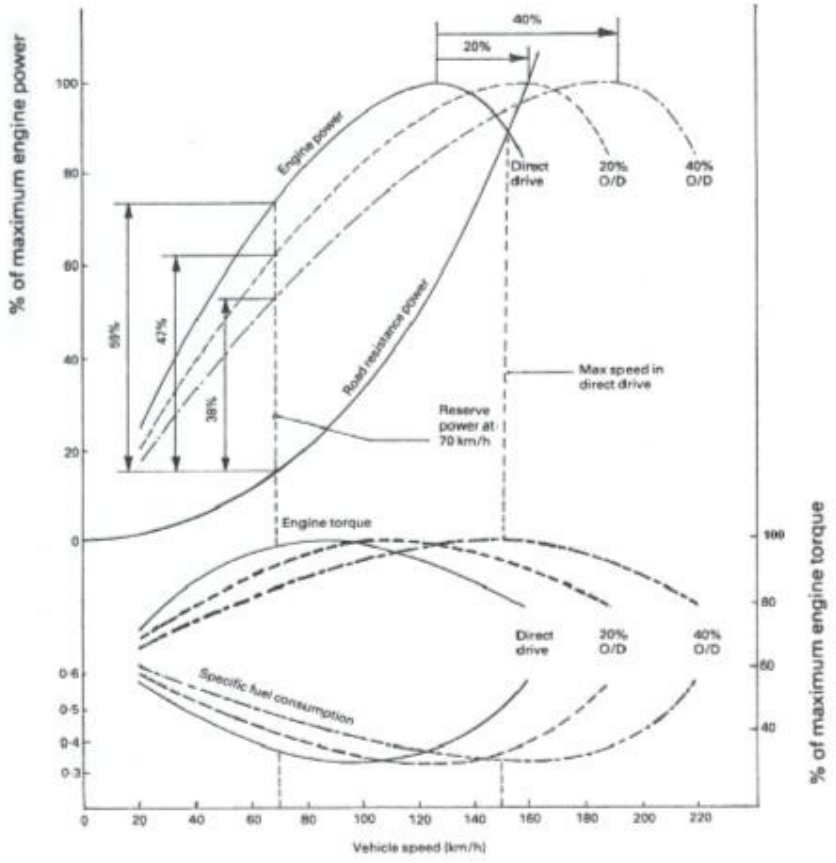
شامل يك مجموعه دنده سياره اي است كه بوسيله آن مي توان نسبت تبديل پايين تر از يک را بدست آورد.

يكي از مزاياي مهم اوردرايو آن است كه با استفاده از آن مي توان با ثابت نگهداشتن سرعت اتومبيل، دوران موتور آنرا تا حدود ۳۰ درصد تنزل داد. طبعاً استفاده از اوردرايو سبب كاهش مصرف سوخت در ماكزيمم سرعت مي شود. اوردرايو با توجه به صحت عوامل زير عمل رضايت بخشي را ارائه خواهد كرد

۱- موتور اتومبيل قدرت كافي را داشته باشد.

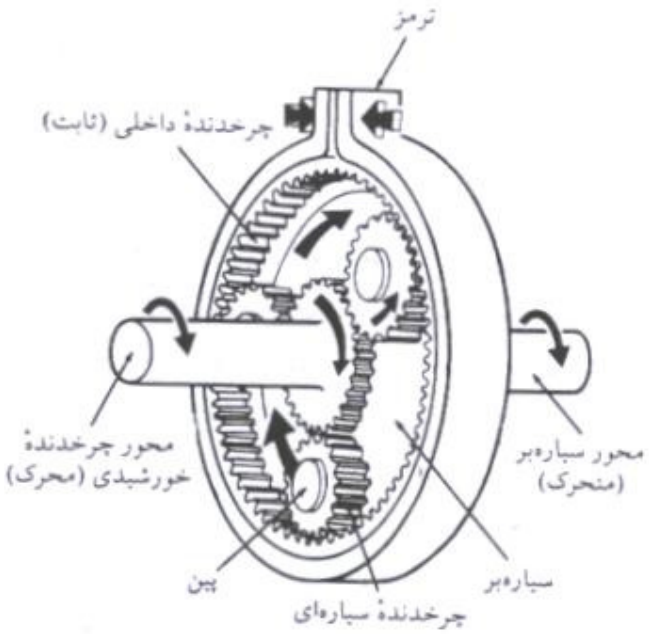
۲- سرعت اتومبيل در حد كافي باشد.

۳- جاده تقريباً مسطح يا سرازير باشد



شكل۲-۱۳ اثرات اوردرايو بر روي عملكرد موتور

استفاده از اوردرايو به خودي خود موجب تضمين سرعت حداكثر نخواهد بود. با افزايش سرعت اتومبيل مقاومت باد به سرعت زياد مي شود. در سرعت هاي خيلي زياد اثرات مقاومت ناشي از باد را مي توان با اثر بازدارندگي در يك سربالايي شيب تند قابل قياس دانست. در اين موقع است كه ديگر نمي توان دنده بالا يا اوردرايو را يك امتياز محسوب آورد و بايستي براي كار صحيح موتور اتومبيل را به يك دنده پايين تر منتقل ساخت. در شكل ۲-۱۳ نمودار مربوط به اثرات اوردرايو بر روي عملكرد موتور مي توان مشاهده كرد. ملاحظه مي شود كه از اثرات اوردرايو كاهش مصرف سوخت و همچنين افزايش گشتاور موتور در ماكزيمم سرعت مجاز است. براي فراهم كردن چنين شرايطي و اضافه كردن اوردرايو به جعبه دنده هاي معمولي معمولاً از تركيبهاي چرخدنده هاي سياره اي استفاده مي كنند. يك مجموعه خوشيدي يا سياره اي شامل يك دنده خورشيدي يا دنده مركزي است كه با دنده هاي هرز گرد سياره اي يا پينيونها كه روي محور نگهدارنده يا بازو قرار گرفته اند، احاطه شده است؛ حركت دوراني مي كنند و بطور دائم درگير مي باشند. پينيونها نيز در داخل دنده داخلي يا رينگ (به اين دليل به اين نام خوانده مي شود كه محيط دايره از داخل دندانه دار شده است) احاطه شده و بطور دائم با اين دنده هاي سياره اي در گير مي باشند. (شكل۲-۱٤)



شکل۲-۱۴ نمونه ساده اي از چرخ دنده سياره اي واجزاي آن

اگر يک عضو از مجموعه چرخدنده سياره اي ثابت نگهداشته شود و عضو ديگر بچرخد، حاصل کار افزايش سرعت، کاهش سرعت يا چرخش معکوس خواهد بود. نتيجه کار بستگي به اين دارد که کدام عضو ثابت مانده و کدام عضو بچرخد.

