به نام خدا

سیستم های انتقال قدرت در خودروهای مدرن

مولف :

فرید اخوان

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه : اخوان ، فرید ، ۱۳۵۶
عنوان و نام پدیدآورنده: سیستم های انتقال قدرت در خودروهای مدرن/ مولف: فرید اخوان
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری : ۹۰ ص.
شابک : ۹-۹۷۹-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : سیستم های انتقال قدرت در خودروهای مدرن
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۲۰۱۵۴۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : سیستم های انتقال قدرت در خودروهای مدرن
مولف: فرید اخوان
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: الهام غفاری
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول ــ ۱۴۰۵
چاپ : زبرجد
قیمت : ۲۰۰۰۰۰تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
https//:chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۹-۹۷۹-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir

فهرست

فصل یکم 9
گیربکس متغیر پیوسته (CVT) 9
مقدمه و مفهوم انتقال پیوسته نسبت دنده 9
تغییر نسبت انتقال با تغییر قطر مؤثر پولی‌ها 10
اجزای اصلی گیربکس CVT تسمه‌ای 11
پولی ورودی (Primary Pulley) 13
پولی خروجی (Secondary Pulley) 13
تسمه فلزی فشاری (Metal Pushbelt) 14
زنجیر فلزی (Metal Chain) 15
مجموعه کلاچ یا مبدل گشتاور 16
سیستم هیدرولیکی CVT 18
بدنه سوپاپ‌ها (Valve Body) 20
شیرهای برقی (Solenoids) 21
کنترل الکترونیکی CVT 21
حسگرهای مورد استفاده 22
تعیین نسبت انتقال هدف 22
کنترل دور موتور 22
شبیه‌سازی تعویض دنده 23
انواع مختلف گیربکس CVT 23
تسمه‌ای فلزی (Metal Belt CVT) 23
CVT .زنجیری (Chain CVT) 24
CVT .با تسمه لاستیکی یا پلیمری 24
CVT .اصطکاکی توروئیدی (Toroidal CVT) 24

هیدرواستاتیکی (Hydrostatic CVT)..... 25
سامانه‌های e-CVTدر خودروهای هیبریدی..... 26
مجموعه شروع حرکت و نحوه انتقال نیرو 27
CVT .مجهز به مبدل گشتاور 27
مجهز به کلاچ شروع حرکت 27
روغن مخصوص CVTو نقش آن در عملکرد گیربکس..... 28
وظایف روغن CVT 28
چرا روغن ATFمعمولی جایگزین روغن CVTنیست؟ 29
سطح روغن و اهمیت دمای اندازه‌گیری 30
پیامد کمبود یا افزایش بیش از حد روغن..... 30
خنک‌کاری و مدیریت حرارتی CVT 31
خنک‌کن روغن..... 31
علل افزایش دمای CVT 31
راندمان و تلفات انرژی در CVT 32
منابع تلفات در CVT 33
مثال عددی راندمان 34
اثر نسبت انتقال بر تلفات..... 34
مزایا و محدودیت‌های CVT 34
فناوری‌های جدید و مسیر توسعه CVT..... 36
استفاده در سامانه‌های هیبریدی 37
منابع و مراجع 39
فصل دوم..... 41
گیربکس دستی خودکارشده(AMT) 41
مقدمه و مفهوم گیربکسAMT 41
چرا AMT توسعه پیدا کرد؟ 42

تفاوت AMT با گیربکس دستی 43
معماری کلی سیستمAMT 43
مسیر انتقال نیرو 44
ساختمان مکانیکی گیربکسAMT 45
محور ورودی 45
محور خروجی 45
چرخ‌دنده‌ها 45
سنکرونایزر 46
ماهک‌های تعویض دنده 47
مجموعه دنده عقب 47
سامانه کلاچ در گیربکسAMT 47
ساختمان کلاچ 47
عملگر کلاچ 48
نقطه گیرش کلاچ(Clutch Bite Point) 49
سازوکار جبران سایش کلاچ 49
انواع عملگرهای مورد استفاده درAMT 50
عملگر الکتریکی 50
عملگر الکتروهیدرولیکی 52
عملگر الکتروپنوماتیکی 53
مقایسه انواع عملگر 54
عملگر انتخاب و تعویض دنده 54
حرکت انتخاب دنده(Gear Selection) 54
حرکت درگیرکردن دنده(Gear Engagement) 55
جلوگیری از درگیری همزمان دو دنده 56
ارتباط TCU و ECU موتور 58

