

عملکرد ABS، ESP و TCS در یک سیستم ترمز فعال خودرو

دکتر جواد مرزبان راد

چکیده:

سیستم ترمز فعال در حال تبدیل شدن به یک سیستم اجباری در خودروهای امروزی است. گرچه هنوز در استانداردهای اجباری خودرو در کشور ما وارد نشده است، ولی ممکن است در آینده نه چندان دور، به منظور افزایش ایمنی، اکثر خودروها را به آن مجهز کنند. این سیستم می تواند سیستم ترمز ضد قفل (ABS)، برنامه پایداری الکترونیکی (ESP) و سیستم کنترل کشش (TCS) را شامل شود. در بررسی حاضر، عملکرد هر کدام از این سیستم ها توضیح داده شده است.

مقدمه

چند سالی است سیستم ترمز فعال (Active Braking System) در خودروهای جدید نصب می شود و روز به روز بردامنه کاربردها اضافه می شود. این سیستم یک مدار بسته ترمز با کنترل الکتریکی (braking control closed loop) است که می تواند در شرایطی بدون دخالت راننده و حتی بدون اطلاع وی عملیات ترمز گیری را در هر کدام از چهار چرخ خودرو و با هر شدتی که کامپیوتر سیستم تشخیص دهد انجام دهد.

این سیستم یک سیستم هوشمند بوده و استفاده از آن نتایج جالب توجهی در عملکرد خودرو دارد. سیستم ترمز فعال (Active Braking System) یک مدار بسته ترمز با کنترل کامپیوتری است که شامل پمپ هیدرولیک، مدولاتور، سلونوئید ولوها، سنسورها، واحد کنترل الکتریکی (ECU) خطوط هیدرولیکی عملگرهای ترمز در چرخ ها و در بعضی موارد تجهیزات نیوماتیکی، کمپرسورها و شیرهای نیوماتیکی را شامل می شود. در این سیستم فشار هیدرولیک لازم جهت ترمزگیری به دو طریق ایجاد می شود: یکی از طریق فشار پای راننده بر روی پدال ترمز (Master Cylinder) و دیگری از طریق پمپ روغن (Pump Primer) که بدون دخالت راننده فشار هیدرولیکی لازم را ایجاد می کند.

در سیستمهای جدیدتر (Sensotronic) فشار لازمه تماما از طریق پمپ روغن ایجاد شده و پدال ترمز جدید به منزله ابزاری برای انتقال اطلاعات عملکرد راننده به کامپیوتر سیستم است. در این سیستم، هنگامی که راننده پدال ترمز را فشار می دهد این حرکت توسط یک سنسور متصل به پدال حس شده و اطلاعات مربوط به میزان فشار پدال و سرعت فشرده شدن آن به ECU (واحد کنترل الکترونیک) می رود و ECU نیز با تحلیل و شبیه سازی آن به شیرهای برقی اجازه عبور روغن تحت فشار را می دهد و

بدین ترتیب سیلندره‌های مربوطه در چرخ‌ها عمل ترمزگیری را متناسب با فشار پای راننده انجام می‌دهند. لازم به ذکر است در صورت معیوب شدن سیستم الکترونیکی وضعیت به طور خودکار به سیستم ترمز عادی بر می‌گردد.

اما این تنها قسمتی از کار ترمز فعال است که نقطه مشترک این سیستم با ترمزهای عادی است. در حقیقت در عملیات ذکر شده راننده توسط ترمزگیری فقط سرعت خودرو را کاسته یا آن را متوقف می‌کند، اما در بسیاری مواقع سیستم بخودی خود عمل کرده و بدون دخالت راننده و اطلاع وی عملیات ترمزگیری را در یک یا دو چرخ از خودرو انجام می‌دهد که این عملیات نقطه تفاوت کار این سیستم با ترمزهای معمولی است.

نکته مهم در این است که عمل ترمزگیری خودکار چه مزیتی نسبت به ترمزگیری عادی توسط راننده خواهد داشت.

