مروری بر تکنولوژی جایگزینی سیستم‌های کنترل الکترونیکی به جای سیستم‌های مرسوم مکانیکی

رحیم صیدی [۱*]، اسماعیل خراسانی فردوانی [۲]، احمد رمضانی [۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز (Seidi_r@mapnamrm.com)
۲. استاد یار و عضو هیات علمی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز (e.khorasani@scu.ac.ir)
۳. دانش آموخته کارشناسی مکانیک مترو دانشکده علمی کاربردی مترو (Ramezani_A@mapnamrm.com)

چکیده

استفاده از سیستم‌های مرسوم کنترل مکانیکی و هیدرولیکی نیازمند کنترلی دقیق و هوشمند که سیستم‌های مرسوم کنترلی فاقد آن می‌باشد. امروزه بسیاری از فن‌آوری‌های پیشرفته در زمینه مکانیک و الکترونیک در صنعت و اتومبیل با ارتباطی منظم و دقیق با هم آمیخته شده‌اند و سیستم‌های کنترل الکترونیکی بیشتر و بیشتر با سیستم‌های مرسوم مکانیکی و هیدرولیکی جایگزین شده‌اند. تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی یکی از پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌های اخیر در صنعت خودرویی است که به طور کامل رانندگی را با ابعاد جدید تضمین می‌کند. از آنجایی که به‌کارگیری و استفاده از تجهیزات الکترونیکی دقیق و نرم‌افزار پیاده شده بر روی آن به‌طور فزاینده شرایط رو به رشدی را برای جایگزینی سیستم‌های کنترل الکترونیکی با سیستم‌های مرسوم کنترل مکانیکی و هیدرولیکی فراهم کرده است از این رو مروری کوتاه بر این تکنولوژی ضروری به نظر می‌رسد. این مقاله خلاصه‌ای از سیستم‌های کنترل الکترونیکی را در زمینه صنعت و اتومبیل ارائه می‌دهدکه تلفیق کامل و قابل تنظیم یک سیستم کنترلی را به همراه کارایی بالقوه و بهتر آن فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: *تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی دریچه گاز، ترمز، فرمان، تعلیق، کلاچ*

*نویسنده مسئول: Seidi_r@mapnamrm.com

مروری بر تکنولوژی جایگزینی سیستم‌های کنترل الکترونیکی به جای سیستم‌های مرسوم مکانیکی

مقدمه

کنترل راحت، ایمن و پایدار وسایل نقلیه و تجهیزات بی‌شک از مهم‌ترین الزامات مرتبط با طراحی، پیاده‌سازی و عملکرد این تجهیزات باشد. قرن بیستم در زمینه صنعت و اتومبیل مملو از اختراعات بوده است. تجهیزات پیشرفته و یکپارچه‌ی سیستم‌های کنترل الکترونیکی بیشتر و بیشتر با سیستم‌های مکانیکی و هیدرولیکی سنتی جایگزین شده‌اند. این توسعه در صنعت شروع شده است و در مهندسی کردن صنعت خودرویی هم‌اکنون ادامه دارد. در آینده پیچیدگی محصولات و ارتباط بین بخش مکانیک ، الکترونیک و تجهیزات و نرم‌افزار ممکن است بیش از پیش افزایش یابد [۱۶]. بررسی دستاوردهای گذشته در الکترونیک و کاربرد آن‌ها در تجهیزات به عنوان مبنایی برای تفکر در مورد آینده نهان تکنولوژی مورد تائید قرار می‌گیرد. در حال حاضر میزان استفاده از الکترونیک به یک مؤلفه ضروری تبدیل شده است و نیازمند پیاده‌سازی الزمات سختگیرانه می‌باشد. استفاده از یک کنترل‌کننده امکان استفاده از ابزارهای مبتنی بر شبکه را فراهم می‌کند و نتیجه احتمالی این است که بیشتر تجهیزات شبکه‌های محلی را در اختیار خواهند داشت [۱۹]. تحقیقات اخیر بیشتر بر کاهش مواد و ایمنی امکانات تمرکز می‌کند این باعث می‌شود تا صنعت خودرو یک مفهوم جدید به نام x-by wire[1]را به منظور کاهش برخی از اجزاء با ایمنی بیشتر به دست آورد. ماشین‌های امروز مزایای زیادی در جهت راحت‌تر بودن راننده و مسافر را دارند. الکترونیک دقیق‌تر و نرم‌افزار جاسازی شده، یک فضای رو به رشد مبتنی بر سیستم را به طور فزاینده جایگزین مکانیک و یا هیدرولیک کرده است. این تکامل دلیلی برای پیشرفت‌های تکنولوژیکی و همچنین اقتصادی می‌باشد. با معرفی سیستم‌های کنترل الکترونیکی ، تعداد زیادی از اجزاء توسط مدارهای الکترونیکی و محرک جایگزین می‌شوند. در این سیستم X شامل اقدام‌های مختلف کنترلی مانند ترمز، دریچه گاز و فرمان تعدادی از این نمونه‌ها می‌باشد [۲]. در سال‌های اخیر، تلاش‌های مهم در زمینه تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی انجام شده است. با توجه به پیشرفت‌های اخیر در زمینه نوآوری‌های قابل اعتماد پیاده شده و همچنین استقبال از مراقبت‌های پیشرفته و افزایش و بهبود ایمنی، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان وسایل نقلیه باید به طور جدی برنامه‌های توسعه با سیستم‌های کنترل کامپیوتری را توسط سیستم‌های کنترل الکترونیکی دنبال کنند [۵]. به‌کارگیری روش‌های جدید به دلیل امکان کنترل آن‌ها با نرم‌افزار به شدت افزایش یافته است. که این روش‌ها منجر به رانندگی راحت و ایمن می‌شود [۲۲].

مواد وروش‌ها

امروزه ترکیب بسیاری از تکنولوژی‌های نوین در مکانیک و الکترونیک سبب افزایش ایمنی و کاهش استفاده از اجزای مکانیکی شده است. استفاده فزایند از سیستم‌های نوین الکترونیک و نرم‌افزار پیاده شده بر روی آن یک محیط رو به رشدی را برای سیستم‌های کنترلی مرسوم مکانیکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی فراهم کرده است. این موضوع نشان‌دهنده امکان استفاده از این تکنولوژی در صنایع مختلف ازجمله تجهیزات جاده‌ای، ریلی، کشاورزی و دریایی می‌باشد. در تمام این صنایع به‌کارگیری این تکنولوژی مستلزم حذف تجهیزات کنترل مکانیکی و هیدرولیکی از قبیل اهرم‌بندی‌ها و پمپ‌های هیدرولیک و به‌کارگیری تجهیزات کنترل الکترونیکی از قبیل محرک‌های الکتریکی می‌باشد که جهت انتقال سیگنال‌ها و ارائه پاسخ سریع به کار می‌روند. استفاده از این تکنولوژی به طور وسیعی بی‌دقتی سیستم‌های کنترلی مکانیکی را کاهش داده و به‌صورت پیشرفته و دقیق‌تر سیستم‌های کنترل الکترونیکی را جایگزین سیستم‌های کنترلی مرسوم مکانیکی کرده است. در این سیستم ترکیب نظرات مهندسی مکانیک و الکترونیک یک محصول کاملاً متفاوت و یکپارچه با فشردگی بالا را ارائه می‌دهد [۹]. Drive-by-wire یک اصطلاح کلیدی است که به تعدادی از سیستم‌های کنترل الکترونیکی اشاره دارد

