



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



طراحی، ساخت و ارزیابی یک سیستم هشدار دهنده واژگونی تراکتور

جواد طریقی^۱، اسماعیل خراسانی^۲، حسین موسی‌زاده^۳

^۱استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، Tarighi@uma.ac.ir

^۲استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران، E.khorasani@scu.ac.ir

^۳دانشیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران، Hmousazade@ut.ac.ir

چکیده

واژگونی تراکتور یکی از عوامل مهم بروز حوادث در استفاده از تراکتور است. برای جلوگیری از وقوع آن باید توجه ویژه‌ای صورت پذیرد. واژگونی تراکتور به دو صورت می‌تواند اتفاق بیفتد: طولی و جانبی. در این تحقیق بیشتر واژگونی طولی مدنظر بوده و برای پیش‌بینی و جلوگیری از آن، یک شیب‌سنج مغناطیسی طراحی و ساخته شد که می‌توان با نصب آن روی تراکتور، شیب زمینی که تراکتور روی آن مشغول کار است را به دست آورد. اصول کار این شیب‌سنج بر اساس تغییر میدان مغناطیسی است که با تغییر شیب زمین، آونگ تعبیه شده داخل شیب‌سنج با دوران خود باعث تغییر میدان مغناطیسی می‌گردد. خروجی این شیب‌سنج به صورت آنالوگ است که بر اساس شیب زمین ولتاژ خروجی بین بازه‌ی (۰/۲-۳۲/۴۷) ولت تغییر می‌کند. به‌منظور تشخیص و نمایش شیب در هر لحظه، از یک مدار میکرو کنترلر AVR استفاده گردید. برنامه نویسی مدار میکرو کنترلر با استفاده از نرم‌افزار کدویژن و به زبان ++C نوشته شد.

کلمات کلیدی: شیب‌سنج، واژگونی تراکتور، میکرو کنترلر، میدان مغناطیسی

Design, Fabrication and evaluation an alarm System to Prevent Tractor Overturning

Javad Tarighi¹, Esmail Khorasani², Hossein Mousazadeh³

¹Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

³Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.

²Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

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. To measure a steep slope land electromagnetic gauge was constructed. 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 output of inclinometer is analog and the voltage range is (47/2-32/0) V. 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.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



مقدمه

در ۶۰ سال گذشته تحقیقات قابل توجهی در خصوص پایداری و دینامیک تراکتور انجام شده است، اما این تحقیقات از سال ۱۹۶۰ شتاب بیشتری به خود گرفته است. مفهوم اصلی پایداری و دینامیک تراکتور در سال ۱۹۲۰ توسط مک کین ارائه شد که از آن به بعد تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته که همگی به حفظ پایداری تراکتور کمک کرده‌اند. (کیم و رکوگلو، ۱۹۸۷). گورینگ و همکاران (۱۹۷۶) جزو اولین کسانی بودند که در مورد واژگونی تراکتور به عقب، کار تحقیقاتی انجام دادند. مدل‌های آن‌ها توانست واژگونی تراکتور به عقب را پیش‌بینی کند. آمار موجود در خصوص تعدادی از حوادث نشان داده است که کشاورزی بعد از معدن دومین شغل پرخطر در جهان است. بنابراین باید به ایمنی در ماشین‌های کشاورزی اهمیت بیشتری داده شود

ایمنی را می‌توان با اعمال قوانین و مقررات نیز بهبود بخشید ولی به دلیل اینکه ماشین‌های کشاورزی اغلب توسط کشاورزان بدون رعایت موارد ایمنی، مورد استفاده قرار می‌گیرند موارد مهندسی و آموزش از اولویت 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 جابجایی وسایل، واژگونی تراکتور بیشترین درصد مجروحین را به خود اختصاص داده است (جوادی، ا و رستمی، ۲۰۰۷). به‌طور کل هر ساله در اثر واژگونی تراکتور، کشاورزان زیادی جان خود را از دست می‌دهند و یا دچار نقص عضو می‌گردند ولی متأسفانه 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 شیب‌دار 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 می‌تواند در نتیجه‌ی عکس‌العمل بین راننده و تراکتور و محیط باشد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های قدیمی به‌عنوان مثال متوسل بودن به تجربه به‌طور موفقیت‌آمیزی از واژگونی تراکتور جلوگیری به عمل نمی‌آورد. 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 عکس‌العمل مناسب از بروز خطر جلوگیری کند (مورفی و همکاران، ۱۹۸۵). گورینگ (۱۹۶۷) و میت چل (۱۹۷۲) برای پیش‌بینی و مدل‌سازی واژگونی تراکتور فرض کردند که واژگونی به عقب تراکتور حول محور عقبی اتفاق می‌افتد. 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