اگر خود رو را از لحاظ دینامیکی بعنوان یک سیستم فرض کرده و محیط بیرون و جاده را بعنوان محیط پیرامون آن که برسیستم تاثیر می‌گذارد بدانیم می‌توان دید که سیستم خودرو فقط از طریق چرخ‌ها و لاستیک‌ها با محیط بیرون و جاده در ارتباط است. در نتیجه کلیه عملیات شتاب‌گیری، ترمزگیری و مانور دادن، از طریق تماس و نیروی اصطکاک بین لاستیک و جاده امکان پذیر میشود و در نتیجه راننده برای کنترل خودرو سه عمل زیر را می‌تواند انجام دهد:

الف) اعمال گشتاور جلوبرنده موتور به چرخ‌ها و انجام عملیات شتاب‌گیری

ب) ترمزگیری

ج) اعمال فرمان و تغییر جهت راستای چرخ‌های جلو

پس ترمزگیری و ایجاد گشتاور مقاوم در چرخ یکی از روش‌های سه‌گانه برای تغییر خصوصیت‌های دینامیکی خودرو است. کاربرد اول عمل ترمزگیری برای توقف و یا کاهش سرعت خودرو بوده و به نوعی برشتاب‌گیری و مانور دادن نیز اثر می‌گذارد. کاربرد دوم ترمزگیری کنترل‌پذیری خودرو در حرکت است که در بهبود عملیات فرمان دادن موثر می‌باشد. کاربرد سوم استفاده از ترمزگیری در یکی از چرخ‌های محرک شتاب‌گیری است تا شروع اولیه حرکت خودرو را بهبود بخشد و از امکان لیز خوردن درجا جلوگیری نماید.

در این جا این سه کاربرد مختلف ترمزگیری معرفی شده و سیستم‌های ابداع شده بر پایه آنها بررسی می‌شود.

الف) کاربرد اول ترمزگیری:

کاربرد اول ترمزگیری همان توقف یا کاهش سرعت خودرو است. تمامی سیستم‌های ترمز معمولی نیز صرفاً برای انجام این کار طراحی شده‌اند. در هنگام ترمز گرفتن خودرو از یک یا هر چهار لاستیک خودرو می‌توانند قفل شوند. پای راننده فشار محکمی

روی پدال ترمز وارد می نماید که باعث می شود لنت ترمز دیسک ها یا درام های ترمز را از چرخش باز دارد. ماشین ها و کامیون های غیر کشنده طوری طراحی می شوند که تقریباً ۶۰٪ نیروی ترمز آن ها در ترمزهای جلویی بکار برده می شود. یعنی لاستیک های جلویی قبل از که لاستیک های عقب کاری انجام دهند، علائم سرخوردگی بجا خواهند گذاشت. وقتی تنها دو لاستیک در حال ترمز می باشند، قابلیت ترمز حداقل ۴۰٪ کاهش می یابد که این موضوع نهایتاً باعث افزایش مسیر پیموده شده توسط خودرو بیش از توقف خواهد بود.

ضریب اصطکاک بین لاستیک و جاده از حداقل ۰/۲ برای جاده های یخ بسته و برف گرفته تا ۰/۸ برای جاده های جدید متغیر است. جاده های دارای سطح بتن یا آسفالت بطور متوسط دارای ضریب اصطکاک ۰/۷ است. یک راننده با تجربه می تواند خودروی خود را با ضریب شتاب منفی ۰/۹ g متوقف کند. او این کار را با فشار ممتد پدال انجام می دهد و این ترتیب از قفل شدن ترمزها هم جلوگیری می کند.

اما سیستم ترمز فعال این عمل را بواسطه بهره گیری از سیستم ABS (Antilock Braking System) که در حقیقت جزئی از آن سیستم است به نحو احسن و با دقت بیشتر و راندمان بالاتری انجام می دهد.

در معرفی سیستم ABS مقالات و نوشته های بسیاری به چاپ رسیده است. این نکته قابل ذکر است که در ABS های اولیه که زودتر از سیستم ترمز فعال ابداع شدند نیروی هیدرولیک ترمز توسط پای راننده تولید می شد و در صورت قفل شدن هر یک از چرخ ها هنگام ترمزگیری، واحد کنترل الکترونیک (ECU) از طریق شیرهای سلونوئیدی مربوطه، فشار هیدرولیک را از آن چرخ قطع و در نتیجه چرخ آزاد میشد. این عمل چندین بار در ثانیه تکرار میشد که به تبع آن قطع و وصل فشار روغن در سیستم روی پای راننده و روی تمرکز وی تاثیر می گذاشت و احساس ناخوشایندی را ایجاد می کرد. اما در ABS همراه با سیستم ترمز فعال از این لرزش ها خبری نیست و عملکرد آن نیز با دقت و کارایی بیشتری همراه است.