[1] سیستم های کنترل الکترونیکی

که می‌توانند جایگزین سیستم‌های مرسوم کنترل مکانیکی شوند. تکنولوژی که تحت عنوان X-by-wire شناخته شده است را نیز Drive-by-wire یا به طور ساده By-wire می‌نامند. ماشینی با این نوع سیستم به طور عمده شامل تجهیزات الکترونیکی برای کنترل رنج وسیعی از عملکردهای خودرو می‌باشد. خودروهای متعارف عمدتاً از تکنولوژی‌های مرسوم مکانیکی و هیدرولیکی برای انجام این عملیات وسیله نقلیه استفاده می‌کنند و اگر چه این سیستم‌ها قدرتمند هستند، ولی می‌توانند بیش از پیش پیچیده و ناکارآمد باشند و در طول سال‌ها باعث فرسودگی شوند. در طول سال‌ها، تولیدکنندگان، محققان و مخترعان خارجی کامپیوتر و الکترونیک را با ماشین‌های مدرن ادغام کرده‌اند. کامپیوترها و سنسورها دستورات را تجزیه و تحلیل می‌کنند و وسایل نقلیه دقیقا همان خواسته مد نظر را انجام می‌دهند. ادغام این سیستم‌های پیچیده، در حالی که دستیابی به کارایی قابل پیش‌بینی، بی‌ثبات است، یک چالش مهم برای صنعت خودرو است. در سیستم‌های کنترل الکترونیکی، سنسورها اطلاعات را ثبت کرده وانها را به رایانه یا مجموعه‌ای از رایانه‌ها منتقل می‌کنند که انرژی الکتریکی را به حرکت مکانیکی تبدیل می‌کنند [۱۵]. سیستم کنترل الکترونیکی یکی از پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌های اخیر در صنعت خودرویی است. این تکنولوژی به طور کامل رانندگی را با ابعاد جدید تضمین می‌کند و به طور وسیعی بی‌دقتی سیستم‌های مکانیکی را با پیشرفت بالاتر و دقت بیشتر به سیستم‌های الکترونیکی تبدیل کرده است و در حال حاضر در سراسر جهان به وسیله تعداد زیادی از کارخانه‌های اتومبیل‌سازی به جای سیستم‌های مرسوم کنترل فرمان، سیستم کنترل ترمز، و سیستم کنترل دریچه گاز استفاده می‌شود. این سیستم یکی از دقیق‌ترین و رایج‌ترین تکنولوژی‌های استفاده شده در زمینه خودرویی است که پیشرفت را در راه ماشین‌هایی که امروز با همه تجربیات برای یک راننده مورد نیاز می‌باشد تضمین می‌کند و همچنین در آینده رویای آن چیزی که تنها در ذهن شماست را محقق خواهد کرد و در نهایت ترکیب نظرات مهندسی مکانیک و الکترونیک یک محصول کاملاً متفاوت را ارائه می‌دهد. این تکنولوژی ممکن است در صنعت خودرویی جدید باشد اما استفاده از آن در دهه‌های اخیر در صنعت هوانوردی عملی بوده است. استفاده از این سیستم به وسیله بهترین کارخانه‌های تجاری دنیا ترجیح داده شده است. بعضی از آن‌ها دایملر، کرایسلر، جنرال موتورز، سیتروین، اس کا اف، تویوتا، فورد و برتون هستند [۹]. از آنجایی که تکنولوژیی سیستم‌های کنترل الکترونیکی اجازه تلفیق کامل و قابل تنظیم یک سیستم کنترلی را به همراه کارایی بالقوه و بهتر فراهم می‌کند بسیار جذاب هستند [۷]. تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی در صنعت خودرو برای کنترل دامنه وسیعی از عملگرها، سامانه‌های مرسوم کنترل مکانیکی و هیدرولیکی را با روش‌های کنترل الکترونیکی خاص جایگزین کرده است. در تمام نمونه‌های این سامانه‌های کنترل الکترونیکی اجزای مکانیکی و هیدرولیکی کنترل از حسگرهایی استفاده شده است که اطلاعات را ثبت و داده‌ها را برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی به رایانه ارسال می‌کنند [۸].

تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی شامل زیر مجموعه‌های زیر می‌باشد که عبارتند از:

سیستم کنترل الکترونیکی دریچه گاز[I]: اولین کاربرد استفاده از سامانه‌های کنترل الکترونیکی، سامانه کنترل الکترونیکی دریچه گاز بود که بر روی شورلت کروت در سال ۱۹۸۰ استفاده شد. امروزه این کاربرد در بسیاری از وسایل ارائه شده است [۲۳]. سیستم کنترل الکترونیکی دریچه گاز از یک مجموعه پدال و سیستم مدیریت موتور استفاده می‌کند. پدال از سنسورهایی استفاده می‌کند که میزان جابجایی پدال توسط راننده را اندازه‌گیری می‌کند و سنسورها این اطلاعات را به سیستم مدیریت موتور ارسال می‌کنند. سیستم مدیریت موتور رایانه‌ای است که در میان سایر وظایف، مقدار سوخت مورد نیاز را تعیین می‌کند و این ورودی را به یک عملگر که انرژی الکتریکی را به حرکت مکانیکی تبدیل می‌کند، ارسال می‌کند. این پدال می‌تواند همان پدال راننده امروزی راننده‌ها باشد، صفحه‌ای قابل دسترس در نزدیکی پای راننده است که برای تنظیم سرعت خودرو استفاده می‌شود. این عملیات همچنین می‌تواند در یک کنترلر جوی استیک ترکیب شود که می‌تواند به طور کامل از نیاز به پدال پا خلاص شود. البته، این باعث می‌شود رانندگان از دست خود برای شتاب، ترمز و فرمان استفاده کنند. سنسور پدال شتاب‌دهنده موقعیت پدال شتاب‌دهنده را حس می‌کند. این اطلاعات به عنوان تغییر در مقاومت الکتریکی به

IThrottle-By-Wire

سیستم مدیریت موتور منتقل می‌شود سیستم مدیریت موتور سروو موتور را فعال می‌کند که سوپاپ پروانه‌ای را در مجموعه سوپاپ مهار می‌کند. موقعیت دریچه گاز به طور مداوم نظارت می‌شود و اطلاعات به سیستم مدیریت موتور با استفاده از یک مدار بازخورد منتقل می‌شود. شایع‌ترین نوع سیستم‌های مکانیکی کنترل دریچه گاز با استفاده از کابل است که به طور مستقیم به پدال گاز و دریچه گاز متصل است. هنگامی که پدال گاز فشار داده می‌شود، کابل دریچه گاز را باز می‌کند. در وسایل نقلیه که از سیستم کنترل الکترونیکی دریچه گاز استفاده می‌کنند، هیچ ارتباط فیزیکی بین پدال گاز و دریچه گاز وجود ندارد. پدال گاز یک سیگنال ارسال می‌کند که یک محرک الکترومکانیکی را فعال می‌کند. سیستم کنترل الکترونیکی دریچه گاز یک فن‌آوری خودرویی است که امروزه در خودروها به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵].

