طرّاحی و شبیه‌سازی و ساخت دستگاه لغزش‌سنج الکترونیکی برای تراکتورهای دو چرخ (۶۰۶)

مجتبی مرادی[۱]، عارف مردانی[۲]

چکیده

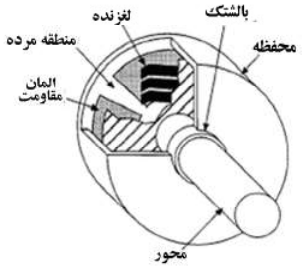
لغـزش یکـی از مهمتـرین پارامترهـای مـوثّر بـر رانـدمان کشـشی ماشـین‌هـای کـشنده اسـت و نقـش تعیـین‌کننـده‌ای در میزان توان قابل حصول از تراکتور را بـر عهـده دارد. لغـزش از نظـر کمّیّـت تـابع شـرایط خـاک، تراکتـور، دنبالـه‌بنـد و وضـعیّت بار وارده بر تراکتور است کـه بـا توجّـه بـه تنـوّع کمّـی و کیفـی پارامترهـای مزبـور مـی‌تـوان بـه متغیّـر بـودن میـزان آن طـیّ شرایط مختلـف‌کـاری پـی‌بـرد. از همـین رو ارائـه مکـانیزمی جهـت مـشخّص بـودن میـزان لغـزش در حـین عملیّـات کشـشی تراکتور می‌تواند نقش موثّری در کنترل و زیرنظـر داشـتن سـطح رانـدمان کشـشی تراکتـور ایفـا کنـد و نهایتـاً بـه سـعی جهـت بهبود این وضعیّت در قالـب اصـلاح برخـی از پارامترهـای قابـل کنتـرل منتهـی گـردد. سیـستم مزبـور در صـورت قرارگیـری در یک مجموعه کامل تر می‌توانـد بـه عنـوان طرحـی جهـت کنتـرل کـشش مـورد اسـتفاده قرارگیـرد. مکـانیزم مـورد اسـتفاده در ایـن طـرح بـا اسـتفاده از انـدازه‌گیـری دور چـرخ‌هـای جلـو و عقـب تراکتـور در یـک مقایـسه منطقـی مقـدار لغـزش را در هـر لحظه به صورت الکترونیکی محاسـبه و نمـایش مـی‌دهـد و خروجـی ایـن سیـستم یـک مقـدار دیجیتـالی اسـت و بـسیار کـم-هزینه خواهد بود. مراحل ساخت این سیستم در دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است.

کلیدواژه: لغزش‌سنجی، پتانسیومتر، میکروکنترلر، شبیه‌سازی

[۱]– دانشجوی کارشناسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیّه، پست الکترونیک: mojtaba_moradi99@yahoo.com
[۲] – عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیّه و دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیّه

مقدّمه

یکی از مهمترین پارامترهای موثّر بر راندمان کششی ماشین‌های کشنده لغزش است که نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان توان قابل حصول از تراکتور را بر عهده دارد. از نظر عملی مقدار لغزش برای کنترل مصرف سوخت و مقدار کاربری ماشین تأثیر زیادی خواهد داشت. لغزش از نظر کمّیّت تابع شرایط خاک، تراکتور، دنباله‌بند و وضعیّت بار وارده بر تراکتور است که با توجّه به تنوّع کمّی و کیفی پارامترهای مزبور می‌توان به متغیّر بودن میزان آن طیّ شرایط مختلف‌کاری پی‌برد. از همین رو ارائه مکانیزمی جهت مشخّص بودن میزان لغزش در حین عملیّات کششی تراکتور می‌تواند نقش موثّری در کنترل و زیرنظر داشتن سطح راندمان کششی تراکتور ایفا کند و نهایتاً به سعی جهت بهبود این وضعیّت در قالب اصلاح برخی از پارامترهای قابل کنترل منتهی گردد. با استفاده از یک میکروکنترلر می‌توان مقدار لغزش را از طریق دو پتانسیومتر اندازه گرفت. سیستم مزبور در صورت قرارگیری در یک مجموعه کاملتر می‌تواند به عنوان طرحی جهت کنترل کشش مورد استفاده قرارگیرد. مکانیزم مورد اسفتاده در این طرح با استفاده از اندازه‌گیری دورچرخ‌های جلو و عقب تراکتور در یک مقایسه منطقی مقدار لغزش را در هر لحظه بصورت الکترونیکی محاسبه و نمایش می‌دهد و خروجی این سیستم یک مقدار دیجیتالی است و بسیار کم‌هزینه خواهد بود. مراحل ساخت این سیستم بطور کامل در دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است. پتانسیومترها مقاومت‌های متغیّری هستند که از طریق چرخش مقدار مقاومت بین پایه‌های آنها تغییر می‌کند. در شکل ۱ می‌توان نمای یک پتانسیومتر را مشاهده کرد که اساس ساخت این دستگاه برای اندازه‌گیری لغزش می‌باشد.



