

ساخت و ارزیابی سامانه سرعت خزشی برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵

اورنگ تاکی^۱، محسن حیدری سلطان آبادی^{۱*} و اردشیر اسدی^۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۱

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
* مسئول مکاتبه: mheisol@gmail.com

چکیده

برخی از عملیات کشاورزی مانند کاشت نشاء، شعله افکنی و حفر کانال نیاز به سرعت‌های پایین تراکتور دارد. این سرعت‌ها در تراکتورهای پیشرفته با استفاده از دنده خزشی تولید می‌شوند. متداول‌ترین تراکتور موجود در ایران تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ تک دیفرانسیل ساخت شرکت تراکتورسازی تبریز است. استفاده از این تراکتور با توجه به عدم توانایی در ایجاد سرعت‌های کم برای عملیات با سرعت کم، محدود می‌شود. در این تحقیق سامانه دنده قابل نصب بر روی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ طراحی و ساخته شد و عملکرد آن از لحاظ سرعت و حداکثر نیروی کششی انتقالی به چرخ‌های تراکتور مورد ارزیابی قرار گرفت. این سامانه متشکل از یک هیدروموتور و یک کاهنده خورشیدی است که در آن جریان هیدرولیک خروجی تراکتور به هیدروموتور متصل شده و حرکت هیدروموتور پس از کاهش دور در کاهنده به محور PTO تراکتور منتقل می‌شود. از آنجا که محور PTO در حالت چرخ گرد قرار دارد، حرکت محور موجب حرکت چرخ‌های تراکتور می‌شود. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که سامانه انتقال توان ساخته شده قادر است سرعت‌های حدود ۰/۱۲ تا ۰/۳۸ کیلومتر در ساعت را برای تراکتور تامین کند. در این حالت حداکثر نیروی کششی مالبندی، ۱۴۲۱/۴۲ نیوتن به دست آمد. این سامانه انتقال توان را می‌توان برای حرکت تراکتور در عملیاتی مانند شعله افکنی، حفر کانال‌های سراسری برای کوددهی درختان میوه، نشاء کاری و برداشت صیفی جات به کار برد.

واژه‌های کلیدی: تراکتور، جعبه‌دنده خزشی، سرعت خزشی، نیروی مالبندی

۱- مقدمه

پیشروی، گاهاً در حد چند سانتی‌متر در ثانیه، لازمه انجام این امور و عملیات‌های مشابه است. دستیابی به این سرعت‌ها از طریق سامانه‌های کاهنده سرعت، مانند دنده خزشی موجود در تراکتورهای پیشرفته امکان‌پذیر است. به‌عنوان مثال تراکتور مرک‌ترنتور ساخت انگلیس علاوه بر قابلیت حرکت در سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت، قادر به تولید سرعت پیشروی ۱/۵ کیلومتر در ساعت نیز هست (علیمردانی، ۱۳۸۱).

تا قبل از دهه ۹۰ میلادی تراکتورهای موجود در دنیا برای انجام عملیات با سرعت‌های خیلی پایین قابلیت لازم را نداشته و این عملیات عموماً با نیروی کارگری انجام می‌شد. در دو دهه اخیر در جعبه‌دنده تراکتورها یک دنده حلزونی برای سرعت‌های خزشی (۰/۲ تا ۱ کیلومتر در ساعت) تعبیه شده است که به دنده خزشی معروف بوده و معمولاً به‌عنوان یک گزینه اضافی بر روی برخی از تراکتورها نصب گردیده است. در حالی که در تراکتورهای معمولی چنین سامانه‌ای تعبیه نشده است و عملاً امکان ایجاد سرعت‌های پایین در این تراکتورها وجود ندارد. در ایران با توجه به این‌که فناوری ساخت تراکتورهای متداول

امروزه بسیاری از ادوات کشاورزی توسط تراکتورهای مناسب راه‌اندازی می‌شوند. توان مورد نیاز این وسایل از طریق توان کششی، گشتاور خروجی محور انتقال قدرت یا خروجی‌های هیدرولیک تراکتور تامین می‌شود. سرعت پیشروی تراکتور در انجام عملیات مختلف کشاورزی از عوامل مهم در اجرای دقیق و موثر عملیات محسوب می‌شود و هر عملیات در محدوده مشخصی از سرعت تعریف می‌شود تا از این طریق راندمان مزرعه‌ای و به‌طور کلی راندمان مصرف انرژی در حد قابل قبول باشد. این سرعت‌ها را می‌توان در چهار دسته خزشی (کمتر از ۲ کیلومتر در ساعت)، آرام (حدود ۵ کیلومتر در ساعت)، مزرعه‌ای (حدود ۱۰ کیلومتر در ساعت) و حمل و نقل که سرعت‌های بالاتر را شامل می‌شود، تقسیم کرد (رادمرد، ۱۳۸۵).