در صورت عدم نياز به اوردرايو مي توان آنرا در وضع قفل شده قرار داد. وقتي دو قسمت از مجموعه دنده سياره اي بهم قفل شوند، مجموعه قادر به تغيير گشتاور يا دوران نبوده و همه آن به صورت يك واحد يکپارچه دوران خواهد.

گیربکس اتوماتیک چگونه کار می کند؟

سیستم انتقال قدرت اتوماتیک

چون دستیابي به یک سیستم انتقال نرم و بدون صدا با استفاده از جعبه دنده هاي دستي مرسوم که در بالا اشاره شد، امکان پذیر نمي باشد، بنابراین در جعبه دنده هاي اتوماتیک نیز همانند آنچه قبلاً براي اوردرایو گفته شد از سیستم چرخدنده خورشیدي استفاده مي شود. علاوه بر آن، این نوع سیستم جعبه دنده اي مزایاي زیادي دارد:

۱- تمام اعضا مجموعه خورشیدي برروي یک محور اصلي قرار دارند و در نتیجه همه آنها در یک مجموعه قرار گرفته اند.

۲- دنده هاي خورشیدي همیشه بطور ثابت با هم در گیر مي باشند و امکان حذف دنده و یا شکستن و سرو صدا کمتر وجود دارد و هم چنین تعویض دنده، سریع و بطور خودکار و بدون افت قدرت انجام مي گردد.

۳- دنده هاي خورشیدي نسبت به جعبه دنده هاي استاندارد مي توانند سخت تر و قویتر باشند و بارهاي گشتاوري را بطور سریع منتقل نمایند و داراي حجم کمتري باشند. به این دلیل که گشتاور از میان دنده هاي سیاره اي عبور مي نمایند و نیرو بین چند دنده سیاره اي تقسیم مي گردد، قدرت انتقال افزایش مي یابد.

٤- موقعیت اعضا مجموعه سیاره اي براي نگهداشتن یا درگیري و قفل نمودن آنها با یکدیگر براي تعویض دنده ها نسبت به هم رابطه ساده اي دارند.

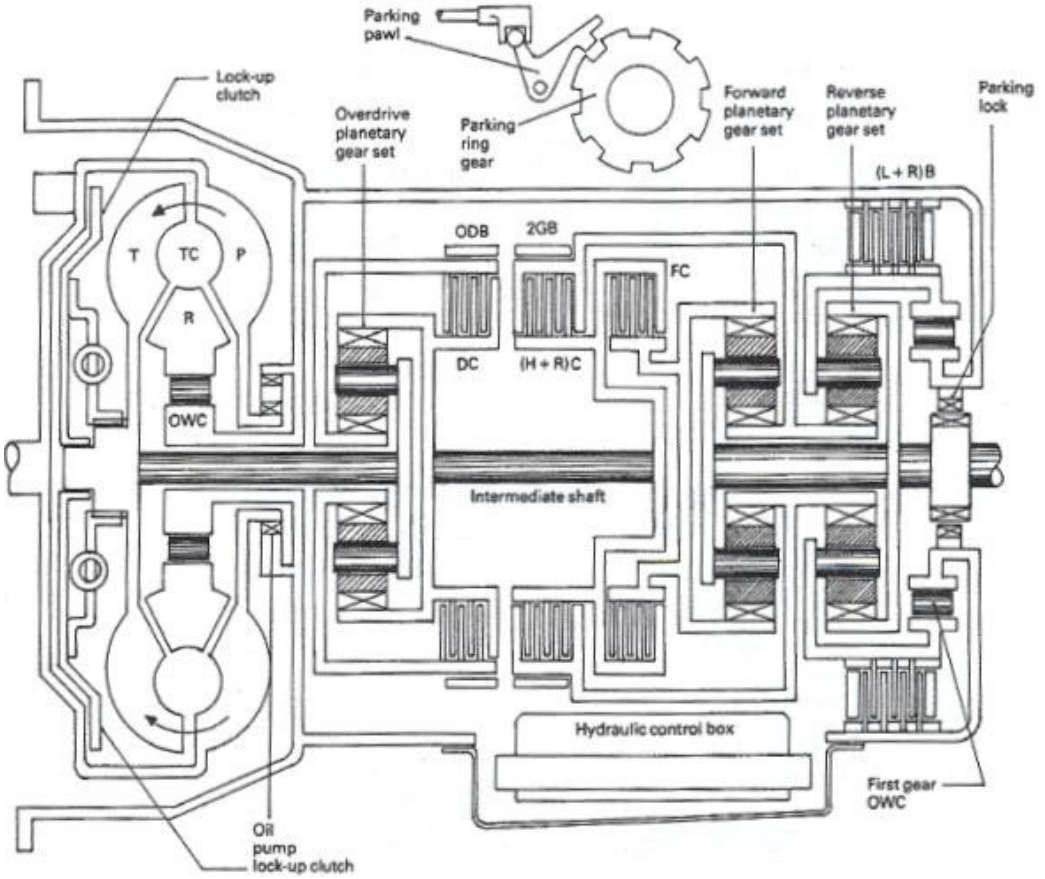
در جعبه دنده هاي اتوماتیک حتماً باید از کلاچ هیدرولیکي و مبدل گشتاور بجاي کلاچ اصطکاکي استفاده کرد. ساختمان و نحوه عمل این مبدلها در قسمت کلاچها توضیح داده شد.

اغلب این جعبه دنده هاي خودکار سه یا چهار دنده براي حرکت رو به جلو دارند. این جعبه دنده ها در وضعیتهاي پارک، خلاص و دنده عقب نیز قرار مي گیرند. در این خودروها دنده چهار معمولاً اوردرایو است. در بعضي از جعبه دنده هاي خودکار که شش دنده اند، دنده پنج اوردرایو است. خودروهایي که جعبه دنده خودکار

دارند، معمولاً با دنده یک به راه مي افتند. سپس جعبه دنده به دنده هاي دو، سه و چهار مي رود. تعويض دنده ها و قفل شدن مبدل گشتاور بدون کمک راننده انجام مي شود. با افزايش سرعت خودرو، دنده ها تعويض مي شود و بار موتور کاهش مي يابد. راننده براي کاهش سرعت خودرو و متوقف کردن آن پايش را از روي پدال گاز برمي دارد و در صورت نياز ترمز مي گيرد. در اين حالت جعبه دنده مبدل گشتاور را خلاص مي کند و به صورت خودکار دنده معکوس مي رود؛ هنگامي که خودرو متوقف مي شود، جعبه دنده در دنده يک است. در اين حالت به کلاچي که با پا بکار مي افتد نيازي نيست. بکسواد کردن مبدل گشتاور اين امکان را مي دهد که حتي حين درگيري جعبه دنده نيز موتور درجا کار کند.