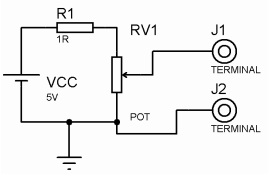
شکل ۱

نمای یک پتانسیومتر

مواد و روشها

پتانسیومترها مقاومت‌های متغیّری هستند که بصورت دورانی تغییرات زاویه را به تغییرات مقاومت تبدیل می‌کنند(شکل ۱). نحوه تبدیل تغییر زاویه در سنسور پتانسیومتر به ولتاژ و استفاده از یک مقسّم ولتاژ در شکل ۲ نمایش داده شده است.

برای این‌که سیستم تغییرات مقاومت و به تبع آن تغییرات زاویه را حس کند از یک مقسّم ولتاژ استفاده می‌شود. مقسّم ولتاژ روشی کلّی برای تبدیل مقاومت به ولتاژ می‌باشد. در ضمن خروجی ولتاژ بدون نیاز به تقویت در محدوده مبدّل آنالوگ-دیجیتال می‌باشد که از نظر دیجیتالی سنسور در یک حالت بسیار خوب خواهد بود. شکل ۲ نمایش دهنده یک مقسّم ولتاژ در حالت کلّی است.



شکل۲

نمای یک مقسّم ولتاژ

با فرض اینکه رابطه خطّی بین زاویه و مقاومت وجود دارد و مقدار مقاومت کلّ پتانسیومتر برابر با R_t و مقاومت R_1 بصورت سری برای کنترل جریان و در صورتیکه المان مقاومت تا زاویه te در نظر گرفته شود ولتاژ خروجی بصورت زیر خواهد شد:

$$I = \frac{Vcc}{Rl + Rt} \Rightarrow V_{out} = \frac{\theta}{te} \cdot \frac{Rt}{Rl + Rt} Vcc$$

بنابراین ولتاژ خروجی یک ضریب ثابت از ولتاژ منبع خواهد بود. در بررسی این ضریب به نکات زیر خواهیم رسید.

۱- هرچه این ضریب بیشتر باشد بهتر است زیرا سیستم بینایی بیشتر خواهد یافت.

۲- هرچه Rt بیشتر باشد این عدد به ۱ نزدیک‌تر خواهد شد و بهتر است.

۳- هرچه R1 بیشتر باشد کسر کوچک‌تر شده و مطلوب نیست.

در نتیجه در روش ساخت بایستی Rt حداکثر مقدار و R1 حداقل مقدار خود را دارا باشد. بنابراین به عنوان اوّلین رابطه خواهیم داشت:

$$V_{out} = \kappa_1 \theta$$

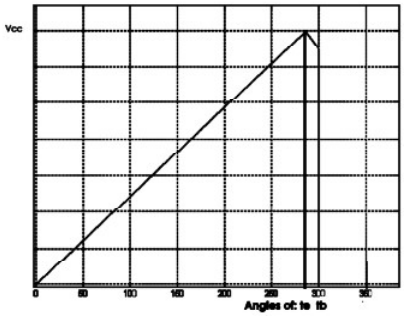
$$\kappa_1 = \frac{Rt}{te(Rl + Rt)} Vcc$$

با استفاده از ترکیب دو پتانسیومتر یکی برای چرخ جلو و دیگری برای چرخ عقب می‌توان حرکت نسبی چرخ‌ها را بدست آورده و مقدار لغزش اندازه‌گیری شود.