از جمله عملیاتی که نیاز به سرعت‌های خزشی دارد می‌توان به عملیات کاشت نشاء، شعله افکنی و حفر کانال اشاره کرد. سرعت پایین

نرم افزارهای 2008، Geartrax و 2008، Solidworks و Cosmos 2008 انجام شد. نتایج تحقیق نشان دادند که با توجه به محدودیت‌های طراحی و اعمال حداکثر تغییرات ممکن در ابعاد و مشخصات فنی چرخ‌دنده‌های تراکتور MF285، امکان حصول به سرعت‌های خزشی نیست. به پیشنهاد این محققان، استفاده از کاهنده نهایی تراکتور ITM399 با نسبت کاهش ۴/۸ می‌تواند روشی برای دستیابی به سرعت‌های خزشی باشد.

حداقل سرعت تراکتورهای موجود، یکی از محدودیت‌های آن‌ها در انجام برخی از عملیات کشاورزی محسوب می‌شود. در تحقیق حاضر به منظور رفع مشکل تراکتورهای رایج در ایجاد سرعت‌های پایین پیشروی، یک سامانه تامین سرعت پیشروی خزشی برای تراکتورهای مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ طراحی و ساخته شد. در ادامه، عملکرد این سامانه از نظر سرعت و نیروی کششی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

به‌منظور ساخت سامانه سرعت خزشی از یک دستگاه موتور هیدرولیکی (هیدروموتور) و یک دستگاه کاهنده سیاره‌ای-خورشیدی استفاده شد (شکل‌های ۱ و ۲). در انتخاب یک موتور هیدرولیکی دو فاکتور می‌بایست مد نظر قرار گیرد: گشتاور تولیدی موتور و محدوده دوری که موتور می‌تواند در دبی تولیدی توسط پمپ، بدون ارتعاش کار کند. با اندازه‌گیری دور محور تواندهی و چرخ‌های تراکتور (در حالت چرخ‌گرد) مشخص شد که نسبت ۹ به ۱ بین این دو سرعت برقرار است. بر این اساس برای تامین سرعت حدود ۰/۲ کیلومتر در ساعت (۵ سانتی‌متر بر ثانیه) به‌عنوان حداقل سرعت پیشروی و با در نظر گرفتن قطر چرخ باریک تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ (با قطر متوسط ۱۵۵۰ میلی‌متر)، سرعت دورانی ۰/۶۸ دور در دقیقه برای چرخ تراکتور تخمین زده می‌شود. دستیابی به این سرعت به‌معنی چرخش محور تواندهی با سرعت حدود ۶/۱۲ دور در دقیقه خواهد بود. از یک جعبه‌دنده کاهنده سیاره‌ای-خورشیدی (شکل ۲) به‌منظور انتقال توان از بیرون به محور تواندهی PTO استفاده شد.



شکل ۱- هیدروموتور مورد استفاده در جعبه دنده خزشی

ساخت داخل به دهه‌های قبل از ۹۰ میلادی باز می‌گردد، امکان نصب این گزینه الحاقی در جعبه‌دنده پیش‌بینی نشده است. با این حال برای انجام برخی از امور خاص مانند استفاده از آسفالت‌برها در کارگاه‌های محلی با نصب یک جعبه‌دنده حلزونی و هیدروموتور بر روی تراکتورهای دو دیفرانسیل توان را از موتور تراکتور به هیدروموتور و سپس به جعبه‌دنده حلزونی و در نهایت به محور طولی انتقال قدرت به دیفرانسیل جلو منتقل می‌نمایند. این روش کاهش سرعت پیشروی به‌علت استهلاک زیاد جعبه‌دنده حلزونی برای تامین گشتاورهای زیاد قابل استفاده نبوده و معمولاً برای امور غیر کششی به‌کار گرفته می‌شود (تاکی، ۱۳۹۰).