سیستم کنترل الکترونیکی ترمز [1]: سیستم کنترل الکترونیکی ترمز یک فن‌آوری خودرویی است که به طور کامل اجزای مکانیکی و هیدرولیکی مرسوم را حذف کرده و از سنسورهای الکترونیکی و سوئیچ‌ها برای کنترل ترمز در وسایل نقلیه استفاده می‌کند [۱۵]. در این سیستم ترمز از یک میکروکنترلر و یک محرک در هر چرخ استفاده می‌شود که می‌تواند کیفیت ترمز را افزایش دهد، به این ترتیب فاصله توقف کاهش می‌یابد. فشار تحت نظارت است و یک سیگنال به کامپیوتر جهت بازخورد ترمز ارسال می‌شود [۲]. امروزه هنگامی که راننده پدال ترمز را به حرکت در می‌آورد، در واقع پای خود را با یک میله پیستونی که با تقویت‌کننده ترمز و سیلندر ترمز ارتباط دارد مرتبط می‌کند. با توجه به نیروی پدال، سیلندر ترمز مقدار مناسب فشار در خطوط ترمز را ایجاد می‌کند. این جایی است که تعامل بین رشته مکانیک و الکترونیک بیشترین مزایا را به همراه می‌آورد. میکروکنترلر، نرم‌افزار، سنسورها، دریچه‌ها و پمپ‌های الکتریکی با هم کار می‌کنند و اجازه می‌دهد تا کنترل کاملاً جدید و بسیار دایم ترمز انجام شود. علاوه بر داده‌های مربوط به پدال ترمز، کامپیوتر همچنین سیگنال‌های حسگر دیگر را از سیستم‌های کمک الکترونیکی دریافت می‌کند. به عنوان مثال، سیستم ترمز ضد قفل اطلاعاتی در مورد سرعت چرخ ارائه می‌دهند، در حالی که سیستم الکترونیکی کنترل پایداری داده‌ها را از زاویه فرمان، سرعت چرخش چرخ‌ها و سنسور شتاب‌دهی عرضی دریافت می‌نمایند [۹].

در تکامل تدریجی اتومبیل‌ها سیستم ترمز برای یک رانندگی ایمن معیار اصلی می‌باشد. این سیستم تابع همیشگی در زمینه پیشرفت می‌باشد که با ترمزهای مکانیکی شروع شده و امروزه سیستم‌های هیدرولیکی همراه شده با اختراعاتی نظیر ای بی اس[2] و استانداردی در اتومبیل‌ها هستند. این روزها بخش‌های پیشرفته همه کارخانه‌ها در حال کار کردن بر روی سیستم‌های کنترل الکترونیکی ترمز هستند. اولین نمونه‌ها در خیلی از اتومبیل‌های مدرن هنوز در حال استفاده می‌باشد [۱۶]. اولین سیستم کنترل الکترونیکی ترمز به‌صورت ترمز الکتروهیدرولیکی معرفی شد که در آن هر چرخ با یک سیستم ترمز مستقل نصب شده بود. این سیستم شامل یک مقاومت متغییر نسبت به جابجایی است که موقعیت پدال ترمز را می‌شناسد. این سیگنال توسط کامپیوتر ترمز تفسیر شده است، که سیگنال‌هایی برای کارکردن یک پمپ سروو تولید می‌کند. پمپ مدار ثانویه را تحت فشار قرار می‌دهد و مایع ترمز را در یک پیستون که ترمز را فعال می‌کند ارسال می‌کند [۲]. و به سیستم ای سی یو [3] اجازه ادغام و مدیریت گشتاورهای کروز کنترل ، کنترل کشش و کنترل پایداری را می‌دهد [۱۵].

سامانه کنترل الکترونیکی ترمز با یک میکروکنترلر و یک عملگر بر روی هر چرخ می‌تواند با کاهش فاصله توقف به طور قابل توجهی کیفیت ترمزگیری را افزایش دهد. سامانه کنترل الکترونیکی یک روند واضح از پیشرفت صنعت خودرو است که ازجمله دلایل آن بالا بردن ایمنی و کاهش قیمت است [۲۳].

---

1 Brake-By-Wire
2 ABS (Anti-lock Braking System)
3 ECU (Electronic control unit)

سیستم‌های کنترل الکترونیکی فرمان[1]: در سیستم‌های کنترل الکترونیکی فرمان هیچ‌گونه انتقال قدرت مستقیمی که بین چرخش چرخ‌ها و کنترل آن‌ها در حالت نرمال باشد وجود ندارد. مراحل میانی توسط سیستم‌هایی فعال‌سازی می‌شوند. بنابراین، یک نیروی محرک به وسیله یک موتور الکتریکی جهت تنظیم زاویه چرخش چرخ‌ها به تناسب سرعت حرکت اتومبیل ایجاد می‌کند [۱۶]. در سال‌های اخیر، تلاش‌های مهم در زمینه تکنولوژی کنترل الکترونیکی فرمان انجام شده است. سیستم الکترونیکی کنترل فرمان مدرنترین و کارآمدترین تکنیک است که جایگزین سیستم مرسوم کنترل مکانیکی و هیدرولیکی فرمان وسیله نقلیه شده است. استفاده از انواع مختلف سیستم کنترل فرمان مشخصات انتقال زاویه فرمان، پاسخ فرمان خودرو و ثبات فرمان خودرو را بهبود می‌بخشد. سیستم کنترل فرمان الکترونیکی از محدودیت‌های ساختاری در اتصال مکانیکی بدور است. با پیشرفت تکنولوژی، هوش و اتوماسیون به هدف جدید در رانندگی خودرو تبدیل شده است. به همین دلیل، متخصصان و محققان بر توسعه یک نسل جدید سیستم فرمان تمرکز می‌کنند که سیستم کنترل الکترونیکی فرمان نامیده می‌شود. در آینده نزدیک، سیستم‌های کنترل الکترونیکی فرمان می‌تواند مرحله بعدی در توسعه سیستم کنترل باشد. این سیستم کنترل دقیقی روی تغییر جهت چرخ‌های جلو، تعدیل مقدار مناسبی از نیرو جهت چرخاندن چرخ جلو، ارسال بازخورد به راننده و جذب شوک و ضربه‌های سرزده را ارائه می‌دهد. سیستم کنترل الکترونیکی فرمان اهرم‌بندی مکانیکی بین رول فرمان و چرخ‌های جلو را حذف کرده و از سنسورهای الکترونیکی، کنترل‌کننده‌ها و عملگرها استفاده می‌کند. بدین ترتیب علاوه بر کاهش وزن وسیله نقلیه، در صورت وقوع تصادف از قسمت جلو خطر صدمه به راننده توسط ستون فرمان به راننده کاهش می‌یابد. عدم اتصال صلب بین رول فرمان و چرخ‌ها امکان چندین فرصت ایجاد ایمنی کاری بالای وسیله را در ترکیب با سایر سیستم‌های الکترونیکی ارائه می‌دهد [۵]. به همین جهت یک سامانه کنترل الکترونیکی فرمان فرصتی را برای دخالت در تصمیم‌گیری راننده به نفع راننده و در شرایط رانندگی خطرناک فراهم می‌کند [۶]. سیستم‌های متعارف فرمان در خودروها از اشکال مختلف اتصالات مکانیکی و هیدرولیکی بین رول فرمان و سوپاپ فرمان استفاده می‌کنند، در این سیستم برای بدست آوردن زاویه متناسب مفصل در چرخ‌های جلو، تلفات بیشتری وجود دارد اما در تکنولوژی سیستم کنترل الکترونیکی فرمان هیچ ارتباط فیزیکی بین فرمان و چرخ وجود ندارد. سیستم کنترل الکترونیکی فرمان در مقایسه با سیستم کنترل مکانیکی به دلیل کارایی مؤثر و دقیق محبوب می‌باشد زیرا این سیستم به طور اتوماتیک کنترل می‌شود. این عمل یک راحتی بالایی در رانندگی فراهم کرده است. تکنولوژی سیستم کنترل الکترونیکی فرمان ابتدا در سازمان هوانوردی ناسا[2] بر روی هواپیمای دیجیتال با سیستم کنترل الکترونیکی پرواز در سال ۱۹۷۲ مورد استفاده قرار گرفت. سیستم کنترل الکترونیکی فرمان یک تکنولوژی پیشرفته و صرفاً الکترونیکی است و نیازی به استفاده از پمپ‌های هیدرولیکی و در نتیجه روغن هیدرولیک ندارد به همین دلیل تأثیر مثبتی بر محیط زیست دارد؛ از آنجا که هیچ پمپ هیدرولیکی مورد نیاز نیست، هیچ‌گونه مایع هیدرولیکی از بین نمی‌رود و مصرف انرژی را می‌توان بهینه‌سازی کرد. با توجه به حذف اتصالات مکانیکی به طور قابل توجهی طراحی داخلی خودرو آسان شده و امکان استفاده بهینه از فضا ایجاد می‌شود بنابراین صدای ناشی از اتصال مکانیکی کاهش یافته و ارتعاش نیز کاهش می‌یابد. در این تکنولوژی ویژگی‌های فرمان انتخابی می‌باشد و واحد فرمان می‌تواند در جایی که لازم باشد قرار گیرد و همچنین به ایجاد تغییر مکان صندلی راننده کمک می‌کند. با توجه به نیاز به حفظ نسبت فرمان، با تغییر ویژگی‌ها می‌توان یک زاویه فرمان بالا با زاویه بالا با تنها یک انحراف کوچک از دستگاه فرمان تولید کرد، این همچنین باعث پیشرفت هدایت (هندلینگ) خودرو در سرعت پایین می‌شود. این تکنولوژی ویژگی‌هایی ازجمله نگهداری خودکار در مسیر، راحتی پارک کردن، افزایش دینامیک وسیله را در پی دارد [۵]. در حالی که سیستم‌های هیدرولیک به طور معمول برای کمک به رانندگی در سیستم‌های کنترل الکترونیکی فرمان به کار می‌روند سیستم‌های کنترل الکترونیکی فرمان به دلیل داشتن خصوصیاتی مهم محبوب‌تر می‌باشند [۱۱].

