ساخت قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵

داود مؤمنی آبخارکی[۱]، برات قبادیان[۲]، عباس همت[۳] و سعید مینایی[۲]

چکیده

یکی از سیستم‌هایی که برای افزایش راندمان کاری تراکتورها طراحی و ساخته شده است سیستم قفل دیفرانسیل است. این سیستم باعث یکسان شدن دور دو محور چرخ می‌شود. در نتیجه در زمان رویارویی با شرایط زمین‌گیرایی غیریک‌نواخت در زیر لاستیک‌ها بسیار مفید خواهد بود. استفاده از این سیستم باعث بهبود زمین‌گیرایی، کاهش فرسایش لاستیک چرخ‌های محرک، کاهش مصرف سوخت و افزایش ظرفیت مزرعه‌ای تراکتور خواهد شد. علی‌رغم این که استفاده از این سیستم مزایای زیادی را به همراه خواهد داشت، تاکنون برای بهینه‌سازی آن فعالیتی در داخل کشور صورت نگرفته است. از این رو طراحی و ساخت سیستم قفل دیفرانسیل نیمه‌اتوماتیک برای نصب روی تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵ تولید داخل، در این پژوهش انجام شده است. این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که در هنگام ایجاد وضعیت‌های بحرانی، قفل دیفرانسیل را از درگیری خارج می‌کند. وضعیت‌های بحرانی درگیر بودن قفل دیفرانسیل عبارت‌اند از: استفاده از ترمزهای مجزا، سرعت‌های پیشروی بالا و چرخاندن غربالک فرمان. به منظور اندازه‌گیری و تشخیص وضعیت‌های بحرانی به ترتیب از سه نوع حسگر کششی، القایی، و جابه جایی زاویه‌ای استفاده شد. خروجی این حسگرها به یک مدار تصمیم‌گیرنده فرستاده شده و در آنجا تصمیم لازم مبنی بر ادامهٔ درگیری یا آزادشدن آن گرفته می‌شود. مدار تصمیم گیرنده یک میکروکنترلر قابل برنامه‌ریزی است که می‌توان پارامترهای دیگری را برای کنترل به آن اضافه کرد و یا موارد موجود را تغییر داد. پس از طراحی و نصب سیستم روی تراکتور، عملکرد آن در عملیات خاکورزی با گاوآهن برگرداندار سه خیشه با عرض کار ۱۱۰ سانتی‌متر و عمق کار ۲۵ سانتی‌متر بررسی شد.

آزمایش‌ها نشان دادند که در تراکتور معمولی، به علت توزیع نامناسب وزن و شرایط زمین‌گیرایی غیر یکسان زیر لاستیک چرخ‌های محرک، لغزش دو چرخ حدود ۶ درصد اختلاف دارند که استفاده از این سیستم آن را بهبود بخشید. به علاوه بر اثر کاهش لغزش چرخ‌ها مصرف سوخت نیز حدود ۰/۵ لیتر در هکتار کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: *تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵، قفل دیفرانسیل نیمه‌اتوماتیک*

مقدمه

با توجه به زوال سوخت‌های فسیلی و این که تراکتور به عنوان اصلی‌ترین وسیلهٔ مصرف کنندهٔ سوخت در بخش کشاورزی محسوب می‌شود، افزایش بازده تراکتور و صرفه‌جویی در مصرف سوخت، همواره مورد نظر بوده است. به علاوه سیستم‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که به علت عدم ارائهٔ

۱. محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهنوج
۲. به ترتیب استادیار و استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. استاد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

در مورد آنها، مورد استفادهٔ مطلوب قرار نمی‌گیرند. سیستم هیدرولیک تراکتور، شیر کنترل‌کنندهٔ دبی جریان در سیستم هیدرولیک، نشانگرهای مختلف تعبیه شده روی تراکتور به عنوان مثال اطلاعات کامل توسط سازنده و یا عدم اطلاع صحیح کاربران دورسنج، سیستم قفل دیفرانسیل، سیستم ترمزهای مجزا، اهرم دستی کنترل کنندهٔ دور موتور، جعبه دندهٔ سینکرونه و غیر سینکرونه و ... نمونه‌هایی از سیستم‌هایی هستند که برای افزایش کارآیی تراکتورها ساخته شده‌اند ولی به همان دلیلی که ذکر شد از این سیستم‌ها به صورت صحیح استفاده نمی‌شود.

یکی از سیستم‌های ذکرشده، سیستم قفل دیفرانسیل است که برای یکسان کردن دور دو محور چرخ‌های محرک تراکتور ساخته شده‌است. این سیستم می‌تواند باعث کاهش بکسوات، بهبود زمین گیرایی، کاهش فرسایش لاستیک‌ها و افزایش ظرفیت مزرعه‌ای تراکتور شود(۱ و ۷).