روش کلّی برای اندازه‌گیری لغزش با استفاده از تعریف لغزش توسّط ASAE1983 می‌باشد که لغزش نسبت تعداد چرخ با بار به نسبت تعداد دور چرخ بدون بار تعریف می‌شود.

$$Percent - Slip = \left(1 - \frac{loaded - quantity}{unloaded - quantity}\right) \cdot 100$$

ساختار پتانسیومتر مشخّصه زیر را نمایان می‌کند. برای شبیه‌سازی مناسب بایستی به این صورت بررسی شود.



شکل ۳

مشخّصه واقعی یک پتانسیومتر

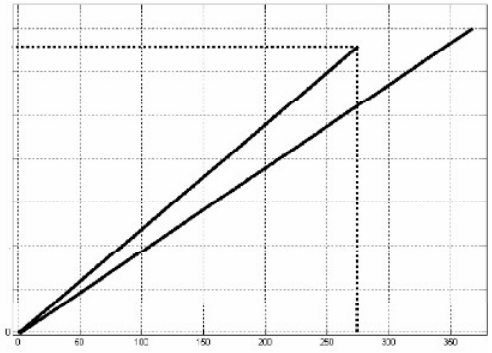
متغیّرهایی که مشاهده می‌شود به قرار زیر است:

te: زاویه‌ایست که پتانسیومتر از حالت افزایشی در می‌آید و در واقع مقدار نهایی المان مقاومت است.

tb: زاویه‌ایست که پتانسیومتر به حالت پایه تبدیل می‌شود و بطور کامل خروجی صفر می‌شود. ار آنجائیکه فقط افزایش مثبت مدّنظر است لذا قسمت افتادگی در محاسبه حذف می‌شود.

تصحیح شیب پتانسیومتر

از آنجائیکه از پتانسیومتر برای اندازه‌گیری زاویه استفاده می‌کنیم و در یک زاویه کمتر از ۳۶۰ ولتاژ به ماکزیمم خود می‌رسد. بنابراین بایستی که تصحیح شیب صورت بگیرد.



شکل ۴

نحوه تصحیح شیب پتانسیومتر

با توجّه به اینکه در قسمتی از دور پتانسیومتر به ناحیه مرده برمی‌خوریم نباید در مورد آن ناحیه خروجی داشته باشیم و همین گسستگی اطّلاعاتی باعث کاهش عکس‌العمل سیستم خواهد شد. در نتیجه نباید در زوایای بیشتر از te محاسباتی انجام دهیم. در عوض تا زاویه te خواهیم توانست لغزش را حساب کنیم. ضریب تصحیح بصورت زیر محاسبه می‌شود. بایستی نمودارکم‌شیب‌تر برحسب نمودار با شیب بیشتر بدست بیاید.

$$y_1 = \eta y_2 , \eta \frac{v_1}{te} = \frac{v_2}{360} \Rightarrow \eta = \frac{v_2 \cdot te}{v_1 360} \xrightarrow{v_1 = v_2} \eta = \frac{te}{360}$$

لذا برای محاسبه مقدار دقیق لغزش، این تصحیح بایستی صورت بگیرد. در صورتیکه این تصحیح صورت نگیرد چون ناحیه مرده بطور کل در نظر گرفته می‌شود سرعت مقداری بیشتر محاسبه خواهد شد.باقرار دادن این رابطه در ضریب خواهیم داشت:

$$V_{out-real} = \eta V_{out-recieve} = \eta \kappa_1 \theta Vcc = \frac{Rt}{te(R1+Rt)} \eta \theta Vcc = \frac{Rt}{te(R1+Rt)} \frac{te}{360} \theta Vcc =$$

$$= \frac{Rt}{360(R1+Rt)} \theta Vcc \Rightarrow \kappa_1 = \frac{Rt}{360(R1+Rt)}$$

و مقدار لغزش تصحیح شده و پارامتر te حذف می‌شود. البتّه بایستی در نظر گرفته شود که مقدار زاویه المان مقاومت هرچه کوچکتر شود ناخوانایی و خطای دستگاه بطور غیرقابل کنترلی افزایش می‌یابد. و اگر te برابر صفر باشد یقیناً نمی‌توان هیچ داده‌ای گرفت و لغزش را محاسبه کرد.