1Steer-By-Wire
2National Aeronautics and Space Administration

در طول دو دهه گذشته، پیشرفت در الکترونیک، بسیاری از جنبه‌های مهندسی خودرو را به ویژه در زمینه مدیریت احتراق موتور و سیستم‌های ایمنی خودرو مانند ترمز ضد قفل و سیستم الکترونیکی کنترل پایداری تغییر داده است. سیستم فرمان با نیروی الکتریکی کارآمدتر از سیستم فرمان با نیروی مکانیکی است، زیرا موتور الکتریکی سیستم کنترل الکترونیکی فرمان فقط در زمان جهت‌گیری چرخ‌ها نیاز به فعالیت دارد، در حالی که پمپ هیدرولیک باید دائماً کار کند. میزان فعالیت نیز با توجه به نوع خودرو، سرعت جاده، و حتی ترجیح راننده به راحتی قابل تنظیم است. در وسایل نقلیه مجهز به سیستم کنترل الکترونیکی فرمان، فرمان می‌تواند به طور مدولار (یک قطعه واحد) به داشبورد مونتاژ شده و به راحتی برای هر دو راننده چپ دست یا راست دست مورد استفاده قرار گیرد [۱۵]. بنابراین سامانه کنترل الکترونیکی فرمان به میزان قابل توجهی راحتی راننده را افزایش می‌دهد [۲۳].

بالاکریش نان[1] در سال ۲۰۱۳ با انجام تحقیقی با موضوع کنترل الکترونیکی فرمان در تراکتورهای کشاورزی سامانه فرمان هیدرولیکی مرسوم در تراکتورهای کشاورزی را با یک عملگر الکتریکی که شامل یک گشتاورسنج، موتور الکتریکی و یک کنترلر بود جایگزین کرد. نحوه عملکرد به این صورت بود که با چرخاندن رول فرمان توسط راننده گشتاور به یک گشتاورسنج اعمال شده و با توجه به میزان این گشتاور کنترلر میزان چرخش را برای موتور الکتریکی مشخص می‌کرد [۳].

سیستم الکترونیکی کنترل کلاچ[2]: سیستم کلاچ در خودرو یک واسطه برای انتقال قدرت بین موتور و واحد انتقال قدرت می‌باشد. در وسایل نقلیه با سیستم انتقال دستی، کلاچ توسط راننده با استفاده از پدال کلاچ درگیر یا خلاص می‌شود. سیستم کلاچ اتومات از یک سنسور مجاورتی نصب شده بر روی محفظه چرخدنده برای فعال کردن کلاچ استفاده می‌کند. سنسور در تشخیص حرکت نیروی راننده سیگنال‌هایی را به موتور الکتریکی ارسال می‌کند برای خلاص کردن کلاچ با جابجایی نیروی راننده کلاچ دوباره درگیر می‌شود. کلاچ یکی از اجزای کامل و یکپارچه در یک وسیله نقلیه است که برای درگیر و خلاص کردن شفت محرک و متحرک از موتور تا سیستم انتقال قدرت به کار می‌رود. کلاچ‌های مورد استفاده اخیر بر اساس اصطکاک کار می‌کنند. راه‌اندازی کلاچ معمولی شامل حرکت راننده است که پدال کلاچ را فعال می‌کند. که در حال چرخش موتور سیستم کلاچ را درگیر یا خلاص می‌کند. رابط بین پدال کلاچ و کلاچ معمولاً شامل یک واحد هیدرولیکی که در مقابل سیستم کنترل الکترونیکی کلاچ قرار دارد و سیلندر اصلی، سیلندر فرعی و روغن را شامل می‌شود که بخشی جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های هیدرولیکی است. نیروی اعمال شده به پدال کلاچ در سیلندر فرعی ضرب می‌شود که منجر به کاهش نیروی اعمال شده مورد نیاز برای عمل کلاچ گیری دارد می‌شود. سیستم کنترل الکترونیکی کلاچ شامل یک کابل در کانال اتصال بین پدال کلاچ و کلاچ است. نیروی اعمال شده بر روی پدال کلاچ به طور مستقیم به کلاچ بدون نیروی افزایشی اعمال می‌شود. عملکرد کلاچ اتومات شامل یک سنسور مجاورتی است که یک موتور با دنده هلیکال را فعال می‌کند و به نوبه خود باعث کلاچ می‌شود و توسط یک سنسور مجاورت مادون‌قرمز نصب شده در بالای دنده در پاسخ به حرکت راننده فعال می‌شود [۲۰].