شکل کلي نمونه اي از اين جعبه دنده ها را در پايين مشاهده مي کنيد. همانطور که ملاحظه مي شود براي دستيابي به دنده مورد نظر بايد تعدادي از دنده هاي خورشيدي، پينيونها، بازوها يا رينگها ثابت يا بهم قفل شوند. براي بوجود آمدن اين شرايط، يکسري عملگر (مانند کلاچهاي يکطرفه، بستهاي قفل کننده و کلاچهاي چند صفحه اي) وجود دارد که با قفل شدن يا آزاد شدن هريک از آنها توسط سيستم کنترلي، تعدادي از دنده ها قفل شده و اتومبيل در دنده مورد نظر قرار مي گيرد.

در شکل۲-۱۵ نمونه اي از اين گيربکسهاي اتوماتيک بهمراه عملگرهاي آن را مشاهده مي کنيد. بعنوان مثال براي قرار گرفتن گيربکس در دنده يک، بايد کلاچهاي **DC** و **FC** و همچنين کلاچ يکطرفه **OWC** قفل شوند. براي ديگر دنده ها نيز به همين ترتيب عملگرهاي



ديگر عمل مي کنند.

	ClutchDC	Clutch (H+R)C	Brake 2GB	Clutch FC	Brake ODB	Brake (L+R)B	One Way Clutch OWC
First D	applied	-	-	applied	-	-	applied
Second D	applied	-	applied	applied	-	applied	-
Third D	applied	applied	-	applied	-	-	-
Fourth D	-	applied	-	applied	applied	-	-
Reverse R	applied	applied	-	-	-	applied	-

شکل۲-۱۵شکل شماتيکي ازگيربکسهاي اتوماتيک بهمراه عملگرهای آن

سيستم كنترل هيدروليكي جعبه دنده اتوماتيک

سيستم هيدروليكي، سيال تحت فشار لازم براي بكار انداختن جعبه دنده خودكار را تامين مي كند. كلاً سيستم هيدروليكي كارهاي زير را انجام مي دهد:

سيال را به مبدل گشتاور مي رساند.

سيال تحت فشار را بسوي پمپ بست قفل كننده و كلاچهاي چند صفحه اي هدايت مي كند.

قطعات داخلي را روغنكاري مي كند.

مبدل گشتاور و ساير قطعات را خنک مي كند.

همانطور كه ديديم عمل تعويض دنده يا تغيير كاركرد عملگرها در اين نوع جعبه دنده ها به صورت خودكار و بدون دخالت راننده انجام مي پذيرد. جهت نيل به اين مقصود بايد اطلاعاتي از وضعيت حال حاضر خودرو در دسترس باشد، تا سيستم كنترلي بتواند بر اساس اين اطلاعات تصميم گيري نمايد. اين اطلاعات كه در واقع زمان تعويض دنده را مشخص مي كنند از سه طريق بدست مي آيند :

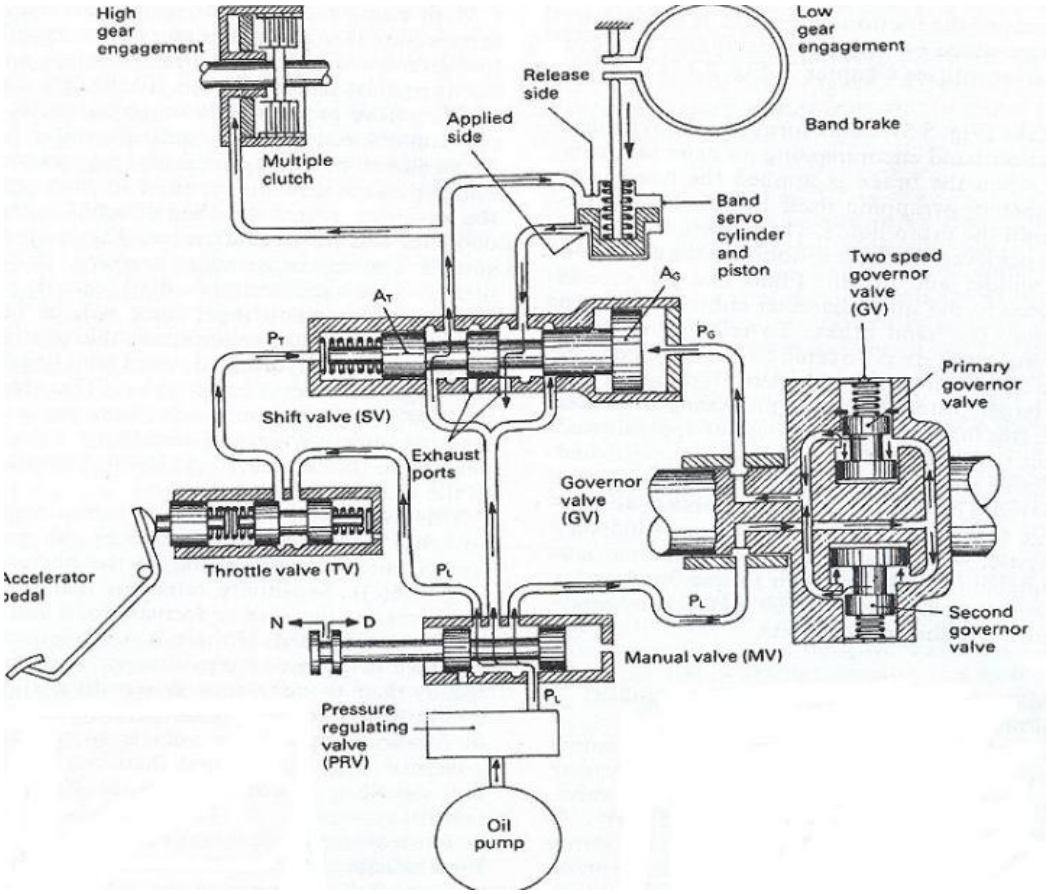
دور خروجي جعبه دنده

دور موتور

بار موتور (ميزان گشودگي دريچه گاز)

هر كدام از اين عوامل فشارهاي متغيري را در مسير هيدروليكي سيستم كنترلي ايجاد مي كنند كه در نتيجه تاثير اين فشارها برروي شيرهاي هيدروليكي در سر راه و نهايتاً برروي بستهاي قفل كننده و كلاچهاي چند صفحه اي و تغيير وضعيت هر يک از آنها، مي تواند دنده خودرو عوض شود.