نحوه اتصال به چرخ‌ها

در اتّصال چرخ‌ها به سبب سایش پتانسیومترها حتماً بایستی در جائی از چرخ قرار گیرند که کمترین دور را انجام دهند. فرض شود که پتانسیومترها بصورت شکل ۵ در چرخ‌های تراکتور وصل می‌شود. در عمل از چسب اپوکسی برای نصب پتانسیومتر در چرخ استفاده شد.

شکل ۵

نحوه اتّصال به چرخ عقب و جلو

تعریف(ASAE 1983) بصورت:

$$s_f = 1 - \frac{x_{actual}}{x_{theoretical}}, x_{theoretical} = x_R$$

متغیّرها:

R برای شعاع بیرونی

r برای شعاع داخلی

اندیس:

F برای ب ای چرخ داخلی

R برای چرخ خارجی

f برای پتانسیومتر جلو

r برای پتانسیومتر عقب

W چرخ

P موقعیّت پتانسیومتر در چرخ

متغیّرهای بدون اندیس مختصّ تراکتور است.

می‌توان این رابطه را به ولتاژ خروجی پتانسیومترها تبدیل کرد.

$$\Delta\theta_R = \frac{\Delta x_R}{R_{RW}}, \Delta\theta_r = \frac{R_{RP}}{R_r}\Delta\theta_R, \Delta\theta_F = \frac{\Delta x_F}{R_F}, \Delta\theta_f = \frac{R_{FP}}{R_f}\Delta\theta_F$$

$$\Delta\theta_r = \frac{R_{RP}}{R_r}\frac{\Delta x_R}{R_{RW}} = k_R\Delta x_R, \Delta\theta_f = \frac{R_{FP}}{R_f}\frac{\Delta x_F}{R_F} = k_F\Delta x_F$$

حال که زوایا برحسب مسافت طی شده توسّط چرخ‌ها بدست آمد و از اینکه می‌دانیم ولتاژ خروجی با زاویه متناسب است می‌توان نوشت:

$$\Delta V_r = \frac{Rt}{360(R1+Rt)}\Delta\theta_r Vcc, \Delta\theta_r = k_R\Delta x_R \Rightarrow \Delta V_r = \frac{Rt\cdot Vcc\cdot k_R}{360(R1+Rt)}\Delta x_R \Rightarrow \Delta V_r = k'_R\Delta x_R \Rightarrow \Delta x_R = \frac{\Delta V_r}{k'_R}$$

$$\Delta V_f = \frac{Rt}{360(R1+Rt)}\Delta\theta_f Vcc, \Delta\theta_f = k_F\Delta x_F \Rightarrow \Delta V_f = \frac{Rt\cdot Vcc\cdot k_F}{360(R1+Rt)}\Delta x_F \Rightarrow \Delta V_f = k'_F\Delta x_F \Rightarrow \Delta x_F = \frac{\Delta V_f}{k'_F}$$

پارامتر β برای کالیبراسیون مسافت واقعی بر مسافت طی شده چرخ جلو استفاده می‌شود. ولی باید دقّت کرد برای کالیبراسیون هنگام بی‌بار در زمین زراعی انجام شود نه زمین سفت. از تعریف لغزش بدست می‌آید:

$$s_f = 1 - \beta\frac{\Delta x_R}{\Delta x_F} = 1 - \beta\frac{\frac{\Delta V_r}{k'_R}}{\frac{\Delta V_f}{k'_F}} = 1 - \beta\frac{k'_F}{k'_R}\frac{\Delta V_r}{\Delta V_f} = 1 - \beta\psi\frac{\Delta V_r}{\Delta V_f}$$

