طراحی، ساخت و ارزیابی یک سیستم هشدار دهنده واژگونی تراکتور

جواد طریقی[۱]، حسین موسی زاده [۲] ، سید سعید محتسبی [۲]، رضا علیمردانی [۲]

۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون دانشگاه تبریز
۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران

چکیده

واژگونی تراکتور یکی از عوامل مهم بروز حوادث در استفاده از تراکتور می باشد که برای جلوگیری از وقوع آن باید توجه ویژه ای صورت پذیرد. واژگونی تراکتور به دو صورت می تواند اتفاق بیافتد: طولی و جانبی، که در این تحقیق بیشتر واژگونی طولی مد نظر بوده و برای پیش بینی و جلوگیری از آن، یک شیب سنج مغناطیسی طراحی و ساخته شد که می توان با نصب آن روی تراکتور، شیب زمینی که تراکتور روی آن مشغول کار است را بدست آورد . اصول کار این شیب سنج بر اساس تغییر میدان مغناطیسی می باشد که با تغییر شیب زمین، آونگ تعبیه شده داخل شیب سنج با دوران خود باعث تغییر میدان مغناطیسی می گردد. خروجی این شیب سنج به صورت آنالوگ می باشد که بر اساس شیب زمین ولتاژ خروجی بین بازه ی (۲/۴۷-۰/۳۲) ولت تغییر می کند. به منظور تشخیص و نمایش شیب در هر لحظه، از یک مدار میکرو کنترلر AVR استفاده گردید. برنامه نویسی مدار میکرو کنترلر با استفاده از نرم افزار کدویژن[۱] و به زبان C++ نوشته شد.

کلمات کلیدی: شیب سنج، واژگونی تراکتور، میکرو کنترلر، میدان مغناطیسی

مقدمه

در ۶۰ سال گذشته تحقیقات قابل توجهی در خصوص پایداری و دینامیک تراکتور انجام شده است، اگرچه این تحقیقات از سال ۱۹۶۰ شتاب بیشتری به خود گرفته است. مفهوم اصلی پایداری و دینامیک تراکتور در سال ۱۹۲۰ توسط مک کیبن ارائه شد که از آن به بعد تحقیقات گسترده ای در این زمینه صورت گرفته که همگی به حفظ پایداری تراکتور کمک کرده اند.(کیم و رکوگلر.۱۹۸۷). گورینگ و همکاران (۱۹۷۶) جزو اولین کسانی بودند که در مورد واژگونی تراکتور به عقب، کار تحقیقاتی انجام دادند. مدل های آنها توانست واژگونی تراکتور به عقب را پیش بینی کند. آمار موجود در خصوص تعدادی از حوادث نشان داده است که کشاورزی بعد از معدن دومین شغل پر خطر در جهان می باشد. بنابراین باید به ایمنی در ماشین های کشاورزی اهمیت بیشتری داده شود

[1] .Code vision

ایمنی را می توان با اعمال قوانین و مقررات نیز بهبود بخشید ولی به دلیل اینکه ماشین های کشاورزی اغلب توسط کشاورزان بدون رعایت موارد ایمنی، مورد استفاده قرار می گیرند موارد مهندسی و آموزش از الویت بیشتری برای بهبود بخشیدن به ایمنی برخوردار هستند.(رنجبر و همکاران، ۱۳۸۶) . از میان تصادفات و حوادث مربوط به عملیات کشاورزی در ایران، بعد از مجروح شدن به وسیله ی جابجایی وسایل، واژگونی تراکتور بیشترین درصد مجروحین را به خود اختصاص داده است(جوادی، ا و رستمی ،ا. ۲۰۰۷). به طور کل هر ساله در اثر واژگونی تراکتور، کشاورزان زیادی جان خود را از دست می دهند و یا دچار نقص عضو می گردند ولی متاسفانه در کشور ما اهمیت کمی به این موضوع داده شده است و بایستی برای پیشگیری از این امر تحقیقات بیشتری انجام شود. زمانی که تراکتور در حال انجام عملیات کشاورزی روی یک زمین شیب دار است، راننده شاید متوجه این امر نباشد که یک نیروی مالبندی اضافی اگر به تراکتور اعمال شود ممکن است باعث واژگونی گردد و یا اینکه اگر شیب زمین از یک مقدار مشخص بیشتر شود احتمال واژگونی تراکتور بیشتر خواهد شد. واژگونی می تواند در نتیجه ی عکس العمل بین راننده و تراکتور و محیط باشد. بررسی ها نشان داده اند که استفاده از روش های قدیمی به عنوان مثال متوسل بودن به تجربه به طور موفقیت آمیزی از واژگونی تراکتور جلوگیری به عمل نمی آورد. بنابراین بهتر است تا ابزارهایی طراحی و ساخته شوند که راننده تراکتور را از خطر واژگونی آگاه سازند تا راننده با توجه به شرایط و با عکس العمل مناسب از بروز خطر جلوگیری کند (مورفی و همکاران۱۹۸۵).گورینگ (۱۹۶۷) و میتچل (۱۹۷۲) برای پیش بینی و مدل سازی واژگونی تراکتور فرض کردند که واژگونی به عقب تراکتور حول محور عقبی اتفاق می افتد. اسمیت و همکاران (۱۹۷۲) به این نتیجه رسیدند که واژگونی تراکتور به عقب در دو حالت زیر اتفاق میافتد:

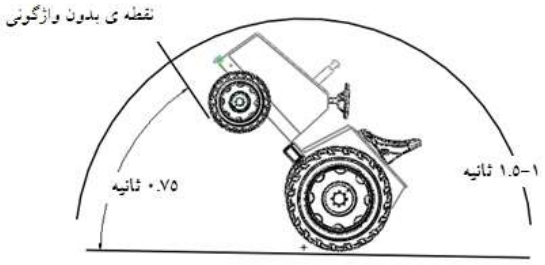
۱. واژگونی حول خط گذرنده از مرکز ثقل تراکتور و موازی با محور عقب

۲. حالتی که چرخ های جلو از زمین بلند شده و واژگونی حول محور عقب اتفاق میافتد

اسمیت (۱۹۸۴) همچنین در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که ارتفاع مالبندی و موقعیت آن یکی از عوامل تاثیر گذار در واژگونی به عقب میباشد.

همچنین مورفی (۱۹۸۵) گزارش کرد که پایداری تراکتور در اثر عوامل تاثیر گذاری مانند شیب، نیروی مالبندی، وضعیت خاک، یخبندان بودن زمین و سرعت تراکتور در حین دور زدن، گرچه به فهم مهندسی واژگونی تراکتور کمک می کند ولی هم اکنون این موارد به صورت شفاف و قابل فهم برای یک راننده تراکتور با سطح سواد پایین تبدیل نشده است. به این منظور بایستی علاوه بر طراحی سامانه ها برای جلوگیری از بروز حوادث، خود رانندگان نیز آموزش داده شوند تا در موارد ضروری با استفاده از یادگیری های خود و استفاده از سیستم های ایمنی و هشدار دهنده، توانایی خود را برای مواجهه با حوادث رانندگی بالا ببرند. مورفی (۱۹۹۱) گزارش کرد که واژگونی به عقب خیلی سریع اتفاق می افتد و ممکن است در کمتر از چند ثانیه تراکتور

کاملا واژگون شود. تراکتور ممکن است حین واژگونی به عقب در عرض کمتر از 3/4 ثانیه به نقطه ی بدون واژگونی[۲] برسد و در مدت1-1/5 ثانیه تراکتور به صورت کامل واژگون گردد. این بدین معنی است که راننده قادر نیست به سرعت از واژگونی طولی تراکتور جلوگیری کند بنابراین بهتر است یک سیستم نمایشگر یا هشدار دهنده طراحی و ساخته گردد تا قبل از اینکه تراکتور در آستانه ی ناپایداری قرار گیرد، راننده تراکتور را از امکان پیوستن واژگونی آگاه سازد. شکل (۱).



شکل۱– مدت زمان واژگونی طولی تراکتور.

