مقاله

سیستم محرک تسمه‌ای مصرف‌کننده‌های جانبی موتور

بهروز مشهدی
دانشکده مهندسی خودرو
دانشگاه علم و صنعت ایران

علی نصیری طوسی
دانشکده مهندسی خودرو
دانشگاه علم و صنعت ایران

احسان ذاکری هرندی
مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۴

چکیده

سیستم محرک تسمه‌ای موتور وظیفه انتقال گشتاور از پولی میل‌لنگ به مصرف‌کننده‌های جانبی موتور را بر عهده دارد. این سیستم در موتور خودرو استفاده می‌شود و امروزه فناوری‌های جدیدی در آن به کار می‌رود. در این مقاله سیستم محرک تسمه‌ای مدرن، اجزای مهم آن و معیارهای مهم عملکردی شامل لغزش تسمه روی پولی، دامنه حرکت تسمه‌سفت‌کن، ارتعاشات تسمه و نیروی یاتاقانی تشریح شده و روش طراحی و بهینه‌سازی سیستم مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: محرک جانبی موتور، تسمه، ارتعاشات، نیروی یاتاقانی، لغزش

۱. مقدمه

سیستم‌های مدرن محرک تجهیزات جانبی در موتورها در راستای کاهش وزن و افزایش کارایی موتور اقدام به یکی‌کردن سیستم محرک نموده اند. امروزه با توجه به یکپارچه‌سازی سیستم محرک تسمه‌ای مصرف‌کننده‌های جانبی در جلوی موتور یا به اختصار FEAD [۱] تمامی این مصرف‌کننده‌ها توسط یک یا دو تسمه از نوع چندراهه وی شکل به یکدیگر متصل می‌شوند. با توجه به تعداد زیاد این مصرف‌کننده‌ها، طول تسمه افزایش یافته و عمر تسمه که عامل مهمی در طراحی این سیستم محرک می باشد به عوامل زیادی از جمله رفتار دینامیکی هر کدام از این مصرف‌کننده‌ها وابسته شده است. همچنین بحث جانمایی این مصرف‌کننده‌ها با توجه به فضای محدود موجود در جلوی موتور و ایجاد امکان تعمیر و تعویض قطعات دارای اهمیت می‌باشد. مصرف‌کننده‌های جانبی در هر خودرویی شامل آلترناتور (دینام)، کمپرسورکولر، پمپ هیدرولیک، پمپ آب، پمپ روغن و سوپرشارژر یا پمپ انژکتور در خودروهای دیزلی می‌باشد. سیستم محرک تسمه‌ای با تسمه چند شیاره وی- شکل با طول زیاد به طور گسترده ای در صنعت خودرو استفاده می‌شود. این سیستم‌های جدید در عین حال باعث ایجاد پیچیدگی در تحلیل و طراحی از یک طرف و روش‌های ساخت از طرف دیگر شده اند.

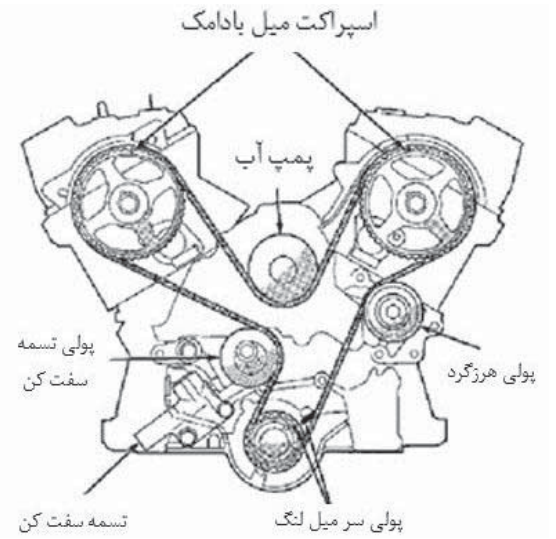
۲. انواع محرک‌های اجزای جانبی

به طور کلی سیستم محرک اجزای جانبی در موتورها شامل سه نوع محرک اولیه، محرک مصرف‌کننده‌های

جلویی و محرک مصرف‌کننده‌های انتهایی می‌باشد که در ادامه به بررسی هر یک پرداخته می‌شود.

