Archive of SID

اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵

روش‌های مدل‌سازی دینامیک خودرو با سیستم انتقال قدرت اتوماتیک

مرتضی صادقی[۱]، فرید قدمی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش طراحی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، s.morteza54@yahoo.com

[۲]مدرس دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب، mania.farid@gmail.com

چکیده

در این مقاله ابتدا درباره‌ی عملکرد گیربکس‌های اتوماتیک که از پرکاربرد ترین انواع گیربکس در دنیا است، توضیح توضیح داده شده است. در اتومبیل‌هایی که از سیستم جعبه دنده‌ی اتوماتیک استفاده می‌کنند، پدال کلاچ وجود ندارد و دنده با توجه به میزان فشردگی پدال گاز و سرعت اتومبیل عوض می‌شود. این مقاله فرمول‌های مؤثر برای مدل‌سازی یک انتقال قدرت اتوماتیک برای ارزیابی عملکرد خودرو را نشان می‌دهد. مدل انتقال قدرت گنجانده شده در این مقاله تنها حرکت طولی را در نظر می‌گیرد. کلاچ و ترمز اجازه‌ی یک شبیه‌سازی پیوسته را برای تعویض دنده فراهم می‌کند. در این جا دو مورد واقعی، یعنی انتقال قدرت کرایسلر و آیسین وارنر بررسی شده اند، که انتقال قدرت آیسین وارنر برتر از انتقال قدرت کرایسلر است.

کلمات کلیدی: انتقال قدرت اتوماتیک، حرکت گیربکس، دینامیک خودرو، روش دل کاستیلو، مدل‌سازی کلاچ

۱- مقدمه

www.SID.ir

Archive of SID

ازدیاد فشار ترافیک شهری باعث افزایش و گسترش گیربکس‌های اتوماتیک شده است. در گیربکس‌های اتوماتیک راننده نیازی به تعویض دنده و کلاچ ندارد. در سال ۱۹۳۸ کرایسلر کلاچ هیدرولیکی را تولید کرد، که با وجود آن در حالی که جعبه دنده می‌توانست در وضعیت درگیری باشد، موتور با دور آرام به کار خود ادامه می‌داد. با این گام طرح موفقیت آمیزی در ابداع جعبه دنده‌های نیمه اتوماتیک برداشته شد که باعث مشهور شدن کرایسلر شد.[۱]

ابزار شبیه‌سازی چندجسمی غالبا برای ارزیابی عملکرد یک وسیله نقلیه قبل از ساخت آن استفاده می‌شود.

این مدل‌سازی مجازی نه تنها برای طراحی قطعه مکانیکی بلکه برای قطعات الکترونیکی نیز استفاده می‌شود.

انتقال اتوماتیک (AT)، متشکل از چرخ دنده‌ی خورشیدی و بیشتر در اتومبیل‌های مدرن استفاده می‌شود.

وزن و اندازه‌ی کوچک در ارتباط با عملکرد جالب آن‌ها، سبب موفقیت این نوع از دستگاه می‌شود.

به ویژه زمانی‌که پیشرفت‌های اخیر برای محدود کردن تلفات توان به ارمغان آمده است.

کنترل گیربکس برای بهینه‌سازی مصرف سوخت و یا عملکرد شتاب بسیار مهم است. اگر چه ابزار شبیه

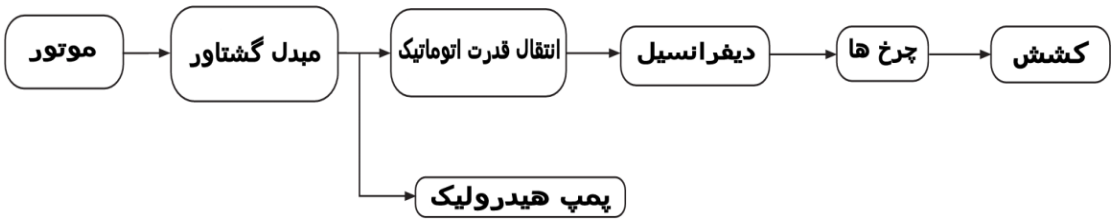
سازی سیستم چندجسمی معمولا برای ارزیابی عملکرد دینامیک وسیله نقلیه استفاده می‌شود.[۲]