با توجّه به مقادیر کوانتیزه شده در میکروکنترلر برحسب زمان گسسته می‌توان بصورت گسسته رابطه لغزش را بصورت زیر نوشت:

$$s_f = 1 - \beta\psi\frac{V_{f(i+1)} - V_{f(i)}}{V_{r(i+1)} - V_{r(i)}}$$

این رابطه نشان می‌دهد که مقدار لغزش برای محاسبه به چهار عدد از میکروکنترلر و دو عدد از حافظه نیاز دارد. پارامترهای حافظه‌ای را می‌توان از حافظه EEPROM دریافت کرد. امّا مقادیر ولتاژ یکی باید مقدار کنونی ولتاژ باشد ودیگری یکی ازمقادیر قبلی که در حافظه RAM میکروکنترلر ذخیره خواهد شد. حال برای رفع نویز بطور مکانیکی می‌توان از یک انتگرالگیری مکانیکی بر این اساس میانگین لغزش‌ها در زمان یک دور پتانسیومتر عقب به عنوان نتیجه به میکرو داده شود. انتخاب این روش

بر این اساس بوده که پتانسیومترچرخ جلو دور کمتری نسبت به چرخ عقب می‌زند و این برای محاسبه تفاضل و برخورد نکـردن بـا منطقه مرده مناسب است. خواهیم داشت:

$$s_f = 1 - \beta\psi \frac{V_{f(i+n)} - V_{f(i)}}{5}$$

مقدار n مقداری ثابت نبوده و توسّط شرایط خارجی تغییر می‌کند. میکروکنترلر خود این مقدار را تعیین می‌کند. این رابطـه مقـدار لغزش را در این حالت می‌دهد. اگرچه ظاهر این روش بسیار ساده و غیر دقیق به نظر می‌آید ولی پایداری فوق‌العادّه‌ای حتّـی بـرای حالت‌های تبدیل کم‌بیت دارد.

با این اوصاف دومتغیّر برای کالیبراسیون مشاهده می‌شود. متغیّر β شرایط زمین مورد بررسی را نشان می‌دهد که در واقع تمـامی شرایط زمین برای محاسبه لغزش در یک متغیّر که عددی بزرگتر از ۱ است محاسبه می‌شود. این مقدار عمـلاً برابـر نـسبت تعـ اد دورهای چرخ جلو بدون بار به تعداد دورهای چرخ جلو به حالت بابار. بطور مفهومی این مقدار برابر است با شعاع غلـتش بـه شـعاع چرخ.

$$\beta = \frac{RollingRadius}{WheelRadius}$$

امّا متغیّر ψ مکانیزم انتقال چرخش به پتانسیومتر را نشان می‌دهد. به راحتی می‌توان مقدار لغزش را در روی آسفالت صفر قـرار داده و در روی آسفالت $\beta = 1$ است بنابراین مقدار ψ محاسبه و در حافظه ذخیره می‌شود و برای تمامی حالت‌ها ثابت اسـت. امّـا مقدار β بایستی بطور آزمایشی برای هر خاک محاسبه شود.برای خاک شخم خـورده و رسـی($\beta = 1.17$) از طریـق آزمـایش محاسبه شد.

کوانتیزاسیون

برای شبیه‌سازی این عملکرد بایستی گسسته‌سازی مقادیر را ابتدا بیان کرد. در شبیه‌سـازی کوانتیزاسـیون بـصورت زیـر در نظـر گرفته شد:

$$DigitalValue = \frac{\left[x \cdot 2^{10}\right]}{2^{10}}$$

از طریق همین روش مقدار کمترین ولتاژی که میکروکنترلر می‌تواند درک کند مقدار ۰,۰۰۵ محاسبه شد.

محاسبه مقدار واقعی لغزش تراکتور

نسبت سرعت واقعی تراکتور و چرخ جلو(β) ضریبی است که به خیلی از عوامل وابسته است.

عوامل وابستگی

۱- تکان زاویه‌ای چرخ(ممان اینرسی و سرعت چرخ)
۲- نیروی وارده از خاک و سطح(که به تایر و خواص خاک ارتباط دارد)
۳- سرعت وشتاب تراکتور
۴- نیروی عمودی از طرف شاسی به چرخ

