

ارائه سیستم ترمز الکترومغناطیسی ضدقفل (EMABS) و مقایسه عملکردی آن با سیستم ترمز ضدقفل (ABS)

عباس حسینی^{*۱}

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>واژگان کلیدی: ایمنی خودرو، سیستم ترمز الکترومغناطیسی ضدقفل، رله جذبی، میرا کننده ارتعاش، کنترل کننده الکترونیکی.</p>	<p>سیستم ترمز ضدقفل (ABS) یکی از مهمترین امکاناتی است که در ایمنی خودروها اثرگذار می‌باشد و به همین دلیل تلاش‌های بسیار زیادی به منظور طراحی و ارتقاء این سیستم صورت پذیرفته است. اساس کار کلیه سیستم‌های پیشین بر مبنای تغییر حجم روغن بوده و اندازه نیروی ترمزی اعمال شده به کفشک‌ها از این طریق کنترل می‌گردد. در این مقاله، مفاهیم و اصول سیستم ترمز الکترومغناطیسی ضدقفل (EMABS) معرفی شده و مزایای آن نسبت به سایر سیستم‌ها بیان گردیده است. طرح ترمز الکترومغناطیسی ضد قفل حاصل جاذبه الکترومغناطیسی یک نوع آهنرباست که اصطلاحاً رله جذبی نامیده می‌شود و اصل اساسی این نوع سیستم ترمزی را به همراه مکانیزم‌های مکانیکی تشکیل می‌دهد. در سیستم EMABS از این رله جذبی به‌عنوان یک سیستم کمکی به منظور ضدقفل کردن ترمز استفاده گردیده است. در این مقاله، اثر تأخیر زمانی سیستم‌های ضدقفل بر عملکرد فرایند ترمزی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از توابع مختلف تأخیر زمانی در سیستم‌های ABS و EMABS با یکدیگر مقایسه شده است.</p>

۱- مقدمه

تصادفات به دلیل از دست دادن پایداری کامیون‌ها در جاده‌ها، مخصوصاً جاده‌های لغزنده، مورد استفاده واقع شد [۳ و ۴]. در سال ۱۹۸۰ در فناوری ایمنی خودرو، تحول عظیمی رخ داد و سیستم ABS به شکل امروزی (الکترونیکی) در خودروهای سواری مورد استفاده قرار گرفت. همانگونه که می‌دانیم، یکی از مهمترین عواملی که باعث از دست دادن کنترل خودرو می‌گردد ترمز کردن ناگهانی در جاده‌های لغزنده مانند جاده‌های مرطوب، برفی، یخی و ... است که این عمل به‌علت قفل شدن چرخ‌ها روی سطح جاده می‌باشد. لذا، برای جلوگیری از این امر، سیستم ترمز ضدقفل استفاده می‌شود [۵ و ۶]. در این سیستم، از طریق یک سیستم هدایت الکترونیکی

سیستم ترمز ضدقفل برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ در هواپیما به شکل مکانیکی مورد استفاده قرار گرفت و در همان زمان تحولات زیادی به‌واسطه توسعه این سیستم در صنعت هوانوردی به‌وجود آمد [۱ و ۲]. اما جالب بود که بررسی این سیستم برای چندین سال متوقف شد. تا اینکه در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۶ برای اولین بار این سیستم در کامیون‌های سنگین در آمریکا برای کاهش

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: abbas.hosseini@stu.um.ac.ir

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

به حالت چهار کاناله باعث کاهش کارایی ترمز می‌شود.

- سیستم ترمز ضدقفل با یک کانال و یک حسگر: این سیستم در وانت‌ها و کامیون‌ها با محور عقب ضدقفل وجود دارد که یک سوپاپ برای کنترل هر دو چرخ عقب و یک حسگر سرعت روی محور عقب واقع شده است. این سیستم مشابه قسمت عقب سه کاناله عمل می‌نماید. به گونه‌ای که دو چرخ عقب با هم کنترل می‌شوند و قبل از فعال شدن سیستم ضدقفل، هر دو چرخ قفل می‌کنند. در این روش هم ممکن است یکی از چرخ‌های عقب هنگام ترمز کردن قفل نماید که باز هم باعث کاهش کارایی ترمز می‌شود.

در این تحقیق، مفاهیم و اصول یک سیستم ضدقفل نوین تحت عنوان سیستم ترمز الکترومغناطیسی ضدقفل معرفی شده و مزایای آن نسبت به سایر سیستم‌ها بیان گردیده است. طرح ترمز الکترومغناطیسی ضد قفل^۱ حاصل جاذبه الکترومغناطیسی یک نوع آهنرباست که اصطلاحاً رله جذبی نامیده می‌شود و اصل اساسی این نوع سیستم ترمزی را به همراه مکانیزم‌های مکانیکی تشکیل می‌دهد. در سیستم EMABS از یک رله جذبی به عنوان سیستم کمکی به منظور ضدقفل کردن ترمز استفاده گردیده است. از مزایای این سیستم نسبت به سیستم‌های ضدقفل^۲ (ABS) پیشین، می‌توان به عدم تغییر در حجم روغن اشاره نمود که موجب افزایش سرعت عملکردی ترمز می‌گردد و همین امر سبب می‌شود تا محدودیتی برای تعداد قفل و باز کردن چرخ وجود نداشته باشد. لازم به ذکر است که کاهش مدت زمان عملکردی سیستم ABS منجر به کنترل بهتر شرایط اصطکاک و لغزشی شده و در نتیجه شرایط ترمزی به سمت ایده‌آل نزدیک‌تر خواهد شد [۸-۱۰]. در سیستم EMABS، زمان مورد نیاز جهت فرایند باز کردن قفل چرخ‌ها تا حد قابل

کنترل شده و با دریافت اطلاعات لازم از وضعیت سرعت هر چرخ، نیروی ترمز تنظیم می‌گردد. در این سیستم، مقدار نیروی ترمز روی هر یک از چرخ‌ها می‌تواند متغیر باشد. بدین ترتیب، چرخ‌ها که دارای سرعت کمتری نسبت به چرخ دیگر باشد به همان نسبت فشار روغن ترمز در آن کاهش می‌یابد. این کاهش فشار به صورت مقطعی بوده و تا زمانی ادامه می‌یابد که دور چرخ‌ها یکسان شود. سیستم ABS از سرعت ۶ کیلومتر در ساعت به بالا شروع به کنترل سیستم ترمز می‌نماید و در صورتی که به هر نحوی دچار اختلال و اشکال گردد سیستم ABS از مدار خارج شده و ترمز خودرو به صورت عادی عمل می‌نماید [۷ و ۵].