با توجه به‌موارد مذکور، تحقیق و توسعه در مورد مکانیزم‌های ایجاد سرعت پایین در تراکتورهای معمولی و رایج مفید خواهد بود. در یک نمونه جعبه‌دنده سرعت خزشی، از دنده‌های رینگ داخلی و خارجی جهت کاهش سرعت استفاده شد که در آن سرعت خروجی بین ۵ تا ۳۵ برابر نسبت به سرعت ورودی کاهش می‌یافت. این جعبه‌دنده قادر بود سرعت‌های کمتر از ۰/۵ کیلومتر در ساعت را تولید نماید (ویمن و ویلاسی، ۱۹۹۹). شرکت کوتا یک سامانه سرعت خزشی برای استفاده در ماشین‌های سنگین طراحی نمود. در این سامانه از یک موتور هیدروستاتیکی بعد از جعبه‌دنده اصلی برای تامین قدرت استفاده شد. در زمانی که نیاز به سرعت‌های خزشی وجود دارد. جعبه‌دنده اصلی در حالت خلاص قرار گرفته و چرخش هیدروموتور باعث حرکت وسیله می‌شود. استفاده از این سامانه موجب تغییرات بدون خسارت سرعت از جعبه‌دنده اصلی به حالت سرعت خزشی می‌گردد. همچنین تغییر جهت حرکت (دنده معکوس) به‌سادگی قابل انجام است (بی‌نام، ۲۰۰۵).

در طراحی به‌منظور جلوگیری از اتصال ناخواسته توان از موتور به خروجی دنده خزشی که در اثر اینرسی روغن جعبه‌دنده یا درگیری دنده‌ها ایجاد می‌شود، سامانه‌ای طراحی گردید که در آن در صورت ایجاد حرکت ناخواسته، عملیات سوخت‌رسانی تراکتور قطع و حرکت متوقف می‌شود (زارنگی و بال، ۱۹۹۳). بلا و ویلیامز (۱۹۸۹) کلاچی را طراحی کردند که به‌وسیله آن هرگونه انتقال قدرت از حالت دنده خزشی به حالت عادی و برعکس بدون خسارت به موتور و جعبه‌دنده انجام شود.

در تحقیقی، جعبه‌دنده MF285 برای استفاده در تراکتور MF399 باز طراحی گردید. نتایج تحقیق نشان دادند که با تغییراتی در ماده، ابعاد و مشخصات فنی چرخ‌دنده‌ها می‌توان ظرفیت انتقال توان جعبه‌دنده را افزایش داد (نوید، ۱۳۷۵). رضانی‌بوکت و همکاران (۱۳۹۵) به طراحی مجدد جعبه‌دنده تراکتور ITM285 برای دستیابی به سرعت‌های خزشی پرداختند. به این منظور دیاگرام سینماتیکی تهیه گردید و تحلیل ابعاد چرخ دنده‌ها و نیروهای وارد به آن‌ها با استفاده از

چرخ گرد و هدایت روغن از خروجی هیدرولیک تراکتور به هیدروموتور سامانه توسط شیر کنترل جهت جریان (شکل ۵)، حرکت محور هیدروموتور به جعبه‌دنده خورشیدی و سپس محور PTO تراکتور منتقل می‌شود. با به حرکت درآمدن محور تواندهی تراکتور حرکت از طریق دیفرانسیل و کاهنده نهایی به چرخ‌های تراکتور منتقل شده و می‌تواند سبب پیشروی تراکتور به جلو یا عقب گردد (تعویض جهت توسط شیر کنترل جریان هیدرولیک). در ادامه به منظور ارزیابی سامانه مورد نظر، طی آزمایشی نیروی کششی و سرعت پیشروی تراکتور مجهز به سامانه جدید اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیروی کششی، تراکتور مجهز به سامانه خزشی، یک تراکتور دیگر را که به آن گاوآهن قلمی متصل بود، می‌کشید. رابط بین دو تراکتور به یک دستگاه نیروسنج موتور فشاری مدل DBBP 5t (شکل ۶) متصل شد. در هر آزمایش، دور تراکتور مجهز به سامانه خزشی روی ۸۰۰ دور در دقیقه تنظیم گردید و سپس با اتصال جریان روغن به سامانه، شروع به حرکت کرد. تراکتور پشتی در حالی که برای تنظیم عمق گاوآهن قلمی متصل به آن روشن بود و گاوآهن در خاک نفوذ کرده بود، به صورت دنده خلاص کشیده می‌شد. عمل کشیدن تا رسیدن تراکتور جلویی به لغزش ۱۱ تا ۱۳ درصد از طریق افزایش عمق نفوذ گاوآهن قلمی در خاک در طول ۳۵ متر ادامه می‌یافت. این آزمایش به ترتیب برای دورهای ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ دور در دقیقه تکرار شد. در هر آزمایش تغییرات نیروی کششی به صورت تغییرات ولتاژ در خروجی نیروسنج ظاهر شده و توسط دیتالاگر مدل (Personal Daq/55) به خروجی دیجیتال تبدیل و در یک لپ‌تاپ ذخیره گردید. سپس در هر ۳۵ متر مسافت طی شده، حداکثر نیروی کششی ثبت شد. همچنین در یک آزمایش جداگانه سرعت پیشروی تراکتور در دورهای متفاوت موتور (بدون بار) در دو حالت دنده یک سنگین تراکتور و سامانه خزشی اندازه‌گیری و مقایسه شد.