۲-۱. محرک اولیه[۲]

این سیستم در درجه اول، زمانبندی سوپاپ‌های موتور را بر عهده دارد که به وسیله یک تسمه دندانه‌دار و یا زنجیر انجام می‌شود. در برخی از سیستم‌ها، بعضی از مصرف‌کننده‌ها نظیر پمپ آب نیز در این قسمت قرار می‌گیرد. دلیل استفاده از پمپ آب در این قسمت، اهمیت گردش آب در موتور و همچنین گشتاور مصرفی ناچیز این مصرف‌کننده نسبت به دیگر مصرف‌کننده‌ها می‌باشد. شکل ۱ نمونه ای از این سیستم را نشان می‌دهد که پمپ آب در آن وجود دارد.



شکل ۱. محرک اولیه

۲-۲. محرک مصرف‌کننده‌های جلویی[۳]

این سیستم در جلوی موتور قرار می‌گیرد و محرک اکثر مصرف‌کننده‌های اصلی می‌باشد. این سیستم در گذشته با تسمه وی- شکل تک‌شیاره به حرکت در می‌آمد، اما اکنون به وسیله یک تسمه چندشیاره دوطرفه به حرکت در می‌آید. در شکل ۲ نمونه ای از این سیستم آورده شده است. مصرف‌کننده‌هایی که در این سیستم قرار می‌گیرند شامل آلترناتور، پمپ هیدرولیک فرمان، کمپرسور کولر، پمپ آب و در بعضی سیستم‌ها کمپرسور سوپرشارژر می‌باشند.

شکل ۲. محرک مصرف‌کننده‌های جلویی [۱]

۲-۳. محرک مصرف‌کننده‌های انتهایی[۴]

این سیستم اغلب در موتورهای دیزلی وجود دارد و معمولاً پمپ انژکتور در آن به وسیله یک تسمه دندانه‌دار به حرکت در می‌آید. همان طور که در شکل ۳ دیده می‌شود پمپ انژکتور از سمت دیگر میل‌بادامک انرژی می‌گیرد.

شکل ۳. محرک مصرف‌کننده‌های انتهایی

۳. اجزای سیستم محرک مصرف‌کننده‌های جانبی

اجزای سیستم محرک جانبی را می‌توان به دو دسته مصرف‌کننده‌ها و تجهیزات جانبی آنها تقسیم‌بندی نمود. یک نمونه از کلیه مصرف‌کننده‌ها و قطعات جانبی که در جلوی موتور نصب می‌گردند در شکل ۴ نشان داده شده که شامل اجزایی در دو دسته زیر است:

الف) مصرف‌کننده‌ها

پمپ هیدرولیک فرمان[۵] و پولی آن (۱)

دینام[۶] و پولی آن (۲)

کمپرسور کولر[۷] و پولی آن (۳)

پمپ آب و پولی آن[۸] (۵)

ب) تجهیزات جانبی

پولی سر میل‌لنگ[۹] (۴)

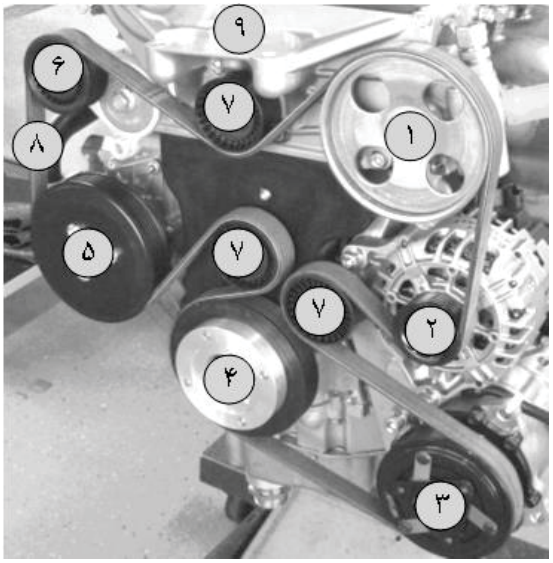
تسمه‌سفت‌کن خودکار[۱۰] (۶)

هرزگردها[۱۱] (۷)

تسمه[۱۲] (۸)

براکت‌های نگهدارنده[۱۳] (۹)

علاوه بر قطعات ذکر شده فوق که عمدتاً مربوط به موتورهای بنزینی اند، در موتورهای دیزل، کمپرسور سوپرشارژر و پمپ انژکتور نیز می توانند در این سیستم قرار گیرند.