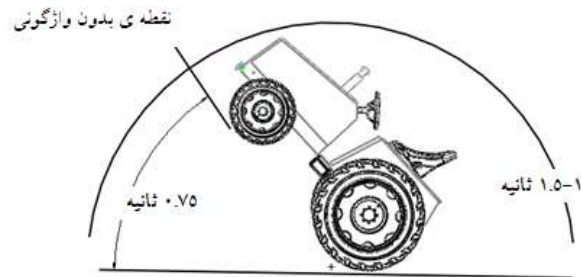
۲. حالتی که چرخ‌های جلو از زمین بلند شده و واژگونی حول محور عقب اتفاق می‌افتد

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

همچنین مورفی (۱۹۸۵) گزارش کرد که پایداری تراکتور در اثر عوامل تأثیرگذاری مانند شیب، نیروی مال‌بندی، وضعیت خاک، یخبندان بودن زمین و سرعت تراکتور در حین دور زدن، گرچه به فهم مهندسی واژگونی تراکتور کمک می‌کند ولی هم‌اکنون این موارد به‌صورت شفاف و قابل فهم برای یک راننده تراکتور با سطح سواد پایین تبدیل نشده است. به این منظور بایستی علاوه بر طراحی سامانه‌ها برای جلوگیری از بروز حوادث، خود رانندگان نیز آموزش داده شوند تا در موارد ضروری با استفاده از یادگیری‌های خود و استفاده از دستگاه‌های ایمنی و هشداردهنده، توانایی خود را برای مواجهه با حوادث رانندگی بالا ببرند. مورفی (۱۹۹۱) گزارش کرد که واژگونی به عقب خیلی سریع اتفاق می‌افتد و ممکن است در کمتر از چند ثانیه تراکتور کاملاً واژگون شود. تراکتور ممکن است حین واژگونی به عقب در عرض کمتر از سه‌چهارم ثانیه به نقطه‌ی بدون واژگونی برسد و در مدت 1-1/5 ثانیه تراکتور به‌صورت کامل واژگون گردد. این بدین معنی است که راننده قادر نیست به‌سرعت 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 آستانه‌ی ناپایداری قرار گیرد، راننده تراکتور را از امکان بروز واژگونی آگاه سازد. شکل (۱).



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



شکل ۱- مدت زمان واژگونی طولی تراکتور.

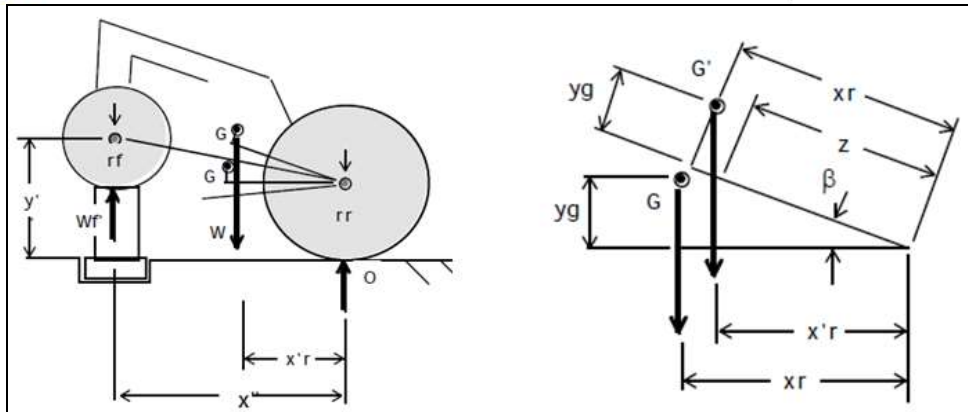
نیکول و همکاران (۲۰۰۵) از یک مدار میکرو کنترلر و یک شتاب سنج همراه با یک نمایشگر برای نمایش دادن شرایط بحرانی برای واژگونی تراکتور استفاده کردند و پیشنهاد دادند که علاوه بر این که باید از یک نمایشگر برای نشان دادن حالت بحرانی استفاده کرد، بایستی از سیستم هشدار دهنده صوتی نیز برای آگاه کردن راننده از خطر، بهره برد. سامر و همکاران (۲۰۰۶) برای نمایش و اعلام خطر واژگونی تراکتور از یک سامانه 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 صفحه‌ی نمایشگر را مشاهده نماید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک تراکتور دو دیفرانسیل میتسوبیشی با توان ۲۵ اسب بخار برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. برای تعیین مختصات مرکز ثقل و شیب بحرانی تراکتور فوق‌الذکر، 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) مؤلفه‌های برداری جهت به دست آوردن شیب بحرانی را نشان می‌دهد. روابط (۱) و (۲) و (۳) از تجزیه برداری به دست آمده‌اند که در نهایت از آن‌ها برای به دست آوردن شیب بحرانی استفاده شد.