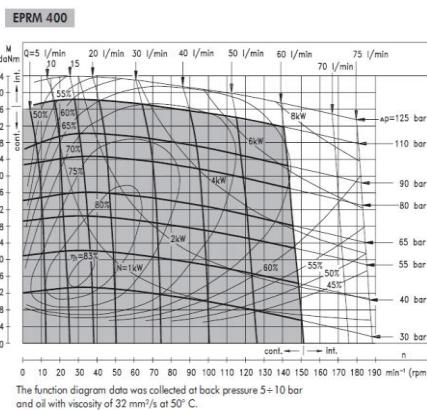


شکل ۲- مجموعه هیدروموتور و جعبه دنده خورشیدی

نسبت کاهش دور در این جعبه‌دنده به اندازه ۴/۳ به ۱ بود. با احتساب کاهش دور کاهنده، سرعت ورودی آن حداقل ۲۶/۳ دور در دقیقه خواهد بود. این سرعت توسط یک هیدروموتور تامین گردید. فاکتورهای انتخاب هیدروموتور شامل سرعت چرخشی، حجم جابجایی، گشتاور خروجی براساس دبی ورودی روغن به موتور هیدرولیکی و راندمان هیدروموتور می‌باشد. حجم جابجایی یک هیدروموتور از رابطه (۱) به دست می‌آید (مرتضوی پور و همکاران، ۱۳۸۷).

$$D_m = \frac{Q_p \times 1000}{n_m} \quad (1)$$

در این رابطه D_m : حجم جابجایی هیدروموتور (سانتی‌متر مکعب)، n_m : سرعت هیدروموتور (دور در دقیقه) و Q_p : دبی روغن ورودی به هیدروموتور (لیتر در دقیقه) است. با توجه به خصوصیات پمپ هیدرولیکی تراکتور فرگوسن مدل ۲۸۵، دبی خروجی پمپ در سرعت‌های ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ دور در دقیقه موتور، بین ۷/۹ تا ۲۰/۴ لیتر در دقیقه و حداکثر فشار روغن ۲۳۳ بار می‌باشد. با مراجعه به رابطه (۱) و با توجه به حداقل دبی پمپ تراکتور (۷/۹ لیتر در دقیقه)، حداقل حجم جابجایی هیدروموتور ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب در دور به دست آمد. در نهایت یک هیدروموتور از نوع دنده‌ای داخلی با حجم جابجایی ۴۰۰ سانتی‌متر مکعب در دور (مدل EPRM 400) و گشتاور بیشینه ۵۶۰ نیوتن‌متر انتخاب شد. پمپ اخیر نسبت به نوع مشابه خود (مدل EPRM 315) که حجم جابجایی آن نزدیک به مقدار محاسبه شده است، تولید گشتاور بیشتری می‌نماید. منحنی مشخصه هیدروموتور مذکور در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس راندمان هیدروموتور در حداکثر گشتاور، حدود ۶۵ درصد می‌باشد. همچنین بیشترین راندمان هیدروموتور در گشتاور خروجی حدود ۲۰۰ نیوتن‌متر به دست می‌آید.