به‌طور کلی، سیستم‌های ترمز ضدقفل بر مبنای تعداد کانال‌ها (تعداد سوپاپ‌هایی که به طور جداگانه کنترل می‌شوند) و تعداد حسگرهای سرعت، به انواع مختلفی تقسیم می‌گردند که در زیر به مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود:

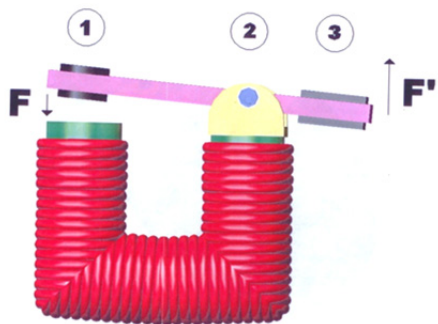
- سیستم ترمز ضدقفل با چهار کانال و چهار حسگر سرعت: این بهترین طراحی است که در آن برای هر چرخ، حسگر و سوپاپ جداگانه‌ای وجود دارد. با این روش، کنترلگر هر چرخ را به طور مجزا بررسی کرده تا به هر چرخ بیشترین نیروی اصطکاک وارد شود.

- سیستم سه کانال و سه حسگر: این روش بیشتر در وانت‌ها و کامیون‌ها با چهار چرخ ضدقفل استفاده می‌شود و در آن برای هر چرخ جلو یک حسگر و یک سوپاپ وجود دارد. اما برای دو چرخ عقب فقط یک حسگر و یک سوپاپ موجود می‌باشد. حسگر سرعت چرخ‌های عقب روی محور عقب قرار داشته و در این حالت، برای هر چرخ جلو کنترل جداگانه‌ای موجود است؛ بنابراین چرخ‌های جلو به بیشترین نیروی ترمزی خواهند رسید. لازم به ذکر است که چرخ‌های عقب، قبل از فعال شدن سیستم ضدقفل، قفل شده و در نتیجه با استفاده از این سیستم ممکن است یکی از چرخ‌های عقب هنگام ترمز کردن قفل کند، که نسبت

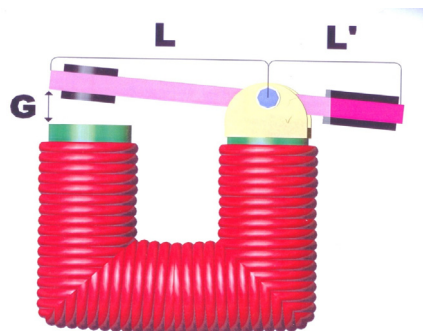
¹ Electromagnetic Anti-lock Braking System

² Anti-lock Braking System

محسوس است [۱۱]. وقتی که اهرم L جذب شود، چون بازو در نقطه (۲) ثابت گردیده، در اهرم L' نیروی دافعه‌ای به وجود می‌آید که گشتاور ترمزی را ایجاد نموده و این نیرو به کفشک ترمز نیرو وارد می‌کند (شکل ۲).



شکل ۱- ساختار کلی و شماتیک یک رله جذبی



شکل ۲- فاصله تعیین شده بازوها در رله جذبی

هرچقدر جریان الکتریکی را زیاد کنیم جاذبه در اهرم L زیادتر و نیروی دافعه تولیدی در نقطه (۳) (که نیروی ترمزی را حاصل می‌کند) بیشتر می‌شود و در نتیجه، ترمز قویتر عمل می‌کند. با کاهش جریان الکتریکی، مراحل فوق برعکس گردیده و ترمز ضعیف‌تر عمل می‌نماید. همانگونه که می‌دانیم، در ترمزهای هیدرولیکی موجود، نیروی ترمزی بیشینه برای هر چرخ از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$F=P.A \quad (1)$$

که P مقدار فشار در سیلندر ترمز و A سطح مقطع سیلندر است. حال از آنجایی که فشار در سیلندر روغن ترمز در حالت بیشینه 54 kg/cm^2 و سطح مقطع سیلندر

ملاحظه‌ای کاهش یافته که این امر بهبود شرایط ترمزی را فراهم خواهد نمود.

۲- نحوه عملکرد EMABS

اگر به ترمزهای دیسکی (که تقریباً تمامی خودروهای مدرن به آن مجهز هستند) نگاهی بیاندازیم، خواهیم دید که کفشک‌های ترمز به کمک مدارهای هیدرولیکی، عمل انتقال نیرو توسط روغن را صورت می‌دهند. به طوری که با فشار دادن پدال ترمز توسط راننده، روغن داخل شلنگ‌ها فشرده شده و انتقال نیرو را انجام می‌دهد. بنابراین، اساس کار ترمزهای هیدرولیکی حاصل فرایندهای زیر می‌باشد:

➤ فشار اولیه

➤ انتقال فشار در واحد سطح (نیرو)

➤ تقویت فشار ترمزی و در نتیجه نیروی ترمزی (بوستر)
حال اگر به جای نیرویی که حاصل فشار در واحد سطح روغن است از نیروی جاذبه مغناطیسی در یک رله جذبی استفاده کنیم، که با مکانیزم بسیار ساده‌ای به نیروی دافعه تبدیل می‌شود، می‌توان بسیاری از مشکلات ترمزهای هیدرولیکی را برطرف نمود. البته نیروی الکترومغناطیسی ایجاد شده توسط رله فقط در زمان ضدقفل شدن سیستم وارد عمل می‌شود و در حالت کلی فرایند ترمزگیری، از مکانیزم سیستم‌های هیدرولیکی پیشین استفاده می‌گردد. شکل ۱ نشان دهنده یک رله جذبی بسیار ساده بوده و عملکرد کلی آن بدین صورت است که اگر جریان الکتریکی را وارد سیم‌پیچ دور هسته کنیم، نیروی جاذبه‌ای^۱ حاصل می‌شود که اهرم متحرک L را به سمت خود جذب می‌نماید و با افزایش جریان و کاهش فاصله بین اهرم و سطح رله، نیروی الکترومغناطیسی^۲ جذبی افزایش می‌یابد و در فواصل کم، این افزایش بسیار

¹ Magnetic Attraction

² Electromagnetic Force

سلف وجود دارد به بیان رابطه‌ای با در نظر گرفتن این

شرایط می‌پردازیم و طبق رابطه (۸) داریم [۱۱]:

$$I_t = (I_0 - I_\infty)e^{-\frac{t}{T}} + I_\infty \quad (۸)$$

$$I_t = \left(I_0 - \frac{V}{R}\right)e^{-\frac{t}{T}} + \frac{V}{R} \quad (۹)$$

با فرض $I_0 = 0$ داریم:

$$I_t = \left(\frac{V}{R}\right)\left(-e^{-\frac{t}{T}} + 1\right) \quad (۱۰)$$

$$L = \frac{N^2}{R} \Rightarrow L = \frac{N^2}{\left(\frac{1}{\mu_0}\right)\left(\frac{g}{A}\right)} = \frac{\mu_0 \cdot A \cdot N^2}{g} \quad (۱۱)$$

$$F_M = (\mu_0/2) \left(\frac{N}{g}\right)^2 \left(\frac{V}{R}\right)^2 \left(-e^{-\frac{t}{T}} + 1\right)^2 \quad (۱۲)$$

$$F_M = (\mu_0/2) \left(\frac{NV}{Rg}\right)^2 \left(-e^{-t\left(\frac{R}{L}\right)} + 1\right)^2 \quad (۱۳)$$

$$F_M = (\mu_0/2) \left(\frac{NV}{R}\right)^2 \left(-e^{-\frac{Rgt}{\mu_0 AN^2}} + 1\right)^2 \quad (۱۴)$$