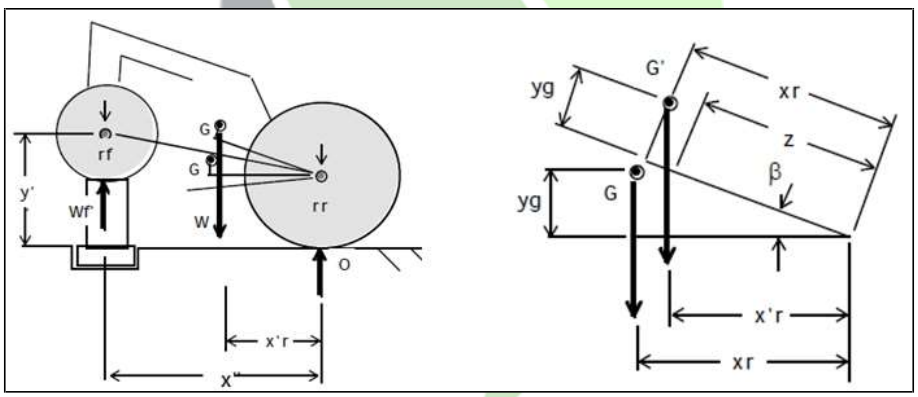
نیکول و همکاران (۲۰۰۵) از یک مدار میکرو کنترلر و یک شتاب سنج همراه با یک نمایشگر برای نمایش دادن شرایط بحرانی برای واژگونی تراکتور استفاده کردند و پیشنهاد دادند که علاوه بر این که باید از یک نمایشگر برای نشان دادن حالت بحرانی استفاده کرد، بایستی از سیستم هشدار دهنده ی صوتی نیز برای آگاه کردن راننده از خطر، بهره برد. سامر و همکاران (۲۰۰۶) برای نمایش و اعلام خطر واژگونی تراکتور از یک سیستم کنترل ارزان قیمت استفاده کردند. در این سیستم از یک شتاب سنج MEMS برای اندازه گیری تغییرات شیب استفاده شد. برای نمایش شرایط بحرانی از یک نمایشگر استفاده گردید که قابلیت ذخیره اطلاعات به مدت ۱۵ ثانیه را داشت تا راننده مجبور نباشد که مدام صفحه ی نمایشگر را ببیند.

مواد و روش ها

در این تحقیق از یک تراکتور دو دیفرانسیل میتسوبیشی با توان ۲۵ اسب بخار برای انجام آزمایشات استفاده شد. برای تعیین مختصات مرکز ثقل و شیب بحرانی تراکتور فوق الذکر، تراکتور مذکور روی یک باسکول دیجیتالی قرار داده شد و از یک جرثقیل برای بالا بردن جلوی تراکتور استفاده گردید. شکل(۲) تراکتور را در حالت بلند شده و شکل (۳) مولفه های برداری جهت بدست آوردن شیب بحرانی را نشان می دهد. روابط (۱) و (۲) و (۳) از تجزیه برداری بدست آمده اند که در نهایت از آنها برای بدست آورن شیب بحرانی استفاده شد.

[2] .Poin of no return

شکل ۲- بدست آوردن توزیع وزن در تراکتور



شکل ۳- تجزیه برداری جهت بدست آوردن ارتفاع مرکز ثقل تراکتور و شیب بحرانی

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 = \tan^{-1}\frac{r_r - r_f}{x} + \tan^{-1}\frac{y' - r_r}{x'} \qquad (۱)$$

$$y_g = \frac{x_r - z}{\tan\beta} = \frac{x_r - \frac{x'_r}{\cos\beta}}{\tan\beta} \qquad (۲)$$

$$\tan\theta_{critical} = \frac{x_r}{r_r + y_g} \qquad (۳)$$

در روابط بالا، $\theta_{critical}$ زاویه بحرانی که در آن تراکتور واژگون می گردد، r_r شعاع چرخ عقب، r_f شعاع چرخ جلو، x فاصله ی مرکز چرخ های جلو و عقب در حالت معمولی، y' فاصله ی مرکز چرخ های جلو از زمین در حالت بلند شده، x'' فاصله ی مرکز چرخ های عقب از مرکز چرخ های جلو در حالت بلند شده، y_g ارتفاع مرکز ثقل تراکتور از زمین، x_r فاصله ی مرکز ثقل تراکتور از محور عقب تراکتور می باشند.(کیهانی،ع. طباطبایی،ا. ۱۳۸۵). مقادیر بدست آمده برای پارامترهای ذکر شده در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱– مقادیر اندازه گیری شده بر حسب سانتی متر برای محاسبه شیب بحرانی تراکتور