شکل ۳- منحنی مشخصه هیدروموتور مدل EPRM400

مجموعه هیدروموتور و کاهنده نهایی به هم متصل شده و از طرف خروجی کاهنده که یک طوقه ۶ خار است، به محور تواندهی تراکتور متصل گردید (شکل ۴). بعد از نصب سامانه بر روی محور تواندهی و روشن کردن تراکتور با قرار دادن اهرم راه‌انداز محور تواندهی در حالت

کشاورزی که نیاز به سرعت‌های پایین پیشروی دارند، مفید است. به-عنوان مثال، سرعت مناسب برای عملیاتی نظیر حفر کانال‌های سراسری برای کوددهی درختان میوه و یا نصب تجهیزات آبیاری در حدود ۰/۲ کیلومتر در ساعت (۵ سانتی‌متر بر ثانیه) است. همچنین نشاءکارهای نیمه خودکار برای دستیابی به تراکم‌های بالا روی خط کاشت، به سرعت پیشروی ۰/۴-۰/۳ کیلومتر در ساعت نیاز دارند. از دیگر ویژگی‌های سامانه جدید، امکان تعویض جهت حرکت تراکتور (عقب و جلو) بدون نیاز به تعویض دنده بوسیله اهرم هیدرولیکی است. این امکان در مواردی که تراکتور مکرراً نیاز به تعویض جهت دارد از استهلاک بیش از حد کلاچ و جعبه‌دنده جلوگیری می‌کند.

شکل ۸ نمونه از تغییرات نیروی کششی را که توسط دستگاه نیروسنج فشاری اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. تغییرات موجود در اندازه نیروی کششی ناشی از تغییرات بافت و مقاومت خاک و همچنین تغییرات عمق کار گاواهن قلمی می‌باشد. حداکثر نیروی ثبت شده در هر آزمایش کشش (در دوره‌های مختلف تراکتور) جهت مقایسه ثبت شده است. شکل ۹ تغییرات حداکثر نیروی کششی را در دوره‌های مختلف موتور تراکتور نشان می‌دهد. بر این اساس حداکثر نیروی کششی تولیدی تراکتور که به سامانه خزشی جدید مجهز شده است، ۱۴۲۱/۴۲ نیوتن اندازه‌گیری شد. مقدار نیروی ثبت شده برای کشیدن اکثر کارنده‌های قابل حمل با تراکتور مس فرگوسن ۲۸۵ کافی می‌باشد. جعفری و همکاران (۱۳۸۷) نیروی کششی لازم برای کشیدن نوعی گاواهن کج ساق را در شرایط انباره خاک اندازه‌گیری کردند. طبق نتایج کار آن‌ها بیشترین نیروی کششی افقی لازم به میزان ۸۱۹ نیوتن به‌دست آمد. عسگری و همکاران (۱۳۹۰) یک دینامومتر اتصال سه نقطه ساختند. در آزمایش‌های آن‌ها بر روی دینامومتر جدید میزان نیروی کششی گاواهن برگرداندار، گاواهن قلمی، هرس بشقابی و کولتیواتور مزرعه‌ای به ازای هر متر عرض کار به ترتیب ۱۲۲۶۴، ۵۰۷۲، ۹۵۲ و ۱۵۸۲ نیوتن به‌دست آمد. عبدالله‌پور و همکاران (۱۳۹۱) میزان نیروی کششی لازم برای کار یک خطی کار را در عمق‌های ۵ تا ۱۵ سانتی متر ۱۵۶۵ تا ۳۱۱۸ نیوتن گزارش نمودند. کارناتاک (۲۰۰۲) حداکثر مقاومت کششی یک واحد کارنده بادام زمینی را با عرض کار ۱/۲ متر، ۷۹۰ نیوتن به‌دست آورد. حیدری سلطان‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲) نیروی کششی خالص وارد بر میله‌ها در یک دستگاه پیازکن میله‌ای را ۱۰۴۳ تا ۲۴۸۴ نیوتن به ازای هر متر میله به‌دست آوردند که این مقدار در حدود یک سوم نیروی کششی کل مورد نیاز برای کشیدن مجموعه پیازکن است. تراکتور مجهز به سامانه جدید به راحتی کارنده‌های موجود را راه اندازی می‌کند و محدودیت چندانی در کشش آن‌ها ندارد.



