

## ساخت قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵

داود مؤمنی آبخارکی<sup>۱</sup>، برات قبادیان<sup>۲</sup>، عباس همت<sup>۳</sup> و سعید مینایی<sup>۴</sup>

### 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 محرك، 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 مسی فرگوسن 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 جایه‌جایی زاویه‌ای استفاده شد. خروجی این حسگرها به یک مدار تصمیم‌گیرنده فرستاده شده و در آنجا تصمیم لازم مبنی بر ادامه درگیری یا آزادشدن آن گرفته می‌شود. مدار تصمیم‌گیرنده 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 گاو‌اهن 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 غیریکسان زیر لاستیک چرخ‌های محرك، 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 مسی فرگوسن ۲۸۵، قفل دیفرانسیل نیمه‌اتوماتیک

### مقدمه

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 ارائه با توجه به زوال سوخت‌های فسیلی و این که تراکتور به عنوان اصلی‌ترین وسیله مصرف کننده سوخت در بخش کشاورزی

۱. محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهنه‌جوان

۲. به ترتیب استادیار و استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استاد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

شده است(۲ و ۶). در این زمینه محققین بسیار سیستم‌های متفاوتی را طراحی کرده‌اند تا از خطرات استفاده ناصحیح از این سیستم بکاهند. یکی از از راه حل‌های پیشنهادی استفاده از کلچهای گروهی روی محور چرخ‌هاست(۱۳). راه حل دیگری که در این مورد ارائه شده، استفاده از ترمزهای مستقل است (۱۱). نحوه 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 سولونوئید را به کار می‌انداخت. یک حسگر سرعت، اهرم قفل دیفرانسیل را زمانی که سرعت پیشروی بالا باشد به حالت عادی بر می‌گرداند(۱۰). هاتوری(Hattori) با توجه به سیستم به کار برده شده در ماشین‌های رامسازی و با توجه به این که در گیر شدن قفل دیفرانسیل در سرعت‌های بالا علاوه بر کاهش عمر قطعات، از لحظه ایمنی نیز بسیار خطربناک است مدلی را طراحی کرد که امکان در گیر شدن قفل دیفرانسیل در سرعت‌های پیشروی بالا وجود نداشت. او در این مدل با استفاده از سیال هوا و یک شیر سولونوئیدی که در مسیر سیال قرار گرفته بود، در گیر شدن قفل دیفرانسیل را بسته به این که اهرم دنده 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 در گیر شدن پدال قفل دیفرانسیل می‌شد. در این وضعیت اگر به وسیله راننده پدال فشار داده شود قفل در گیر نخواهد شد(۸). جوت(Jewett) نیز مدلی مشابه مدل هاتوری طراحی کرد، با این تفاوت که از سیال روغن استفاده کرد(۹).

اورباخ 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 مواجهه شدن با شرایط بحرانی، قفل دیفرانسیل را آزاد می‌کرد. خروجی حسگرهای

در مورد آنها، مورد استفاده مطلوب قرار نمی‌گیرند. سیستم هیدرولیک تراکتور، شیر کنترل کنندهٔ دبی جریان در سیستم هیدرولیک، نشانگرهای مختلف تعییه 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 دنده سینکرون و غیر سینکرون 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 ذکر شده، سیستم قفل دیفرانسیل است که برای یکسان کردن دور دو محور چرخ‌های محرک تراکتور ساخته شده‌است. این سیستم می‌تواند باعث کاهش بکسوات، بهبود زمین‌گیرایی، 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 در گیر 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). در گیری 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 در گیری‌های طولانی، کنترل او را در بقیه امور کاهش خواهد داد.

در گیر بودن قفل دیفرانسیل در هنگام دور زدن، در سرعت‌های پیشروی بالا و در هنگام استفاده از ترمزهای مجزا، بسیار خطربناک و حادثه‌آفرین خواهد بود، از این رو در موارد ذکر شده باید مطمئن بود که قفل دیفرانسیل از در گیری خارج

خاص برنامه ریزی شده است فرستاده می‌شوند. در آنجا خروجی حسگرها مورد پردازش قرار می‌گیرند و دستور لازم برای ادامه درگیری یا آزاد شدن قفل دیفرانسیل به یک رله داده می‌شود. سپس رله ولتاژ لازم را برای آزاد کردن قفل، به بوبین الکتریکی می‌فرستد و قفل آزاد می‌شود.