مدل انتقال قدرت که در یک مدل خودرو گنجانده شده است، تنها حرکت طولی را در نظر می‌گیرد همه این فرضیات با هدف مدل و فرمولاسیون مؤثر اقتباس شده سازگار است. برای ایجاد معادلات حرکت گیربکس، اصل قدرت مجازی در ارتباط با یک روش سینماتیک پیشنهاد شده توسط دل کاستیلو [۳] به منظور استقرار خودکار محدودیت حرکتی به کار رفته است. این مدل برای شبیه‌سازی شتاب از یک ماشین سواری، از جمله ویژگی‌های موتور و TC، یک مدل واقعی در معرض بارهای جاده مانند نورد و مقاومت، و کشیدن آیرودینامیکی استفاده می‌شود. در مقایسه با برخی از نتایج صادر شده، تجزیه و تحلیل شتاب یک وسیله نقلیه‌ی مجهز به سیستم انتقال قدرت با آیسین وارنر۵۵-۵۰ SN برتر از تجزیه و تحلیل عملکرد انتقال قدرت، کرایسلر RFE۴۵ است.

.

www.SID.ir

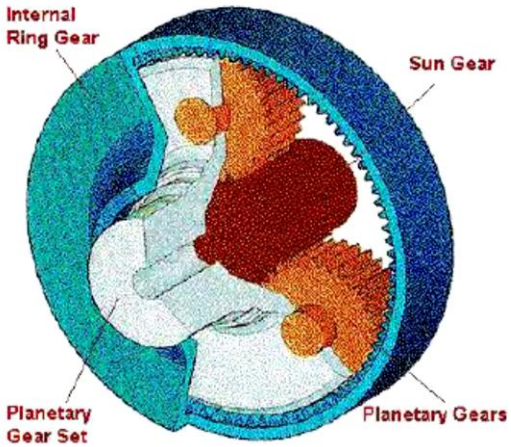
Archive of SID



شکل ۱: انتقال قدرت اتوماتیک[۲]

۲- انتقال قدرت اتوماتیک خودرو

یک مجموعه‌ی خورشیدی یا سیاره‌ای مطابق شکل (۲) شامل یک دنده‌ی خورشیدی یا مرکزی است که احاطه شده است، با دنده‌های هرز گرد سیاره‌ای یا پینیون‌ها که روی محور نگهدارنده به طور انفرادی در قفسه قرار گرفته و حرکت دورانی می‌کنند و به طور دایم درگیر هستند.[۱]



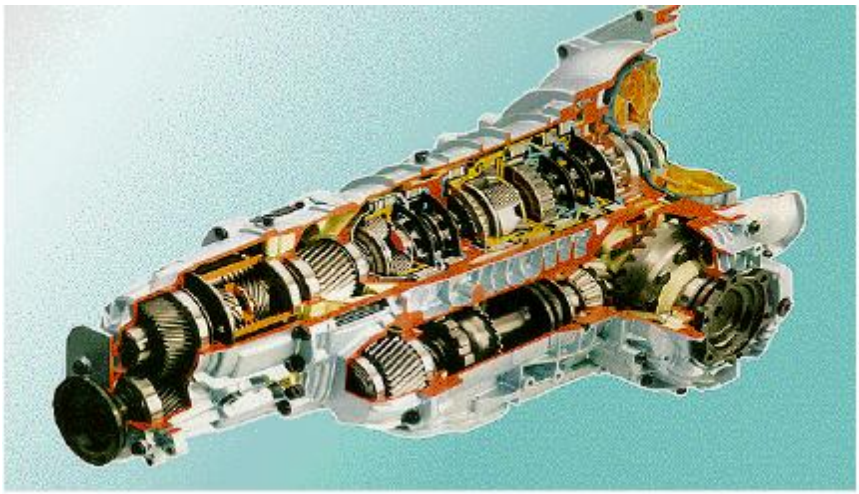
شکل ۲: مجموعه چرخ‌دنده‌ی خورشیدی[۱]