سیستم قفل دیفرانسیل به دلیل عدم آشنایی کاربران با آن و نیروی زیاد برای درگیر نگه داشتن آن، در ایران به درستی استفاده نمی‌شود. سایش‌های غیر یک‌نواخت لاستیک‌های عقب در تراکتورهای دو چرخ محرک، به علت لغزش زیاد و عدم استفاده از سیستم قفل دیفرانسیل است(۴ و ۷). درگیری این سیستم در تراکتورهای میان قدرت رایج در ایران، با نیروی پا و یا دست صورت می‌گیرد. آزاد کردن این سیستم نیز در یک مدل به صورت دستی و توسط یک اهرم و در نوعی دیگر با برداشتن پا از روی پدال، توسط نیروی فنر صورت می‌گیرد که در نوع اول ممکن است به علت فراموشی اپراتور، قفل در هنگام ایجاد شرایط بحرانی آزاد نشود و در دیگری فشار مداوم پدال، علاوه بر ایجاد خستگی در پای راننده در درگیری‌های طولانی، کنترل او را در بقیهٔ امور کاهش خواهد داد.

درگیر بودن قفل دیفرانسیل در هنگام دور زدن، در سرعت‌های پیشروی بالا و در هنگام استفاده از ترمزهای مجزا، بسیار خطرناک و حادثه‌آفرین خواهد بود، از این رو در موارد ذکر شده باید مطمئن بود که قفل دیفرانسیل از درگیری خارج شده است(۲ و ۶). در این زمینه محققین بسیار سیستم‌های متفاوتی را طراحی کرده‌اند تا از خطرات استفادهٔ ناصحیح از این سیستم بکاهند. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی استفاده از کلاچ‌های گروهی روی محور چرخ‌هاست(۱۳). راه حل دیگری که در این مورد ارائه شده، استفاده از ترمزهای مستقل است (۱۱). نحوهٔ کار سیستم به این صورت است که در زمانی که زمین‌گیرایی یکی از چرخ‌ها کم باشد و سریع می‌چرخد، به وسیله ترمز کردن دور آن گرفته شود. شارپ(Sharp) با کمی تغییرات مدلی مشابه مدل نیچ را طراحی کرد(۱۴).

لاکس(Louckes) نیز مدلی را طراحی کرد که از یک اهرم فشاری استفاده شده بود. این اهرم یک سولنوئید را به کار می‌انداخت. یک حسگر سرعت، اهرم قفل دیفرانسیل را زمانی که سرعت پیشروی بالا باشد به حالت عادی برمی‌گرداند(۱۰).

هاتوری(Hattori) با توجه به سیستم به کار برده شده در ماشین‌های راه‌سازی و با توجه به این که درگیر شدن قفل دیفرانسیل در سرعت‌های بالا علاوه بر کاهش عمر قطعات، از لحاظ ایمنی نیز بسیار خطرناک است مدلی را طراحی کرد که امکان درگیر شدن قفل دیفرانسیل در سرعت‌های پیشروی بالا وجود نداشت. او در این مدل با استفاده از سیال هوا و یک شیر سولنوئیدی که در مسیر سیال قرار گرفته بود، درگیر شدن قفل دیفرانسیل را بسته به این که اهرم دندهٔ گیربکس تراکتور در چه دنده‌ای قرار دارد محدود کرد. در این مدل وقتی تراکتور در دنده‌های سبک (سرعت بالا) قرار می‌گرفت شیر الکتریکی در مسیر جریان سیال باد قرار می‌گرفت و مانع درگیرشدن پدال قفل دیفرانسیل می‌شد. در این وضعیت اگر به وسیله راننده پدال فشار داده شود قفل درگیر نخواهد شد(۸). جوت(Jewett) نیز مدلی مشابه مدل هاتوری طراحی کرد، با این تفاوت که از سیال روغن استفاده کرد(۹).

اوربـاخ و شوبرت(Orbach and Schubert) نیز با تلفیقی از سیستم‌های هیدرولیکی و الکترونیکی و استفاده از حسگرهای لازم، مدلی را طراحی کردند که در زمان مواجه شدن با شرایط بحرانی، قفل دیفرانسیل را آزاد می‌کرد. خروجی حسگرهای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

بـه کار رفته به واحد پردازش فرستاده می‌شد و در آنجا تصمیم لازم بـرای ادامـهٔ درگیـری و یـا آزادشدن قفل دیفرانسیل صادر می‌شد(۱۲).

سیسـتم قفل دیفرانسیل غیر دستی به علت دارابودن مزایای فراوان به عنوان یکی از تجهیزات مهم در تراکتورها به کار می‌رود و اکثر تراکتورهای پیشرفته به این سیستم مجهز شده‌اند (۵).

بـر اسـاس جستجوهایی که توسط نویسندگان این مقاله در مجـلات و پایگـاه‌هـای اطـلاع‌رسـانی داخلـی صـورت گرفته، هـیچ‌گـونه فعالیتـی در زمیـنهٔ بهینه سازی قفل دیفرانسیل انجام نشده و یا در صورت پژوهش در جایی به صورت مکتوب بیان نشده است.