که:

B_g = چگالی شار مغناطیسی

I = جریان الکتریکی

μ_0 = ضریب نفوذپذیری هوا

A = سطح مقطع رله جذبی

N = تعداد دور سیم‌پیچ

L = اندوکتانس مدار

g = فاصله هوایی اهرم و سطح (GAP)

R = رلوکتانس مدار

اگر به رابطه (۷) توجه شود، ملاحظه می‌گردد که می‌توان

جاذبه الکترومغناطیسی بیش از ۷۵۰ نیوتن را با اعمال

جریان ۲ آمپر به‌دست آورد. از آنجایی که هر چقدر

توانایی ما در تولید نیرو زیادتر باشد جزء مزیت‌های این

سیستم می‌باشد، لذا می‌توان با جریان ۳ آمپر در فاصله

هوایی^۱ ($g=1 \text{ mm}$) نیرویی بسیار بیشتر از ۱۵۰۰ نیوتن

به‌دست آورد. اگر به رابطه ۷ دقت شود، مشهود است که

با جایگزینی ($N=1000$)، ($g=1 \text{ mm}$)، ($I=2A$) و

($A=20$)، تولید نیروی ۱۰۰۰ نیوتن نه تنها دور از

دسترس نیست بلکه به راحتی قابل حصول است و با توجه

به رابطه کوپل-نیرو می‌توان نیرویی معادل ۲۰۰۰ نیوتن

با اهرم L' رله جذبی که نیروی ترمزی را حاصل می‌کند،

2.5 cm^2 می‌باشد (برای خودروی نمونه-پراید) و با توجه

به رابطه (۱)، می‌توان نیروی بیشینه حاصل را محاسبه

نمود. لذا داریم:

$$F_{[kg]} = \left(\frac{54 \text{ kg}}{\text{cm}^2}\right) (2.5 \text{ cm}^2) = 146 \text{ kg} \quad (۲)$$

$$F_{[N]} = (146 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 1450 \text{ N} \quad (۳)$$

اگر به مکانیزم رله جذبی در سیستم EMABS دقت

کرده باشیم، می‌بینیم که در قسمت اهرم یک نقطه ثابت

شده و دو بازوی متحرک داریم، با متناسب ساختن طول

بازوها می‌توان نیروی ترمزی حاصل را نسبت به نیروی

جاذبه رله جذبی افزایش داد. حال با توجه به قانون کوپل-

نیرو برای بازوهای مکانیکی [۱۲] داریم:

$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow M_1 = M_2 \Rightarrow \begin{cases} M_1 = F L \\ M_2 = F' L' \end{cases} \quad (۴)$$

حال اگر با توجه به شکل ۲، طول بازوی L را دو برابر L'

اختیار کنیم، با توجه به رابطه (۴) داریم:

$$F' = (2L'/L) \cdot F \Rightarrow F' = 2F \quad (۵)$$

یعنی با تولید نیروی جاذبه F در رله جذبی، می‌توان

نیرویی معادل دو برابر آن در قسمت اعمال نیرو به کفشک

به‌دست آورد. با توجه به نتیجه رابطه (۱)، حداقل به

نیروی معادل 725 N نیازمندیم تا با مکانیزم اهرم

متحرک و اصل کوپل نیرو آن را به 1450 N افزایش

دهیم. با توجه به رابطه (۶) می‌توان نیروی جاذبه رله

جذبی را محاسبه کرد [۱۱]:

$$F_M = \frac{(B_g)^2}{2\mu_0} \Rightarrow F_M = \frac{(\mu_0 \cdot N \cdot I / g)^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \left(\frac{NI}{g}\right)^2 \quad (۶)$$

F_M نیروی وارد شونده بر واحد سطح با فرض صرف‌نظر

کردن از مقاومت هسته و پدیده خمیدگی شار می‌باشد.

حال، نیروی وارد شونده بر کل سطح A در رله جذبی از

رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$F_M = \frac{\mu_0}{2} \cdot A \cdot \left(\frac{NI}{g}\right)^2 \quad (۷)$$

این محاسبه نیرو بدون در نظر گرفتن حالت‌گذاری سلف

است و از آنجایی که می‌دانیم این شرایط در هر مداری

تقریباً غیر ممکن است و قطعاً در هر مداری حالت‌گذاری

^۱ Air Gap

نیروهای بازگرداننده به مکان اولیه‌اش بازگردد. اما معمولاً سیستم با سرعتی معین به مکان اولیه‌اش می‌رسد که آن را تا دورتر از این مکان می‌برد. از آنجایی که این فرایند می‌تواند به‌طور نامحدود تکرار شود، سیستم هم حرکت به سمت جلو و عقب بین مکان تعادلش را ادامه می‌دهد و زمانی که حرکت تنها توسط نیروهای بازگرداننده ادامه می‌یابد، ارتعاش را ارتعاش آزاد گویند. وقتی بتوان از اثر اصطکاک صرف‌نظر کرد، ارتعاش را نامیرا گویند. با وجود این، کلیه ارتعاشات عملاً تا حدودی میرا هستند. اگر ارتعاش آزاد کمی میرا باشد دامنه آن کم‌کم کاهش می‌یابد تا اینکه پس از زمان معینی، حرکت متوقف شود. حال اگر بخواهیم ارتعاش دستگاه را در مدت زمان کوتاه‌تری میرا کنیم باید از دستگاهی به نام میراکننده ارتعاش^۱ استفاده کرد که این دستگاه زمان ارتعاش را به شدت کاهش می‌دهد.

در ترمزهای ABS، ارتعاشات بسیار زیاد است (به‌دلیل نوسانات شدید حاصل از کاهش و افزایش نیروی ترمزی)، ولی روغن موجود در پشت سیلندر تا حدودی عمل میرا کردن ارتعاش را انجام می‌دهد و همانگونه که می‌دانیم در قیاس با میراکننده مشخص و طراحی شده نقص‌های زیادی را داراست. لذا سیستم EMABS نیازمند یک دستگاه میراکننده ارتعاش است که از لحاظ شرایط محیطی و عملکردی، برتری‌هایی را نسبت به ترمزهای ABS هیدرولیکی داشته باشد. در EMABS با استفاده از یک میراکننده ارتعاش، می‌توان ارتعاشات حاصل از قطع و وصل جریان را با سرعت زیادی میرا کرد و از اتلاف انرژی و تنش‌های اضافی جلوگیری نمود. شکل‌های ۳ و ۴ نمودار نوسانی یک سیستم ارتعاشاتی را قبل و بعد از استفاده از میراکننده ارتعاش نشان می‌دهند.