www.SID.ir

Archive of SID

یک جعبه دنده‌ی اتوماتیک دارای سه قسمت اصلی است: مبدل گشتاور، مجموعه دنده‌ی سیاره‌ای، سیستم کنترل هیدرولیکی.(شکل ۲)

از جمله مزیت‌های چرخ‌دنده‌ی خورشیدی این است که تمام اجزا به طور ثابت در یک محور درگیر هستند و امکان حذف دندانه و یا شکستن و سر و صدا کمتر وجود دارد و همچنین تعویض نسبت دنده سریع و به طور خورکار بدون افت قدرت انجام می‌گیرد.



شکل ۳: نمونه‌ی برش خورده‌ی یک گیرکس اتوماتیک [۱]

با توجه به تنها چرخش هر بخش در مورد محور مرکزی آن، اصل قدرت مجازی توسط عبارت زیر داده شده است[۲]:

$$P_{v,tot} = \sum_{i=1}^{n} (I_i \acute{\omega}_i - T_{tot,i}) \omega_{v,i} = 0 \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

ω_i سرعت زاویه‌ای هر یک از اجسام تشکیل دهنده‌ی گیربکس و T_{tot} گشتاور کل در هر جسم است.

رابطه‌ی $\omega_{v,i}$(سرعت زاویه‌ای مجازی از جسمi) به صورت زیر است:

$$\omega_{v,i} = \sum_{j=1}^{n} \lambda_{i,j} \cdot \Omega_{v,j} \qquad (۲)$$

$\lambda_{i,j}$ نسبت سینماتیک و Ω_v سرعت چرخش مجازی هستند

۳- روش دل کاستیلو

روش سینماتیک توسط دل کاستیلو، برای تفسیر روابط سینماتیک استفاده شده است. اگر یک دنده (و یا مدار اساسی) k مورد مطالعه تعیین شود، یک ماتریس C از روابط سینماتیک با توجه به ساختار سیاره‌ای ایجاد شده است. عناصر C_{kn} آن به صورت زیر تعریف شده است[۳]:

$$c_{kn} = \begin{cases} \pm\frac{Z_{i_k}}{Z_{j_k}} & \text{if} \quad n = i_k \\ 1 & \text{if} \quad n = j_k \\ -\left(1 \pm \frac{Z_{i_k}}{Z_{j_k}}\right) & \text{if} \quad n = r_k \\ 0 & \text{if} \quad n \notin \text{in circuit } k \end{cases} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

Archive of SID

با زیر نویس i_k و j_k مربوط به چرخ دنده‌ها Z_{ik} تعداد دندانه‌ی درگیر چرخ دنده‌ی i در مدار k است.

اندازه ماتریس ($J \times N$) از مدارهای J و تعداد لینک N تعیین می‌شود [۸].

$$J=N-۲ \quad (۴)$$

۴- روش‌های مدل‌سازی دینامیک خودرو

چرخش خود موتور سبب چرخش شفت ورودی TC است، که شفت پمپ نیز نامیده می‌شود. (شفت خروجی از مبدل، یا شفت توربین، به شفت ورودی گیربکس متصل است.) حرکت طولی وسیله‌ی نقلیه به شکل جنبشی مستقل از چرخش چرخ به دلیل لغزش تایر است. این بخش یک فرمول ساده برای این دو حرکت اضافی را توصیف می‌کند. البته مدل پیچیده‌تر و دقیق‌تر می‌تواند روش پیشنهادی را جایگزین کند اما هدف از این مدل جایگزینی یک ابزار پیش بینی ساده به اندازه کافی دقیق و از جمله عناصری است که حرکت طولی وسیله‌ی نقلیه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.[۴]