تعیـین آثار این سیستم بر لغزش چرخ‌ها، مصرف سوخت و ظـرفیت مـزرعه‌ای از مسـایلی هسـتند که امکان بررسی آنها با ساخت نمونهٔ اولیهٔ این سیستم امکان پذیر خواهد بود.

مزایایـی کـه اسـتفاده از این سیستم به همراه خواهد داشت عبارت‌اند از:

۱- افزایش نیروی زمین گیرایی

۲- کاهش بکسوات چرخ‌های محرک و در نتیجه بالابردن میزان کار تراکتور

۳- کاهش فرسایش لاستیک‌های محرک

٤- بـالا بردن دقت رانندگان در امر رانندگی به علت کم کردن وظایف آنها

۵- کاهش خطرات استفادهٔ ناصحیح از قفل دیفرانسیل

مواد و روش‌ها

در ایـن پـژوهش برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ تولید داخل سیسـتمی طراحـی و سـاخته شده است تا قفل دیفرانسیل را به صـورت اتوماتـیک، پس از درگیری اولیه که به کمک نیروی پا صـورت مـی‌گیـرد، آزاد کـند. درگیر نگه داشتن قفل دیفرانسیل توسـط یـک بوبـین الکتریکـی صورت می‌گیرد. برای تشخیص وضـعیت‌های بحرانی، از حسگرهای مناسب استفاده شده است. خروجـی ایـن حسگرها به یک میکروکنترلر که برای این هدف خـاص بـرنامه ریـزی شـده اسـت فرسـتاده مـی‌شوند. در آنجا خروجـی حسـگرها مورد پردازش قرار می‌گیرند و دستور لازم بـرای ادامهٔ درگیری یا آزاد شدن قفل دیفرانسیل به یک رله داده مـی‌شـود. سپس رله ولتاژ لازم را برای آزاد کردن قفل، به بوبین الکتریکی می‌فرستد و قفل آزاد می‌شود.

حسگر سرعت

یکـی از وضعیت‌های بحرانی سرعت پیشروی بالا در مسیرهای مسـتقیم اسـت. از بین سیستم‌های مختلف اندازه‌گیری سرعت، سیسـتمی مفیدتر خواهد بود که در مقابل نور، گرد و غبار، گل، آب، روغن و ضربه مقاوم باشد و برای داشتن عمر زیاد، حداقل فرسـایش مکانیکی در آن وجود داشته باشد. به همین منظور از یـک نـوع حسگر القایی سه سیمه که در محدودهٔ ۳۰-۱۲ ولت مسـتقیم بـه صـورت خطـی عمـل مـی‌کند استفاده شد. فاصلهٔ سوئیچینگ این حسگر ۸ میلی‌متر است و توسط رزوه‌های روی بدنهٔ حسگر و پیچ روی چرخ قابل تنظیم است (شکل ۱).

بـا هـر گـردش چـرخ، توسـط ایـن سـوئیچ یـک پالس به میکروکنترلر فرستاده می‌شود. در آنجا فرکانس پالس‌های ارسالی با فرکانس بحرانی که در نرم افزار میکروکنترلر ثبت شده است، مقایسه می‌شود و بسته به این که به حد بحرانی رسیده باشیم یا خیـر، میکروکنترلـر فرمان می‌دهد. در گیر بودن قفل دیفرانسیل در سـرعت‌هـای بالاتـر از ۱۴/۵ کیلومتـر در سـاعت خطرناک خواهد بود(۵).

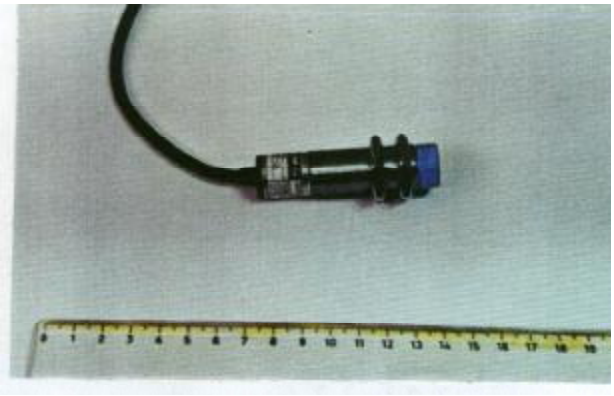
حسگر وضعیت فرمان

وضـعیت بحرانـی دوم، اسـتفاده از فـرمان و پیچـیدن به طرفین اسـت. در ایـن کاربـرد خـاص، چـون گـزارش لحظه به لحظهٔ وضـعیت فـرمان مدنظـر مـا نیسـت از یـک میکروسـوئیچ بـا جابـه‌جایـی زاویه‌ای استفاده شده است. این حسگر در محدودهٔ ۱۸-۱۲ ولـت مسـتقیم کـار مـی‌کـند و طـول آن توسط بازوی میکروسوئیچ، قابل تنظیم است. این کلید نیز به نور، گرد و غبار و خـاک مقـاوم اسـت و نسـبت بـه رطـوبت عایـق بندی شده است(شکل ۲).