به‌دست آورد و این امر بسیار قابل توجه است. تولید این نیرو در اتومبیل‌های پیشرفته کنونی به وسیله سیستم‌های هیدرولیکی هم به آسانی ممکن نیست.

ممکن است این سؤال پیش بیاید که زمان سلف در این سیستم طولانی است و قطعاً در هنگام ضدقفل کردن سیستم ترمز، راننده را دچار مشکل می‌کند. اگر دوباره به این رابطه نگریند:

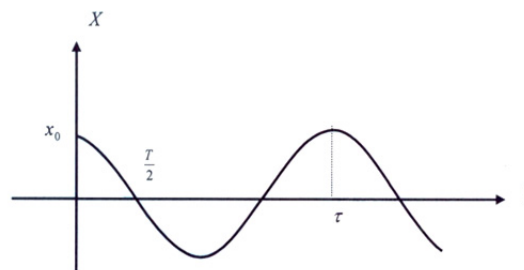
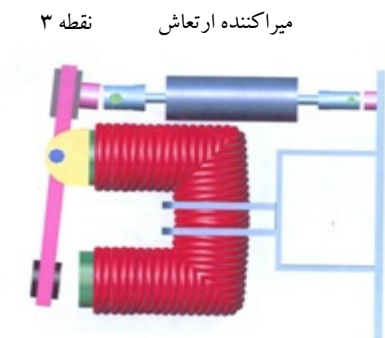
$$F_M = (\mu_0/2) \left(\frac{NV}{Rg} \right)^2 \left(-e^{-\frac{Rgt}{\mu_0 AN^2}} + 1 \right)^2 \quad (15)$$

می‌بینیم که زمان سلف در این سیستم نه تنها زیاد نیست بلکه بسیار کوتاه نیز می‌باشد و از لحاظ قیاس، قابل مقایسه با سیستم‌های هیدرولیکی است. در لحظه وصل جریان به سیم‌پیچ، به‌دلیل وجود شکاف هوایی، رلوکتانس مدار زیاد است. بنابراین $(L = \frac{N^2}{At})$ اندوکتانس مدار کم است. لذا ثابت زمانی (t) کوچک می‌باشد. همچنین پس از اعمال نیرو به اهرم و کوچک شدن (g) اگر چه رلوکتانس کاهش یافته و ثابت زمانی مدار زیاد می‌شود، اما با توجه به رابطه فوق، چون فاصله هوایی کم شده، نیرو افزایش می‌یابد و اثر افزایش ثابت زمانی تعدیل می‌گردد و می‌توان به زمان قابل ملاحظه‌ای رسید [۱۱].

۳- نحوه میرا کردن ارتعاشات سیستم

از آنجایی که این سیستم ضدقفل می‌باشد، ناگزیر به افزایش و کاهش مکرر جریان (نیروی ترمزی) هستیم و این عمل سبب به وجود آمدن ارتعاشات فراوان در سیستم می‌گردد. همانگونه که می‌دانیم، ارتعاشات مکانیکی، حرکت ذره یا جسمی است که حول وضعیتی تعادلی نوسان می‌کند. اغلب ارتعاشات در دستگاه‌ها سبب افزایش تنش و اتلاف انرژی ناخواسته می‌شود؛ بنابراین می‌بایست آنها را حذف کرد و از آنجایی که این امر تقریباً محال است، باید سعی در کاهش آنها داشت. ارتعاش مکانیکی معمولاً هنگامی ایجاد می‌شود که یک سیستم از مکانی با تعادل پایدار جابجا شود. این سیستم تمایل دارد تحت اثر

¹ Vibration Damper

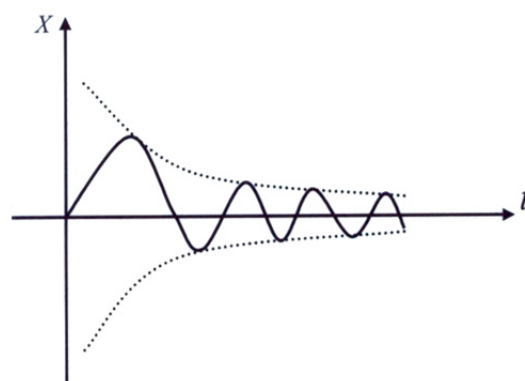


شکل ۳- نمودار نوسانی یک سیستم ارتعاشی بدون استفاده از میراکننده

شکل ۵- پیکره‌بندی ظاهری دمپر و نحوه قرار گرفتن آن در سیستم

۴- عملکرد ضدقفل سیستم EMABS

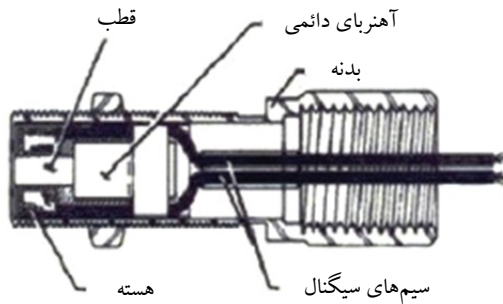
نحوه عملکرد کلی و اساسی ضدقفل بودن سیستم EMABS دقیقاً شبیه به ترمزهای ABS موجود است، فقط با کمی تغییر در نحوه تعدیل و تغییر نیرو. اگر به سیستم کلی ABS نگاهی اجمالی بیاندازیم خواهیم دید که یک سری داده از حسگر چرخ به واحد کنترل الکترونیک^۱ ارسال شده و از طریق دریافت این داده‌ها و سیگنال‌ها، تصمیم‌های مورد نیاز توسط واحد کنترل اتخاذ می‌گردد. حسگر چرخ، فرایند تعیین سرعت دورانی چرخ-ها را انجام می‌دهد و با ارسال سیگنال‌های سینوسی، سرعت چرخ را تعیین می‌کند [۸]. عملکرد ضدقفل در ترمز EMABS به این گونه است که وقتی حسگر سیگنال‌های آستانه قفل شدن را ارسال نمود، واحد کنترل الکترونیک شیر نرمال باز در مسیر مدار هیدرولیکی به کفشک ترمز را بسته (فشار ترمزی ثابت) و شیر نرمال بسته در سر راه رله جذبی را باز می‌کند. قبل از باز کردن شیر نرمال بسته، اهرم انتقال نیرو در حالت ۱ است. اما با باز شدن شیر نرمال بسته، اهرم انتقال نیرو به دلیل وجود فشار روغن پشت سیلندر چرخ به حالت ۲ تغییر وضعیت می‌دهد (کاهش فشار ترمزی). شکل ۶ پیکره‌بندی کلی سیستم EMABS را نشان می‌دهد. پس از کاهش فشار ترمزی، قفل چرخ باز شده و حسگر سیگنال‌های عادی را



شکل ۴- نمودار میرایی ارتعاشات یک سیستم به کمک میراکننده

با توجه به کارایی و بازدهی میراکننده در سیستم‌های دارای نوسانات زیاد، همانند سیستم EMABS، لازم است که از یک دمپر در آنها استفاده گردد. لذا اگر در نقطه (۳) اهرم از یک دمپر ارتعاش استفاده شود (شکل ۵)، بازده سیستم EMABS تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت. با توجه به ساختار EMABS، کاهش و افزایش جریان در هر عمل ترمزگیری بسیار زیاد صورت می‌گیرد، که در نتیجه، باعث نوسان اهرم نیرو شده و بعد از عمل ترمزگیری و یا در حین این عمل موجب نوسان سیستم می‌گردد. شکل ۵ بیانگر پیکره‌بندی ظاهری دمپر و نحوه قرار گرفتن آن در سیستم می‌باشد.

