نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

ساخت و آزمایش تقویت کننده نیروی پدال کلاچ

سجاد رستمی[۱]* و امید بهرامی[۲]
۱ و ۲ – به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد
ایمیل مکاتبه کننده: rostami.sajad@yahoo.com

چکیده

عمل گرفتن کلاچ در ماشین‌های کشاورزی و تراکتورها نسبت به خودروهای سواری بیشتر انجام می‌گیرد. درضمن کلاچ تراکتورها به علت گشتاور بالای موتور تراکتورها در مقایسه با خودروهای سواری سفت تر بوده و لذا فشار دادن پدال آنها به نیروی بیشتری از طرف راننده نیاز دارد. در این تحقیق جهت کاهش نیروی لازم جهت پدال گرفتن، یک بوستر ترمز برروی میله‌بندی کلاچ تراکتور نصب شد. نتایج آزمایشات انجام شده با این سامانه نشان داد که بوستر باعث کاهش نیروی لازم جهت پدال گرفتن شد. با افزایش دور موتور و تنگ‌تر شدن مجرای هوای وروی موتور تاثیر استفاده از بوستر افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: بوستر، کلاچ، تراکتور، نیرو، پدال.

مقدمه

اصولاً در سیستم‌های انتقال نیرو، برای استفاده از توان تولید شده در موتور به شکلی دیگر و یا استفاده در جایی دیگر نیاز به جابجایی و انتقال دارد. ساده ترین راه برای کنترل این نیروی منتقل شده استفاده از یک کلاچ است تا هر زمان که نیاز به توقف انتقال نیرو باشد، این عمل انجام پذیرد. کلاچ یک اتصال اصطکاکی میان موتور اتومبیل به عنوان منبع تولید توان و جعبه دنده اتومبیل برقرار می‌کند. در حالتی که کلاچ اتومبیل درگیر است توان از موتور به جعبه دنده و از آنجا به چرخها انتقال می‌یابد(زو و همکاران، ۲۰۰۸). برای انتقال حرکت چرخشی از یک شفت به شفت دیگر از وسیله ی به نام کلاچ استفاده میکنند. کلاچ قادر است ارتباط بین دو محور در حال حرکت را قطع و وصل کند (گارت و همکاران، ۲۰۰۰).
برحسب شرایط جاده و سرعت حرکت ماشین گاهی لازم می‌شود که دنده مورد استفاده در جعبه دنده ماشین تغییر کند. برای آنکه بتوان این تغییر را به راحتی انجام داد، لازم است که با استفاده از کلاچ که رابطی بین موتور و جعبه دنده است توان را از چرخ دنده‌های موجود در جعبه دنده قطع کرد. برای این کار راننده اتومبیل می‌تواند به‌راحتی با فشاردادن یک پدال به کمک پای خویش آن را انجام دهد. لذا در این حالت راننده برای مدت کوتاهی پدال کلاچ را نگه می‌دارد و چون در این حالت جعبه‌دنده تحت هیچ نیروی خاصی قرار ندارد دنده مناسب را انتخاب کرده و جعبه دنده را در آن دنده

مطلوب قرار می‌دهد و سپس پدال کلاچ را رها می‌کند. در این حالت انتقال توان از موتور به جعبه دنده دوباره از سر گرفته خواهد شد (پتر، ۲۰۰۳).

از نظر سهولت در عملکرد کلاچ نزد راننده، کلاچ باید به گونهای باشد که عمل کلاچ گیری و تعویض دنده برای راننده خسته کننده و طاقت فرسا نباشد (فردوس، ۱۳۳۹).