ب) کاربرد دوم ترمزگیری:

این کاربرد مرتبط با کنترل پایداری حرکتی خودرو و بهبود عملیات فرمان دادن خودرو است. گاهی اتفاق می افتد که فشار ترمز در یک یا دوچرخ از خودرو شما زیاد تر از بقیه چرخ ها شده و هنگام ترمزگیری شدید خودروی شما به چپ یا راست منحرف می شود. این انحراف ناشی از ایجاد گشتاور ناخواسته حول محور Z (Yaw) است که از یکنواخت نبودن نیروی ترمزی در چرخ ها پدید می آید و در موارد کنترل نشده می تواند بسیار خطرناک باشد.

اما دانشمندان و مهندسين طراح از اين گشتاور در جهت کنترل و افزايش پايداري حركتي خودرو استفاده مي كنند و با بهره گيري از قابليت هاي سيستم ترمز فعال، سيستم جديدتري تحت عنوان ESP (Electronic stability program) معرفي کرده اند. اگر خودرو در مسيري كه دقيقا هم راستا و نشانگر زاويه فرمان چرخ هاي جلو باشد به حركت خود بصورت مداوم ادامه دهد حركتي پايدار داشته كه اين حركت مي بايست برروي كليه چرخ هاي خودرو و با اصطكاك كامل بوده و ترمزها در اختيار راننده باشد.

برنامه پايداري خودرو (ESP) ناپايداري در پيچ ها، مانورها و دور زدن ها را به وسيله سنسورهاي ويژه حس کرده و با استفاده از ترمزگيري در يك چرخ گشتاور مخالفی برای خنثی کردن گشتاور ناپايدار كننده توليد مي كند.

پارامترهاي ورودی به سيستم ESP كه از طريق سنسورهاي ويژه تعبيه شده در خودرو به آن ارسال ميشود بصورت ذيل است:

- ۱- سرعت خطی خودرو (در امتداد محور طولی)
- ۲- سرعت جانبی خودرو (در امتداد محور عرضی)
- ۳- نرخ چرخش خودرو حول محور عمودی (Yaw rate)
- ۴- فشار اولیه بر روی ترمز چرخ ها
- ۵- زاويه فرمان
- ۶- شتاب جانبی خودرو
- ۷- فشار ثانويه ترمز چرخ ها
- ۸- زاويه فلوت (Float angle) كه زاويه راستای حركت خودرو با راستای چرخ هاي جلو است.

خروجی ESP نيز کاراندازی مدولاتور هیدرولیکی و سلنوئیدها به منظور ترمزگيري در چرخ ها در مواقع لزوم است.

ج) کاربرد سوم ترمزگيري:

کاربرد سوم ترمزگيري در بهبود شتابگيري و حركت مستقيم خودرو است. ديفرانسيل يکي از مهمترين قسمت هاي خودرو است كه وظيفه تنظيم سرعت چرخ هاي محرک در پيچ ها و هنگام طی کردن مسير منحنی را دارد. در کنار اين وظيفه مهم، يك ايراد حركتي برای خودرو نيز ايجاد کرده است. مثال هايی از اين ايراد چنين است:

- در حال صعود از جاده خاکی شيب داری هستيد كه خودرو شما متوقف شده و فقط يکي از چرخ هاي محرک كه روی شن سنگريزه قرار دارد بصورت درجا می چرخد و خودرو از رفتن باز می ماند.

- خودروی شما در جاده پوشیده از برف و یخ از حرکت باز می ماند و فقط یکی از چرخ های محرک که روی سطح لغزنده است (بصورت درجا) می چرخد و چرخ دیگر ثابت است. همین اتفاق ممکن است بر روی سطوح روغنی و لغزنده دیگر نیز بیفتد.