¹ Electronic Unit



شکل ۷- تصویر برش خورده تاکومتر مغناطیسی

یک روتور با ماده مغناطیسی که باعث شار مغناطیسی^۳ درون مدار می‌گردد در این سیستم روی چرخ خودرو قرار می‌گیرد. مدار مغناطیسی شامل یک روتور مغناطیسی، مغناطیس دائم، مواد رسانای شار مغناطیسی و سیم‌پیچ می‌باشد. ولتاژی که در سیم‌پیچ القا می‌شود متناسب با جایگاه روتور تغییر خواهد کرد (شکل ۸).



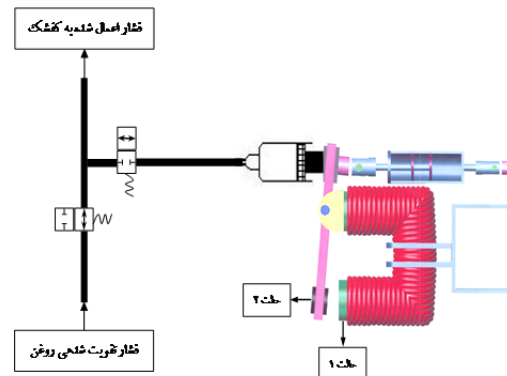
شکل ۸- تصویر برش خورده روتور با ماده مغناطیسی

در اثر حرکت روتور دندانه‌دار، شار مغناطیسی کم و زیاد می‌شود. با شمارش تعداد کم و زیاد شدن ولتاژ در سیم‌پیچ در اثر تغییر رلوکتانس و در نظر گرفتن تعداد دندانه‌های روتور می‌توان سرعت روتور و شئ متحرک را اندازه‌گیری کرد. در شکل ۹، ترتیب عمومی قرار گرفتن دندانه‌ها و شکل سیگنال خروجی به ازای قرار گرفتن دندانه‌های روتور به فرم‌های مختلف آمده است.

ارسال می‌نماید. بعد از باز شدن قفل چرخ، سوئیچ جریان، جریان الکتریکی را به درون رله وارد نموده و زیاد می‌کند تا نیروی ترمزی به کفشک‌ها اعمال شده و چرخ قفل گردد. پس از تشخیص حالت قفل چرخ به وسیله حسگر، جریان درون رله کاهش یافته تا مادامی که قفل چرخ باز شود. پس از باز شدن قفل چرخ، دوباره جریان الکتریکی درون رله افزایش می‌یابد. فرایند فوق تا انتهای ترمزگیری^۱ ادامه می‌یابد و همواره سیستم از بهترین شرایط اصطکاکی بهره می‌برد. به منظور ارتقاء ایمنی سیستم EMABS، همواره شار مغناطیسی القا شده^۲ درون تاکومتر بررسی می‌گردد و با حسگر پدال مقایسه می‌شود. اگر حسگر پدال فعال بوده اما هیچ تغییری در شار مغناطیسی تاکومتر بوجود نیاید، می‌توان نتیجه گرفت که رله جذبی دچار مشکل شده است. در این هنگام شیرهای نرمال باز و نرمال بسته به حالت اولیه باز می‌گردند و سیستم ضدقفل از مدار خارج می‌شود.

۱-۴- نحوه حس چرخ توسط تاکومتر مغناطیسی و روتور دندانه‌ای

در ترمز EMABS، عمل حس چرخ توسط یک تاکومتر مغناطیسی انجام می‌گیرد. این تاکومتر از یک ماده فرومغناطیسی نرم تشکیل شده است (شکل ۷).

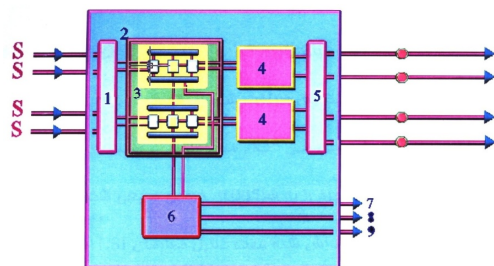


شکل ۶- پیکره‌بندی کلی و شماتیک سیستم EMABS

¹ Braking Process

² Induced Magnetic Flow

³ Magnetic Fellow



شکل ۱۰- دیاگرام شماتیک واحد کنترل الکترونیک

که:

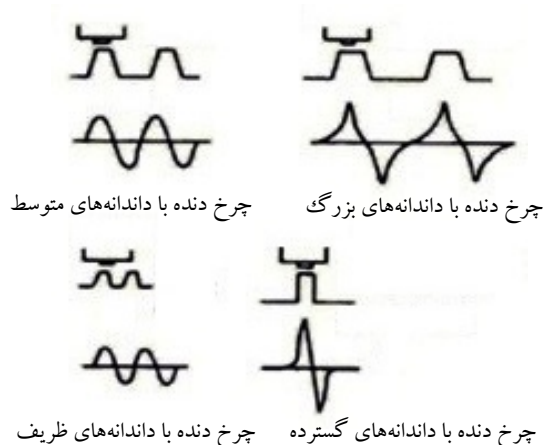
- ۱- مدار داخلی
- ۲- کنترل کننده دیجیتالی
- ۳- مدار LSI
- ۴- مدار خروجی
- ۵- مدار خروجی سیستم
- ۶- حافظه کد خطا / تثبیت کننده ولتاژ
- ۷- رله ایمنی
- ۸- ولتاژ تثبیت شده باطری
- ۹- لامپ نشانگر اخطار

۳-۴- نحوه عملکرد مدار داخلی

مدار داخلی شامل یک فیلتر پایین گذار و آمپلی فایر داخلی است. این مدار در زمانی که تمامی سیگنال‌های دریافت شده را تقویت می‌کند از به وجود آمدن پارازیت در آن‌ها جلوگیری می‌نماید. مدار داخلی، همچنین ولتاژ سینوسی متناوب حسگرهای چرخ را به سیگنال‌های خروجی مربعی شکل تبدیل می‌کند و از این سیگنال‌های پردازش شده جهت کنترل مدارهای LSI استفاده می‌کند.