شکل ۴. اجزای سیستم FEAD

در سیستم محرک تسمه‌ای انتقال قدرت بین پولی‌ها به وسیله تسمه انجام می‌شود. تسمه به دلیل ارزان بودن و تُلرانس ساخت پایین، صدای کم و عدم نیاز به روغنکاری نسبت به دیگر راههای انتقال قدرت، انتخاب بهتری می‌باشد. برای به‌کارگیری سیستم تسمه علاوه بر پایه‌های نگه‌دارنده تجهیزات و هرزگردها که هدایت تسمه را بر عهده دارند، به دو عضو مهم دیگر نیز نیاز است که عبارتند از تسمه‌سفت‌کن و نوسان گیر سر میل لنگ.

۳-۱. تسمه‌سفت‌کن

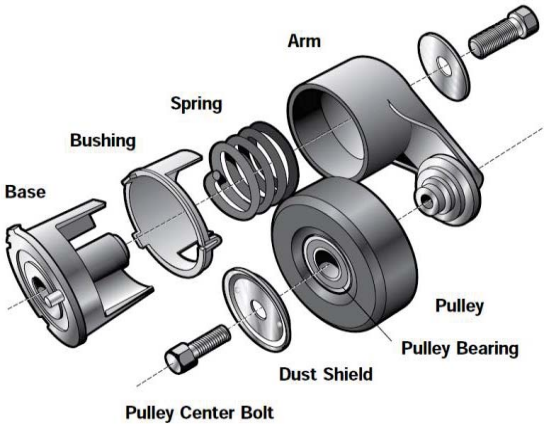
تسمه‌سفت‌کن به لحاظ تأمین کشش مناسب در تسمه، یکی از اجزاء مهم سیستم محرک تسمه‌ای می‌باشد. این قطعه در سَمت شُل تسمه نصب می‌شود و با ایجاد کشش مناسب در حالت دینامیکی باعث انتقال مناسب گشتاور به مصرف‌کننده‌ها وکاهش ارتعاشات و لغزش تسمه روی پولی‌ها می‌شود. در سیستم محرک تسمه‌ای از تسمه‌سفت‌کن‌های با دامنه حرکت زیاد استفاده می‌شود که در گذشته به صورت استاتیکی بوده‌اند و امروزه به تسمه‌سفت‌کن‌های خودکار تبدیل شده اند.

استفاده از تسمه‌سفت‌کن خودکار موجب تنظیم خودکار کشش تسمه در مونتاژ اولیه و جبران تلرانس‌های اجزا، ایجاد کشش تقریباً ثابت در تسمه در مدت عمر سیستم تسمه و پیشگیری از سایش و بزرگ شدن طول تسمه، کاهش نیروهای دینامیکی بیشینه، کاهش لغزش و صدا، افزایش عمر تسمه و کلّ قطعات سیستم محرک و افزایش قابلیت اطمینان کل قطعات سیستم محرک می‌گردد.

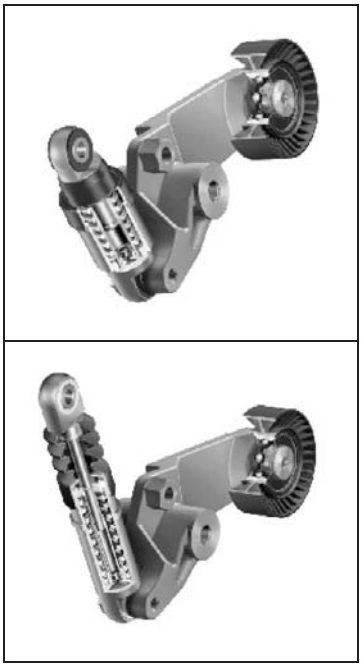
تسمه‌سفت‌کن خودکار شامل انواع فنر پیچشی، هیدرولیکی و خارج از مرکز می‌باشد. نوع فنر پیچشی با هزینه کم تولید و به صورت خودکار در تسمه‌های چندشیاره ایجاد کشش می‌کند. نیروی کشش مورد نیاز به وسیله گشتاور ناشی از نیروی فنر در بازوی آن بوجود می‌آید و میرا شدن به وسیله دیسک اصطکاکی و نیروی محوری فنر حاصل می‌شود. در شکل ۵ قسمت‌های مختلف این تسمه‌سفت‌کن دیده می‌شود.