در ترافیک‌های سنگین به دلیل استفاده زیاد از کلاچ و یا نگه داشتن پدال کلاچ در طول توقف طولانی می تواند خستگی شدیدی به راننده منتقل کند(گارت و همکاران، ۲۰۰۰). عمل گرفتن کلاچ در ماشینهای کشاورزی علی الخصوص تراکتورها نسبت به خودروهای سواری بیشتر انجام می‌گیرد(مهتا و همکاران، ۲۰۰۷) و از آنجایی که کلاچ تراکتورها به علت گشتاور بالای موتور تراکتورها نسبت به خودروهای سواری سفت تر بوده و لذا فشار دادن پدال آنها به نیروی بیشتری نیاز دارد. این امر از نظر ارگونومی برای راننده مشکل ساز بوده و سبب تاثیرات منفی گرفتن کلاچ از جمله خستگی و گرفتگی عضلات برای راننده تراکتور میشود. امروزه ارگونومی ماشینها و ادوات کشاورزی به دلیل شرایط خاص مزارع و ناهمواری های موجود در زمین، کاهش ضریب ارگونومیک و اصولی طراحی، یکی از مهمترین مباحث مورد توجه می باشد. حتی اگر حداکثر دقت در طراحی انجام شود شرایط طبیعی مشکلات زیادی را به همراه خواهند داشت. پس باید توجه بیشتری بر روی اصولی که می توانند این نقایص را کاهش دهند نمود(جاین و همکاران ۲۰۰۸). فیسانت و هاریس (۱۹۸۲) در هند موقعیت پدالهای تراکتور را نسبت به نقطه مرجع صندلی و پوسچر مناسب راننده مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که برای داشتن یک پوسچر مناسب و کاربرد بهینه نیرو، موقعیت پدالها باید نسبت به وضعیت کنونی تغییر یابند.

یک راننده تراکتور پدال کلاچ را به طور متوسط ۲۳۰ بار در ساعت مورد استفاده قرار می‌دهد(داپیس، ۱۹۵۹) ارزیابی چیدمان کنترل کننده ها در تراکتورهای هندی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که چیدمان فعلی کنترل کننده‌ها که شامل پدالهای کلاچ، ترمز و پدال گاز می باشند نیاز به تغییر اساسی دارد و با جابجایی افقی و عمودی صندلی در طراحی‌های تراکتور فعلی این امر امکان‌پذیر نمی باشد(کومار و همکاران، ۲۰۰۹).

در مطالعه که دوانگان و همکاران در مورد قدرت ماهیچه ای کشاورزان مرد هندی و طراحی کنترل کننده های تراکتور انجام داده اند به این نتیجه رسیدند که یک کشاورز هندی به طور متوسط قادر است با پای چپ خود ۳۰۰/٤ نیوتن نیرو اعمال کند. لذا، از آنجایی که پدال کلاچ با نیروی یک پا کار می‌کند و در سمت چپ راننده تراکتور قرار دارد، برای طراحی پدال کلاچ نیروی ۳۰۰/٤ نیوتن را پیشنهاد کردند(دوانگان و همکاران، ۲۰۱۰). لهمان (۱۹۵۸) حد اکثر نیروی محرک یک کلاچ را مطابق استاندارد ISO(1987) 350 نیوتن پیشنهاد کرده است. که معمولا" نیروی که روی پدال کلاچ اعمال میشود از نیروی مورد نیاز بیشتر است. از طرفی اگر نیروی اعمالی به پدال کلاچ زیاد باشد، آنگاه راننده نمی‌تواند لحظه ای را که کلاچ دقیقا آزاد شده، تشخیص دهد. مهتا و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی که در مورد توان پای کاربران هندی هنگام کار با پدال های تراکتور انجام داد به چنین نتیجه ی رسید که نیروی اعمالی توسط پای راست از پای چپ بیشتر است. در این تحقیق پیشنهاد شد که حداکثر نیروی محرکه پدالهای کلاچ و ترمز به ترتیب ۳۳۰ و ۲۸۰ نیوتن باشد. استفاده از بوستر یا تقویت کننده یکی از راههای کاهش نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدالهای ترمز و کلاچ می باشد. تا به امروز بیشترین کاربردی

که از بوستر دیده شده است در سیستم ترمز بوده است. بوستر ترمز در انواع مختلفی ساخته شده است که یکی از آنها بوستر خلاء میباشد که از خلا تولید شده توسط موتور استفاده می کند تا نیروی وارد شده به سیلندر اصلی ترمز توسط پا را چند برابر کند. در واقع بوستر خلا محفظه‌ای فلزی است که شامل یک سوپاپ هوشمندانه و یک دیافراگم است. میله ای که از مرکز محفظه می گذرد از یک سو به پیستون سیلندر اصلی و از سوی دیگر به پدال متصل است(محمدی و امینیان، ۱۳۹۱).