۴-۴- کنترل کننده دیجیتالی

کنترل کننده دیجیتالی شامل دو مدار LSI معین ولی جدا از هم می‌باشد. این مدارها به صورت موازی عمل کرده و هر کدام اطلاعات ارسالی از دو چرخ را مورد پردازش قرار داده و فرایند منطقی را در پاسخ به آنها ایجاد می‌کنند. این نوع طراحی (عملکرد جدا در مدارهای



شکل ۹- فرم عمومی قرار گرفتن داندانه‌های روتور و سیگنال خروجی

حال این روتور را می‌توان روی تویی چرخ یا روی دیفرانسیل قرار داد و سرعت چرخ را به طور دقیق محاسبه کرد. بعد از شرح عملکرد حسگر چرخ، به نحوه عملکرد واحد کنترل الکترونیک سیستم پرداخته می‌شود.

۲-۴- نحوه عملکرد واحد کنترل الکترونیک^۱

واحد کنترل الکترونیک مسئولیت دریافت، تجزیه و تحلیل و فیلتر کردن سیگنال‌های ارسالی از حسگر به جهت تشخیص سرعت‌های مختلف و ایجاد فرمان مناسب در قبال داده‌های ارسالی را به عهده دارد. این واحد به صورت یک مجموعه کاملاً بسته موجود است. این واحد دارای دو مدار دیجیتالی LSI می‌باشد که عمل فیلتر کردن، تنظیم سیگنال، تولید پالس مرجع، پارازیت گرفتن و ایجاد فرمان منطقی برای سوئیچ‌های جریان را عهده‌دار است که بعداً توضیح داده خواهد شد. واحد کنترل الکترونیک از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده که دیاگرام شماتیک آن در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.

^۱ Electronic Control Unit

باشد. مدار مونیترینگ سیستم در قبال عیوبی که در کنترل کننده دیجیتال و رله جذبی رخ می‌دهد، با راه‌اندازی و ایجاد یک سیگنال کد خطا به جهت غیر فعال کردن سیستم واکنش نشان می‌دهد (شیرهای نرمال باز و نرمال بسته به حالت اولیه باز می‌گردند). سیگنال خطا^۱ نیز در حافظه کد خطای سیستم ذخیره خواهد شد و در ضمن لامپ اخطار سیستم EMABS راننده را از وجود عیب در سیستم و عدم عملکرد ضدقفل آن آگاه می‌سازد. لازم به ذکر است که غیر فعال شدن قسمت ضدقفل ترمز به معنای از کار افتادن سیستم ترمز معمولی نخواهد بود. مدارهای مونیترینگ سیستم به طور جداگانه در هر مدار LSI عمل می‌کنند که عملکرد آنها شامل تست‌های منطقی وسیعی است که تأیید صحت عملکرد سیگنالی و تجهیزات ترکیبی آنها را بر عهده دارند. عملکردهای سیستم مونیترینگ، همچنین شامل حسگرهای سرعت چرخ، رله‌های ایمنی و دسته سیم‌ها نیز می‌باشد.

۴-۶- مدارهای خروجی

این مدارها همانند رگلاتورهای هستند که در قبال فرمان‌های کنترلی دریافتی از مدارهای LSI تنظیم سوئیچ جریان الکتریکی رله جذبی را بر عهده داشته و نقش اساسی را در سیستم ایفا می‌کنند.

۵- مقایسه عملکردی سیستم‌های EMASB

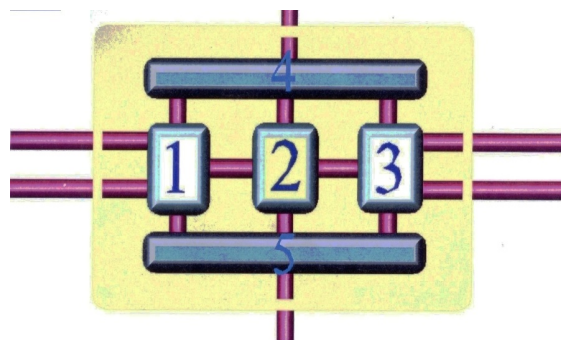
و ABS

به منظور مقایسه عملکردی سیستم‌های فوق‌الذکر، معادلات هریک از این دو سیستم با استفاده از نرم‌افزار MATLAB/Simulink شبیه‌سازی گردید [۱۴]. شکل ۱۲، بلوک دیاگرام سیستم EMABS را نشان می‌دهد. با مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم‌های ABS و EMABS، نتایج زیر گزارش شد:

LSI) زمان پاسخگویی در پردازش سیگنال‌ها را به حداقل مقدار خود خواهد رسانید. سیگنال‌های آنالوگ مربعی شکل که بیانگر فرکانس هر چرخ می‌باشند در مقطع ورودی دو مدار LSI به قسمت‌های 10 bit تبدیل می‌شوند و پارازیت فاکتورهای نظیر نوسانات سطح جاده و ... مونیتر خواهد شد.

۴-۵- کنترل کننده مدار LSI

سیستم کنترل کننده پیچیده دیگری در مدارهای LSI در قبال عملکردهای متغیر، با تبدیل سیگنال‌های کنترل به فرمان‌هایی برای سوئیچ‌های تغییر جریان الکتریکی در رله جذبی موجود است که دیاگرام شماتیک این کنترل کننده مدار LSI در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱۱- دیاگرام شماتیک کنترل کننده مدار LSI

که:

- ۱- مدار ورودی سیستم (مدار کنترل فرکانس)
- ۲- واحد محاسبه‌گر
- ۳- کنترل کننده مدار منطقی
- ۴- انتقال اطلاعات
- ۵- مدار مونیترینگ

قسمت جالب توجه این سیستم در اینجا است که این سیستم شامل مدار مونیترینگ جهت تشخیص و ارزیابی کدهای خطا می‌باشد. از آنجایی که سیستم EMABS کنترل مستقیمی بر عملکرد ترمزها دارد، ضروری است که مدار مرتبط از لحاظ ایمنی، کارایی و بازده در سطح بالایی

¹ Error Signal

۴- ضریب اصطکاک در سیستم EMABS مدت زمان بیشتری را در مقدار بیشینه قرار می‌گیرد (شکل ۱۶).