تسمه‌سفت‌کن هیدرولیکی شامل یک جزء هیدرولیکی است که با یک فنر فشاری و یک شکاف نشت هیدرولیکی[۱۴] برای استهلاک همراه است که به بازو و پولی

تسمه‌سفت‌کن متصل شده است. مشخصات روغن استفاده شده به لحاظ تأثیرناپذیری از درجه حرارت و ایجاد سایش کم و عمر زیاد مهم می‌باشد. شکل ۶ این نوع از تسمه‌سفت‌کن را نشان می‌دهد.



شکل ۵. اجزای تسمه‌سفت‌کن خودکار با فنر پیچشی [۲]



شکل ۶. تسمه‌سفت‌کن هیدرولیک

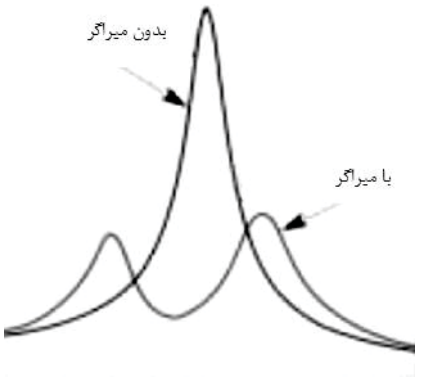
در نقطه‌های ابتدایی و انتهایی مسیر [۱]

تسمه‌سفت‌کن خودکار خارج از مرکز، شامل یک محور خارج از مرکز در داخل قطر داخلی یک یاتاقان است. میراگر چندصفحه‌ای که در سازوکار تسمه‌سفت‌کن تعبیه شده است شامل یک نوع روغن سیلیکُنی با درجه چسبندگی بالا بوده که حدفاصل بین صفحات ثابت داخلی و صفحات متحرک خارجی را پُر نموده است. در این سیستم، کشش تسمه با نوسانات جابه‌جایی مرکز تسمه‌سفت‌کن به وجود می‌آید. همچنین، یک فنر پیچشی نوسانات کشش در فرکانس‌های پایین تسمه را جذب می‌کند.