شکل ۴- نحوه اتصال مجموعه هیدروموتور و جعبه‌دنده خورشیدی به PTO تراکتور



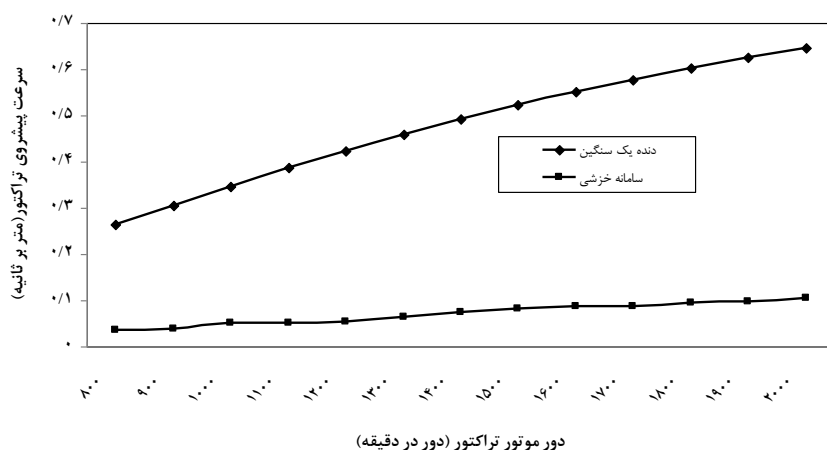
شکل ۵- شیر کنترل جهت جریان قابل نصب در محل دسترسی راننده



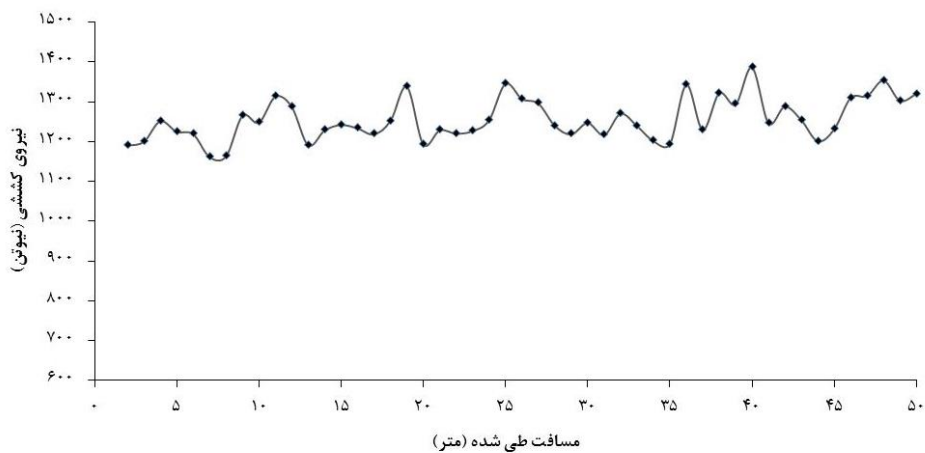
شکل ۶- نیروسنج فشاری مدل DBBP 5t

۳- نتایج و بحث

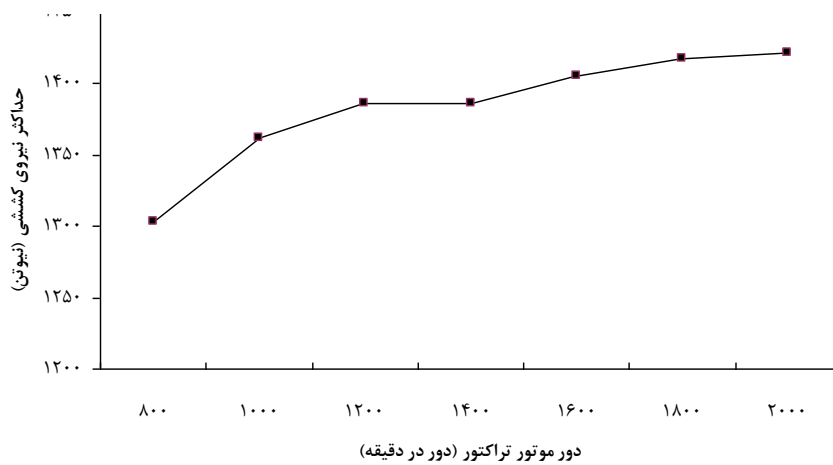
پس از نصب سامانه ساخته شده بر روی تراکتور و انجام آزمایش کشش، تغییرات نیروی کششی و سرعت بر حسب دور موتور تراکتور به‌دست آمد. شکل ۷ تغییرات سرعت پیشروی در دوره‌های مختلف تراکتور را در دو حالت دنده یک سنگین تراکتور و سامانه خزشی نشان می‌دهد. محدوده سرعت پیشروی در حالت استفاده از سامانه خزشی از ۳/۵ سانتی‌متر در ثانیه تا ۱۰/۵ سانتی‌متر در ثانیه قرار دارد. در حالی که سرعت تراکتور در سنگین‌ترین (کندروترین) دنده بین ۲۶ سانتی‌متر در ثانیه تا ۵۹ سانتی‌متر در ثانیه متغیر است (شکل ۷). سرعت پیشروی به‌دست آمده در سامانه خزشی برای انواع عملیات