در شكل ٢-١٦ شماي كلي از اين سيستم كنترل را بهمراه اجزاي عمل كننده آن مشاهده مي كنيد.

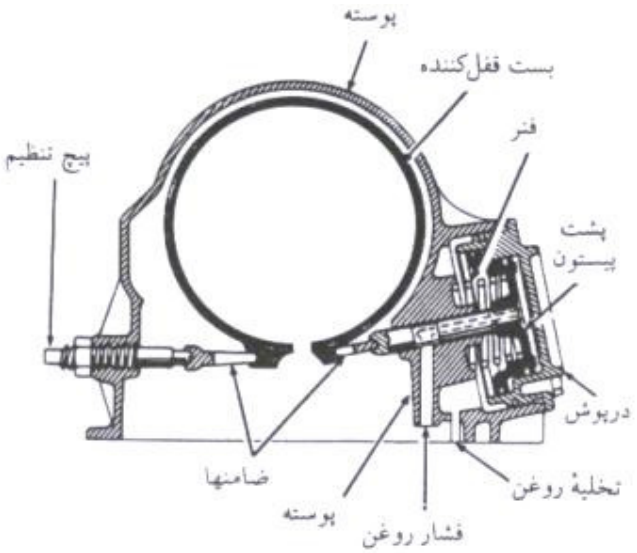


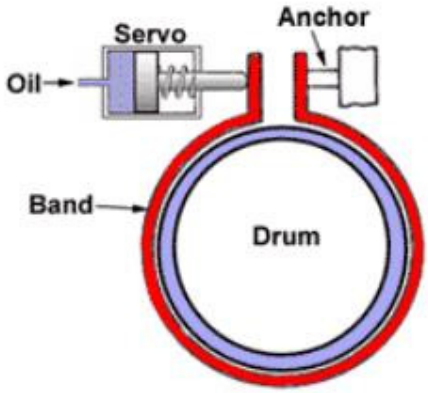
شكل۲-۱۶ اجزاي سيستم كنترل در ارتباط با يكديگر و نحوه عمل عملگرها

بست قفل كننده (**band brake**)

بست قفل كننده در واقع كفشك ترمزي است كه دور يك كاسه كلاچ فلزي مي پيچد. بست قفل كنده با ماده اي از جنس لنت ترمز پوشانيده مي شود. وقتي اين بست روي كاسه كلاچ فشرده مي شود، كاسه كلاچ و چرخدنده خورشيدي از چرخش باز مي ايستند و ثابت مي شوند. يك سر بست قفل كننده به پوسته جعبه دنده متصل است و سر ديگر آن با يك پمپ در ارتباط است. (شكل۲-۱۷) پمپ وسيله اي در سيستم هيدروليك است كه فشار هيدروليكي را به حركت مكانيكي تبديل مي كند. وقتي فشار هيدروليكي سيال تحت فشار به پشت پيستون پمپ هدايت مي شود، پيستون به حركت در مي آيد. پيستون بر نيروي فنر پمپ غلبه كرده و به ضامن بست، فشار وارد

مـــي آورد. در نـتيجه بـست قـفـل كـنـنـده بـه كـار مـي افـتـد. جهت آزاد كـردن بـست نـيـز فـشار روغن از پـشت پـيـستون بـرداشـتـه مـي شود.



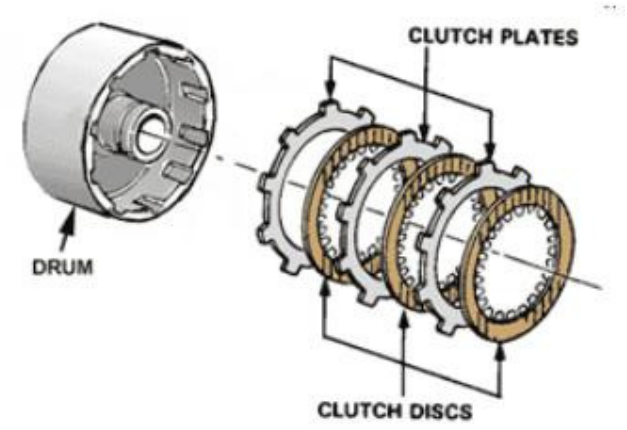


شكل۲-۱۷ بست قفل كننده

كلاج چند صفحه اي (**multiple clutch**)

ايـــن كـــلاج كـــه شـــامل چند صفحه كلاج مي بـاشد در داخل كـاسه كـلاج قـــرار دارد. ايـــن صـفـحه هـا يـك در مـيـان فـولادي و اصطكاكي انـد. صـفـحه هـــاي فـــولادي لختند اما هر دو طرف صفحه هاي اصطكاكي لـنت كوبـــي شـــده انـــد. صـفـحه هـــاي فـــولادي بـــا هزارخاربه كـاسه كـلاج مـتـصلند. صـفـحه هـــاي لـنت كوبي شده بـا هزارخار بـه يـك تـوپـي در كـــلاج مـتصلند تـا مجموعه چرخدنده سياره اي را كنترل كند. (شكل۲-۱۸) بـراي درگير كردن كلاج، فشار روغن بـه پـشت پـيستون كلاج هدايت

مي شود، در نتيجه پيستون به حركت در مي آيد و صفحه ها را به هم مي فشارد. صفحه ها چرخدنده خورشيدي را به بازو قفل مي كنند. در اين حالت مجموعه چرخدنده سياره اي بصورت واحدي يكپارچه مي چرخد.