سیستم انتقال حرکت الکترونیکی[3]: عملگرها می‌توانند با دکمه‌های متحرک و قابل انعطاف کنترل شوند که می‌توانند در هر جایی قرار بگیرند زیرا سیستم‌های الکتریکی قابلیت جابجایی خیلی بیشتری را نسبت به اهرم‌بندی‌های مکانیکی دارند. سیستم انتقال حرکت الکترونیکی یک عملگر الکترونیکی است که بر روی گیربکس‌های اتومات به جای سیستم‌های مکانیکی نصب می‌شود. با سیستم انتقال حرکت الکترونیکی تغییر دنده وابسته به اهرم‌بندی مکانیکی نیست و در عوض سیستم الکترونیکی استفاده شده است. سیستم‌های الکترونیکی بسیار انعطاف‌پذیر تر از اهرم‌بندی‌های مکانیکی هستند. مجموعه‌ای از کلیدها بر روی رول فرمان می‌تواند نصب شود که این حالت می‌تواند نسبت به اهرم‌بندی‌های مرسوم بسیار ارگونومیکی‌تر باشد. سیستم انتقال حرکت الکترونیکی شامل یک واحد کنترل

---

1 Balakrishnan
2 Clutch-By-Wire
3 Shift-By-Wire

الکترونیکی و یک گیربکس با عملگر الکتریکی است که از کامپیوتر نیز برای ایجاد الگوریتم کنترلی پیشرفته استفاده شده است. سیستم انتقال حرکت الکترونیکی یک مفهوم نزدیک و وابسته به دیگر مفاهیم ازجمله کنترل حرکت الکترونیکی' کنترل فرمان الکترونیکی و کنترل ترمز الکترونیکی می‌باشد. برای تغییر مدهای حرکت نیاز به داشتن اهرم تعویض دنده بین صندلی راننده و مسافر وجود ندارد و در عوض یک عملگر الکترونیکی بر روی گیربکس نصب شده است که عملگر می‌تواند با کلیدهایی که دارای قابلیت قرارگیری در هر قسمتی می‌باشند کنترل شود زیرا سیستم‌های الکتریکی برای مستقر شدن بسیار راحت‌تر از اهرم‌بندی مکانیکی هستند به طوری که وقتی راننده می‌خواهد حالت رانندگی را تغییر دهد این سامانه اجازه ارسال پاسخ سریع را فراهم می‌کند. عملگر با واحد کنترل الکترونیکی کنترل می‌شود و واحد کنترل الکترونیکی عملگر را با موجهای PWM[1]ارسالی به یک موتور الکتریکی[2] کنترل می‌کند. یک عملگر برای یک سیستم انتقال قدرت وسیله وجود دارد که شامل حالت انتخاب دستی و حالت انتقال قدرت الکترونیکی می‌باشد که دارای یک موتور به همراه گیربکس است. در حالت کنترل انتقال قدرت الکترونیکی موتور الکتریکی یک گیربکس را می‌چرخاند و سیستم کنترل الکترونیکی انتقال قدرت یک ارتباط الکترونیکی را برای تغییر دنده ایجاد می‌کند بنابراین یک سیگنال الکترونیکی به سمت عملگر فرستاده می‌شود. سیستم‌های انتقال قدرت الکترونیکی می‌توانند باعث کاهش فضای لازم برای سیستم‌های انتقال قدرت' کاهش مشکلات نصب' کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی گردند [۱۰].

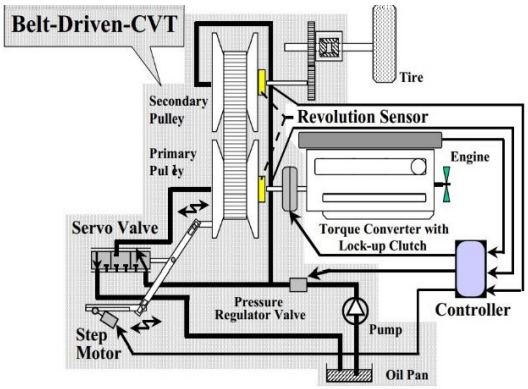
صیدی و همکاران در سال ۲۰۱۵ سامانه‌ای را جهت کنترل الکترونیکی سرعت پیشروی دروگر نیشکر مورد طراحی، ساخت و ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش جهت ایجاد سامانه جدید کنترل الکترونیکی سرعت پیشروی و دور موتور ماشین برداشت و جایگزینی آن با سامانه مرسوم کنترل مکانیکی سرعت پیشروی و دور موتور از موتور پله¬ای، درایور موتور پله¬ای، میکروکنترلر، جوی استیک و پتانسیومتر استفاده شد. با جابجایی جوی استیک راننده پالس‌هایی را ایجاد و به سمت میکروکنترلر ارسال می‌کند و میکروکنترلر با توجه به برنامه و الگوریتم کنترلی که از قبل برای آن طراحی شده محاسبات مربوطه را انجام داده و پالس‌های مربعی مورد نیاز را برای کنترل موتور پله‌ای به سمت درایور موتور پله‌ای ارسال می‌کند که سبب حرکت موتور پله‌ای و در نتیجه جابجایی اسپول شیر کنترل هیدروپمپ می‌شود. نتایج به دست آمده نشان‌گر قابلیت بهتر مانورپذیری و عدم تأثیر تغییرات دور موتور بر قدرت مانورپذیری ماشین برداشت مجهز به سامانه کنترل الکترونیکی بود [۱۷].

در سال ۲۰۰۵ توسط وانگ[3] یک عملگر که دارای یک موتور به همراه گیربکس بود برای سامانه انتقال قدرت وسیله نقلیه اختراع شد که شامل یک حالت انتخاب دستی و حالت انتقال قدرت الکترونیکی بود. در حالت کنترل انتقال قدرت الکترونیکی، موتور الکترونیکی یک گیربکس را می‌چرخاند. سامانه کنترل الکترونیکی انتقال قدرت یک ارتباط الکترونیکی را برای تغییر دنده ایجاد می‌کرد. یک سیگنال الکترونیکی به سمت عملگر فرستاده می‌شد. سیستم انتقال قدرت الکترونیکی می‌تواند باعث کاهش فضای لازم برای دستگاه‌های انتقال قدرت، کاهش مشکلات نصب، کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی گردد [۲۱].

سیستم کنترل الکترونیکی سوخت: پیشرفت سامانه کنترل سی وی تی و استفاده از آن برای کنترل بازدهی سوخت موتور موضوعی بود که توسط آداچی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. انتقال قدرت دائماً متغیر خودرویی با قابلیت تغییر دنده پیوسته نه تنها می‌تواند کیفیت رانندگی را همچون افزایش کارایی افزایش دهد بلکه بازدهی سوخت را هم افزایش می‌دهد. پیشرفت سیستم کنترل CVT و استفاده از آن برای کنترل بازدهی سوخت موتور انتقال قدرت دائماً متغیر خودرویی با قابلیت تغییر دنده پیوسته نه تنها می‌تواند کیفیت

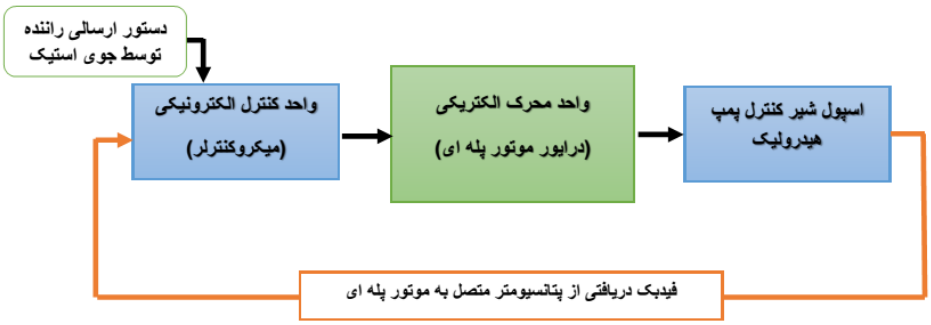
1Pulse width modulation
2DC (direct current)
3Wang
4Power-By-Wire
5CVT (continuously variable transmission)