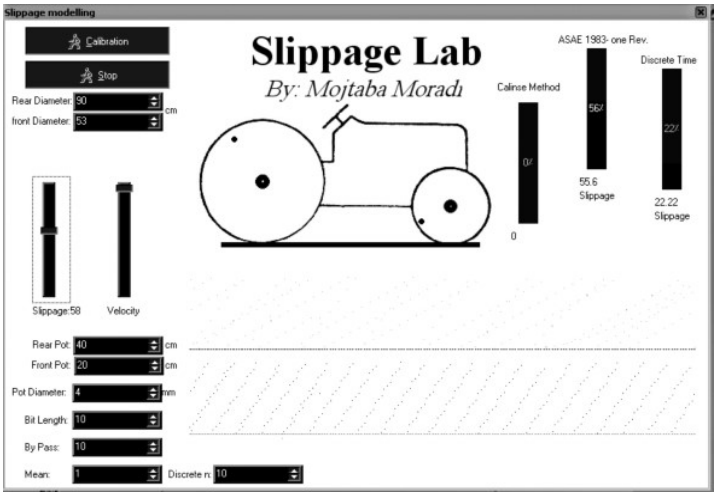
بنابراین β یک رابطه دیفرانسیل خواهد بود. از آنجائیکه مهمترین عامل نیروی عمودی از طرف شاسی به چـرخ اسـت لـذا ایـن ضریب را فقط برحسب بار بیان کرده و شرایط زیر قابل ذکر است:

۱-زمانیکه هیچ باری وارد نمی‌شود معمولاً ۰,۳ وزن کلّ تراکتور به چرخ جلو وارد می‌شود. بنابراین می‌توان گفت $\beta=1$ است.

۲- زمانیکه بار خیلی زیاد می‌شود و تماس چرخ جلو و زمین قطع شده و هیچ نیرویی به چرخ وارد نخواهد شـد. بنـابراین سـرعت زاویه‌ای چرخ بطور حتم هیچ ربطی به سرعت واقعی چرخ نخواهد داشت و مقدرا این متغیّر به ∞ میل می‌کند.

شبیه‌سازی

روش بیان شده در کامپیوتر شبیه‌سازی شد. و بطور کامل پاسخ قابل قبولی بدست آمد. برنامه بصورت GUI و در محیط Delphi نوشته شده است.



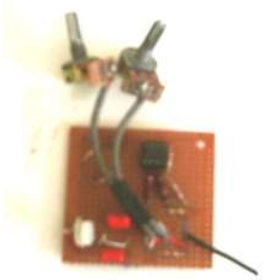
شکل ۶

شبیه‌سازی لغزش و مکانیزم ندازه‌گیری آن

در این برنامه یک لغزش به عنوان مقدار واقعی داده و کامپیوتر با شبیه‌سازی کامل تبدیلات پتانسیومتر و گسسته‌سازی مقدار خروجی در LCD را نمایش می‌دهد.

ساخت مدار مورد نیاز

برای ساخت مدار مورد نیاز ابتدا توسّط برنامه Proteus شبیه‌سازی و سپس اقدام به ساخت مدار شد. برای کالیبراسیون دکمه‌ای در نظر گرفته شد. و مقدار β توسّط یک پتاسیومتر دیگر به دستگاه داده می‌شود. برای حالت آزمایشگاهی ابتدا ورودی دستگاه به همراه فیلتر آنالوگ در یک برد تعبیه دیده شد. که در شکل ۷ مشاهده می‌شود.



شکل ۷

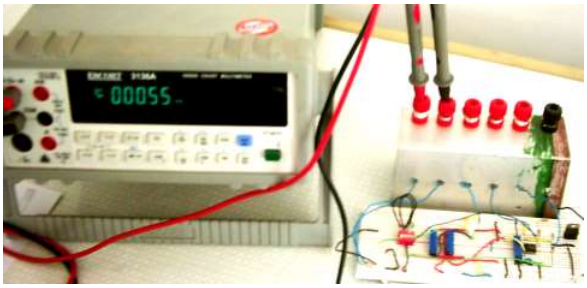
مدار ورودی برای مقادیر پتانسیومترها به همراه فیلتر آنالوگ

همانطو که در شکل ۸ مشخّص است سپس با استفاده از بردی دیگر ورودی‌های دور به میکروکنترلر داده شد.

شکل ۸

مدار میکروکنترلر

دستگاه ساخته شده آزمایش و سیستم بطور کامل در حالت نهایی قرار گرفت. هزینه کم ساخت دستگاه قابل توجّه است.