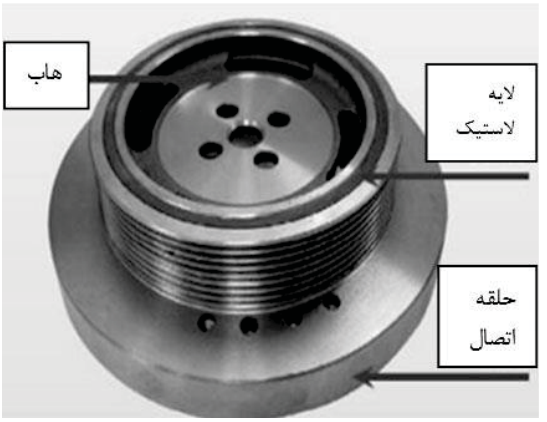
۳-۲. میراگر سر میل‌لنگ

این قطعه که به اختصار TVD[۱۵] نامیده می‌شود به جای پولی میل‌لنگ نصب می‌شود و به عنوان یک میراگر ارتعاشات پیچشی در سیستم محرک تسمه‌ای عمل می‌کند. در موتور، میل‌لنگ به وسیله یک سری از ضربه‌های انرژی حاصل از احتراق به حرکت در می‌آید و می‌تواند در یک سری از دورها به فرکانس تشدید نزدیک شود که باعث ارتعاشات خارج از کنترل می‌شود. این ارتعاشات باعث ایجاد صداهای اضافی و همچنین تأثیر نامطلوب روی تشخیص حسگرهای مربوط به ECU که بر اساس ارتعاشات کار می‌کنند می‌شود. میراگر TVD شامل یک جرم با اینرسی مشخص است که از طریق یک لاستیک با ضریب کشسانی مشخص به میل‌لنگ متصل می‌شود. این لاستیک در واقع نقش یک فنر پیچشی را در اطراف مرکز میل‌لنگ ایفا می‌کند. این جرم و لاستیک طوری تنظیم شده اند که درحالت تشدید میل‌لنگ، فرکانسی مساوی و در خلاف جهت حرکت میل‌لنگ ایجاد شود. بنابر این، حالت تشدید را کاملاً از بین می‌برد، همچنین ارتعاشات پیچشی تا حد زیادی کاهش می‌یابد. در نمودار شکل ۷ می‌توان اثر استفاده از میراگر را مشاهده نمود. انواع مختلفی از میراگر سر میل‌لنگ وجود دارد که انواع ساده آن شامل نوع لاستیکی ولکانیزه شده[۱۶] و پرسی هستند. در این انواع پولی و توپی[۱۷] با لایه لاستیک به یکدیگر جوش خورده و یا پرس شده اند. نوع پرسی که ارزان‌تر است برای نیروهای پیچشی کم مناسب است. شکل ۸ این نوع پولی را نشان می‌دهد.

برخی انواع پیشرفته‌تر پولی‌های سر میل‌لنگ ارتعاشات خمشی را نیز کاهش داده و سطح سروصدا و خشکی[18] را حدود ۴ تا ۷ دسی‌بل کاهش می‌دهند. در این انواع، دو لاستیک جداگانه برای کاهش ارتعاشات پیچشی و ارتعاشات خمشی در داخل توپی پرس می‌شوند. برخی میراگرهای غیرلاستیکی نیز وجود دارند که در آنها از یک سیال لزج استفاده می‌شود.



شکل ۷. مقایسه دامنه ارتعاشات موتور با میراگر و بدون میراگر [۳]



شکل۸. پولی سر میل‌لنگ با میراگر لاستیکی [۴]

٤. روش‌های طراحی

مراحل طراحی سیستم محرک جانبی شامل موارد زیر می‌باشد:

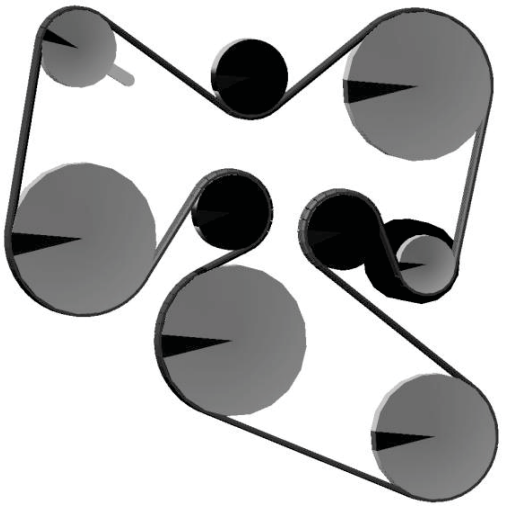
الف. تعیین جانمایی[19] اولیه مناسب برای قرارگیری پولی‌ها و حرکت مناسب آنها توسط تسمه بر پایه شاخص‌های طراحی FEAD و محاسبه محل نصب کلیه تجهیزات جانبی، تسمه‌سفت‌کن و هرزگردها (شکل ۹).

ب. انجام محاسبات شبه ایستای[20] تسمه، تحلیل هندسی برای بهینه کردن جانمایی (شامل به دست آوردن طول بهینه آزاد تسمه[21] و زاویه درگیری[22] و به‌دست‌آوردن محدودیت‌ها و نیازها شامل کشش و میرایی).

ج. انجام محاسبات دینامیکی تسمه بر اساس مشخصات و جزئیات قطعات.

د. انجام آزمون‌های عملکردی موتور بر روی سکوی آزمون.

ه. تأیید نهایی.