رانندگی را افزایش دهد بلکه بازدهی سوخت را نیز افزایش می‌دهد. در هر صورت برای ایجاد این توانایی یک سیستم کنترلی که می‌تواند نسبت دنده را به‌صورت دقیق و جامع کنترل کند مورد نیاز می‌باشد. این مقاله یک سیستم کنترل برای یک سیستم CVT را ارائه می‌دهد که با تسمه می‌گردد. جهت رسیدن به پاسخ خروجی بهتر از فیدبک استفاده شد. برای ارزیابی سیستم کنترل و بازدهی مصرف سوخت شبیه‌سازی کامپیوتری و تست‌های رانندگی انجام شد و آزمایشات نشان داد که استفاده از سیستم کنترل الکترونیکی می‌تواند نسبت دنده با کیفیت و دقیقی را ایجاد کند. نتایج همچنان نشان داد که سیستم کنترل بازدهی سوخت را با تغییر نسبت دنده مناسب بالا می‌برد. بنابراین گشتاور موتور و سرعت چرخش آن می‌تواند شرایط عملکرد بهینه را ایجاد کند. این سیستم شامل یک موتور پله‌ای بود به‌صورتی که اسپول موجود در شیر هیدرولیکی را حرکت می‌داد و نیروی جلو برنده پولی را برای رسیدن به نسبت دنده مورد نیاز تنظیم می‌کرد. شکل ۱ ساختار سامانه انتقال قدرت متغیر را نشان می‌دهد. از این رو یک موتور پله‌ای به عنوان ورودی و نسبت دنده به عنوان خروجی انتخاب شد. در طراحی یک سیستم جدید تنظیم‌کننده نسبت دنده، داشتن یک درک واضح از خصوصیات استاتیکی و دینامیکی مورد نیاز است. برای این منظور به‌صورت تحلیلی و ازمایشی ارتباط بین ورودی و خروجی مورد بررسی قرار گرفت [۱].



شکل ۱ ساختار سامانه انتقال قدرت متغیر

صیدی و همکاران در سال ۲۰۱۵ جهت کنترل مصرف سوخت هاروستر نیشکر از سیستم کنترل الکتریکی مصرف سوخت استفاده کردند. در این تحقیق موتور الکتریکی جهت کنترل میزان سوخت ارسالی به موتور دیزلی جایگزین اهرم‌بندی مرسوم مکانیکی شد. نحوه عملکرد بداین صورت بود که راننده جهت کنترل میزان سوخت ارسالی به موتور، دستور خود را ابتدا با حرکت جوی استیک به سمت میکروکنترلر ارسال می‌کرد با توجه به برنامه تعریف شده بر روی میکروکنترلر، موتور الکتریکی در جهت و اندازه معیین چرخیده و میزان سوخت ارسالی به موتور را تعیین می‌کند . شکل ۲ شماتیک نحوه عملکرد سامانه کنترل سرعت پیشروی ماشین برداشت نیشکر را نشان می‌دهد [۱۸].



شکل ۲ شماتیک نحوه عملکرد سامانه کنترل سرعت پیشروی ماشین برداشت نیشکر

یو[1] و همکاران یک وسیله مکانیکی مخصوص برای تبدیل چرخش موتور پله‌ای به حرکت خطی اسپول طراحی کردند. در این عملکرد وسیله وقتی که موتور پله‌ای می‌چرخد ساچمه‌ای که به‌صورت خارج از مرکز به شفت موتور پله‌ای متصل شده است اسپول را حرکت می‌دهد. در حالت عادی وقتی موتور پله‌ای در موقعیت وسط قرار دارد نیروی فنر اسپول را در محل اولیه نگه می‌دارد و به محض برق‌دار شدن موتور پله‌ای و چرخش ان' اسپول به میزان تنظیم شده به سمت جلو حرکت می‌کند. نتایج ازمایشگاهی ثابت کرد که این شیر دارای دقت بالا و سرعت پاسخ بالا می‌باشد. استفاده از میکرو کامپیوترها جهت کنترل سیستم‌های مختلف در صنعت مدرن خیلی مهم خواهد شد [۲۴].

خدادادی و رشیدی پروژه‌ای تحت عنوان طراحی و ساخت یک موتور احتراق داخلی بدون میل بادامک با سوپاپ هوشمند انجام دادند. استفاده از یک سامانه الکتریکی به‌جای مکانیزم محرک مکانیکی سوپاپ‌ها به کاهش ضریب اصطکاک موتور منجر خواهد شد. در سامانه‌های کنونی برای حرکت خطی سوپاپ‌ها از مکانیزمی استفاده می‌شود که حرکت دورانی را به حرکت خطی تبدیل نماید. استفاده از سامانه الکتریکی می‌تواند موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف سوخت و افزایش قدرت موتور گردد و موجب نزدیک شدن نمودار قدرت–سرعت موتور واقعی به ایده‌آل گردد. نکته قابل توجه استفاده از مکانیزم زمان‌بندی متغیر برای حرکت سوپاپ‌ها در ساختار عملگر الکتریکی است. این سامانه موجب می‌شود که سرعت و زمان بسته شدن سوپاپ‌ها در هر زمان قابل انجام باشد و بدین ترتیب هر نوع پروفایل زمانی برای حرکت سوپاپ‌ها قابل اعمال گردد. این امر می‌تواند باعث بهینه شدن راندمان در دور موتورهای مختلف گردد. از دیگر نکات قابل توجه می‌توان به مکان بندی متغیر اشاره کرد. با توجه به کنترل دقیق بر روی حرکت سوپاپ‌ها، می‌توان باز و بسته شدن سوپاپ‌ها را با توجه به دور موتور به‌صورت بهینه تنظیم کرد. نحوه‌ی کنترل این سامانه الکتریکی به‌گونه‌ای بود که با کوپل کردن یک انکودر دورانی بر انتهای میل‌لنگ و مشخص کردن یک نقطه به عنوان مبدأ زاویه چرخش میل‌لنگ و موقعیت کنترل‌کننده با توجه به سیکل ترمودینامیکی و با استفاده از برنامه‌ای که از قبل برای آن نوشته شده بود فرمان باز یا بسته شدن را به عملگر الکتریکی ارسال کرده و عملگر سوپاپ را باز یا بسته می‌نماید. از طرف دیگر با توجه به سیکل ترمودینامیکی و داده‌های آزمایشگاهی و تجربی فاصله زمانی بین باز و بسته شدن سوپاپ‌ها متناسب با دور موتور بود. اما با پیاده‌سازی و اجرای سامانه الکتریکی در هر دور موتور بهترین پروفایل زمانی و مکانی برای سوپاپ اجرا شد که نتیجه آن بالا رفتن راندمان موتور بود. با حذف این مکانیزم مکانیکی، قطعات متحرک زیادی که با سرعت بالا در حرکت بوده‌اند حذف شده که این امر باعث کاهش ضرایب اصطکاکی موتور شد. همچنین با حذف میل بادامک بار گشتاور آن از میل‌لنگ حذف شده و در نتیجه می‌توان به توان بالاتر برای موتور و مصرف سوخت پایین‌تر دست پیدا کرد [۱۲].