مراحل تعویض دنده درAMT 58
زمان تعویض دنده و وقفه انتقال گشتاور 60
اثر وقفه گشتاور بر راحتی رانندگی 60
مفهوم کیفیت تعویض دنده 61
کنترل شروع حرکت درAMT 61
مراحل شروع حرکت 62
نقش پدال گاز 62
شروع حرکت در سربالایی 63
خطر گرم‌شدن کلاچ 63
کنترل تعویض دنده در شرایط مختلف رانندگی 63
تعویض دنده در حالت رانندگی اقتصادی 63
تعویض دنده در حالت اسپرت 64
معکوس‌کشی(Kickdown) 64
رانندگی در سرازیری 64
حرکت در ترافیک سنگین 65
منابع و مراجع 67
فصل سوم 71
گیربکس دوکلاچه (DCT) 71
مقدمه و جایگاه گیربکس دوکلاچه 71
اصول عملکرد و منطق دو مسیر انتقال قدرت 71
معماری کلی و اجزای اصلی DCT 73
ساختمان مکانیکی مجموعه دوکلاچه 73
کلاچ خشک دوگانه 74
کلاچ تر دوگانه 74
ساختمان محورهای ورودی و خروجی 75

مجموعه چرخ‌دنده‌ها و سنکرونایزرها 76
مسیر انتقال گشتاور در حالت‌های مختلف 76
فرآیند تعویض دنده در DCT 77
مرحله انتقال گشتاور 77
مرحله انتقال دور یا اینرسی 78
چرا تعویض دنده در DCTسریع است؟ 78
تعویض دنده افزایشی و کاهشی 78
تعویض افزایشی (Upshift) 78
تعویض کاهشی (Downshift) 79
انتخاب دنده پیش‌بینانه 79
سیستم کنترل الکترونیکی گیربکس 79
ورودی‌های واحد کنترل 80
خروجی‌های واحد کنترل 80
عملگرهای کلاچ و تعویض دنده 81
عملگر الکتریکی 81
عملگر هیدرولیکی 81
کنترل موقعیت و فشار 82
کلاچ و مفهوم نقطه تماس (Kiss Point) 82
مدیریت شروع حرکت خودرو 83
شرایطی که باعث افزایش حرارت کلاچ می‌شوند 83
کنترل حرارتی و حفاظت از کلاچ 84
روغن‌کاری و خنک‌کاری در DCT 84
وظایف روغن 85
اهمیت روغن مناسب 85
کنترل سطح و دمای روغن 85

مزایا و محدودیت‌های DCT 86
محدودیت‌ها 86
رفتار DCTدر شرایط مختلف رانندگی 87
منابع و مراجع فنی..... 89

فصل یکم

گیربکس متغیر پیوسته (CVT)

مقدمه و مفهوم انتقال پیوسته نسبت دنده

در گیربکس‌های معمولی، مانند گیربکس دستی یا اتوماتیک سیاره‌ای، نسبت انتقال از میان چند مقدار مشخص انتخاب می‌شود .برای مثال، یک گیربکس شش‌سرعته دارای شش نسبت اصلی است و هنگام حرکت، سیستم کنترل یا راننده بین این نسبت‌ها جابه‌جا می‌شود.

اما در گیربکس متغیر پیوسته، نسبت انتقال در یک محدوده مشخص می‌تواند به‌صورت پیوسته تغییر کند .به همین دلیل، این گیربکس برخلاف گیربکس‌های پله‌ای، الزاماً دارای چند نسبت ثابت و مجزا نیست.

هدف اصلی CVTاین است که نسبت انتقال را متناسب با سرعت خودرو، بار موتور و درخواست راننده تنظیم کند تا موتور بتواند در محدوده دور و بار مناسب‌تری کار کند.

برای درک بهتر، فرض کنیم موتور خودرو در دور ۲۵۰۰ دور بر دقیقه بیشترین بازده را در شرایط مشخصی دارد .در یک گیربکس پله‌ای، ممکن است در بعضی سرعت‌ها موتور مجبور شود با دوری بالاتر یا پایین‌تر از این مقدار کار کند .اما CVTمی‌تواند نسبت انتقال را تغییر دهد تا دور موتور در محدوده مناسب‌تری باقی بماند.

البته نگه‌داشتن دور موتور در یک مقدار ثابت همیشه بهترین راهبرد نیست؛ زیرا نقطه بهینه به بار موتور، سرعت خودرو، شیب مسیر، دمای سیستم و درخواست شتاب وابسته است.



شکل ۱-1 .نمای کلی یک گیربکس CVTتسمه‌ای؛ دو مجموعه پولی با قطر مؤثر متغیر، توسط تسمه فلزی یا زنجیر مخصوص به یکدیگر متصل می‌شوند.

تغییر نسبت انتقال با تغییر قطر مؤثر پولی‌ها

در CVT، هر پولی از دو سطح مخروطی تشکیل شده است که می‌توانند نسبت به یکدیگر جابه‌جا شوند .با نزدیک شدن دو سطح مخروطی، تسمه به سمت بخش بیرونی پولی حرکت می‌کند و قطر مؤثر افزایش می‌یابد .با دور شدن سطوح مخروطی، تسمه به سمت مرکز حرکت کرده و قطر مؤثر کاهش پیدا می‌کند.