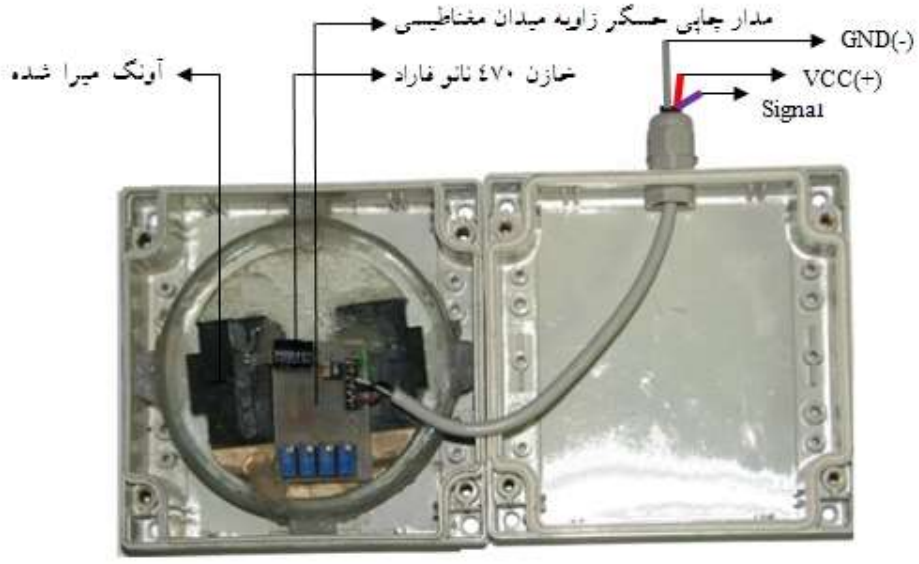
r_r	r_f	x	y'	x''	y_g	x_r
۵۵	۳۵	۱۵۰	۱۲۰	۱۴۰	۲۵/۵۵	۶۹

$$\text{Tan}\,\theta_{critical} = \frac{x_r}{r_r + y_g} = \frac{۶۹}{۵۵ + ۲۵/۵۵} \cong ۰/۸۸ \rightarrow \quad \theta_{critical} \cong ۴۱$$

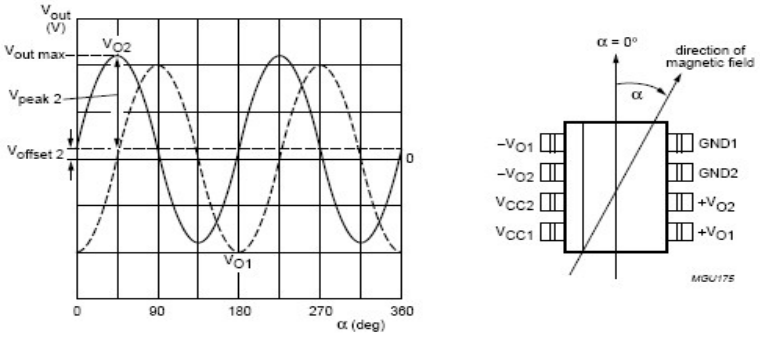
در حقیقت هدف از یافتن این پارامتر ها، بدست آوردن اطلاعاتی در مورد نحوه ی توزیع وزن در تراکتور مورد نظر و همچنین بدست آوردن زاویه ای که در آن، تراکتور در آستانه ی واژگونی قرار می گیرد، می باشد. هدف از پیدا کردن زاویه بحرانی این هست که یک سیستم نمایشگر که مجهز به یک شیب سنج می باشد طراحی گردد تا شیب زمینی که تراکتور درآن مشغول کار می باشد را در هر لحظه به راننده نشان دهد و در صورتیکه تراکتور به شیب بحرانی رسید، راننده تراکتور را از خطر واژگونی آگاه کند.