شکل ۹

آزمایش دستگاه روی برد

شکل ۱۰

طرح نهایی لغزش‌سنج

نتیجه گیری

در این مطالعه و ساخت مجموعه‌ای جهت اندازه گیری مقدار لغزش در تراکتورهای مسی فرگوسن طراحی و ایجاد شده است که در ارتباط با محاسبه دور چرخهای جلو و عقب تراکتور عمل می‌کند. پردازش داده‌های مربوط به دورهای به دست آمده مقدار لغزش را به صورت همزمان با حرکت تراکتور بر روی نمایشگر تعبیه شده در کابین راننده نمایش می‌دهد. کنترل پارامترهای مرتبط با کشش که در سطوح مختلف لغزش اتفاق می‌افتد می تواند با در دست داشتن میزان این کمیت صورت گیرد.

منابع

1-Almardani R; Colvin T S; Marley S J (1989). Verification of the‘TERM’ traction prediction model. Transactions of ASAE,
32(3), 817–821
2-Colvin T S; McConnell K L; Catus B J (1989). ‘TERMS’: a computer model for .eld simulation. Transactions of ASAE,
32(2), 391–396
3-Kemp H R (1993). Prediction of the performance of four wheel drive passenger vehicles. Journal of Terramechanics, 30(1),
35–46
4-Kepner R A; Bainer Roy; Berger E L (1987). Principles of Farm Machinery. CBS Publishers and Distributors, New Delhi, India
5-Kim Y U; Gerald E R (1987). A review of tractor dynamics and stability. Transactions of ASAE, 30(1), 615–623
6-Lyne P WL; Burt E C (1989). Real time optimization of tractive ef.ciency. Transactions of ASAE, 32(2), 431–435
7-Upadhyaya S K; Wulfsohn D (1993). Traction prediction using soil parameters obtained with instrumented analogue device.
Journal of Terramechanics, 30(2), 85–100
8-Wang Z; Domier K W (1989). Prediction of drawbar performance for a tractor with dual tyres. Transactions of ASAE, 32(5),1529–1533
9-Wismer R D; Luth H J (1972). Off road traction prediction for wheeled vehicles. ASAE Paper No. 72–619, ASAE, St. Joseph
10- Bekker MG. Theory of land locomotion. The mechanics of vehicle mobility. Ann Arbor (MI): The University of Michigan Press; 1956.
11- Komandi G. A kinematic model for the determination of the peripheral force. J Terramechanics1997;34(4):261–8.
12- Komandi G. An evaluation of the concept of rolling resistance. J Terramechanics 1999;36(2):159–66.
13- ISTVS Standard. J Terramechanics 1977;14(3).Computer Simulation of Tractor Single-point Drawbar Performance C.S. Sahay1; V.K. Tewari2 Biosystems Engineering (2004) 88 (4), 419–428
14-MODELING THE TORQUE AND POWER REQUIREMENTS OF TRACTION TIRES OF HORTICULTURAL TRACTORS USING DIMENSIONAL ANALYSIS Sefa Tarhan1 and Kazým Çarman *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 9, No. 3, pp. 427-434, 2004.
15-Mechanical Analysis and Measurement of Parameters of Wheel -Soil Interaction for a Lunar Rover

Design and Simulation and Fabrication of Electronical Slippometer for 2WD tractors

Mojtaba Moradi(mojtaba_moradi99@yahoo.com)[1]
Aref Mardani (A.mardani@mail.urmia.ac.ir)[2]

Abstract

Tire slip at operating load is an important parameter when optimizing the performance of a tractor. However, accurate measurement of slip under working conditions is difficult in most farm situations. Many new tractors and older ones are not equipped with slip indicators and often "on the farm" tractor slip is either measured manually and crudely or simply estimated. This paper describes a method of obtaining accurate slip readings on a tractor through the use of two revolution metre. The system is universal, portable, quickly attached and requires no modification to the tractor.

Keywords:Signals, Slip, Tires, Traction, Tractors, Vehicles, Velocity, Potentiometer.

[1] Student of Mechanics of Agricultural Machinery, Urmiya University
[2] Member of Urmiya university academies