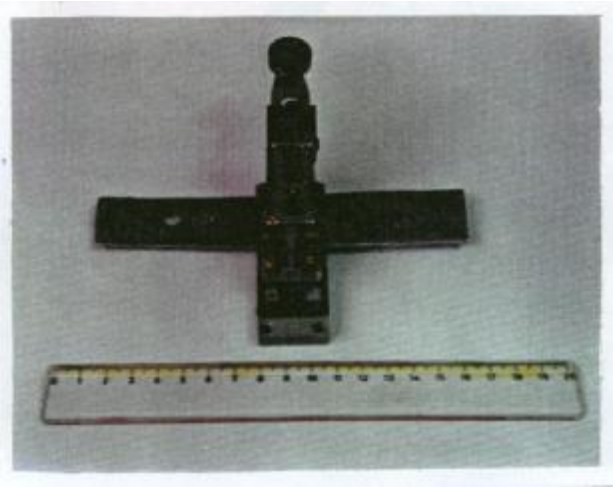
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شکل۱. حسگر سرعت پیشروی



شکل۲. حسگر وضعیت فرمان

حسگر وضعیت ترمزها

وضعیت بحرانی دیگری که درگیر بودن قفل دیفرانسیل در آن خطرناک است، استفاده از یکی از ترمزهاست. بنابراین نیاز است که سیستمی طراحی شود تا در زمان فشردن یکی از پدال‌های ترمز، دستور آزاد کردن قفل را به رله صادر کند. برای تشخیص این وضعیت، از دو سوئیچ کششی استفاده شد که روی اهرم‌بندی ترمز سمت راست و چپ به طور مجزا سوار می‌شوند و در زمانی که پدال فشرده شود، اتصالات اهرم‌بندی ترمز باعث کشش میلهٔ این سوئیچ می‌شود و جریان برق را به مدار می‌فرستد. این حسگر نیز در محدودهٔ ۳۰-۱۲ ولت مستقیم کار می‌کند و توسط یک فنر میزان حساسیت آن قابل تنظیم است(شکل۳).

استفادهٔ هم‌زمان از دو پدال خطری را متوجه اپراتور نخواهد کرد. بنابراین نیاز نیست که در زمان استفادهٔ هم‌زمان از دو پدال، قفل دیفرانسیل از درگیری خارج شود. به همین دلیل، خروجی این حسگرها به میکروکنترلر فرستاده می‌شود تا در آنجا تشخیص داده شود که آیا هر دو پدال فشرده شده‌اند یا یکی از پدال‌ها، سپس دستور مناسب به رله فرستاده شود.

طراحی مدار

میکروکنترلری که در این تحقیق از آن استفاده شده است از نوع ۸۰۵۱ است که دارای دو تایمر و ۴۰ پایه است و با ولتاژ ۵ ولت مستقیم کار می‌کند. با استفاده از این میکروکنترلر و سایر اجزا الکترونیکی، مداری طراحی و ساخته شد که در زمان ایجاد این شرایط بحرانی، یک رله را به کار بیندازد. به وسیلهٔ این رله، ولتاژ ۱۲ ولت در دو سر بوبین قرار می‌گیرد تا قفل دیفرانسیل آزاد شود.

ایجاد سیگنال‌های تحریک میکروکنترلر

یکی از شرایط بحرانی سرعت پیشروی بالاست که برای تشخیص این وضعیت از یک حسگر القایی روی یکی از چرخ‌های متحرک جلو استفاده شده است. بسامد تحریک حسگر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F = V / 2\pi R \qquad [1]$$

که در آن:

F = بسامد بر حسب Hz

V = سرعت بحرانی بر حسب m/s

R = شعاع چرخ بر حسب متر

همان طور که اشاره شد، ولتاژ ورودی میکروکنترلر ۵ ولت است. از این رو با استفاده از مدار شکل ۴ تحریک حسگر سرعت به تحریک ۵ ولت جهت راه اندازی میکروکنترلر تبدیل می‌شود.

از طرف دیگر وضعیت پدال‌ها نیز به همین صورت است. برق ورودی به سوئیچ‌های کششی نصب شده روی ترمزها ۱۲ ولت است. بنابراین، سیگنال خروجی از آنها نیز در زمان فشردن

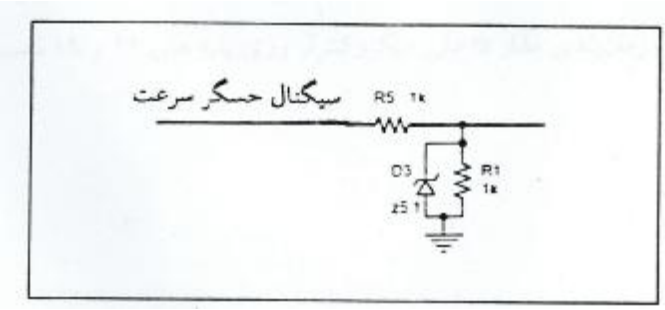
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شکل۳. حسگر وضعیت ترمزها



شکل٤. مدار تحریک میکروکنترلر توسط سیگنال‌های سرعت

پدال‌ها، سیگنال ۱۲ ولت خواهد بود. برای تبدیل این سیگنال به ۵ ولت نیز از تقسیم مقاومتی و دیود استفاده شد(شکل۵).