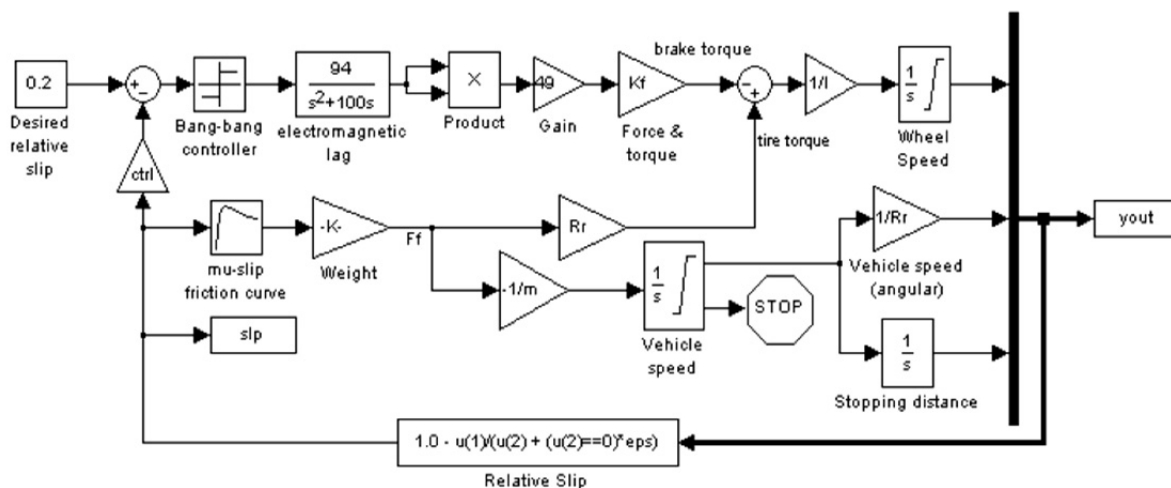
۵- فاکتور لغزش، $\frac{V-R\omega}{V}$ ، در سیستم EMABS بهتر کنترل شده است (شکل ۱۷).

۶- گشتاور ترمزی اعمال شده به چرخ‌ها در سیستم EMABS بسیار شدیدتر و با نوسانات بیشتری عمل نموده و این امر نیز موجب بازدهی بیشتر EMABS می‌شود (شکل ۱۸).

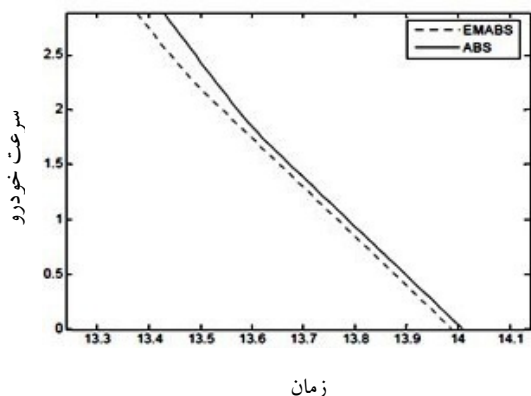
۱- فاصله توقف خودرو در سیستم EMABS مقایسه با سیستم ABS کوتاه‌تر است (شکل ۱۳).

۲- سرعت خودرو در سیستم EMABS زودتر به صفر می‌رسد (شکل ۱۴).

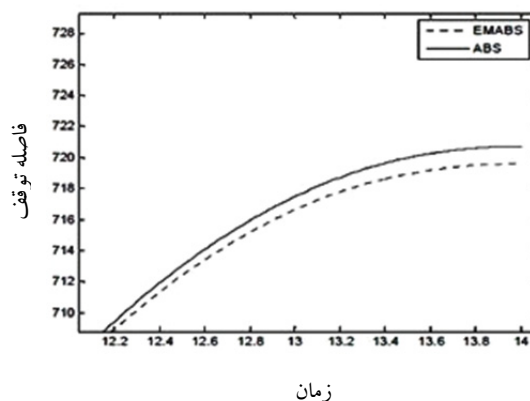
۳- در یک دوره زمانی معین، تعداد قفل و باز شدن‌های چرخ در سیستم EMABS بیشتر است (شکل ۱۵).



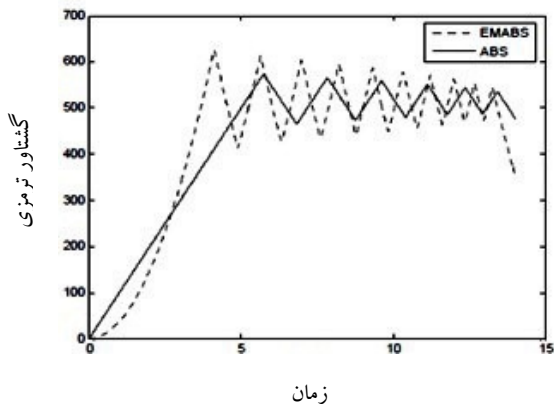
شکل ۱۲- بلوک دیاگرام سیستم EMABS در نرم‌افزار MATLAB



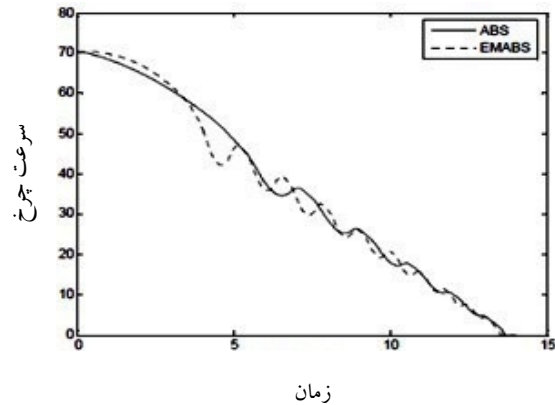
شکل ۱۴- نمودار مقایسه‌ای سرعت خودرو در سیستم‌های ABS و EMABS



شکل ۱۳- نمودار مقایسه‌ای فاصله توقف خودرو در سیستم‌های ABS و EMABS



شکل ۱۸- نمودار مقایسه‌ای گشتاور ترمزی اعمال شده به چرخ‌ها در سیستم‌های ABS و EMABS