### حسگر سرعت

یکی از وضعیت‌های بحرانی سرعت پیشروی بالا در مسیرهای مستقیم است. از بین سیستم‌های مختلف اندازه‌گیری سرعت، سیستمی مفیدتر خواهد بود که در مقابل نور، گرد و غبار، گل، آب، روغن و ضربه مقاوم باشد و برای داشتن عمر زیاد، حداقل فرسایش مکانیکی در آن وجود داشته باشد. به همین منظور از یک نوع حسگر القایی سه سیمه که در محدوده ۱۲-۳۰ ولت مستقیم به صورت خطی عمل می‌کند استفاده شد. فاصله سوئیچینگ این حسگر ۸ میلی‌متر است و توسط رزووهای روی بدنه حسگر و پیچ روی چرخ قابل تنظیم است (شکل ۱).

با هر گردش چرخ، توسط این سوئیچ یک 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 خیر، میکروکنترلر فرمان می‌دهد. در گیر بودن قفل دیفرانسیل در سرعت‌های بالاتر از ۱۴/۵ کیلومتر در ساعت خطرناک خواهد بود (۵).

### حسگر وضعیت فرمان

وضعیت بحرانی دوم، استفاده از فرمان و پیچیدن به طرفین است. در این کاربرد خاص، چون گزارش لحظه به لحظه وضعیت فرمان مدنظر مانیست از یک میکروسوئیچ با جابه‌جایی زاویه‌ای استفاده شده است. این حسگر در محدوده ۱۲-۱۸ ولت مستقیم کار می‌کند و طول آن توسط بازوی میکروسوئیچ، قابل تنظیم است. این کلید نیز به نور، گرد و غبار و خاک مقاوم است و نسبت به رطوبت عایق بندی شده است (شکل ۲).

به کار رفته به واحد پردازش فرستاده می‌شد و در آنجا تصمیم لازم برای ادامه درگیری و یا آزادشدن قفل دیفرانسیل صادر می‌شد (۱۲).

سیستم 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 مجهر شده‌اند (۵).

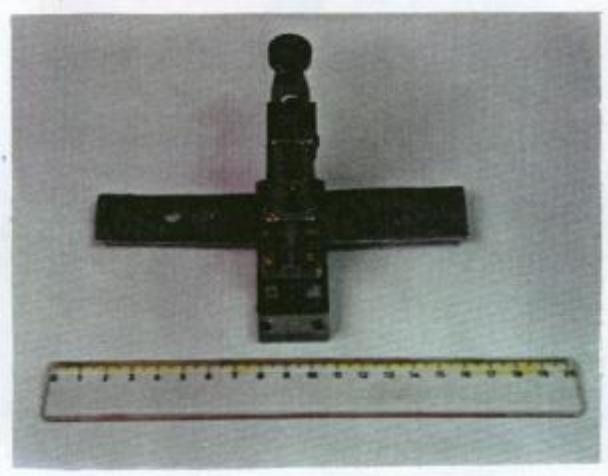
بر اساس جستجوهایی که توسط نویسنده‌گان این مقاله در مجلات و پایگاه‌های اطلاع‌رسانی داخلی صورت گرفته، هیچ‌گونه فعالیتی در زمینه بهینه سازی قفل دیفرانسیل انجام نشده و یا در صورت پژوهش در جایی به صورت مکتوب بیان نشده است.

تعیین آثار این سیستم بر لغزش چرخ‌ها، مصرف سوخت و ظرفیت مزرعه‌ای از مسایلی هستند که امکان بررسی آنها با ساخت نمونه اولیه این سیستم امکان پذیر خواهد بود. مزایایی که استفاده از این سیستم به همراه خواهد داشت عبارت اند از:

- ۱- افزایش نیروی زمین گیرایی
- ۲- کاهش بکسوات چرخ‌های محرک و در نتیجه بالابردن میزان کار تراکتور
- ۳- کاهش فرسایش لاستیک‌های محرک
- ۴- بالا بردن دقیقت رانندگان در امر رانندگی به علت کم کردن وظایف آنها
- ۵- کاهش خطرات استفاده ناصحیح از قفل دیفرانسیل