در نتیجه، با تغییر هم‌زمان قطر مؤثر پولی ورودی و خروجی، نسبت انتقال تغییر می‌کند.

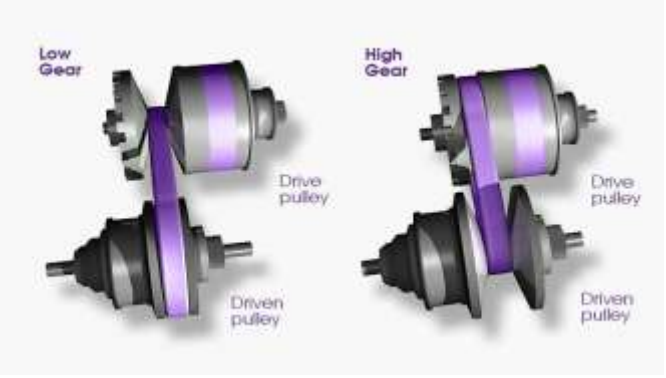
دو حالت اصلی را می‌توان در نظر گرفت:

حالت نسبت انتقال بالا :(Low Ratio)

- قطر مؤثر پولی ورودی کوچک است.
- قطر مؤثر پولی خروجی بزرگ است.
- سرعت خروجی نسبت به ورودی کمتر است.
- گشتاور خروجی، در حالت ایده‌آل، بیشتر می‌شود.

حالت نسبت انتقال پایین :(High Ratio)

- قطر مؤثر پولی ورودی بزرگ است.
- قطر مؤثر پولی خروجی کوچک است.
- سرعت خروجی افزایش پیدا می‌کند.
- گشتاور خروجی کاهش می‌یابد.



شکل ۲-1 .مقایسه دو وضعیت اصلی پولی‌ها :در نسبت انتقال بالا، پولی ورودی قطر مؤثر کمتر و پولی خروجی قطر مؤثر بیشتری دارد؛ در نسبت انتقال پایین، وضعیت برعکس می‌شود.

اجزای اصلی گیربکس CVT تسمه‌ای

یک گیربکس CVT متداول از چند مجموعه مکانیکی، هیدرولیکی و الکترونیکی تشکیل شده است .اجزای اصلی آن عبارت‌اند از:

1. پولی ورودی یا محرک (Primary/Drive Pulley)
2. پولی خروجی یا متحرک (Secondary/Driven Pulley)
3. تسمه فلزی یا زنجیر انتقال قدرت
4. مجموعه کلاچ یا مبدل گشتاور، بسته به معماری گیربکس
5. مجموعه دنده عقب
6. پمپ روغن

7. شیرهای کنترل فشار و نسبت انتقال

8. بدنه سوپاپ‌ها (Valve Body)

9. واحد کنترل الکترونیکی گیربکس (TCM)

10. حسگرهای سرعت، فشار، دما و موقعیت

11سامانه خنک‌کاری و فیلتر روغن

در ادامه، هر بخش از نظر ساختار و عملکرد بررسی می‌شود.

اجزای اصلی گیربکس CVT تسمه‌ای

یک گیربکس CVT متداول از چند مجموعه مکانیکی، هیدرولیکی و الکترونیکی تشکیل شده است .اجزای اصلی آن عبارت‌اند از:

1. پولی ورودی یا محرک (Primary/Drive Pulley)
2. پولی خروجی یا متحرک (Secondary/Driven Pulley)
3. تسمه فلزی یا زنجیر انتقال قدرت
4. مجموعه کلاچ یا مبدل گشتاور، بسته به معماری گیربکس
5. مجموعه دنده عقب
6. پمپ روغن
7. شیرهای کنترل فشار و نسبت انتقال
8. بدنه سوپاپ‌ها (Valve Body)
9. واحد کنترل الکترونیکی گیربکس (TCM)
10. حسگرهای سرعت، فشار، دما و موقعیت
11. سامانه خنک‌کاری و فیلتر روغن

پولی ورودی (Primary Pulley)

پولی ورودی به محور ورودی گیربکس متصل است و نیروی موتور را دریافت می‌کند .این پولی از دو صفحه مخروطی تشکیل شده است:

- صفحه ثابت (Fixed Sheave)
- صفحه متحرک (Movable Sheave)

صفحه ثابت به محور متصل است و نسبت به آن جابه‌جایی محوری ندارد .صفحه متحرک می‌تواند در راستای محور حرکت کند.

با نزدیک شدن دو صفحه، شیار Vشکل بین آن‌ها باریک می‌شود و تسمه به سمت قطر خارجی پولی حرکت می‌کند .در نتیجه، شعاع مؤثر افزایش می‌یابد.