شکل ۹. یک جانمایی برای سیستم محرک جانبی موتور

در توسعه سیستم محرک مصرف‌کننده‌های جانبی موتور از نرم‌افزارهای مختلفی از جمله نرم‌افزارهای ADAMS و VALDYN استفاده می‌شود. در این نرم‌افزارها، بر اساس جانمایی پیش‌بینی‌شده برای مصرف‌کننده‌ها و انتخاب تسمه مناسب، تحلیل دینامیکی انجام می‌شود و طراح بر اساس خروجی نرم‌افزار که شامل ارتعاشات تسمه، لغزش تسمه، نیروی یاتاقانی پولی‌ها و مقدار کشش دینامیکی ایجاد شده در تسمه می‌باشد، در مورد استفاده از این جانمایی و یا تغییر در آن تصمیم‌گیری می‌نماید. سه نوع ورودی برای نرم‌افزار لازم است تا بتوان تحلیل دینامیکی را

انجام داد. اولین ورودی لازم برای تحلیل سیستم محرک تسمه‌ای چیدمان و ابعاد پولی‌ها می‌باشد. موقعیت پولی‌ها در چیدمان درنظرگرفته شده برای مصرف‌کننده‌ها و هرزگردها با توجه به فضای جلوی موتور، امکان تعمیر و تعویض قطعات تعیین می‌شوند. همچنین در این طرح‌بندی از دانش موجود برای ایجاد زاویه تماس مناسب پولی با تسمه، مقدار فواصل آزاد تسمه بین پولی‌ها و مکان مصرف‌کننده‌ها در سیستم با توجه به گشتاور مصرفی استفاده می‌شود. دومین ورودی ای که برای تحلیل سیستم محرک تسمه‌ای مورد نیاز می‌باشد، گشتاور مورد نیاز برای به‌حرکت‌درآمدن مصرف‌کننده‌ها در دورهای مختلف موتور می‌باشد. این گشتاور مصرفی بر اساس آزمایش و توسط سازندگان پمپ فرمان، آلترناتور، پمپ آب و کمپرسور کولر به دست می‌آید. سومین ورودی، نامنظمی‌های سر میل‌لنگ می‌باشد که از طریق آزمایش می‌توان نتایج را استخراج نمود. این نامنظمی‌های سر میل‌لنگ با توجه به استفاده از میراگر بر روی این پولی به دست می‌آید.

نرم‌افزار، با توجه به این سه ورودی امکان تحلیل را فراهم می‌نماید. در طی این تحلیل با توجه به نتایج دینامیکی که حاصل می‌شود، می‌توان موقعیت قطعات را تغییر داد تا به لحاظ دینامیکی شرایط بهینه حاصل شود.

۴-۱. برخی اعداد مهم در طراحی

در طراحی سیستم محرک جانبی برخی اعداد مهم وجود دارند که براساس تجربه طراحان و سازندگان حاصل شده اند. در این بخش به بعضی از این اطلاعات اشاره خواهد شد. در محاسبات ایستایی، میزان کشش ایستای تسمه نباید از ۱۳۴ N/rib تجاوز نماید. یعنی به عنوان مثال، اگر در محاسبات عدد کشش تسمه ۴۰۰N درآمد، باید از یک تسمه با حداقل ۳ شیار طولی[۲۳] استفاده نمود [۵].

زاویه درگیری بستگی زیادی به بار و نیروی موجود بر روی پولی‌ها و نیز چیدمان دارد و معمولاً بار بیشتر با کشش تسمه کمتر، زاویه درگیری بیشتری را می‌طلبد که عمر بیشتر تسمه، لغزش کمتر و نوفه کمتر را به ارمغان می‌آورد. جدول ۱ میزان کمینه این زاویه را برای تجهیزات مختلف نشان می‌دهد.

جدول۱. زاویه درگیری پولی‌ها با تسمه [۵]

Idler type	Minimum wrap angle Rip side	Slack side
Crankshaft	> 180°	Not recommended
AC	> 140°	Not recommended
Alternator	Guideline 1°/Amp (> 120°)	Not recommended
Water pump with fan	> 90°	140°
Water pump without fan	> 60°	> 90°
Power steering pump	> 120°-150°	Not recommended

در طراحی براکت سیستم محرک تسمه‌ای باید فرکانس طبیعی آن را برای یک موتور با حداکثر دور حدود ۶۰۰۰ دور در دقیقه حدود ۵۰۰ هرتز در نظر گرفت. در گذشته جنس این براکت‌ها از چدن بوده است، زیرا چدن قابلیت جذب ارتعاشات را دارد. اما چدن در عین حال سنگین است. امروزه استفاده از آلیاژهای آلومینیوم مانند Al Si7 Mg0.6 در این قطعات مرسوم شده است و برای رسیدن به فرکانس هدف یعنی ۵۰۰ هرتز از ایجاد شیار و افزایش تعداد اتصالات قطعه مصرف‌کننده به براکت استفاده می‌شود [۶]. محدوده قابل قبول w برای پیچش میل‌لنگ در زمان ارتعاشات حاصل از عملکرد سیستم به شرح جدول ۲ است.