1 Yu

استفاده از موتورهای الکتریکی، راهکار مناسبی برای کنترل جابجایی و استفاده مؤثر از فضا و انرژی بسیار می‌باشد. دستگاه‌های کنترل الکترونیکی ارتباط سریع بین راننده و اجزای کنترل‌کننده وسیله را فراهم می‌کنند. هر موتور با یک سیگنال الکتریکی کنترل می‌شود و یکی از بزرگ‌ترین مزایای دستگاه‌های کنترل الکترونیکی واکنش سریع آن‌ها و در نتیجه پاسخگویی سریع آن‌ها است. در تجهیزات مرسوم از اهرم‌بندی‌های مکانیکی برای ایجاد حرکت استفاده می‌کنند که نیاز به انتقال انرژی از یک اهرم به اهرم دیگر دارند. در هر صورت در سامانه‌های کنترل الکترونیکی انتقال انرژی از حالت مکانیکی به انتقال سیگنال‌های الکترونیکی تغییر کرده است. استفاده از موتورها به جای اهرم‌بندی‌های مکانیکی بزرگ‌ترین جهش در تکنولوژی خودرو بوده است. علاوه بر این عملگرهای الکترونیکی به دلیل سبک‌تر بودن، سریع‌تر هستند در صورتی که بیشتر سامانه‌های مکانیکی سنگین هستند. همچنین تجهیزات کنترل الکترونیکی قطعات کمتری برای نصب داشته و در نتیجه هزینه و زمان نصب کمتری را به همراه دارند. تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی جایگزینی اهرم‌بندی‌های سنگین و کند مکانیکی را با موتورهای الکتریکی سریع و سبک، امکان‌پذیر می‌کند [۱۴].

سیستم کنترل الکترونیکی تعلیق[1]: با استفاده از سیستم‌های کنترل الکترونیکی، سیستم تعلیق و فرمان دیگر با معیارهای کاملاً مکانیکی اداره نمی‌شوند بلکه در عوض باید به‌صورت مکاترونیکی طراحی شوند. بسیاری از خودروهای جدید به سیستم کنترل الکترونیکی تعلیق مجهزند. در این خودروها راننده می‌تواند کمک‌فنرهای هر چهار چرخ را برای کار کردن نرم، عادی یا سفت تنظیم کند. وقتی راننده شستی «نرم» یا «سفت» را فشار می‌دهد مدول کنترل الکترونیکی به یک سنولوئید یا الکتروموتور کوچک، که در بالای هر کمک‌فنر قرار دارد، سیگنال می‌دهد سپس با چرخش موتور و منفذهایی با اندازه‌های مختلف را در پیستون باز می‌کند یا می‌بندد. و در نتیجه مقاومت در برابر حرکت سیال در داخل کمک‌فنر تغییر می‌کند. این سیستم فقط کیفیت سواری را کنترل می‌کند و در کنترل ارتفاع خودرو دخالت ندارد. در بعضی از خودروها می‌توان کمک‌فنرها را طوری تنظیم کرد که به طور خودکار میرایی مناسب را، با توجه به شرایط جاده و رانندگی، انتخاب کنند دربعضی از سیستم‌ها از فنرهای بادی کمکی برای کنترل ارتفاع خودرو نیز استفاده می‌شود با استفاده از حسگرهای مختلف می‌توان در مورد سرعت خودرو ، پستی و بلندی جاده و غلتش کابین، اطلاعاتی به مدول کنترل الکترونیکی داد. مدول کنترل الکترونیکی براساس این اطلاعات به کمک‌فنرها سیگنال می‌دهد تا آن‌ها خود را، با توجه به شرایط بهره‌برداری، در بهترین وضعیت ممکن تنظیم کنند [۱۳].

آینده سیستم‌های کنترل الکترونیکی :

از آنجایی که تولیدکنندگان در صنعت خودرو متوجه مزیت تکنولوژی جدید سیستم‌های کنترل الکترونیکی شده‌اند، تمایل دارند که عملکردهای مختلف وسایل نقلیه به طور فزایندی خودکار شده و به‌صورت الکترونیکی کنترل شوند. با معرفی سیستم‌های کنترل الکترونیکی، تولیدکنندگان به طور کامل یک قدم به جدا کردن کامل سیستم‌های فیزیکی ورودی راننده که به‌صورت مرسوم کنترل می‌شد نزدیک شده‌اند علاوه بر این تولیدکنندگان سیستم‌های کنترل الکترونیکی ملزم به پیاده‌سازی ویژگی‌های ایمنی بیشتر در وسیله نقلیه می‌باشند [۱۱].

در حال حاضر تعدادی از وسایل نقلیه جدید از تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی در سیستم‌های دریچه گاز و ترمزها و تعداد کمی از محصولات در فرمان عقب جهت بهبود سرعت مانور کم و پایداری سرعت بالا سیستم‌های کنترل الکترونیکی را به طور کامل جایگزین سیستم‌های معمولی کرده‌اند. نگرانی‌های ایمنی به روزرسانی، فن‌آوری سیستم‌های کنترل الکترونیکی را کند کرده است. سیستم‌های مکانیکی هم می‌توانند معیوب شوند اما مقامات نظارتی هنوز هم آن‌ها را قابل اعتماد تراز این‌گونه سیستم‌های الکترونیکی می‌دانند. این سیستم‌ها همچنین گرانتر از سیستم‌های کنترل مکانیکی هستند با توجه به این واقعیت که آن‌ها به طور قابل توجهی پیچیده

[1] Suspension-By-Wire

هستند. با این حال، آینده فن‌آوری سیستم‌های کنترل الکترونیکی می‌تواند به پیشرفت‌های قابل توجه منجر شود. حذف کنترل‌کننده‌های مکانیکی می‌تواند به خودروسازان اجازه طراحی وسایل نقلیه‌ای کاملاً متفاوت از اتومبیل‌ها و کامیون‌هایی که امروز در جاده هستند بدهد. پروژه‌های فعلی خودرو بدون سرنشین از محرک‌های الکترومکانیکی برای کنترل فرمان، ترمز و شتاب، استفاده می‌کنند که می‌توانند به سادگی با یک اتصال مستقیم به تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی تبدیل شوند. از طرف دیگر این سیستم توسط بسیاری از هواپیماهای تجاری مورد استفاده قرار گرفته است و سال‌ها سابقه ایمنی عالی داشته‌اند. در نهایت، با پیشرفت ویژگی‌های ایمنی و سایر مزایای سیستم‌های کنترل‌های الکترونیکی انتظار می‌رود که کاهش نگرانی‌ها درمورد پیچیدگی و قابل اطمینان بودن از این سیستم‌ها به‌صورت گسترده‌ای در طراحی اتومبیل‌ها استفاده شود [۱۵].

نتیجه‌گیری

تبدیل سامانه‌های کنترل مکانیکی و هیدرولیکی به نوآوری¬های جدید کنترل الکترونیکی یک افق جدید برای صنعت خودرو است. که کارایی بهتر، ایمنی، قابلیت اطمینان بالاتر و تعمیر و نگهداری کمتر را در پی دارد. سامانه کنترل الکترونیکی باید به طور کامل جایگزین سامانه‌های مرسوم ارتباط مکانیکی و هیدرولیکی شوند [۴].