شكل۲-۱۸ كلاچ چند صفحه اي

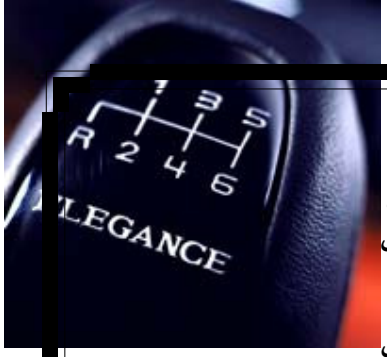
گاورنر

گاورنر وسيله اي حساس به سرعت است كه فشار هيدروليكي را متناسب با سرعت محور خروجي تغيير مي دهد. فشار گاورنر تعويض دنده را متناسب با سرعت خودرو كنترل مي كند. گاورنر حركت خود را از محور خروجي جعبه دنده مي گيرد. فشار لوله اصلي توسط پمپ به گاورنر مي رسد. وقتي محور خروجي آهسته مي چرخد، نيروي گريز از مركز تاثير اندكي بر وزنه هاي گاورنر دارد. در اين حالت گاورنر فشار مختصري را به يكطرف شير راه دهنده وارد مي كند. با افزايش سرعت محور خروجي و خودرو، وزنه ها به طرف خارج متمايل مي شوند. در نتيجه شير گاورنر بيشتر باز شده و فشار گاورنر افزايش مي يابد.

انتقال قدرت دستی چگونه کار می کند؟

هنگام رانندگی با اتومبیل دنده دار ممکن است با چنین سوالاتی روبه رو شوید:

- چه ارتباطی بین حرکت **H** مانند دنده و چرخ دنده های درون جعبه دنده وجود دارد؟ وقتی دنده را عوض می کنید چه چیزی درون جعبه دنده جا به جا می شود؟



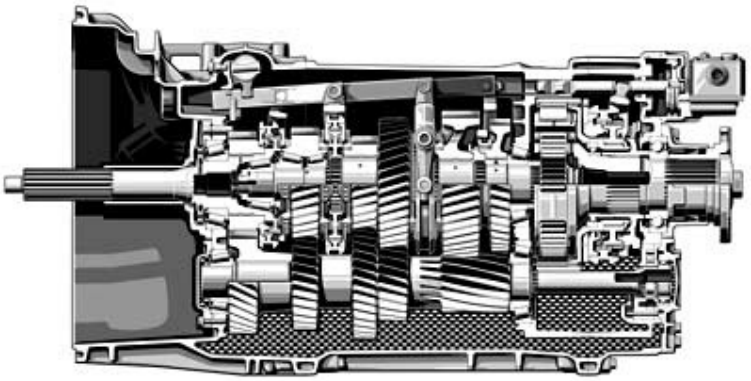
•وقتی راننده در عوض کردن دنده اشتباه می کند، صدای قیژقیژ شنیده می شود. واقعا چه اتفاقی می افتد؟

•اگرهنگامی که راننده در بزرگراه مشغول رانندگی با سرعت بالا است ، ناگهان دنده را به عقب بزند چه اتفاقی می افتد؟ آیا ممکن است کل جعبه دنده متلاشی شود؟

در این مقاله، با بررسی سیستم انتقال قدرت دستی به این سوالات و حتی سوالات بیشتری در این زمینه پاسخ داده می شود.

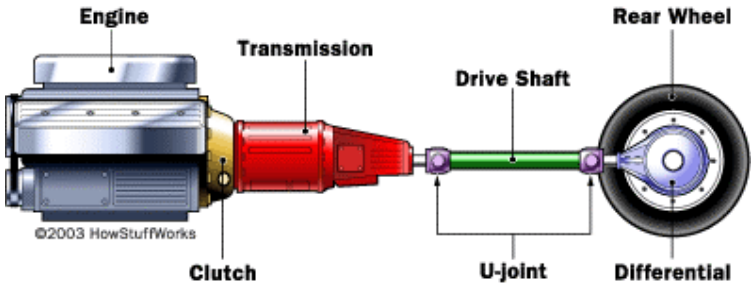
اول از همه باید بدانید که ، اتومبیل ها به علت ساختار موتورهای بنزینی به جعبه دنده احتیاج دارند. هر موتوری یک خط قرمز دارد (ماکزیمم دور موتور که اگربیش از این مقدار دور داشته باشد متلاشی می شود)

در ضمن اگر قسمت " اسب بخار چگونه کار می کند؟ " را بخوانید ، می فهمید دور موتوری که در آن قدرت و گشتاور در ماکزیمم خود هستند دامنه ی محدودی دارد. برای مثال ، یک موتور ممکن است ماکزیمم توان خود را در ۵۵۰۰ دور در دقیقه به دست آورد. سیستم انتقال قدرت این امکان را ایجاد می کند که با کم و زیاد شدن سرعت خودرو نسبت دنده بین موتور و چرخ های خودرو تغییر کند. در واقع شما دنده را عوض می کنید تا موتور زیر خط قرمز بماند در حالی که دور موتور نزدیک به دور آن در بهترین حالت عملکرد است.

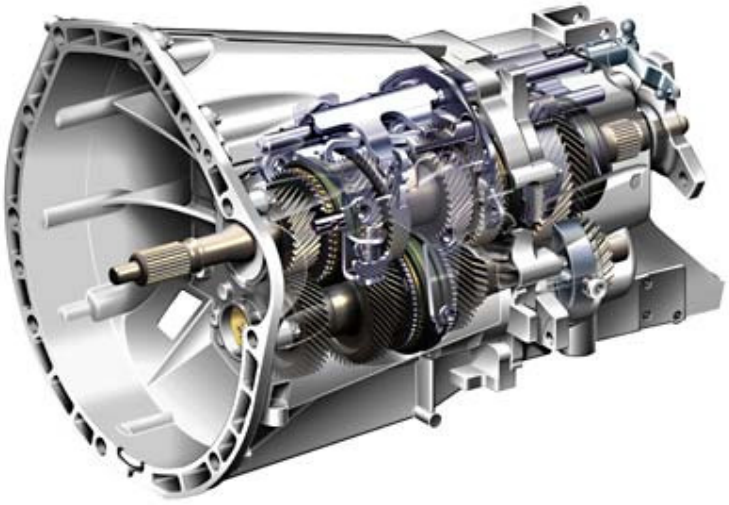


به طور ایده آل ، جعبه دنده باید آنقدر در نسبت دنده ها قابلیت تغییر داشته باشد که موتور بتواند همیشه با تعداد دور مربوط به بهترین شرایط عملکرد خودش بچرخد. این ایده ی مربوط به **CVT** ها است.

یک **CVT** تقریبا دامنه ی نا محدودی از نسبت دنده ها دارد. در گذشته **CVT** ها در هزینه ، اندازه وقابلیت اطمینان توانایی رقابت با سیستم های ۴ و۵ سرعته را نداشتند در نتیجه به ندرت در خودرو های تولید شده مشاهده می شدند. امروزه ، پیشرفت در زمینه ی طراحی ، **CVT** ها را متداولتر کرده است. **Toyota pruis** یک خودروی هیبریدی است که در آن از **CVT** استفاده شده است.