به منظور تشخیص شیب زمین یک آونگ میرا شده طراحی و ساخته شد که آونگ داخل یک میدان مغناطیسی قوی قرار داده شد. مدار چاپی حسگر زاویه میدان مغناطیسی در مقابل آونگ نصب گردید تا با چرخش آونگ و در نتیجه چرخش میدان خارجی زاویه شیب اندازه‌گیری شود. آونگ از یک صفحه پلاستیکی تشکیل شده که در دو طرف محور چرخش آن مغناطیس‌های دائمی نصب شدند. در زیر مغناطیس‌ها وزنه‌های برنجی نصب گردید تا مرکز جرم آونگ به پایین منتقل شود. کل آونگ درون یک محفظه شیشه ای درون گلیسیرین غوطه ور شد که از گلیسیرین به عنوان میراکننده استفاده شد. خروجی حسگر مستقیماً به یکی از پایه‌های ورودی میکروکنترلر وارد گردید.

در این شیب سنج از حسگر kmz41 و آیسی راه انداز uzz9000 برای اندازه گیری شیب استفاده گردید. برای از بین بردن نویز از یک خازن ۴۷۰ نانو فاراد استفاده شد.شکل (۴) شیب سنج ساخته شده را نشان می دهد.



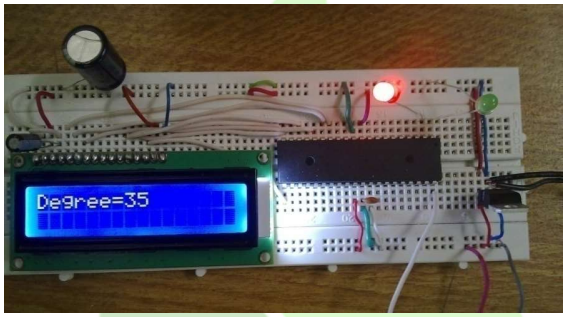
شکل ۴- شیب سنج طراحی شده جهت تشخیص شیب زمین



شکل۵ – تغییرات خروجی حسگر KMZ41 نسبت به تغییر در جهت میدان خارجی

ارزیابی مدار میکرو کنترلر

برنامه نویسی میکرو کنترل با استفاده از نرم افزار کد ویژن و بر اساس زاویه بحرانی محاسبه شده و خروجی شیب سنج نوشته شد. در مدار میکرو کنترل، از یک IC (ATMEGA 32) برای پردازش اطلاعات استفاده شد. جهت حذف نویز از سیستم، از یک خازن ۱۰۰ نانو فارادی و همچنین از دو عدد چراغ به رنگ های زرد و قرمز جهت پیش بینی و نشان دادن حالت بحرانی برای تراکتور بهره گرفتیم. برای آگاهی بهتر راننده نیز از یک هشدار دهنده ی صوتی استفاده گردید به گونه ای که با نزدیک شدن تراکتور به شیب بحرانی، هشدار دهنده صوتی فعال می شد. شکل (۱۰) شماتیک مدار میکرو کنترلر با اجزای مربوطه را نشان می دهد.



شکل ۱۰– مدار الکترونیکی طراحی شده برای نمایش و تشخیص شیب بحرانی شیب

طبق برنامه ای که به میکرو کنترل داده شد، چراغ زرد زمانی که شیب به زاویه ۲۵ درجه می رسید روشن می شد تا راننده متوجه این موضوع شود که در شیبی کار می کند که باید نسبت به ادامه عملیات احتیاط بیشتری داشته باشد. چراغ قرمز نیز برای شیب ۳۰ درجه تعبیه گردید به گونه ای که اگر شیب تشخیص داده شده توسط شیب سنج به ۳۰ درجه برسد، چراغ قرمز روشن خواهد شد تا راننده را آگاه کند که در یک شیب بحرانی کار می کند. به رانندگان پیشنهاد می شود که در این هنگام از ادامه عملیات در چنین زمین هایی منصرف شود.

نتایج

یکی از راه های پیش گیری از خطرات این هست که راننده تراکتور را از وقوع خطر مطلع کرد. به این منظور بهتر هست که با استفاده از ابزار های الکترونیکی شرایط بحرانی تراکتور پیش بینی گردد.

در این تحقیق برای پیش بینی و نمایش زاویه بحرانی تراکتور، از یک شیب سنج مغناطیسی همراه با یک مدار الکترونیکی استفاده گردید. برنامه نویسی مدار کنترل با استفاده از نرم افزار کد ویژن انجام شد.