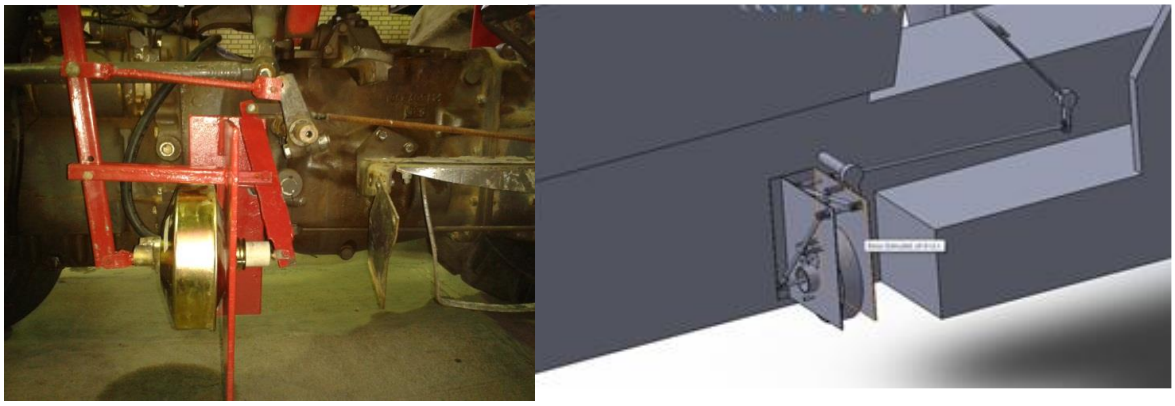
توجه به مصاحبه‌هایی که با بعضی از رانندگان تراکتور صورت گرفت و نیز تجربه‌های نگارنده نشان میدهد که کلاچ گرفتن برای رانندگان تراکتور به ویژه در هنگام شخم زدن در زمینهای کوچک که نسبت به زمینهای بزرگ به مراتب بیشتر انجام میشود، به علت سفت بودن پدال کلاچ کاری خسته کننده است. لذا، در این طرح ساخت و آزمایش تقویت کننده نیروی پدال کلاچ تراکتور انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی تراکتور MF285 که بیشترین تیراژ تولید در کشور را دارا می باشد انجام گرفت. در ابتدا نیروی مورد نیاز جهت فشار دادن پدال کلاچ تراکتور MF285 و کورس آن اندازه گیری شد. سپس بوستر ترمز یک خودرو پیکان انتخاب و با رعایت این نکته که هیچگونه تغییری در بدنه تراکتور انجام نشود، و با در نظر گرفتن موقعیت پدال و اهرم دو شاخه کلاچ، بوستر مطابق شکل ۱ بر روی بدنه تراکتور بین پدال کلاچ و اهرم دو شاخه کلاچ نصب و سپس با حداقل تغییرات در مانیفولد ورودی و با استفاده از یک شیلنگ، محفظه خلاء بوستر به مانیفولد ورودی متصل گردید. به طور کلی در این طرح سعی شد با انتخاب درست و جانمایی صحیح قطعات که حداقل هزینه و حداقل تغییرات بر روی بدنه تراکتور را به دنبال دارد طرح مذکور انجام شود.

به منظور افزایش مکش در مجرای ورودی از تعدادی مجرا با قطرهای مختلف دهانه در قسمت ورودی مانیفولد هوای تراکتور در آزمایشات مختلف نصب شد.