با دور شدن دو صفحه از یکدیگر، تسمه به سمت مرکز پولی حرکت می‌کند و شعاع مؤثر کاهش می‌یابد.

حرکت صفحه متحرک معمولاً به کمک فشار روغن در یک محفظه هیدرولیکی انجام می‌شود .در برخی طراحی‌ها، سازوکارهای الکترومکانیکی نیز برای جابه‌جایی پولی به کار می‌روند.

پولی خروجی (Secondary Pulley)

پولی خروجی از نظر ساختمان کلی مشابه پولی ورودی است و از دو صفحه مخروطی ثابت و متحرک تشکیل می‌شود.

تفاوت اصلی آن در وظیفه و شرایط کاری است .این پولی گشتاور را از تسمه یا زنجیر دریافت کرده و به مجموعه خروجی گیربکس منتقل می‌کند.

در بسیاری از طراحی‌ها، پولی خروجی علاوه بر نقش تغییر قطر مؤثر، نیروی گیره‌ای لازم برای جلوگیری از لغزش تسمه را نیز تأمین می‌کند.

بنابراین فشار واردشده به دو پولی فقط برای تغییر نسبت انتقال نیست؛ بلکه باید نیروی تماس کافی برای انتقال گشتاور نیز ایجاد شود.

تسمه فلزی فشاری (Metal Pushbelt)

یکی از مهم‌ترین اجزای CVTخودروهای سواری، تسمه فلزی فشاری است که در بسیاری از طراحی‌ها با فناوری پوش‌بلت (Pushbelt)شناخته می‌شود.

این تسمه با تسمه لاستیکی معمولی تفاوت اساسی دارد و نباید آن را صرفاً یک تسمه فولادی یکپارچه تصور کرد.

پوش‌بلت متداول از دو بخش اصلی تشکیل می‌شود:

- تعداد زیادی قطعه فلزی کوچک با سطح مقطع تقریباً ذوزنقه‌ای یا گوه‌ای که به آن‌ها المان یا بلوک (Element)گفته می‌شود.
- چند نوار فولادی نازک و حلقوی که بلوک‌ها را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند و مسیر حرکت آن‌ها را هدایت می‌کنند.



شکل ۳-1 .ساختمان پوش‌بلت فلزی؛ بلوک‌های متعدد فلزی در کنار نوارهای فولادی حلقوی قرار گرفته‌اند.

در این ساختار، نیرو به شیوه‌ای متفاوت از تسمه‌های معمولی منتقل می‌شود .در بخش فشاری مسیر تسمه، بلوک‌ها به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند و نیروی فشاری میان آن‌ها در انتقال توان نقش اصلی دارد .نوارهای فولادی نیز بلوک‌ها را در کنار هم نگه می‌دارند و در پایداری مجموعه و تحمل نیروهای مربوط به مسیر حرکت مؤثرند.

به همین دلیل، اصطلاح »تسمه فشاری «برای این نوع تسمه مناسب‌تر از تصور رایج تسمه‌ای است که فقط با کشش خود گشتاور را منتقل می‌کند.

در یک نمونه از پوش‌بلت‌های متداول، تعداد بلوک‌ها می‌تواند در حدود چند صد عدد باشد و چند نوار فولادی حلقوی در کنار آن‌ها قرار گیرد .تعداد دقیق اجزا به طراحی سازنده وابسته است . ساختار پوش‌بلت و نحوه انتقال نیرو در پژوهش‌های فنی سازندگان و مراکز تحقیقاتی بررسی شده است .

نکته تعمیرگاهی :بلوک‌های تسمه و سطوح تماس آن‌ها با پولی‌ها اجزای بسیار حساسی هستند . خراش، تغییر شکل، شکستگی یا سایش غیرعادی می‌تواند ظرفیت انتقال گشتاور و رفتار گیربکس را مختل کند .به همین دلیل، بازکردن، شست‌وشو، جابه‌جایی و نصب تسمه باید طبق دستورالعمل سازنده انجام شود.

زنجیر فلزی (Metal Chain)

در برخی گیربکس‌های CVTبه‌جای پوش‌بلت از زنجیر فلزی مخصوص استفاده می‌شود.

این زنجیر از مجموعه‌ای از صفحات و پین‌ها یا اتصالات مفصلی تشکیل شده است .طراحی آن به‌گونه‌ای است که بتواند روی سطوح مخروطی پولی‌ها حرکت کرده و گشتاور را منتقل کند.



شکل ۴-1 .نمونه زنجیر فلزی مخصوص CVTو نحوه قرارگیری آن روی پولی‌ها.

تفاوت زنجیر و پوش‌بلت فقط در ظاهر آن‌ها نیست؛ مسیر انتقال نیرو، نحوه تماس با پولی، تنش‌های داخلی و الزامات روغن‌کاری نیز متفاوت است.