جعبه دنده از طریق کلاچ به موتور وصل شده است. بنا براین محور ورودی جعبه دنده با همان تعداد دورهای موتور می چرخد.

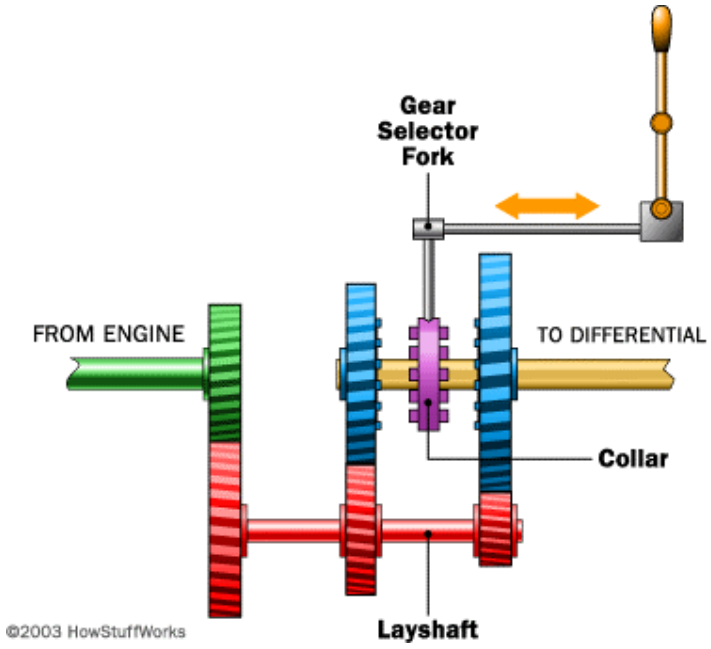


یک جعبه دنده ی ۵ سرعته یکی از ۵ نسبت دنده را برای محور ورودی به کار می گیرد تا تعداد دور متفاوتی در محور خروجی ایجاد کند.

Gear	Ratio	RPM at Transmission Output Shaft with Engine at 3,000 rpm
1st	2.315:1	1,295
2nd	1.568:1	1,913
3rd	1.195:1	2,510
4th	1.000:1	3,000
5th	0.915:1	3,278

حال به یک جعبه دنده ی ساده نگاه کنید:

برای فهمیدن ایده ی اصلی یک جعبه دنده ی استاندارد ، به دیاگرام زیر که مربوط به یک جعبه دنده ی دو سرعته و ساده در حالت خلاص است توجه کنید:



حال هر یک از اجزای دیاگرام را بررسی می کنیم:

•محور سبز رنگ از طریق کلاچ از موتور خارج شده است.چرخ دنده و محور سبز رنگ به هم متصلند و یک واحد مجزا را تشکیل می دهند.(کلاچ وسیله ایست که امکان اتصال و قطع اتصال موتور و جعبه دنده را ایجاد می کند.وقتی که پدال کلاچ را فشار می دهید، اتصال موتور و جعبه دنده قطع می شود در نتیجه موتور حتی در حالت خلاص کار می کند. با رها کردن پدال ، موتور و محور سبز مستقیماً به هم وصل می شوند ، به این ترتیب چرخ دنده ومحور سبز با همان تعداد دور موتور می چرخند.)

•محور قرمز وچرخ دنده ها میل هرزگرد نام دارد. محور وچرخ دنده ها مانند قسمت قبل به هم متصل اند ویک واحد مجزا را ایجاد می کنند. در نتیجه همه ی چرخ دنده های روی هرزگرد و حتی خود میل

مانند یک واحد می چرخند.محور سبز و قرمز رنگ از طریق چرخ دنده هایشان مستقیماً به هم متصل اند در نتیجه با چرخش محور سبز ، محور قرمز هم شروع به حرکت می کند. بدین ترتیب میل هرزگرد ، قدرتش را با درگیر شدن کلاچ از موتور می گیرد.

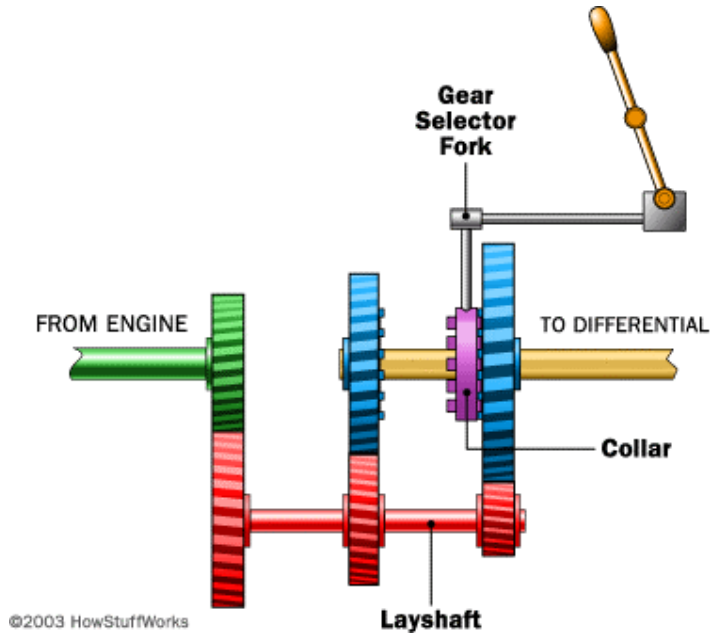
●محور زرد رنگ یک محور هزارخار است که مستقیماً بوسیله ی دیفرانسیل به میل گاردان وصل شده وسپس به چرخ های خودرو متصل است.اگر چرخ ها در حال حرکت باشند ، محور زرد هم متحرک خواهد بود.

●دنده های آبی رنگ روی یاتاقان سوارند و بر روی محور زرد رنگ می چرخند.اگر موتور خاموش باشد ولی اتومبیل با دنده ی خلاص در حال حرکت ، محور زرد می تواند داخل دنده ی آبی بچرخد با وجود اینکه دنده ی آبی و میل هرزگرد ساکن اند.