پس از ساخت قطعات و نصب بوستر بر روی بدنه تراکتور، به منظور آزمایش سامانه نصب شده بر روی تراکتور و اطمینان از عدم ایجاد اخلال در عملکرد کلاچ تراکتور، عمل کلاچ گرفتن و تعویض دنده در حالتهای خاموش و روشن بودن تراکتور انجام گرفت و در صورت نیاز اصلاحات لازم بر روی سامانه انجام گرفت. در ادامه پس از اطمینان از عملکرد صحیح سامانه در دورهای مختلف موتور تراکتور و همچنین با استفاده از مجراهای با قطر های مختلف آزمایشات مختلفی بر روی تراکتور انجام شد. تعداد آزمایشات انجام شده بر روی تراکتور چهل آزمایش بود که هر کدام از آنها در سه تکرار انجام شدند. و نتایج سه تکرار هر آزمایش به عنوان نتیجه مورد بررسی قرار گرفت. در هر بار آزمایش نیروی لازم برای کلاچ گرفتن اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری نیروی لازم جهت فشار دادن پدال از یک لودسل استفاده شد. به این صورت که نیروی لازم از طریق لودسل به پدال کلاچ وارد شده و این نیرو از طریق یک دیتالاگر بر روی کامپیوتر ثبت می شد.



الف ب

شکل ۱– الف– شماتیک مدل و ب– بوستر نصب شده بر روی بدنه تراکتور

نتایج و بحث

به منظور بررسی نتیجه حاصل از تغییرات انجام شده بر روی تراکتور آزمایشات مختلفی بر روی تراکتور به همراه سامانه نصب شده بر روی آن انجام گرفت. نتایج این آزمایشات که در دورهای مختلف موتور تراکتور انجام گرفت در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱– میزان نیروی مورد نیاز برای فشردن پدال کلاچ به کیلوگرم دور موتور

دور موتور / قطر مجرای ورودی(mm)	۸۰۰Rpm	۱۱۰۰ Rpm	۱٤۰۰Rpm	۱۷۰۰Rpm	۲۰۰۰Rpm
۱۵	۵/۹	۵/٦	۵/۵	۵/۱	٤/۸
۲۰	٦/۳	٦/۱	۵/۳	۵/۵	٤/۹
۲۵	٦/۹	٦/٤	٦/٦	٦/۵	۵/۹
۳۰	۷/۳	۷/۲	٦/۹	٦/۷	٦/۲
۳۵	۱۲/۸	۱۲/۷	۱۲/۵	۱۰/۷	۹/۷
٤۰	۱۵/۳	۱۳/٤	۱۳/۰	۱۲/۸	۱۱/۳
٤۵	۱۵/۵	۱۵/۱	۱٤/٦	۱٤/۳	۱۳/۷
حالت عادی	۱۵/۹	۱۵/۳	۱٤/۸	۱٤/٦	۱٤/۲

بررسی نتایج نشان داده شده در جدول ۱ بیانگر این امر است که با افزایش دور موتور ، نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ کاهش می یابد. دلیل این امر در این است که با افزایش دور موتور هوای ورودی به موتور با سرعت بیشتری مکش شده و در نتیجه فشار درون مانیفولد کاهش می یابد. این امر باعث می شود تا اختلاف فشار در دو طرف دیافراگم بوستر افزایش یافته و در نتیجه نیروی کمکی از طرف بوستر افزایش یابد. لذا نیروی لازم که باید توسط پای راننده به منظور فشار دادن پدال کلاچ بر پدال وارد شود، کاهش می یابد.

همچنین نتایج آورده شده در جدول نشان می دهند که با تنگ‌تر کردن قطر مجرای ورودی نیز نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ کاهش یافته است. دلیل این امر نیز این است که با تنگ‌تر کردن مجرای ورودی هوا، اختلاف فشار ایجاد شده در مانیفولد هوا بیشتر شده و درنتیجه مکش افزایش می یابد. با افزایش مکش در مانیفولد ورودی، فشار هوای موجود در جلوی دیافراگم بوستر کاهش یافته در حالیکه فشار موجود در پشت دیافراگم ثابت است. این امر باعث افزایش نیروی کمکی از طرف بوستر جهت حرکت میله بندی کلاچ و راحت آزاد شدن پدال می گردد. لذا همانگونه که در جدول هم مشاهده می‌شود، نیروی لازم جهت فشار دادن پدال که می بایست توسط راننده تامین شود، با تنگ‌تر شدن مجرا کاهش یافته است.