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ تولید داخل سیستمی طراحی و ساخته شده است تا قفل دیفرانسیل را به صورت اتوماتیک، پس از درگیری اولیه که به کمک نیروی پا صورت می‌گیرد، آزاد کند. در گیر نگه داشتن قفل دیفرانسیل توسط یک بوبین الکتریکی صورت می‌گیرد. برای تشخیص وضعیت‌های بحرانی، از حسگرهای مناسب استفاده شده است. خروجی این حسگرها به یک میکروکنترلر که برای این هدف



شکل ۲. حسگر وضعیت فرمان



شکل ۱. حسگر سرعت پیشروی

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 وسیله 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:

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

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 ترمزاها ۱۲ ولت است. بنابراین، سیگنال خروجی از آنها نیز در زمان فشردن

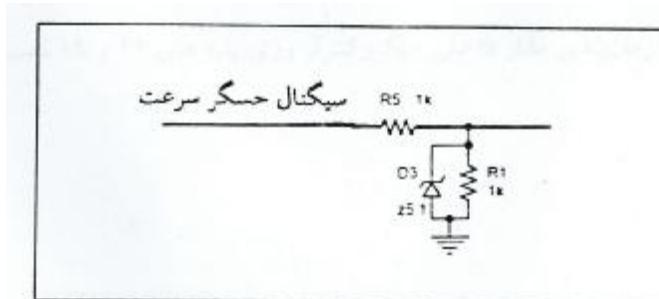
#### حسگر وضعیت ترمزاها

وضعیت بحرانی دیگری که درگیر بودن قفل دیفرانسیل در آن خطرناک است، استفاده از یکی از ترمزاهاست. 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 میله این سوئیچ می‌شود و جریان برق را به مدار می‌فرستد. این حسگر نیز در محدوده ۱۲–۳۰ ولت مستقیم کار می‌کند و توسط یک فنر میزان حساسیت آن قابل تنظیم است (شکل ۳).

استفاده هم‌زمان از دو پدال خطری را متوجه اپراتور نخواهد کرد. بنابراین نیاز نیست که در زمان استفاده هم‌زمان از دو پدال، قفل دیفرانسیل از درگیری خارج شود. به همین دلیل، خروجی این حسگرهای 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 تایмер و ۴۰ پایه است و با ولتاژ ۵



شکل ۴. مدار تحریک میکروکنترلر توسط سیگنال‌های سرعت

قطع می‌کند. بنابراین، ولتاژ ۱۲ ولت روی رله قرار گرفته و آن را وصل می‌کند. در زمانی که شرط وجود نداشته باشد، پایه ۲ یک بوده، ولتاژ روی مقاومت R10 افت می‌کند و رله را قطع می‌کند. موازی سیم پیچ رله یک دیود معکوس قرار می‌گیرد که در زمان قطع رله، سیم پیچ آن از طریق این دیود انرژی خود را تخلیه می‌کند (شکل ۷).

#### نرم افزار میکروکنترلر

وظیفه نرم افزار 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 پایه 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 فاصله زمانی بین دو سیگنال فرستاده شده از حسگر سرعت، بیشتر از پریود بحرانی باشد، بعبارتی دیگر اگر سرعت پیش روی 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 فاصله زمانی، میکروکنترلر می‌تواند وضعیت پدال‌ها را نیز بررسی کند. در این صورت هرگاه یکی از پدال‌ها فشار داده شود، برنامه تایمر دوم را