شکل ۷- مقایسه سرعت پیشروی تراکتور در دو حالت دنده یک سنگین و استفاده از سامانه خزشی در حالت بی بار



شکل ۸- یک نمونه از تغییرات نیروی کششی تولید شده توسط تراکتور مجهز به سامانه خزشی (در دور ۱۴۰۰ دور در دقیقه)



شکل ۹- حداکثر نیروی کششی اندازه‌گیری شده در دورهای مختلف موتور

۴- نتیجه گیری

خزشی به چرخ‌های تراکتور، ۱۴۲۱/۴۲ نیوتن به دست می‌آید. این نیروی کششی برای کشیدن اکثر کارنده‌های قابل حمل با این نوع تراکتور مناسب است. سرعت خطی تراکتور مجهز شده با جعبه‌دنده جدید بین ۳/۵ تا ۱۰/۵ سانتی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد که این محدوده سرعت پیشروی برای عملیات‌های خاص مانند کاشت نشاء، شعله افکنی و حفر کانال، قابل قبول است.

سرعت مناسب پیشروی از جمله ملزومات کاربرد انواع کارنده‌ها به خصوص نشاکارها می‌باشد. در این تحقیق یک جعبه‌دنده خزشی ساخته شد و سپس با نصب روی یک تراکتور مدل مس فرگوسن ۲۸۵ از نظر سرعت و حداکثر نیروی کششی خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که در محدوده لغزش چرخ‌ها به میزان ۱۱ تا ۱۳ درصد، حداکثر نیروی کششی انتقالی از جعبه‌دنده

منابع

- پورآذری سامان خ. و غیب غلامی الف. ۱۳۹۰. تحلیل و بهینه‌سازی ابعادی چرخ دنده جعبه دنده جلوی تراکتور. مهندسی مکانیک. سال بیستم. شماره ۸۰.
- تاکی الف. ۱۳۹۰. طراحی وساخت سامانه تامین سرعت خزشی برای تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵. گزارش پیشرفت فیزیکی طرح‌های پژوهشی.
- جعفری ر.، توکلی هسجین ت. و رئوفت م. ح. ۱۳۸۷. طراحی، ساخت و ارزیابی طرح بهینه گاواهن کج ساق به منظور افزایش راندمان مصرف انرژی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد ۱۳۸۷.
- جمشیدوند الف. ۱۳۸۴. تکنولوژی روغن و روانکاری. انتشارات فدک.
- حیدری سلطان‌آبادی م.، تاکی الف و عبدالله پور ش. ۱۳۹۲. تاثیر شاخص سینماتیکی و شکل میله بر عملکرد پیازکن میله‌ای. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۱۴. شماره ۳.
- رادمرد م. ۱۳۸۵. تجزیه و تحلیل جعبه‌دنده تراکتور گلدونی OTM930 و بهینه‌سازی آن متناسب با افزایش توان موتور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ارومیه.
- رضائی بوکت ع.، نوید ح. و قاسم زاده ح. ر. ۱۳۹۵. طراحی مجدد جعبه‌دنده ITM285 برای دستیابی به سرعت‌های خزشی. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی، دوره ۳، شماره ۲.
- زمانی م.، ابونجمی م. و حسن بیگی س. ر. ۱۳۹۴. طراحی، ساخت و آزمون سامانه پایش وضعیت جعبه‌دنده با کمک پردازش سیگنال‌های صوتی. نشریه ماشین‌های کشاورزی. جلد ۶، شماره ۲. دانشگاه فردوسی مشهد.
- صناعی ا.، فارسی م. ع. و سلطانی‌نژاد م. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی مجموعه کاهنده نهایی اکسل جلو تراکتور والترا ۸۴۰۰ به منظور افزایش طول عمر. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مهندسی قابلیت اطمینان.
- عسکری م.، کماریزاده م. ح. و نوبخت ن. ۱۳۹۰. طراحی، ساخت و آزمون دینامومتر اتصال سه نقطه. نشریه ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۱، شماره ۲، ص ۶۱-۵۴.
- علیمردانی ر. ۱۳۸۱. سیستم‌های تراکتور و ادوات خاک ورزی (ترجمه)، چاپ دوازدهم، انتشارات آذرنگ.
- لبافی ر. و حجتی الف. ۱۳۹۱. طبقه‌بندی عیوب برون دنده‌ای سامانه سیاره‌ای - خورشیدی تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ بر اساس طبقه بند EKN. مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه شیراز.
- مرتضوی پور ح.، رئوفت م. ح. و کامگار س. ۱۳۸۷. طراحی، ساخت و ارزیابی جداکننده دوار هیدرولیکی جهت برداشت کلزا، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