لازم به ذکر است که نیروی لازم جهت فشار دادن پدال کلاچ در حالتی که از این سامانه استفاده نشده بود حدود بیست و سه کیلوگرم بود. لذا بررسی نتایج آزمایشات گرفته در این تحقیق بیانگر این امر است که استفاده از این سامانه در مکانیزم کلاچ تراکتور می تواند اثر بسیار مطلوبی در کاهش خستگی و جلوگیری از پادرد رانندگان تراکتور شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق جهت کاهش نیروی لازم جهت پدال گرفتن، یک بوستر ترمز برروی میله‌بندی کلاچ تراکتور MF285 نصب شد. آزمایشات انجام شده با این سامانه نتایج زیر را به همراه داشت :

۱- استفاده از بوستر در سامانه کلاچ تراکتور باعث راحت‌تر شدن کلاچ گرفتن می‌شود.

۲- افزایش سرعت موتور تراکتور باعث بهبود عملکرد بوستر می شود.

۳- تنگ‌تر کردن مجرای مانیفولد هوا عملکرد بوستر را بهتر می‌کند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبارات دانشگاه شهرکرد انجام گرفته است. لذا، نگارندگان بر خود لازم می دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد تشکر کنند.

منابع و مآخذ

۱- فردوس، ق. ۱۳۳۹. رانندگی اتوموبیل. چاپ یازدهم، تهران، کتابخانه ابن سینا.

۲- محمدی بوساری، م. و امینیان، ش. ۱۳۹۱. تکنولوژی شاسی و بدنه. ویرایش دوم، ـ تهران: شرکت‌چاپ ونشرکتاب‌های درسی ایران.

3- Dewangan, K.N. Gogoi, G. Owary, C. & Gorate D.U. 2010. Isometric muscle strength of male agricultural workers of India and the design of tractor controls. International Journal of Industrial Ergonomics. 40: pp, 484-491.

4- Dupis, H. 1959. Effect of tractor operation on human stresses. Agricultural Engineering 40, pp. 510-519.

5- Garrett, T.K. Newton, K. & Steeds, W. 2000. Motor Vehicle (13), chapter 24, clutches. pp. 720-749.

6- Jain, K.K. Shrivastava, A.K. & Mehta, C.R. 2008. Analysis of Selected Tractor Seats for Seating Dimensions in Laboratory. Agricultural Engineering International: pp, 1-10.

7- Kavermann, P. 2008. Foot controls made of plastic –efficient solutions by combined analysis techniiques. 1-2062-20-387.

8- Kumar, A. Bhaskar, G. & Singh, J.K. 2009. Assessment of controls layout of Indian tractors. Applied Ergonomics 40: pp, 91–102.

9- Lehmann, G. 1958. Physiological basis of tractor design. Ergonomics 1(3), pp, 197-206.

10- Mehta, C.R. Tiwari, P.S. Rokade, S. Pandey, M.M. Pharade, S.C. Gite, L.P. & Yadav, S.B. 2007 . Leg strength of Indian operators in the operation of tractor pedals. International Journal of Industrial Ergonomics 37: pp, 283–289.

11- Peter, R.N. 2003. Mechanical Design (Second edition), chapter 10, Clutches and Brakes. pp, 192-224.

12- Pheasant, S.T. & Harris, C.M. 1982. Human strength in the operation of tractor pedal. Ergonomics 25 (1), pp, 53-63.

13- Zhou, G. Li, X. Shi, Y. & Chang, B. 2006. Wear mechanism of clutch separating ring in a heavy load vehicle", Engineering Failure Analysis, 13(4): pp 606-614.

Fabrication and Testing of Force Booster of Clutch Pedal of Tractor

Abstract

Operating the clutch in agricultural machinery and tractors is more than passenger cars. Also, due to high torque of tractors motor the clutch of tractors are more rigid comparing to passenger cars and therefore more force is needed to push their pedals. In this study, to reduce the needed force to pushing the pedal, a brake booster was installed on tractor clutch linkage. The test results that carried out with this system showed that the booster caused to reduce the force required for pushing the pedal. With increasing the engine speed and decreasing the inlet manifold radius the booster effect increased

Keywords: Booster, clutch, tractor, force, pedal.