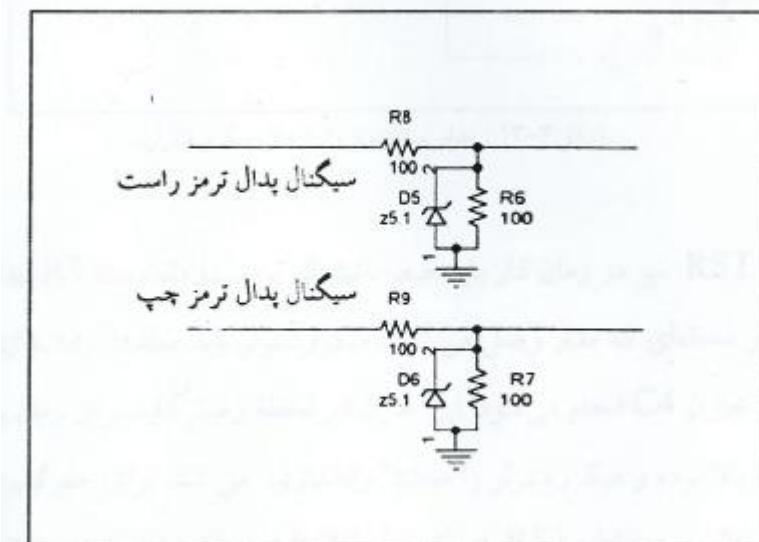
شکل ۳. حسگر وضعیت ترمزا

پدال‌ها، سیگنال ۱۲ ولت خواهد بود. برای تبدیل این سیگنال به ۵ ولت نیز از تقسیم مقاومتی و دیود استفاده شد (شکل ۵). 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 بویین فرستاده شده و قفل از درگیری خارج می‌شود.

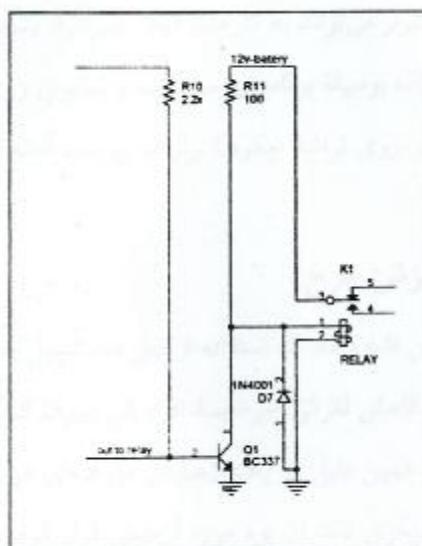
#### مدار میکروکنترلر

траشه میکروکنترلر، ۸۰۵۱، با ولتاژ ۵ ولت مستقیم کار می‌کند. بنابراین باید کلیه 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 (شکل ۶).

پایه 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 لحظه وصل کلید برای زمان بسیار کوتاهی روی پایه RST اثر گذاشته و میکروکنترلر را مجدداً راهاندازی می‌کند. برای جلوگیری از افزایش بیش از حد ولتاژ روی پایه RST، از یک دیود ۵/۱ ولت استفاده شده است. زمانی که یکی از شرایط وصل رله برقرار شود، پایه ۲ (بیت ۱ از پورت ۱) صفر شده و ترانزیستور Q1 را



شکل ۵. مدار تحریک میکروکنترلر توسط سیگنال‌های ترمز

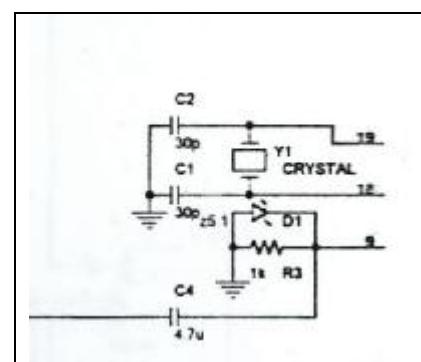


شکل ۷. مدار تحریک رله

بررسی شده و تأثیری روی یکدیگر نخواهد 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 مزروعه‌ای تراکتور و کاهش مصرف سوخت خواهد شد. به همین دلیل در یک آزمایش



شکل ۶. مدار ساعت و راهانداز میکروکنترلر

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 تایмер این است که در مدت زمان شمارش یکی از تایمربهای یا هر دوی آنها، میکروکنترلر می‌تواند به کارهای دیگر پردازد. بنابراین عمل کنترل سرعت و فشار پدال‌ها به طور جداگانه به وسیله برنامه

پیشروی بالا و فرمان غیر مستقیم).  
**وضعیت D:** سرعت پیشروی بالا، فرمان غیر مستقیم، استفاده تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هم زمان هر سه وضعیت بحرانی (سرعت پیشروی بالا، فرمان غیر مستقیم و استفاده از ترمزهای مستقل).

**وضعیت H,I:** سرعت پیشروی پایین، فرمان مستقیم، استفاده هم زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه ادامه درگیری قفل دیفرانسیل به دلیل عدم ایجاد شرایط بحرانی.