جدول ۲. محدوده ارتعاشات زاویه‌ای میل‌لنگ

	نوسان پیچشی (درجه)		
محدوده دور	750 rpm to 1500 rpm	1500 rpm to 2500 rpm	2500 rpm to 6500 rpm
عالی	≤ 3,5°	≤ 1°	≤ 0,5°
قابل قبول	≤ 4,5°	≤ 1,5°	≤ 0,75°
غیرقابل قبول	> 4,5°	> 1,5°	> 0,75°

٤-۲. معیارهای طراحی

در طراحی سیستم محرک جانبی موتور معیارهایی برای پذیرش طرح وجود دارد که به برخی از موارد مهم آن اشاره می‌گردد.

الف. دامنه حرکت تسمه‌سفت‌کن

دامنه حرکت تسمه‌سفت‌کن ناشی از تغییرات در کشش تسمه در حالت دینامیک می‌باشد. دامنه این حرکت باید در حالت‌های بار کامل موتور و حالت نیمه بار کنترل شود. چون حرکت در جهت شل شدن و سفت شدن نسبت به یک مرجع ایستا اتفاق می‌افتد لذا لازم است که تغییرات جابه‌جایی تسمه‌سفت‌کن در هر دو جهت محاسبه شود. میانگین جابه‌جایی تسمه‌سفت‌کن در دو جهت نیز می‌تواند به عنوان یک معیار مورد استفاده قرار گیرد.

ب. نیروهای یاتاقانی

نیروی یاتاقانی ناشی از نیروی تسمه بر روی پولی‌ها می‌باشد. مقدار این نیرو باید در دو حالت بار کامل موتور و حالت نیمه‌بار موتور بر روی کلیه پولی‌ها بررسی شود. نیروهای یاتاقانی در شرایط مختلف بارگذاری می‌توانند مقادیر متفاوتی داشته باشند. به عنوان مثال هنگامی که کولر به مدار وارد می‌شود بارگذاری را تغییر می‌دهد و می‌تواند برخی نیروها را افزایش و برخی را کاهش دهد.

ج. لغزش تسمه

لغزش تسمه بر روی پولی میل لنگ، آلترناتور و کمپرسور کولر بررسی می‌گردد. بیشترین لغزش تسمه بر روی این سه پولی وجود دارد که برای پولی آلترناتور به دلیل سرعت دوران بالا و برای پولی میل‌لنگ به دلیل وجود بیشترین نامنظمی‌های پیچشی می‌باشد. همچنین، بررسی‌ها باید در حالت بار کامل موتور که لغزش نیز بیشتر است انجام شود.

د. ارتعاشات تسمه

ارتعاشات تسمه که به معنی نوسان تسمه (شکم‌دادگی) نسبت به محل اولیه آن است از عواملی است که باعث کاهش عمر تسمه، افزایش لغزش تسمه روی پولی و افزایش امکان پرش تسمه از روی پولی می‌شود. بررسی ارتعاشات تسمه در فاصله بین هر دو پولی از جمله پولی میل‌لنگ و کمپرسور کولر و همچنین فاصله بین پولی دینام و پولی پمپ فرمان انجام می‌شود. بسته به چیدمان سیستم وضعیت بحرانی متفاوت است. به عنوان مثال در یک چیدمان خاص هنگامی که کمپرسور کولر خاموش باشد ارتعاشات در تسمه بیشتر است و با روشن شدن کولر و ایجاد یک مصرف‌کننده قوی در نزدیک پولی میل‌لنگ، از ارتعاشات کاسته می‌شود. لذا تحلیل باید در شرایط بحرانی (در اینجا کولر خاموش) انجام شود.