شکل ۲- به دست آوردن توزیع وزن در تراکتور



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

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

$$y_g = \frac{x_r - z}{\tan \beta} = \frac{x_r - \frac{x' r_r}{\cos \beta}}{\tan \beta} \quad (2)$$

$$\tan \theta_{critical} = \frac{x_r}{r_r + y_g} \quad (3)$$

در روابط بالا، $\theta_{critical}$ زاویه بحرانی که در آن تراکتور واژگون می‌گردد، شعاع چرخ عقب، r_f شعاع چرخ جلو، x فاصله‌ی مرکز چرخ‌های جلو و عقب در حالت معمولی، y' فاصله‌ی مرکز چرخ‌های جلو از زمین در حالت بلند شده، x' فاصله‌ی مرکز چرخ‌های عقب از مرکز چرخ‌های جلو در حالت بلند شده، y_g ارتفاع مرکز ثقل تراکتور از زمین، x_r فاصله‌ی مرکز ثقل تراکتور از محور عقب تراکتور می‌باشند. (کیهانی، ع. طباطبایی، ۱۳۸۵). مقادیر به‌دست‌آمده برای پارامترهای ذکر شده در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده برحسب سانتی‌متر برای محاسبه شیب بحرانی تراکتور

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

$$\tan \theta_{critical} = \frac{x_r}{r_r + y_g} \Rightarrow \theta_{critical} \cong \rightarrow \frac{69}{55 + 25/55} \cong 0.88 =$$

در حقیقت هدف از یافتن این پارامترها، به دست آوردن اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی توزیع وزن در تراکتور مورد نظر و همچنین به دست آوردن زاویه‌ای که در آن تراکتور در آستانه‌ی واژگونی قرار می‌گیرد، است. هدف از پیدا کردن زاویه بحرانی این است که یک سیستم نمایشگر که مجهز به یک شیب‌سنج است طراحی گردد که شیب زمینی که تراکتور در آن مشغول کار است را در هر لحظه به راننده نشان دهد و در صورتی که تراکتور به شیب بحرانی رسید، راننده تراکتور را از خطر واژگونی آگاه کند.

به‌منظور 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 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

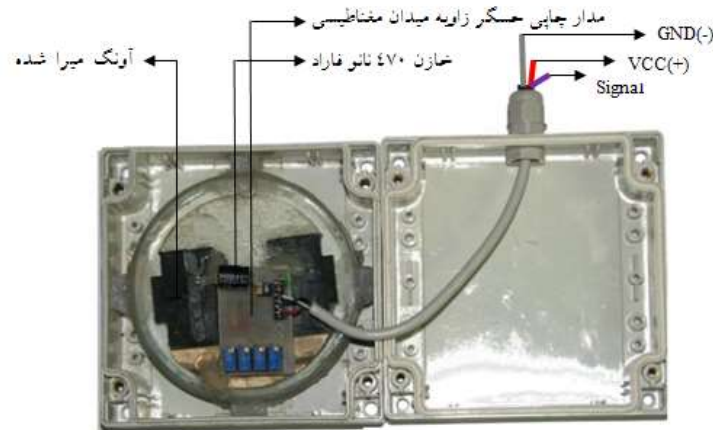


یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

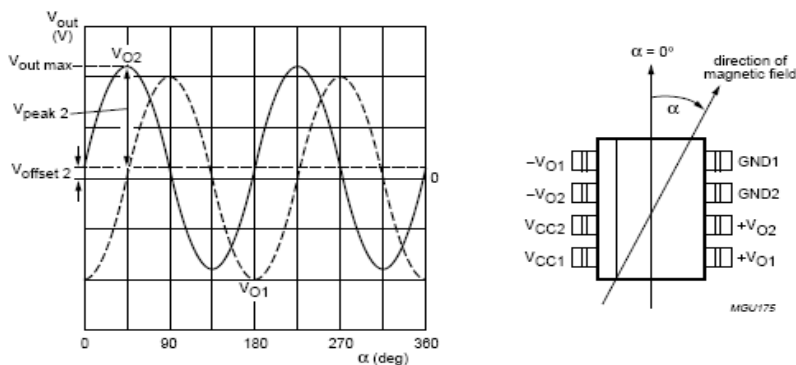


برنجی نصب گردید تا مرکز جرم آونگ به پایین منتقل شود. کل آونگ درون یک محفظه شیشه‌ای درون گلیسیرین غوطه‌ور شد که از گلیسیرین به‌عنوان میرا کننده استفاده شد. خروجی حسگر مستقیماً به یکی از پایه‌های ورودی میکروکنترلر وارد گردید.