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

**وضعیت K,L:** سرعت پیشروی پایین، فرمان غیر مستقیم، استفاده هم زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد یک وضعیت بحرانی (فرمان غیر مستقیم).

**وضعیت J:** سرعت پیشروی پایین، فرمان غیر مستقیم، استفاده تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هم زمان دو وضعیت بحرانی (فرمان غیر مستقیم و استفاده تکی از ترمزها). این نتایج در جدول ۱ موجود است.

همان طور که در جدول ۱ نیز دیده می شود ایجاد شدن هر یک از شرایط بحرانی و یا ایجاد توأم آنها، خللی در سیستم ایجاد نخواهد کرد و قفل آزاد می شود.

### آزمایش در مزرعه

در یک سری آزمایش های مزرعه ای، تراکتور در دو وضعیت مجهر به سیستم ساخته شده و فاقد آن مورد آزمایش قرار گرفت و وضعیت لغزش چرخ ها و مصرف سوخت تراکتور اندازه گیری گردید که نتایج آن در شکل های ۸ و ۹ آورده شده اند.

### نتیجه گیری و بحث

۱. آزمایش ها نشان دادند که بین لغزش چرخ های سمت راست و چپ تراکتور عادی، در عملیات خاکورزی حدود ۶ درصد

مزرعه ای، تراکتور در دو وضعیت عادی و مجهر به سیستم ساخته شده، مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش از یک گاو آهن سه خیشه سوار با عرض کار ۱۱۰ سانتی متر استفاده شد و وضعیت لغزش چرخ ها و مصرف سوخت تراکتور در عمق ۲۵ سانتی متر در دو تکرار مشخص شد.

برای محاسبه لغزش چرخ از روش متعارف آن یعنی اندازه گیری تعداد دور چرخ ها در مسافتی معین، استفاده شد. بدین منظور مسافتی مشخص در زمین علامت گذاری شد و تعداد دور چرخ های محرك تراکتور در این فاصله، در دو مرحله، یکی تحت بار و دیگری در حالت بدون بار شمارش شد و با استفاده از رابطه (۲) مقدار لغزش چرخ مشخص شد.

رابطه کلی لغزش بدین صورت است که :

$$\sigma = (V - V_0)/V \quad [2]$$

که در آن :

$$\sigma = \text{لغزش}$$

$$= \text{سرعت واقعی تراکتور} \text{ (m/s)}$$

$$V = \text{سرعت نظری تراکتور} \text{ (m/s)}$$

### آزمایش عملکرد سیستم

بعد از آماده سازی، سیستم روی تراکتور نصب شد و تراکتور در وضعیت های بحرانی قرار داده شد و عملکرد سیستم مشاهده شد. این وضعیت ها بدین قرار بودند:

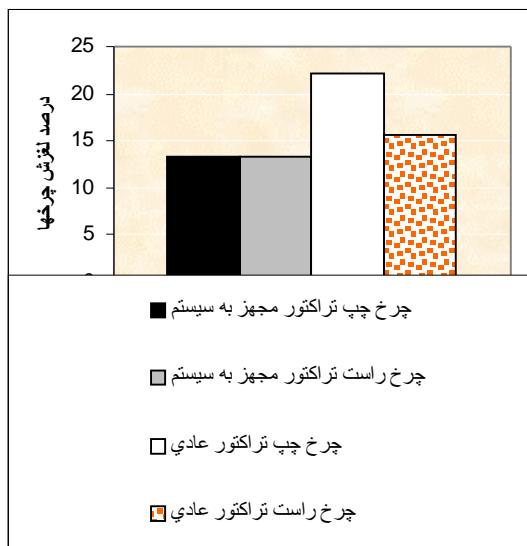
**وضعیت C:** سرعت پیشروی بالا، فرمان مستقیم، استفاده هم زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد یک وضعیت بحرانی (سرعت پیشروی بالا).

**وضعیت A:** سرعت پیشروی بالا، فرمان مستقیم، استفاده تکی از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هم زمان دو وضعیت بحرانی (سرعت پیشروی بالا و استفاده از ترمزهای مستقل).