٤-٣. بهینه‌سازی

در روند طراحی سیستم محرک جانبی موتور به‌کارگیری نرم‌افزار می‌تواند برای بهینه‌سازی آن بسیار مؤثر باشد. در این فرایند لازم است ابتدا مدلی از سیستم محرک که اطلاعات مربوط به آزمایش‌های آن در دست است در نرم‌افزار ایجاد گردد و سپس نتایج حاصل از نرم‌افزار با نتایج آزمون‌های سیستم مقایسه شود و صحّه‌گذاری صورت گیرد. وقتی مدل معتبر در دست باشد آنگاه می‌توان با انجام تغییرات در سیستم عملکرد آنرا در شرایط مختلف مورد بررسی قرار داد و بهترین حالت برای سیستم را انتخاب نمود. برخی از موضوعات بهینه‌سازی شامل موارد زیر است:

الف. تغییر جانمایی

جانمایی سیستم محرک جانبی از مهم‌ترین عوامل طراحی سیستم است زیرا تغییر محل قرارگیری پولی‌ها تمامی معیارهای طراحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین همواره می‌توان در بهینه‌سازی سیستم به دنبال یک جانمایی بهینه گشت.

ب. اثر عناصر جدید

افزودن یک عنصر جدید به سیستم مثلاً افزودن یک کلاچ یکطرفه به محور دینام، تأثیراتی را به همراه خواهد داشت که با مدلسازی آن در نرم‌افزار می‌توان آن تأثیرات را بر بهبود عملکرد سیستم بررسی نمود [۷].

ج. بهبود شاخص ها

گاهی اوقات برای بهبود یک شاخص مثل نیروی یک یاتاقان خاص لازم نیست کلّ طرح دستخوش تغییر گردد،

بلکه با جابه‌جا کردن محل یک عنصر مهم مثلا تسمه‌سفت‌کن ممکن است بهبود مورد نظر حاصل گردد. لذا با انجام چنین تغییراتی و ملاحظه اثرات آن توسط نرم‌افزار، بهبود شاخص مورد نظر حاصل می شود.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله سیستم محرک جانبی موتور در خودروهای امروزی مورد بحث قرار گرفت. پس از دسته‌بندی انواع سیستم‌های محرک مربوط به مصرف‌کننده‌های جانبی در موتورها، به تشریح اجزای مهم سیستم محرک جانبی در جلوی موتور (FEAD) پرداخته شد. قدم‌های لازم برای طراحی سیستم بیان شد و با ارائه برخی اعداد مهم در طراحی، معیارهای طراحی سیستم نیز مورد بررسی قرار گرّت. در نهایت، مدلسازی در نرم‌افزار، اعتباردهی به آن و سپس به‌کارگیری آن در بهینه‌سازی سیستم محرک جانبی مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات موجود در مقاله حاضر همراه با مراجع آن می تواند نقطه شروع خوبی برای طراحی سیستم محرک جانبی در موتورهای امروزی باشد.

۶. مآخذ

[1] Schaeffler group, INA engine systems, pp.50, 54.

[2] Gates professional development series, Introduction to Front-End Accessory Drive Systems, p.8.

[3] Sckuhr, M.A., K.U. Hellwig and M. Puchinger, Integration of Automated FEA-Simulation into Product Development of Elastomeric Components, MSC software.

[4] Fluidampr Harmonic Fluid Dampers, http://fluid-damper.com.

[5] Degives, F. *Front End Accessory Drive System Design guide*, FEV, 2004.

[6] Houben, M. *NVH CAE Analysis of the bracket*, FEV, 2004.

[7] Mashadi, B., E. Zakeri. "Dynamical Analysis and Design of Front Engine Accessory Drive System." *International Journal of Automotive Engineering*, vol. 1(1), Jan 2011.

پی‌نوشت

1. Front End Accessory Drive
2. Primary Drive
3. Front End Accessory Drive
4. Rear End Accessory Drive
5. Power steering pump
6. Alternator
7. A/C compressor
8. Water pump module
9. TVD
10. Automatic tensioner
11. Idlers
12. Belt
13. Brackets
14. Hydraulic leakage gap
15. Torsional Vibration Damper
16. Vulcanized
17. hub
18. NVH
19. Layout
20. Quasi static
21. span length
22. wrap angle
23. Rib