●حلقه (**collar**) یکی از دو دنده ی آبی را به میل گاردان زرد رنگ متصل می کند. حلقه بوسیله ی هزارخار مستقیماً به محور زرد مرتبط است و با آن حرکت می کند.به علاوه میتواند برای درگیر کردن هر یک از دنده های آبی روی محور زرد به چپ و راست بلغزد. دندانه های روی حلقه(**dog teeth**) در سوراخ های روی دنده ی آبی قرار می گیرند و آنها را درگیر می کنند.

دنده یک:

تصویر زیر نشان می دهد که چگونه در دنده ی یک ، حلقه، چرخ دنده ی آبی سمت راست را درگیر می کند:



در این تصویر ، محور سبز موتور، میل هرزگرد را میچرخاند که خود دنده ی آبی سمت راست را می چرخاند.این دنده انرژی را از

طریق حلقه به میل گاردان منتقل می کند.بدین ترتیب اگر دنده ی آبی سمت چپ در حال چرخش باشد اما روی یاتاقانش به حالت هرز بگردد ، هیچ تاثیری روی محور زرد ندارد.

وقتی حلقه بین دو دنده قرار دارد(حالت شکل اول) دنده خلاص است و هر دو دنده ی آبی روی محور زرد به حالت هرز، با سرعت های متفاوت ، بسته به نسبتشان با میل هرزگرد ، می گردند.

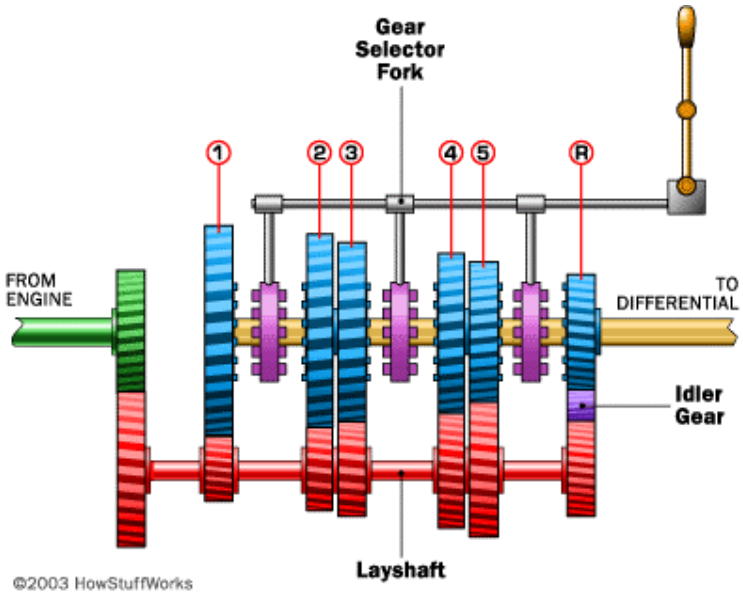
از این بحث نتایج زیر بدست می آید:

•وقتی دنده بد عوض می شود ، صدایی که به گوش میرسد ، صدای گیرافتادن دندانه های دنده ها نیست چون همانطور که در شکلها می بینید دندانه ها همیشه کاملآ درگیر هستند .در واقع صدایی که شنیده می شود نتیجه ی تلاش ناموفق دندانه های حلقه(**dog teeth**) برای گیر انداختن سوراخ های بدنه ی دنده ی آبی است.

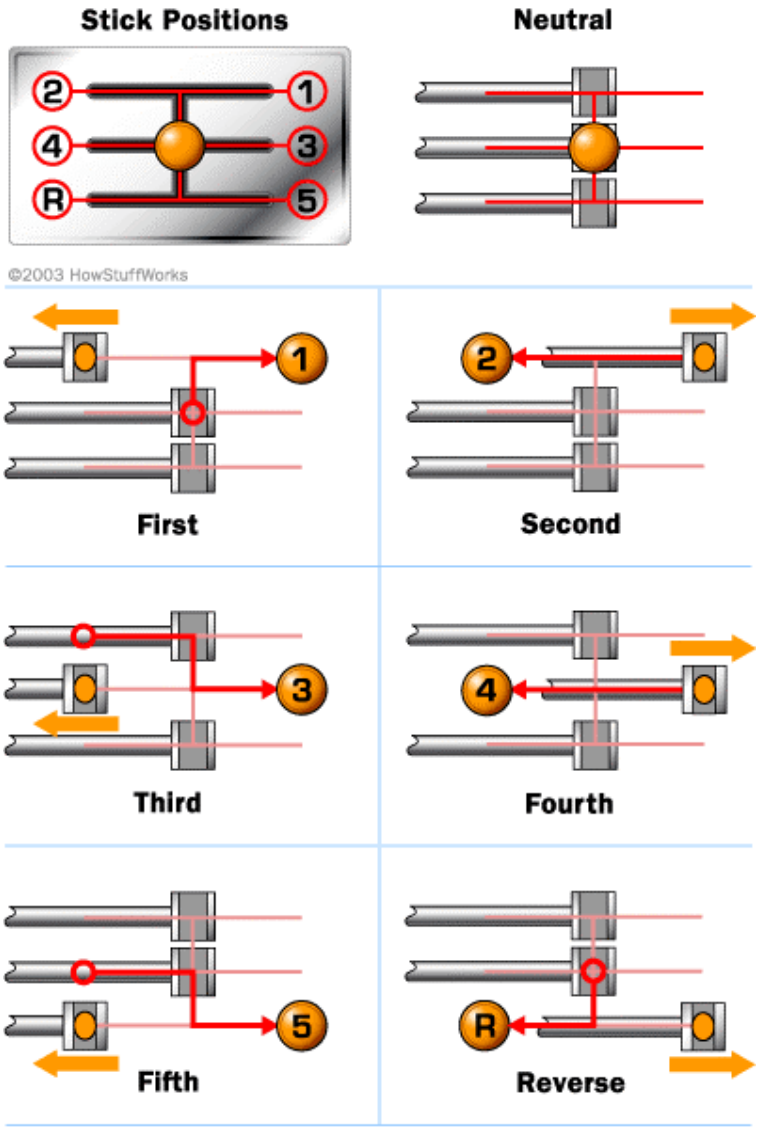
•جعبه دنده ای که اینجا نشان داده شده سیستم "همگام ساز" (بعدا توزیح داده خواهد شد) ندارد.بنابراین باید دو کلاچه دنده عوض کنید.این روش دنده عوض کردن در خودرو های قدیمی تر معمول بوده هر چند الآن هم در بعضی ماشین های مسابقه استفاده می شود.در این روش اول پدال کلاچ را یک بار فشار می دهید تا اتصال جعبه دنده و موتور قطع شود، این کار فشار را از روی دندانه های حلقه(**dog teeth**) بر می دارد و می توانید حلقه را به حالت خلاص در آورید.بعد پدال را آزاد می کنید و دور موتور را بالا می برید تا به سرعت مناسب برسید.سرعت مناسب،تعداد دوری است که موتور باید در دنده ی بعدی بزنند.روش کار به این ترتیب است که دنده ی آبی مربوط به دنده ی بعدی و حلقه با سرعت یکسان بچرخند تا دندانه های حلقه(**dog teeth**) درگیر شود.سپس پدال را برای بار دوم فشار می دهید و حلقه را در دنده ی جدید قفل می کنید.همانطور که از نام "دو کلاچه" پیداست برای هر بار عوض کردن دنده باید دوبار کلاچ را فشار داده و آزاد کنید.