۵- دینامیک گیربکس

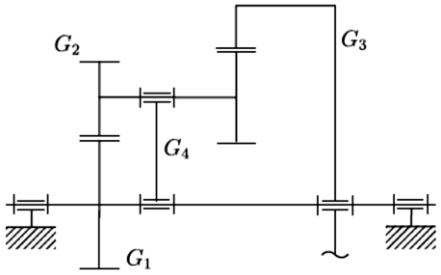
برای شبیه سازی سیستم پیشنهادی، مدل EasyDyn [۵] اجرا شده است. EasyDyn اجازه ساختار عددی و ادغام معادلات را می‌دهد که مطابق با روش حداقل مختصات و نیروهای وارد بر روی سیستم اعمال می‌شود. این چارچوب عمدتا با خوانایی و فشردگی توسعه یافته است، به طوری که کاربر می‌تواند کد با نیازهای خاص خود را بنویسید. یک مدول جدید برای معادلات حرکت گیربکس نوشته شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

- تعداد شفت ها در ارتباط با چرخ‌دنده‌ی خورشیدی مربوطه.
- تعریف درجه آزادی برای ورودی‌ها و یا خروجی پیشرانه.
- مدارهای مرتبط برای هر مدار سیاره‌ای ابتدایی،
- تعریف گشتاور (ناشی از درگیر شدن و آزاد شدن ترمز و کلاچ)

برای شبیه سازی عملکرد انتقال قدرت، لازم است با یک مدل از اتومبیل مجهز به این نوع از انتقال جفت شود.



شکل ۴: طرح سینماتیک از چرخ دنده‌ی خورشیدی[۳]

طرح در نظر گرفته از AT (آیسین وارنر ۵۵-۵۰ SN) در (شکل۵) نشان داده شده است. این از هجده قطعه (G_1 تا G_{18})تشکیل شده، G_1 و G_{18} به ترتیب ورودی و محور شفت است. قطعات G_2 تا G_8 سیاره‌ای هستند.. در عمل، قدرت از چرخ‌دنده‌ی سیاره‌ای اصلی به سیاره‌ای زیر درایو از طریق اتصال بین چرخ دنده‌ی محرک G_9 و محور مقابل دنده‌ی G_{10} جریان می‌یابد. نسبت دنده بین شفت ورودی G_1 و چرخ‌دنده‌ی G_9 به وضعیت کلاچ‌های C_1 و C_2 و ترمز B_1، B_2 و B_3 بستگی دارد (F_2 و F_1 چرخ‌های آزاد هستند). از سوی دیگر، نسبت دنده چرخ‌دنده‌ی G_{10} و محور شفت G_{18} بستگی به حالت کلاچ C_3 و ترمزهای B_4 و B_5 (جدول ۱) دارد.