وضعیت بحرانی سوم استفاده از فرمان است. برای این وضعیت نیز از یک حسگر با جابجایی زاویه‌ای استفاده شد. در زمان رسیدن فرمان به وضعیت‌های بحرانی، توسط این حسگر ولتاژ به بوبین فرستاده شده و قفل از درگیری خارج می‌شود.

مدار میکروکنترلر

تراشهٔ میکروکنترلر ۸۰۵۱ با ولتاژ ۵ ولت مستقیم کار می‌کند. بنابراین باید کلیهٔ سیگنال‌ها در این سطح نگه‌داری شوند(۳). بدین منظور از مدار زیر برای تبدیل برق مستقیم ۱۲ ولت به ۵ ولت استفاده شد. یک کریستال کوارتز ۱۲ مگاهرتز نیز به عنوان سیگنال ساعت برای زمان‌بندی مدار داخلی میکروکنترلر روی پایه‌های ۱۸ و ۱۹ نصب شد(شکل۶).

پایهٔ RST در زمان کار باید صفر باشد. از این رو به وسیله مقاومت R3 به زمین وصل شده است. در لحظه‌ای که مدار وصل می‌شود، میکروکنترلر باید مجدداً راه‌اندازی شود. این کار به وسیله خازن C4 انجام می‌شود. این خازن در لحظهٔ وصل کلید برای زمان بسیار کوتاهی روی پایهٔ RST اثر گذاشته و میکروکنترلر را مجددا راه‌اندازی می‌کند. برای جلوگیری از افزایش بیش از حد ولتاژ روی پایهٔ RST، از یک دیود ۵/۱ ولت استفاده شده‌است. زمانی که یکی از شرایط وصل رله برقرار شود، پایهٔ ۲ (بیت ۱ از پورت۱) صفر شده و ترانزیستور Q1 را قطع می‌کند. بنابراین، ولتاژ ۱۲ ولت روی رله قرار گرفته و آن را وصل می‌کند. در زمانی که شرط وجود نداشته باشد، پایهٔ ۲ یک بوده، ولتاژ روی مقاومت R10 افت می‌کند و رله را قطع می‌کند. موازی سیم‌پیچ رله یک دیود معکوس قرار می‌گیرد که در زمان قطع رله، سیم‌پیچ آن از طریق این دیود انرژی خود را تخلیه می‌کند (شکل۷).