در این شیب‌سنج از حسگر kmz41 و آیسی راه‌انداز uzz9000 برای اندازه‌گیری شیب استفاده گردید. برای از بین بردن نویز از یک خازن ۴۷۰ نانو فاراد استفاده شد. شکل (۴) شیب‌سنج ساخته شده را نشان می‌دهد.



شکل ۴- شیب‌سنج طراحی شده جهت تشخیص شیب زمین



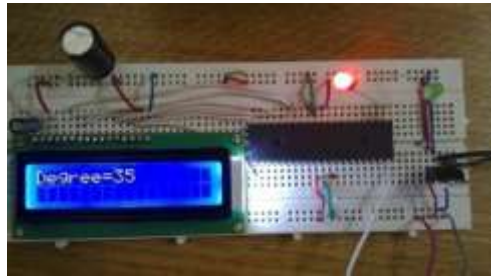
شکل ۵- تغییرات خروجی حسگر KMZ41 نسبت به تغییر در جهت میدان خارجی

ارزیابی مدار میکرو کنترلر

برنامه نویسی میکرو کنترلر با استفاده از نرم‌افزار کد ویژن و بر اساس زاویه بحرانی محاسبه شده و خروجی شیب‌سنج نوشته شد. در مدار میکرو کنترلر، 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 رنگ‌های زرد و قرمز جهت پیش‌بینی و نشان دادن حالت بحرانی برای تراکتور بهره گرفته شد. برای آگاهی بهتر راننده نیز از یک هشدار دهنده صوتی استفاده گردید به گونه‌ای که با نزدیک شدن تراکتور به شیب بحرانی، هشدار دهنده صوتی فعال می‌گردد. شکل (۱۰) شماتیک مدار میکرو کنترلر با اجزای مربوطه را نشان می‌دهد.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



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

طبق برنامه‌ای که به میکرو کنترل داده شد، چراغ زرد زمانی که شیب به زاویه ۲۵ درجه می‌رسد روشن می‌گردد که راننده متوجه این موضوع شود که در شیبی کار می‌کند که باید نسبت به ادامه عملیات احتیاط بیشتری داشته باشد. چراغ قرمز نیز برای شیب ۳۰ درجه تعبیه گردید به گونه‌ای 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 می‌کند. به رانندگان پیشنهاد می‌شود که در این هنگام از ادامه عملیات در چنین زمین‌هایی منصرف شود.

نتایج

یکی از راه‌های پیش‌گیری از خطرات این است که راننده تراکتور را از وقوع خطر مطلع کرد. به این منظور بهتر است که با استفاده از ابزارهای الکترونیکی شرایط بحرانی تراکتور پیش‌بینی گردد. در این تحقیق برای پیش‌بینی و نمایش زاویه بحرانی تراکتور، از یک شیب‌سنج مغناطیسی همراه با یک مدار الکترونیکی استفاده گردید. برنامه نویسی مدار کنترل با استفاده از نرم‌افزار کد ویژن انجام شد. صحت مدار طراحی شده با تغییر زاویه شیب سنج و نمایش دادن روی LCD تأیید گردید.

پیشنهادها

پیشنهادهای زیر می‌تواند برای جلوگیری از بروز حوادث ناشی از واژگونی تراکتور مفید واقع شود:

- * آموزش رانندگان تراکتور به منظور عکس العمل مناسب در مواقع خطر
- * طراحی ابزارهایی برای پیش‌بینی شرایط ناپایداری برای تراکتور
- * استفاده از کمر بند ایمنی برای رانندگان تراکتور
- * استفاده از هشدار دهنده 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 و مراجع

- (۱) رنجبر، ایرج. قاسم‌زاده، حمیدرضا. داودی، شهاب. ۱۳۸۶. توان موتور و تراکتور. انتشارات دانشگاه تبریز.
- (۲) کیهانی، علیرضا و طباطبایی فر، احمد. ۱۳۸۵. مکانیک تراکتور و ادوات خاک‌ورزی. 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



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



- 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
- 6) *J. Agr c. Safety Health* 13(3): 275-284. @2007
- 7) Kim,k., and Rehkugler G.E. 1987. A Review of Tractor Dynamic and Stability ASAE30(3):615-623
- 8) 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
- 9) ۱۹۹۱Murphy,Dennis.1991, Agricultural Engineering Department, Cooperative
- 10) 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.
- 11) Nichol, 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.
- 12) Smit,D.W and J.B. Liljedahl. 1972. Simulation of rearward overturning of farm tractors . TRANSACTION of the ASAE15(5):818-821
- 13) Smit,D.W. 1984. The influence of drawbar position on tractor rearward stability. ASAE Paper 84-1560, ASAE,St.Joseph,MI49185.
- 14) 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 061153