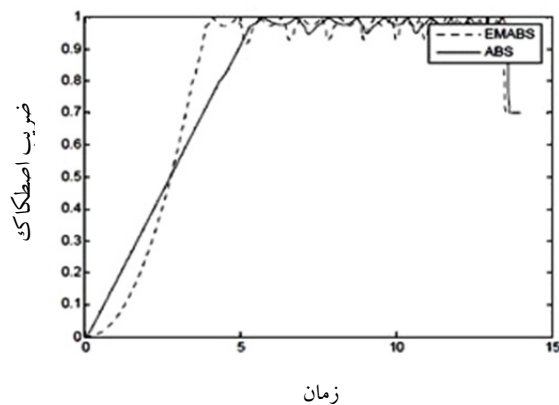


شکل ۱۵- نمودار مقایسه‌ای تعداد قفل و باز شدن‌های چرخ در سیستم‌های ABS و EMABS

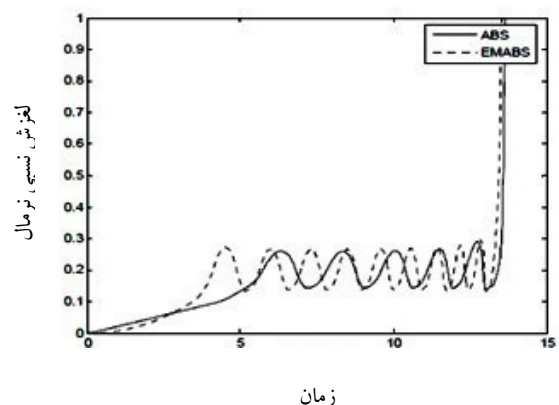
۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، عملکرد EMABS و اثبات‌های عملی و علمی آن شرح داده شد و با توجه به توضیحات، ملاحظه گردید که ایجاد چنین سیستمی نه تنها دور از دسترس نیست، بلکه کاملاً منطقی هم به نظر می‌رسد. در این سیستم، کلیه توانایی‌ها و ابزارها به کار گرفته شد تا بتوان با کمترین امکانات و تجهیزات، بیشترین بازدهی را حاصل کرد. از نکات جالب توجه این سیستم، ایجاد کمترین تغییرات در طرح کلی اتومبیل می‌باشد. در این سیستم، هدف کاهش مشکلات ترمزهای قبلی بود. در ترمزهای هیدرولیکی و پنوماتیکی عیوبی وجود دارد که در EMABS مشاهده نمی‌شود (و این فقط به دلیل تغییر ساختار کلی تولید نیروست) که به توضیح آنها پرداخته می‌شود:

- دقت در ترمزگیری و سرعت عمل آن تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد؛ چون دیگر سیستم احتیاجی به تغییر حجم روغن در هنگام عملکرد ضدقفل ندارد.
- ضدقفل کردن ترمزهای هیدرولیکی مستلزم هزینه زیادی است. زیرا باید فرامین کنترلی به ماده (روغن) داده شود که این عمل هم هزینه به همراه داشته و هم باعث افزایش زمان کارکرد می‌گردد. در حالی که



شکل ۱۶- نمودار مقایسه‌ای ضریب اصطکاک در سیستم‌های ABS و EMABS



شکل ۱۷- نمودار مقایسه‌ای فاکتور لغزش در سیستم‌های ABS و EMABS

خواهد شد، که مشکلات عدیده‌ای داشته و به همین دلیل نسبت به دیگر ترمزها کارایی کمتری داشتند. در سیستم پیشنهادی، سعی شد تا به تنهایی از نیروی الکترومغناطیسی استفاده نگردد و به همین دلیل، اصطکاک همانند سیستم‌های هیدرولیکی با ترمزهای الکترومغناطیسی موجود ترکیب گردید تا قادر به حل اکثر مشکلات باشیم که یکی از آنها احتیاج جریان بسیار کمتر نسبت به ترمزهای الکترومغناطیسی پیشین است. این خود یکی از عواملی است که می‌توان با جریان مناسب آن را در اتومبیل‌های سواری کنونی مورد استفاده قرار داد.

در EMABS نیازی به تغییر در شرایط ماده نیست و کلیه فرامین الکتریکی می‌باشند؛ یعنی کاهش و افزایش جریان است که بیشتر مسائل را حل می‌کند. - این سیستم قابلیت دو کاره دارد؛ یعنی هم می‌توان آنرا مجهز به پدال ترمز و هم سیستم فرمان‌پذیری دستی کرد، که در این صورت بسیاری از مشکلات معلولین در رانندگی حل می‌شود. موارد فوق، قسمتی از مزیت‌های این سیستم نسبت به دیگر سیستم‌ها بود. قطعاً اگر به نام EMABS دقت شود، یاد ترمزهای الکترومغناطیسی موجود در ذهنمان تداعی

مراجع

- [1] Hattwig, M. (1996), "Synthesis of ABS hydraulic system". SAE paper No. 930509.
- [2] Maier, M., Muller, K. (1996), "The new and compact ABS unit for passenger cars". SAE paper No. 95075.
- [3] Bera, T. K., Bhattacharya, K., Samantaray, A. K. (2011), "Evaluation of antilock braking system with an integrated model of full vehicle system dynamics". Simulation Modeling Practice and Theory, Vol. 19 No. 10, pp. 2131-2150.
- [4] Song, J., Che, W. S. (2009), "Comparison between braking and steering yaw moment controllers considering ABS control aspects". Mechatronics, Vol. 19, No. 7, pp. 1126-1133.
- [5] Mavrigian, M. (1998), "Brake Systems". Berkley Publishing Group, New York, USA.
- [6] Oppenheimer, P. (1996), "Comparing stopping capability of cars with and without anti-lock braking system". SAE paper No. 880324.
- [7] Wu, M. C., Shih, C. (2003), "Simulated and experimental study of hydraulic anti-lock braking system using sliding-mode PWM control". Mechatronics, Vol. 13, No. 4, pp. 331-335.
- [8] Maisch, W., Dieter, W., Mergenthaler, J. R. (1993), "5 ABS and 5 ASR: The new ABS/ASR family to optimize directional stability and traction". SAE paper No.930505.
- [9] Pasillas-Lépine, W., Loría, A., Gerard, M. (2012), "Design and experimental validation of a nonlinear wheel slip control algorithm". Automatica, Vol. 48, No. 8, pp. 1852-1859.
- [10] Zheng, T., Wang, L., Ma, F. (2011), "Research on road identification method in anti-lock braking system". Procedia Eng., Vol. 15, pp. 194-198.
- [11] Cheng, D. K. (1989), "Field and wave electromagnetic". Addison-Wesley Publishing, London.
- [12] Meriam, J. L., Kraige, L. G. (1976), "Engineering Mechanics". John Wiley & Sons, New York, USA.
- [13] Gilleospie, T. D. (1992), "Fundamentals of Vehicle Dynamics". SAE International Press, USA.
- [14] SIMULINK User's Guide, 2004, The MathWorks Inc.

INTRODUCTION OF AN ELECTROMAGNETIC ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM (EMBAS) AND COMPARISON OF ITS OPERATION WITH ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM (ABS)

A. Hosseini^{1*}

1. Graduated MSc., Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author: abbas.hosseini@stu.um.ac.ir

ARTICLE INFO

Keywords:

Electromagnetic anti-lock braking system, Electromagnetic relay, Vibration damper, Electronic control unit.

ABSTRACT

Anti-lock braking system (ABS) is an automobile safety system that allows the wheels on a motor vehicle to maintain tractive contact with the road surface according to driver inputs. It is reported that this system can be considered as one of the most important options in vehicle safety and consequently, concentration upon this system can be extremely useful. In conventional anti-lock braking systems, the braking force is generated by hydraulic pressure and then is applied to the driven wheels through hydraulic circuits. Whereas, the fundamental of braking force generation in EMABS is thoroughly different. In this paper, basic concepts of electromagnetic anti-lock braking system are introduced and some of its important advantages in comparison with conventional anti-lock braking systems are presented. In EMABS, a portion of braking force is generated by using an electromagnetic relay and is transmitted into braking shoes through hydraulic circuits. It should be noted that the initial pressure of braking force in EMABS is also generated by a hydraulic booster and it causes the locking of driven wheels. Afterward, the performance of electromagnetic anti-lock system will be started and the locked wheel will be released.