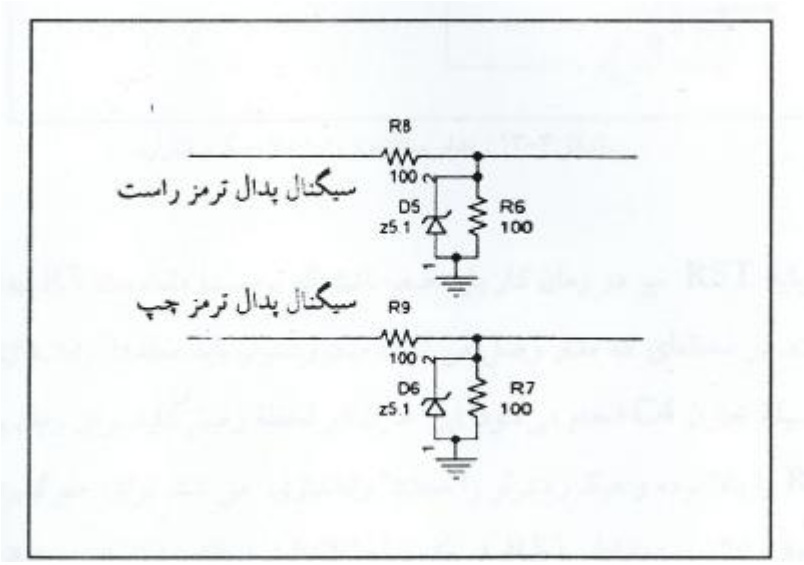
نرم افزار میکروکنترلر

وظیفهٔ نرم‌افزار میکروکنترلر، تطبیق شرایط ایجاد شده برای وصل رله است. برای این منظور از هر دو تایمر تراشه استفاده شده است. در ابتدای کار، برنامه به طور مرتب پایه‌ها را بررسی می‌کند که آیا پایهٔ ورودی حسگر سرعت یا پدال‌های ترمز تحریک شده‌اند یا خیر. در صورتی که حسگر سرعت فعال شده باشد، برنامه صبر می‌کند تا حسگر غیر فعال گردد و سپس شروع به شمارش سیگنال‌ها می‌کند. در صورتی که فاصلهٔ زمانی بین دو سیگنال فرستاده شده از حسگر سرعت، بیشتر از پریود بحرانی باشد، بعبارتی دیگر اگر سرعت پیشروی از سرعت بحرانی فراتر رود، میکروکنترلر بیت ۱ پورت ۱ را صفر می‌کند تا رله به کار افتد. در غیر این صورت برنامه منتظر پالس بعدی حسگر می‌ماند و بعد از رسیدن پالس دوباره، شمارش زمانی خود را شروع می‌کند. بنابراین در این فاصلهٔ زمانی، میکروکنترلر می‌تواند وضعیت پدال‌ها را نیز بررسی کند. در این صورت هرگاه یکی از پدال‌ها فشار داده شود، برنامه تایمر دوم را

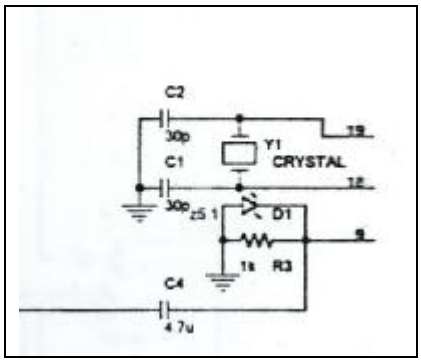
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

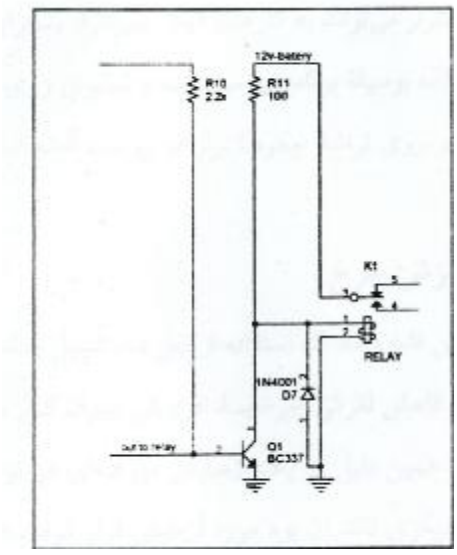
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شکل۵. مدار تحریک میکروکنترلر توسط سیگنال‌های ترمز



شکل٦. مدار ساعت و راه‌انداز میکروکنترلر



شکل۷. مدار تحریک رله

راه‌اندازی می‌کند و مدتی صبر می‌کند که آیا پدال دوم فشار داده می‌شود یا خیر. در صورتی که این گونه نباشد یعنی تنها یکی از پدال‌ها فشرده شود رله از طریق صفرشدن بیت ۱ پورت ۱ به کار خواهد افتاد. ویژگی راه اندازی دو تایمر این است که در مدت زمان شمارش یکی از تایمرها یا هر دوی آنها، میکروکنترلر می‌تواند به کارهای دیگر بپردازد. بنابراین عمل کنترل سرعت و فشار پدال‌ها به طور جداگانه به وسیله برنامه بررسی شده و تأثیری روی یکدیگر نخواهند داشت.

اندازه‌گیری لغزش چرخ

همان گونه که قبلاً اشاره گردید، استفاده از قفل دیفرانسیل باعث یکسان شدن دور دو محور چرخ و در نتیجه کاهش لغزش چرخ‌ها، افزایش ظرفیت مزرعه‌ای تراکتور و کاهش مصرف سوخت خواهد شد. به همین دلیل در یک آزمایش

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مـزرعه‌ای، تـراکتور در دو وضـعیت عـادی و مجهـز به سیستم سـاخته شده، مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش از یک گاوآهن سه خیشهٔ سوار با عرض کار ۱۱۰ سانتی‌متر استفاده شد و وضـعیت لغـزش چرخ‌ها و مصرف سوخت تراکتور در عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر در دو تکرار مشخص شد.

بـرای محاسـبهٔ لغـزش چـرخ از روش مـتعارف آن یعنـی انـدازه‌گیـری تعـداد دور چرخ‌ها در مسافتی معین، استفاده شد. بـدین مـنظور مسـافتی مشخص در زمین علامت گذاری شد و تعـداد دور چـرخ‌هـای محـرک تـراکتور در ایـن فاصله، در دو مـرحله، یکـی تحـت بار و دیگری در حالت بدون بار شمارش شد و با استفاده از رابطهٔ (۲) مقدار لغزش چرخ مشخص شد.