مهر صفت و، عباسقلی پور م. و محمدی الستی ب. ۱۳۹۴. بهینه‌سازی دور محور توان‌دهی تراکتور باغی ۹۵۰ با طراحی و تحلیل دو چرخ‌دنده جعبه‌دنده عقب. اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین و کاربردی در مهندسی مکانیک. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب.

نوید ح. ۱۳۷۵. طراحی جعبه‌دنده تراکتور MF399 با استفاده از مدل MF285. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

Anon. 2005. **Cotta Transmission Introduces New Creep Drive Gearbox.** https://www.geartechnology.com/news/239/Cotta_Transmission_Introduces_New_Creep_Drive_Gearbox/.

Beim R. 1987. **Creep speed actuator for a tractor transmission.** United State Patent. Patent No US4706519 A.

Bellah G. R. and Williams K. B. 1989. **Mechanical transmission clutch control.** No patent: US4830156 A.

Czarnecki J. A. and Ball G. L. 1993. **Creep gear interlocks for tractors.** Publication Number: US5197581 A.

James L. and Kasson M. 1998. **Hydraulic power coupling for Agricultural equipment.** United State Patent. Patent No 5,765,650 .

Karnatak J. 2002. **Effect of planter forward speed and depth of operation on draft and ground wheel slip.** Journal of Agricultural Science. 23(4): 665.

Nicholson A. 1997. **Crop cleaner.** United State Patent. Patent no 5,697,451 .

Weyman R. M. and Willacy J. G. 1999. **Transmission with a creep gear.** No Patent: US5910065.

Development and Evaluation of a Creep Speed System for MF 285 Tractors

O. Taki¹, M. Heidari soltanabadi^{*1} and A. Asadi¹

Received: 10 October 2017

Accepted: 1 May 2018

¹Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

*Corresponding author: mheisol@gmail.com

Abstract

Some agricultural operations such as transplanting, flamethrower and digging canals need a low tractors speed, while this speed is created by creep gear in new tractors. ITM 285 tractor is a common tractor used in different agricultural operations in Iran and most agricultural activities are done by them. Its use is limited due to inability to establish low speeds for such operations. In this study, a gearbox was selected to be installed on ITM 285 tractors and its performance in terms of speed and maximum drawbar pull was evaluated. The gearbox consists of a hydromotor and a planetary gear. The tractor hydraulic output is connected to hydromotor. By reducing rotational speed in planetary gear, the hydromotor rotation movement is transmitted to PTO shaft. Because PTO shaft is in wheel round position, the shaft moves cause to movement of tractor. Assessments showed that the made power transmission system is able to produce a speed of 0.12 to 0.38 km/h for tractor. In this case, the measured maximum drawbar pull force was 1421.42 N. This power transmission system can be used in operations such as, transplanting, flamethrower, digging canals and vegetables harvesting.

Keywords: Creep speed, Drawbar pull, Creep gear, Tractor