•می توان دید که چگونه حرکت خطی کوچک دسته ی دنده باعث تعویض دنده می شود.دسته ی دنده میله ای را که به ماهک وصل است حرکت می دهد.ماهک حلقه را روی محور زرد حرکت می دهد تا یکی از دو دنده را درگیر کند.

امروزه دنده ی دستی ۵ سرعته تا حد خوبی برای خودرو ها استاندارد است. داخل این دنده چیزی شبیه شکل زیر است:

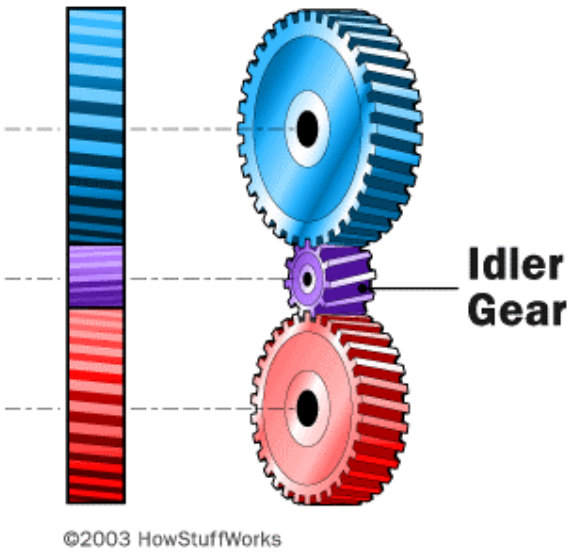


کلآ ۳ وجود با ۳ متصل ماهک دارد که میله ی به دسته دنده کنترل می شوند.اگر از بالا به میله های تعویض دنده نگاه کنیم در حالت های دنده عقب ، یک و دو به شکل زیر اند:



به یاد داشته باشید که دسته دنده در وسطش یک نقطه ی چرخش دارد.وقتی در حالت دنده یک ،دسته دنده را به جلو حرکت می دهید درواقع ماهک و میله ی دنده ی یک جا به عقب می کشید.

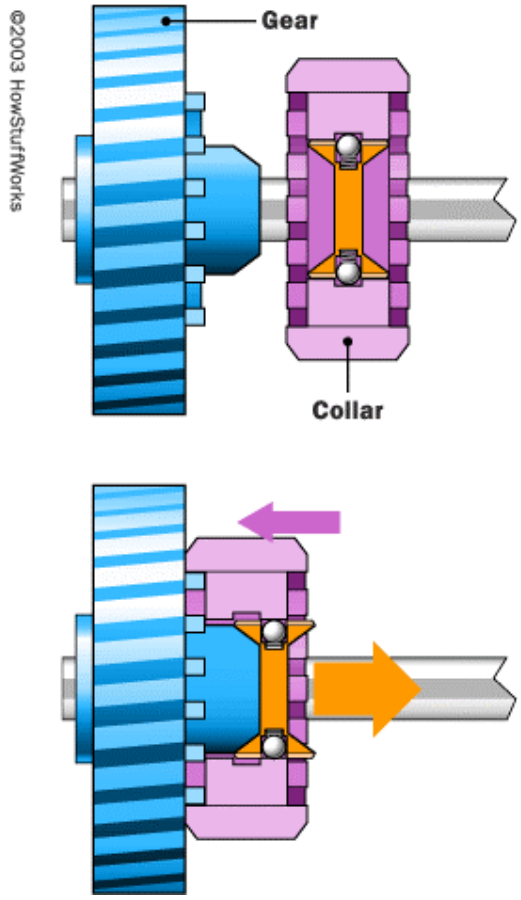
وقتی که به چپ و راست حرکت می دهید در واقع ماهک های مختلف(و درنتیجه حلقه های متفاوت)را در گیر می کنید.از طرفی جلو و عقب بردن دسته دنده حلقه را با یکی از دنده ها درگیر می کند.



دنده عقب به کمک یک دنده ی کوچک کمکی شکل می گیرد(بنفش).دنده ی آبی عقب در این شکل همیشه خلاف جهت سایر دنده های آبی حرکت می کند.در نتیجه عقب زدن دنده وقتی خودرو به جلو حرکت می کند ممکن نیست.در ضمن دندانه های حلقه(**dog teeth**) در این جریان اصلآ در گیر نمی شود اگرچه صدای زیادی ایجاد می کنند.

همگام سازها:

سیستم انتقال قدرت دستی در ماشین های مسافربری جدید برای رفع نیاز دو بار کلاچ گرفتن از همگامسازها کمک می گیرد.روش کار یک همگام ساز به این صورت است که باعث می شود دنده و حلقه قبل از اتصال دندانه های حلقه(**dog teeth**) تماس اصطکاکی داشته باشند.این باعث می شود تا سرعت دنده و حلقه انطباق زمانی پیدا کند قبل از اینکه دندانه ای در گیر شود.مانند شکل زیر:



مخروط روی چرخ دنده ی آبی در سوراخ مخروطی شکل حلقه قرار می گیرد و اصطکاک بین مخروط و حلقه ،چرخ دنده و حلقه را همگام می کند.سپس حلقه به گونه ای می لغزد که دندانه های حلقه (**dog teeth**) دنده را درگیر کند.

البته هر تولید کننده ی ابزارهای انتقال قدرت و همگام ساز را به روشهای متفاوتی تولید می کند اما ایده ی کلی همانطور است که شرح داده شد.

گردآورنده : حامد احمدی

منابع :

http://www.sakhtolid.ir/

http://www.manufacturing.coo.ir/

http://www.ssme.ir/

http://www.mechanics-eng.blogfa.com/

http://www.automotive.blogsky.com/