- یکی از چرخ های محرک خودرو در جوی آب یا در چاله عمیق افتاده و با زمین اصطکاکی ندارد و هنگام گاز دادن توسط راننده فقط همین چرخ می چرخد و چرخ دیگر روی آسفالت ثابت است و در نتیجه خودرو حرکت نمی کند.

دلیل تمام مشکلات بالا و موارد مشابه دیگر این است که وقتی یکی از دو چرخ محرک خودرو روی یک سطح با ضریب اصطکاک کمتر نسبت به چرخ دیگر قرار گیرد به زبان ساده این احساس برای دیفرانسیل ایجاد میشود که خودرو در حال دور زدن و طی مسیر منحنی است و در نتیجه بیشترین گشتاور تولید شده توسط موتور را به چرخ با لغزندگی بیشتر (ضریب اصطکاک کمتر) می دهد بدین ترتیب فقط چرخ که بر روی سطح لغزنده است می چرخد و به چرخ با ضریب اصطکاک بیشتر (مثلا بر روی آسفالت) نیروی کافی وارد نمی شود و در نتیجه خودرو از حرکت باز می ماند.

به منظور برطرف کردن این عیب در خودرو، سیستم کنترل کشش یا TCS (Traction Control System) ابداع و معرفی شده که همچون ABS و ESP متکی بر ترمزگیری خودکار در چرخ خودرو است.

قطعات و اجزای TCS همان اجزای سیستم ترمز فعال است و به همین خاطر کامپیوتر مرکزی (ECU) می تواند برای سیستمهای ABS و ESP و TCS برنامه ریزی شده و مجموعه بصورت یک واحد ایمنی و کنترل قدرتمند در خودرو انجام وظیفه کنند.

عملکرد TCS:

سنسورهای تعبیه شده در چرخ های محرک خودرو سرعت دورانی چرخ را در هر لحظه به ECU گزارش می کنند و ECU آن را تبدیل به سرعت خطی کرده و آنها را با هم و با سرعت صلب خودرو مقایسه می کند. هر گونه اختلاف سرعت بعنوان لغزش (S) شناخته میشود. لغزش بین دو چرخ محرک تا حد معینی مجاز بوده و به منزله دور زدن خودرو طی مسیر منحنی است ولی بیشتر از این حد این معنی را می دهد که یکی از چرخ های محرک بر روی محل کم اصطکاک قرار گرفته و مشکلات ذکر شده در قبل نمایان شده اند.

بدین ترتیب واحد کنترل الکترونیک (ECU) دستور ترمزگیری در چرخ در حال هرزگردی را می دهد تا کشش دو چرخ از دید دیفرانسیل یکی شده و گشتاور موتور به چرخ با اصطکاک بیشتر نیز برسد. البته سیستم کنترل کشش (TCS) در خودرو وظیفه دیگری نیز انجام می دهد و آن این است که از هرزگردی بی مورد چرخهای محرک در هنگام شتابگیری جلوگیری می کند. این عمل توسط EDC (Engine drag torque control) و ETC (Electronic throttle control) انجام می گیرد. این سیستم ها با

کنترل سیستم جرقه زنی سیستم سوخت رسانی و انژکتور و همچنین با کنترل دریچه گاز بوده که نیروی تولیدی موتور را به هنگام هرزگردی چرخهای محرک پایین می آورد. نتیجه این کار شتابگیری و کنترل بهتر خودرو و مصرف سوخت کمتر است. پس بنا بر مطالب ذکر شده، سیستم ترمز فعال هم اکنون بعنوان یک تکنولوژی بسیار سودمند در خودروهای هزاره سوم در حال انجام وظیفه است و بتدریج جای سیستم قدیمی و ساده ترمز معمولی را می گیرد.

نتایج حاصل از وجود این سیستم در خودرو عملیات بسیار جالب و سودمندی همچون ABS، TCS، ESP است که به مرور زمان گسترده تر شده و هر ساله شاهد ابداع کاربردهای جدیدی از این سیستم خواهیم بود. عملیات و کاربردهایی که موجب خواهد شد سیستم ترمز فعال به یک سیستم مادر در خودروهای آینده تبدیل شده و همچون فنر و کمک فنر جزء لاینفک آن باشد.