رابطهٔ کلی لغزش بدین صورت است که :

$$\sigma = (V- Vo)/V \qquad [۲]$$

که در آن:

σ = لغزش

Vo= سرعت واقعی تراکتور(m/s)

V= سرعت نظری تراکتور(m/s)

آزمایش عملکرد سیستم

بعد از آماده‌سازی، سیستم روی تراکتور نصب شد و تراکتور در وضـعیت‌هـای بحرانـی قرار داده شد و عملکرد سیستم مشاهده شد. این وضعیت‌ها بدین قرار بودند:

وضـعیت B,C: سـرعت پیشـروی بـالا، فرمان مستقیم، استفادهٔ هـمزمـان و یـا عـدم اسـتفاده از ترمـزها در نتـیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد یک وضعیت بحرانی(سرعت پیشروی بالا).

وضـعیت A: سرعت پیشروی بالا، فرمان مستقیم، استفادهٔ تکی از ترمـزها در نتـیجه آزاد شـدن قفـل دیفرانسـیل به دلیل ایجاد هـمزمان دو وضعیت بحرانی(سرعت پیشروی بالا و استفاده از ترمزهای مستقل).

وضـعیت E,F: سرعت پیشروی بالا، فرمان غیرمستقیم، استفادهٔ هـمزمـان و یـا عـدم استفاده از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسـیل بـه دلـیل ایجاد همزمان دو وضعیت بحرانی(سرعت پیشروی بالا و فرمان غیر مستقیم).

وضـعیت D: سـرعت پیشـروی بالا، فرمان غیرمستقیم، استفادهٔ تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هـمزمـان هر سه وضعیت بحرانی(سرعت پیشروی بالا، فرمان غیرمستقیم و استفاده از ترمزهای مستقل).

وضـعیت H,I: سـرعت پیشروی پایین، فرمان مستقیم، استفادهٔ هم‌زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه ادامهٔ درگیری قفل دیفرانسیل به دلیل عدم ایجاد شرایط بحرانی.

وضعیت G: سـرعت پیشروی پایین، فرمان مستقیم، استفادهٔ تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد یک وضعیت بحرانی(استفاده از ترمزهای مستقل).

وضـعیت K,L: سـرعت پیشروی پایین، فرمان غیرمستقیم، اسـتفادهٔ هم‌زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه آزادشدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد یک وضعیت بحرانی(فرمان غیرمستقیم).

وضـعیت J : سرعت پیشروی پایین، فرمان غیرمستقیم، استفادهٔ تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هم‌زمان دو وضعیت بحرانی(فرمان غیرمستقیم و استفادهٔ تکی از ترمزها). این نتایج در جدول ۱ موجود است.

همـان طور که در جدول ۱ نیز دیده می‌شود ایجاد شدن هر یـک از شـرایط بحرانـی و یـا ایجاد توأم آنها، خللی در سیستم ایجاد نخواهد کرد و قفل آزاد می‌شود.

آزمایش در مزرعه

در یـک سـری آزمـایش‌های مزرعه‌ای، تراکتور در دو وضعیت مجهـز بـه سیسـتم سـاخته شـده و فاقـد آن مورد آزمایش قرار گـرفت و وضـعیت لغـزش چـرخ‌ها و مصرف سوخت تراکتور انـدازه‌گیـری گـردید کـه نـتایج آن در شـکل‌های ۸ و ۹ آورده شده‌اند.

نتیجه‌گیری و بحث

۱. آزمـایش‌ها نشان دادند که بین لغزش چرخ‌های سمت راست و چپ تراکتـور عـادی، در عملیات خاکـورزی حدود ۶ درصد

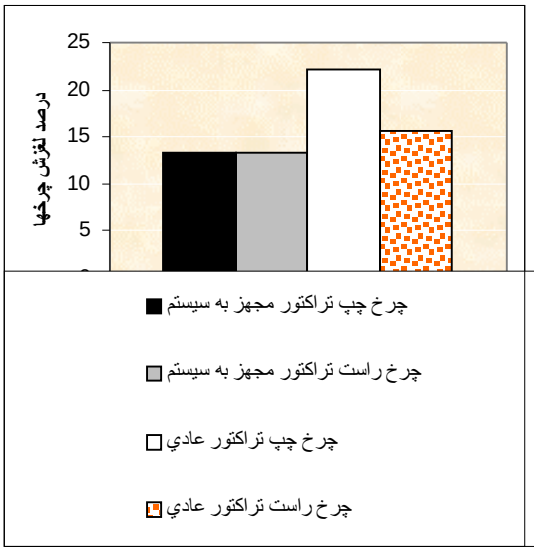
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

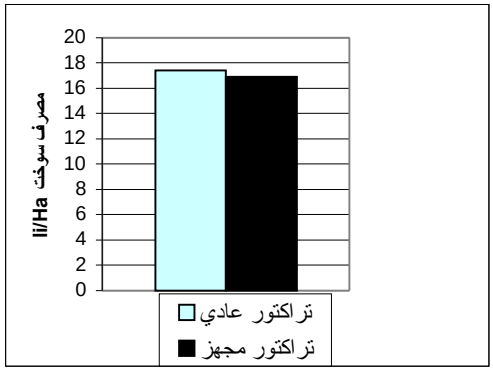
جدول ۱. وضعیت تراکتور در هنگام رویارویی با شرایط بحرانی