صحت مدار طراحی شده با تغییر زاویه شیب سنج و نمایش دادن روی LCD و همچنین ارزیابی سامانه روی تراکتور انجام گردید و تائید گردید.

پیشنهادات

پیشنهادات زیر می تواند برای جلوگیری از بروز حوادث ناشی از واژگونی تراکتور مفید واقع شود:

* آموزش رانندگان تراکتور به منظور عکس العمل مناسب در مواقع خطر
* طراحی ابزار هایی برای پیش بینی شرایط ناپایداری برای تراکتور
* استفاده از کمربند ایمنی برای رانندگان تراکتور
* استفاده از هشدار دهنده ی صوتی (علاوه بر نمایشگر)
* عدم اتصال ادوات خیلی سنگین به پشت تراکتور
* آگاهی از شرایط زمین قبل از انجام عملیات کشاورزی
* دور زدن با سرعت کم
* ممانعت از رانندگی افرادی که مهارت لازم برای رانندگی را ندارند

منابع

[۱] رنجبر،ایرج. قاسم زاده، حمیدرضا.داودی، شهاب.۱۳۸۶. توان موتور و تراکتور. انتشارات دانشگاه تبریز.
[۲] کیهانی، علیرضا و طباطبایی فر، احمد.۱۳۸۵.مکانیک تراکتور و ادوات خاک ورزی. انتشارات دانشگاه تهران.
[3] Goering, G.E. and W.F. Buchele. 1976. Computer simulation of an unsparing vehicle , Part I and Part II. TRANSACTION of the ASAE10(2):272-280
[4] Goering, G.E. and W.F. Buchele. 1967.Computer simulation of an unsparing vehicle , Part I and Part II. TRANSACTION of the ASAE10(2):272-280
[5] Javadi and M. A. Rostami Safety Assessments of Agricultural Machinery in Iran J. Agr c. Safety Health 13(3): 275-284. @2007
[6] Kim,k,. and Rehkugler G.E. 1987. A Review of Tractor Dynamic and Stability ASAE30(3):615-623
[7] Mitchel ,B.W., G.L. Zachariah m 1972.prediction and control of tractor stability to prevent rearward overturning. TRANSACTION of the ASAE15(5):838-844
[8] Murphy,Dennis.1991, Agricultural Engineering Department, Cooperative
[9] Murphy,D.J. D.c . Beppler and H.J.Somer. 1985 Tractor stability indicator. Applied Ergonomics,16.3,187-191 Extension Service, Pennsylvania State University, University Park, Pa 16802.
[10] Nich , C.I., H.J. Sommer and D.J. Murphy. 2005. Simplified Overturn Stability Monitoring of Agricultural Tractors. J. Agri. Safety and Health 11:99-108.
[11] Smi ,D.W and J.B. Liljedahl. 1972. Simulation of rearward overturning of farm tractors . TRANSACTION of the ASAE15(5):818-821
[12] Smit,D.W. 1984. The influence of drawbar position on tractor rearward stability. ASAE Paper 84-1560, ASAE,St.Joseph,MI49185.
[13] Somer.H.J, C.J.Nichol, and D.J. Murphy.2006. MEMS Sensors to Prevent Side and Rear Overturn of Agricultural Tractors. An ASABE Meeting Presentation Paper number 0611.

Design and fabrication of alarm system to tractor overturning

Abstract

Serious agriculture-related accidents are increasing and Tractor overturns are a major cause of death in farm operations in Iran. The overturns are the result of interactions between the tractor operator, the tractor and the environment.Numerous variables involved in tractor overturn have been identified. A newer approach to the rollover problem is to develop instrumentation that will give the operator instantaneous cues concerning the tractor's stability as it is operated. In this study a new system was developed. In this study, to measure a steep slope land electromagnetic gauge was created. Working principles of the slope gauge, based on the magnetic field is changed. By changing the slope of the ground, embedded within the pendulum inclinometers with their period are altering the magnetic field. The slope of the output is analog gauges. Based on the slope land in the output voltage range (47/2-32/0) V will change. This information is then processed by a microprocessor, and an assessment of rollover potential is reported to the display device.

Key words: *Agricultural tractors, Accident prevention, Tractor overturn, Safety.*