www.SID.ir

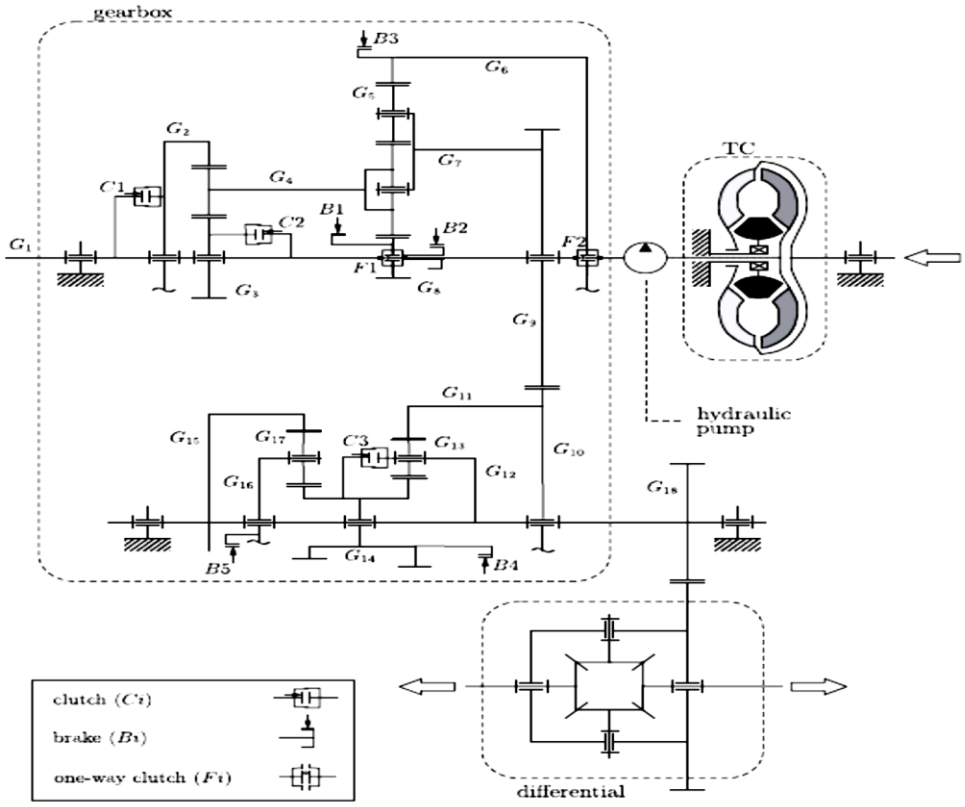
Archive of SID

جدول ۱: عملکرد محرک‌های هیدرولیکی مختلف (آیسین وارنر SN AT ۵۰ -۵۵)[۲]

نماد	نام قطعه	تابع
C۱	کلاچ ۱	کوپل G۲ با G۱
C۲	کلاچ۲	کوپل G۳ با G۱
C۳	کلاچ۳	کوپل G ۱۲ با G ۱۴
B۱	ترمز۱	قفلG۸
B۲	ترمز۲	قفلG۸
B۳	ترمز۳	قفلG۶
B۴	ترمز۴	قفلG۱۴
B۵	ترمز۵	قفلG۱۶
F۱	کلاچ یک طرفه۱	عملکردB۲
F۲	کلاچ یک طرفه۲	چرخش پادساعت گرد قفلG۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: طرح سینماتیک از آیسین وارنر (SN AT 55-50) [۲]

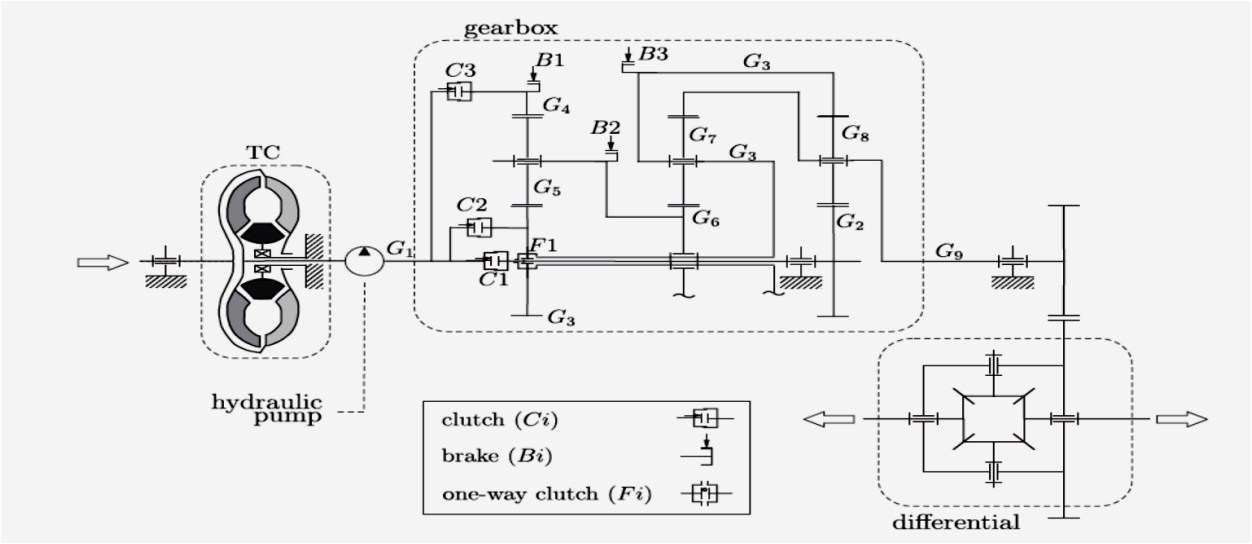
گیربکس کرایسلر شامل ۹ قسمت مشخص از G_1 به G_9 به عنوان ورودی و خروجی شفت است که آن به عنوان یک آرایش(جدول۲) از سه عامل چرخ دنده‌ی خورشیدی، چرخ دنده‌ی پینیون و چرخ دنده‌ی حلقه‌ای تشکیل شده است. [۳]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: عملکرد محرک‌های هیدرولیکی مختلف (کرایسلر AT RFE۴۵) [۲]