موارد	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
سرعت												
بالا	+	+	+	+	+	+						
پایین							+	+	+	+	+	+
فرمان												
مستقیم	+	+	+				+	+	+			
غیر مستقیم				+	+	+				+	+	+
ترمزها												
یک پدال	+			+			+			+		
دوپدال		+			+			+			+	
عدم استفاده			+			+			+			+
قفل‌دیفرانسیل												
درگیر								+	+			
آزاد	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+



شکل۸. لغزش چرخ‌های راست و چپ تراکتور در دو وضعیت عادی و مجهز به سیستم قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



شکل۹. مقدار مصرف سوخت در دو تراکتور فاقد و مجهز به سیستم قفل دیفرانسیل

تفـاوت وجود دارد(شکل۸). این تفاوت به علت بارگذاری‌های نامسـاوی روی چـرخ‌هـای عقـب ایجـاد مـی‌شود. در عملیات خـاک‌ورزی با ادوات خاک‌ورزی اولیه که اغلب آنها خاک را به یـک سـمت مـی‌ریـزند، بارگذاری روی چرخ‌ها متفاوت است. به علاوه قرارگیری یکی از چرخ‌ها درون شیار نیز بر این مسأله می‌افزاید(۷).

۲. اسـتفاده از قفل دیفرانسیل به علت یکی کردن دور دو محور و حـذف آثـار ناشـی از تفـاوت دور آنها، باعث بهبود اثر منفی بارگـذاری‌هـای نامساوی روی چرخ‌های عقب و کاهش لغزش چرخ‌ها شده است.

۳. کـاهش درصـد لغـزش چـرخ‌هـا، باعـث بـالا رفتن سرعت پیشـروی و در نتـیجه بهبود مصرف سوخت در حدود ۰/۵ لیتر در هکتار شده است(شکل۹).

٤. اسـتفاده از میکروکنترلـر بـه عنوان واحد تصمیم گیرنده این امکان را ایجاد می‌کند تا بتوان پارامترهای دیگری را برای کنترل بـه آن اضافه کرد و یا موارد موجود را تغییر داد. به عنوان مثال، یک حسگر دیگر هم روی چرخ عقب نصب شود و از روی آن مقـدار لغـزش چرخ‌ها در عملیات مختلف، توسط میکروکنترلر محاسبه شود.

۵. اسـتفاده از میکروکنترلـر باعـث شـده است تا ایجاد همزمان شـرایط بحرانـی خللی در انجام وظیفهٔ سیستم ایجاد نکند و در زمـان رویارویـی بـا دو وضـعیت بحرانـی و یا برقراری هر سه وضعیت بحرانی نیز، قفل دیفرانسیل آزاد شود.

سپاسگزاری

از دوسـتان عزیـزم جـناب آقـای مهـندس کلینی و جناب آقای مهـندس ملکـی کـه در انجـام کارهـای الکترونیکی و مزرعه‌ای یاری رسانم بودند و شخصیت حقوقی دانشگاه صنعتی اصفهان که امکانات لازم را برای این تحقیق فراهم کرد قدردانی می‌کنم.

منابع مورد استفاده

۱. بهروزی لار، م. ۱۳۶۹. *شناخت و کاربرد تراکتور*. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی، کرج.

۲. ثقفی، م. ۱۳۶۹. *تراکتور و مکانیزم آن*(ترجمه). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۳. رضایی نیا. ۱۳۷۷. *میکروکنترلر ۸۰۵۱* (ترجمه). انتشارات باغانی، تهران.

٤. مؤمنی آبخارکی، د. ۱۳۸۰. طراحی و ساخت قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

5. Anonymous. 1992. Massey Ferguson 8100. Great Britain.
6. Borgman, D. E. 1974. Fundamentals of machine operation:Tractors. Deere Company, Moline, Illinois, USA.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7. Duquesne, F., L. Kermis and R. Verschoore. 1995. Influence of differential locking on tractor work rate: part 1. J. Agric. Eng. Res. 60(3):201-209.
8. Hattori,M. 1980. Control system for a differential lock mechanism. WWW: url:http://uspto.gov/.NO:4218938.
9. Jewett, T.N. 1973. Locking differential control system.WWW:url:http:// uspto.gov/.NO:4347760.
10. Louckes, T.N. 1973. Locking type differential gear mechanism. WWW: url: http://uspto.gov/NO:3732752.
11. Neisch, J.C. 1972. Differential control. WWW:url:http://uspto.gov/. NO: 3706351.
12. Orbach, A. and W.L. Schubert. 1996. Differential lock control system for agricultural vehicles. WWW:url:http uspto.gov/.NO:5505267.
13. Saverio, G.B. 1990. Auto Technology, Theory & Service. New york: Delmar publishers Inc,USA.
14. Sharp, E.A. 1974. Full time slip controlled four wheel drive. WWW: url http://uspto.gov/.NO:3845671.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.4.19.6]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com