تکنولوژی سیستم‌های کنترل الکترونیکی بسیار جذاب هستند از آنجایی که اجازه تلفیق کامل و قابل تنظیم یک سیستم کنترلی را به همراه کارایی بالقوه و بهتر را فراهم می‌کند. مقایسه سیستم جدید با سیستم تنظیم مرسوم الکتروهیدرولیک که قبلاً مورد مطالعه قرار گرفته بود نشان‌دهنده کنترل آسان‌تر و احساس سواری بهتر بود. نتایج تجربی بدست آمده در یک وسیله نقلیه نشان‌دهنده اثربخشی روش پیشنهادی بود. در سیستم‌های کنترل الکترونیکی عدم استفاده از تجهیزات مکانیکی یا هیدرولیکی باعث سبکی وسایل نقلیه و اشغال فضای کمتر، کاهش صدا و ارتعاشات مکانیکی، صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کاهش آلودگی و ذخیره انرژی و حفاظت از محیط زیست می‌شود و در نهایت امکان طراحی انعطاف‌پذیرتر را فراهم می‌کند. روند واضح در توسعه خودرو با توجه به مزایای استفاده از قطعات الکترونیکی افزایش ایمنی، عملکرد و کاهش هزینه می‌باشد. استفاده از سیستم‌های کنترل الکترونیکی برای مهندسی خودرو یک ویژگی مثبت با دقت و کارایی بالا می‌باشد [۲]. انتظار می‌رود که ویژگی‌های ایمنی و مزایای دیگر سیستم‌های کنترل‌های الکترونیکی در مقابل نگرانی‌های مربوط به پیچیدگی و قابلیت اطمینان این سیستم‌های کنترلی بیشتر باشد. و سیستم‌های کنترل الکترونیکی به طور گسترده‌ای در طراحی خودرو استفاده شود. آن‌ها همچنین انعطاف‌پذیری سیستم‌های خودرو را افزایش می‌دهند و این باعث اصلاح یا ارتقاء آسان‌تر تجهیزات می‌شود. سیستم‌های کنترل الکترونیکی باعث بهبود هندلینگ، بهبود بهره‌وری سوخت و ارائه زمان پاسخ کوتاه در شرایط اضطراری می‌شود [۱۵].

مراجع:

1. Adachi, K., Ochi, Y. and Kanai, K. 2006. Development of CVT Control System and its use for Fuel-Efficient Operation of Engine. Asian Journal of Control, 8 (3): 219-226.
2. Balajee, S. B., Balaji, P., Shreyas, J., and Satheesh, K. 2015. An Overview of X-By Wire Systems. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(3) March, pp. 152-159.
3. Balakrishnan, J. 2013. Steer by wire in agricultural tractors. International Journal of Scientific and Engineering Research, 4(7):1303-1311.
4. Bolognesi, P., Bruno, O., Landi, A., Sani, L. and Taponecco, L., 2003. Electric Machines and Drives for X-by-Wire Systems in Ground Vehicles. In 10th European Conference on Power Electronics and Applications-EPE 2003, 400: 1-16.
5. Chaudhary, K. L., and Kumbhar, A., 2015. REVIEW ON VEHICLE STEER-BY-WIRE TECHNOLOGY. *INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH SCIENCE & MANAGEMENT, 2(3)* March, pp. 1-5.
6. Gadda, C.D. 2008. Optimal fault-detection filter design for steer-by-wire vehicles. PhD thesis on Electrical Engineering. Stanford University. 127 page.
7. Giani, P., Tanelli, M., Savaresi, S. M., and Selmanaj, D. 2014. Electro-mechanical clutch-by-wire for sport motorcycle. European controlconference (ECC). July, pp. 1109-1116.
8. Gil, J.J., Diaz, I., Ciaurrize, P. and Echeverria, M. 2013. New driving control system with haptic feedback. Design and preliminary validation tests. Transportation Research Part C, 33: 22–36.
9. Gorane, P.S., Nikhil, P., Shubham, p., Ganesh, P., and Madhuri, R., 2017. DRIVE BY WIRE TECHNOLOGY, 7th International conference on Resent Trends in Engineering, Science & Management, April, pp. 1301-1306.
10. Gullberg, D. 2003. Development of a Motor Control Algorithm Used in a Shift-by-Wire System. Msc Thesis on Electrical Engineering, Linkopings University. 47 page.
11. Kalinowski, J., Drage, T. 2014. Drive-By-Wire for an Autonomous Formula SAE Car. Proceedings of the 19th World Congress the International Federation of Automatic Control (IFAC), Cape Town, South Africa, 62(5): 8457-8462.
12. Khodadadi, H., and Rashidi, A.A., 2013. Design, constraction of an internal combastion Engine without mechanical camshaft. 8thInternational Conference of Oil and Internal Combastion Engins. (in Persian)
13. Laws, S., Gadda, C., Kohn, P., Yih, P., Gerdes, J. C., and Milroy, J. C. 2005. STEER-BY-WIRE SUSPENSION AND STEERING DESIGN FOR CONTROLLABILITY AND OBSERVABILITY. 16th Triennial World Congress, pp. 204-209.
14. Leppin, L.K., 2005. The conversion of a General Motors Cadillac SRX to drive-by-wire status. PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
15. Parsania, P., and Saradava, K. 2012. Drive-By-Wire Systems in Automobiles. On the https://www.researchgate.net/publication/287993938. December, pp. 1-5.
16. Seidel, F., 2009. Hauptseminar Transportation Systems. Chemnitz University of Technology, Operating Systems Group. February, pp. 1-9.
17. Seidi, R., Khorasani-Ferdavani M. E., Sheikh-Davoodi, M. J., and Masoudi, H. 2017. Evaluation of engine fuel Consumption with mechanical and intelligent electronic control system in sugarcane CASE IH 7000 Harvester. Agricultural Mechanization and Systems Research. Accepted Manuscript, Available Online from 28 January 2019.11.25 10.22092/erams.2019.122236.1263
18. Seidi, R., Khorasani-Ferdavani M. E., Sheikh-Davoodi, M. J., and Masoudi, H. 2017. Evaluating Reaction Time and Manneverability of Forward Speed Control System in

Sugarcane Harvester Series 7000 under Mechanical and Electronical Controls Conditions. Agricultural Mechanization and Systems Research, 18(68). May, pp. 107-118.

19. Stone, M. L., Benneweis, R. K., and Van Bergeijk, J., 2008. EVOLUTION OF ELECTRONICS FOR MOBILE AGRICULTURAL EQUIPMENT. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 51(2), pp. 385-390.
20. Vivek, C.R., Shameeh Rahman, T.P., Sujay, K., Vaishakh P.R., and Vishnu, K.P. 2017. Automatic Clutch Actuation Using Proximity Sensor. International Journal for Scientific Research & Development, 5(4), pp. 1039-1041.
21. Wang, Y.Q. 2005.Shift-by-wire transmission actuator assembly. United States Patent.13 page. (Patent No: 6,918,314B2).
22. Wiberg, J. 2003. Controlling a Brushless DC Motor in a Shift-by-Wire System. Msc thesis on Electrical Engineering. Linkopings University. 59 page.
23. Wilwert, C., Navet, N., Song, Y.Q. and Lion, F.S. 2005. Design of automotive X-by-Wire systems, The Industrial Communication Technology Handbook CRC Press. 35 page. https://hal.inria.fr/inria-00000562.
24. Yu, Z.Q., Hu, M.J., Pei, X. and Ruan, J. 2006. Actuation and Control of a Micro Electrohydraulic Digital. Actuation and Control of a Micro Electrohydraulic Digital Servo Valve, 48: 264–268.