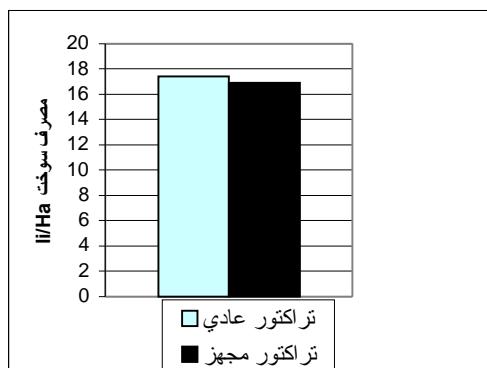
**وضعیت E,F:** سرعت پیشروی بالا، فرمان غیر مستقیم، استفاده هم زمان و یا عدم استفاده از ترمزها در نتیجه آزاد شدن قفل دیفرانسیل به دلیل ایجاد هم زمان دو وضعیت بحرانی (سرعت

## جدول ۱. وضعیت تراکتور در هنگام رویارویی با شرایط بحرانی

L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	موارد
<u>سرعت</u>												
												بالا
+ + + + + +							+ + + + + +					پایین
<u>فرمان</u>												
												مستقیم
+ + +							+ + +					غیر مستقیم
<u>ترمیها</u>												
												یک پدال
+ + +							+ + +					دو پدال
+ + +							+ + +					عدم استفاده
<u>قفل دیفرانسیل</u>												
												در گیر
+ + +							+ + + + + + + + + +					آزاد



شکل ۸ لغزش چرخ‌های راست و چپ تراکتور در دو وضعیت عادی و مجهز به سیستم قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک



شکل ۹. مقدار مصرف سوخت در دو تراکتور فاقد و مجهز به سیستم قفل دیفرانسیل

به 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 مقدار لغزش چرخ‌ها در عملیات مختلف، توسط میکروکنترلر محاسبه شود.

۵. استفاده از میکروکنترلر باعث شده است تا ایجاد همزمان شرایط بحرانی خلیلی در انجام وظیفه سیستم ایجاد نکند و در زمان رویارویی با دو وضعیت بحرانی و یا برقراری هر سه وضعیت بحرانی نیز، قفل دیفرانسیل آزاد شود.

### سپاسگزاری

از دوستان عزیزم جناب آقای مهندس کلینی و جناب آقای مهندس ملکی که در انجام کارهای الکترونیکی و مزرعه‌ای یاری رسانم بودند و شخصیت حقوقی دانشگاه صنعتی اصفهان که امکانات لازم را برای این تحقیق فراهم کرد قدردانی می‌کنم.

تفاوت وجود دارد(شکل ۸). این تفاوت به علت بارگذاری‌های نامساوی روی چرخ‌های عقب ایجاد می‌شود. در عملیات خاکورزی با ادوات خاکورزی اولیه که اغلب آنها خاک را به یک سمت می‌ریزند، بارگذاری روی چرخ‌ها متفاوت است. به علاوه قرارگیری یکی از چرخ‌ها درون شیار نیز بر این مسئله می‌افزاید(۷).

۲. استفاده از قفل دیفرانسیل به علت یکی کردن دور دو محور و حذف آثار ناشی از تفاوت دور آنها، باعث بهبود اثر منفی بارگذاری‌های نامساوی روی چرخ‌های عقب و کاهش لغزش چرخ‌ها شده است.

۳. کاهش درصد لغزش چرخ‌ها، باعث بالا رفتن سرعت پیشروی و در نتیجه بهبود مصرف سوخت در حدود ۰/۵ لیتر در هکتار شده است(شکل ۹).

۴. استفاده از میکروکنترلر به عنوان واحد تصمیم گیرنده این امکان را ایجاد می‌کند تا بتوان پارامترهای دیگری را برای کنترل

### منابع مورد استفاده

۱. بهروزی لار، م. ۱۳۶۹. شناخت و کاربرد تراکتور. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی، کرج.
۲. شفیعی، م. ۱۳۶۹. تراکتور و مکانیزم آن(ترجمه). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۳. رضایی نیا. ۱۳۷۷. میکروکنترلر ۸۰۵۱ (ترجمه). انتشارات باغانی، تهران.
۴. مؤمنی آبخارکی، د. ۱۳۸۰. طراحی و ساخت قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵. پایان نامه 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.

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>](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>.