نماد	نام قطعه	تابع
C۱	کلاچ ۱	کوپل G۱با۲ G
C۲	کلاچ۲	کوپل G۱باG۳
C۳	کلاچ۳	کوپل G۱باG۴
B۱	ترمز۱	قفلG۵
B۲	ترمز۲	قفلG۶
B۳	ترمز۳	قفلG۳
F۱	کلاچ یک طرفه۱	عملکردB۳



شکل ۶: طرح سینماتیک از کرایسلر ۴۵ RFE AT [۲]

www.SID.ir

Archive of SID

۶-کلاچ

کلاچها در تعویض دندهها به صورت خودکار و دستی به کار برده میشوند.

شکل ۷: نمونهای از کلاچ [۴]

معروف ترین نوع کلاچی که در گیربکسهای اتوماتیک به کار میرود، کلاچ دیسکی چند صفحهای است که از مزایای آن داشتن ظرفیت انتقال گشتاور زیاد با توجه به حجم کم و عدم نیاز به تنظیمات اولیه و ثانویه و درگیری آسان آنها در حین گردش است.[۴]

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۸: صفحه کلاچ[۴]

۷- نتیجه گیری

برای شبیه سازی عملکرد انتقال قدرت، لازم است با یک مدل از اتومبیل مجهز به این نوع از انتقال جفت شود. فرمول پیشنهادی اجازه می‌دهد تا شبیه سازی مداوم از شتاب خودرو (در خط مستقیم) به منظور تنظیم شیفت دنده برای خودرو در نظر گرفته شود. در مقایسه با برخی از نتایج صادر شده، تجزیه و تحلیل شتاب یک وسیله نقلیه‌ی مجهز به سیستم انتقال قدرت با آیسین وارنر۵۵-SN۵۰ ، از تجزیه و تحلیل عملکرد انتقال قدرت، کرایسلر RFE۴۵ برتر است.

منابع:

[۱] صبوحی، احسان. و جواد مرزبان راد. ۱۳۹۵. طراحی گیربکس سه دنده اتوماتیک یک خودرو. اولین کنفرانس بین المللی مکانیک و هوافضا، تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

[2] Kouroussis, Georges. and P, Dehombreux. (2014). Vehicle and powertrain dynamics analysis with an automatic gearbox. Mechanism and Machine Theory, PP. 109–124.

[3] Del Castillo, Jose M. (2002). The analytical expression of the efficiency of planetary gear trains. Vol. 2, PP.197–214.

[4] Hattori, N. and T, Oshidari .(1995). Application of a new complex planetary gearset to five-speed automatic transmission gear train. PP.79–82.

[5] Kouroussis, Georges. And C, Rustin. EasyDyn.(2011). multibody open-source framework for advanced research purposes

www.SID.ir