طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه اندازه گیری گشتاور، به منظور بهینه سازی عملکرد بهینه ماشین ها

افشین زینلی[1]، عبدالعلی فرزاد[2]، محمد حسین آق خانی[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

2- دانشیار و عضو هیات علمی بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

afshin.zeinali63@gmail.com

چکیده

برای بررسی نحوه ی عملکرد ماشینهای کشاورزی و صنعتی به منظور بهینه سازی آنها، اندازه گیری گشتاور در قطعات دوار ماشین‌هایی مذکور انجام می شود . با تعیین این پارامتر، می توان به آنالیز بارهای وا رد شده به قطعات متحرک پرداخت . به منظور ساخت سامانه ای با هدف مذکور ابتدا استرین گیج های مناسبی انتخاب گردیدند و در روی شافتی در بهترین موقعیت مکانی قرار گرفتند. با بررسی منحنی های تنش- کرنش فلزات ،کاراترین فلز برای دستیابی به بیشترین دقت انتخاب گردید . روش کلر به این ترتیب بودکه امواج خروجی از استرین گیج ها توسط یک آمپلی فایر تقویت می شدند، ضمن اینکه سیگنال های مزاحمی که در مرحله کالیبراسیون سامانه تشخیص داده شده بودند، حذف می گردیدند. در نهایت توسط میکروکنترلری که در انتهای سامانه نصب گردیده بود، مقدار دقیق گشتاور با استفاده از روابط اساسی الکترونیکی محاسبه می گردید. دامنه تعیین گشتاور، در محدوه 0 تا 800 نیوتن متر انتخاب گردید . برای کالیبره کردن دستگاه که در مهر ماه 90 در مرکز تحقیقات بخش ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی صورت گرفت ، از یک رابطه رگرسیونی با سه تکرار استفاده شد، که ضریب تبیین این منحنی به مقدار 0/99 به دست آمد . این سامانه برای ارزیابی ماشین های کشاورزی و نیز در واحدهای صنعتی کاربرد خواهد داشت.

کلمات کلیدی: استرین گیج، بهینه سازی، رابطه رگرسیونی، گشتاور

مقدمه

گشتاور، سرعت و توان به عنوان متغ یرهای مکانیکی تابع عملکرد ماشین هایی که دوران دارند می باشند. توانایی اندازه‌گیری این مقادیر در تعیین راندمان ماشین و همچنین کنترل آنی [1] آنها موثر است. اندازه‌گیری گشتاور همچنین برای دقت در مونتاژ ماشین، تست کیفیت قطعات و بهبود در عملکرد قسمت هایی که با انتقال قدرت در ارتباط هستند ضروری است [Webster, 1999]. گشتاورها استاتیکی یا دینامیکی هستند. متداولترین وسیلهٔ اندازه گیری گشتاور دینامیکی دینامومتر است. معمولا سه نوع دینامومتر وجود دارد، که در این پروژه، از بین دینامومتر - های جذبی[2]، دینامومترهای محرک[3] و دینامومترهای انتقالی[4] به طراحی، ساخت و ارزیابی نوعی از یک دینامومتر انتقالی که برای اندازه‌گیری گشتاور در بین مولد توان و مصرف کننده قرار می‌گیرد پرداختیم.

[1] Real-time
[2] Absorption dynamometers
[3] Driving dynamometers
[4] Transmission dynamometers

کرولا و همکاران [Crolla et al., 1979] به منظور اندازه‌گیری و آنالیز گشتاور مصرفی برای ادواتی که با محور توان‌دهی کار می‌کنند و همچنین کنترل عملکرد کلاچ های بیش باری و برای بهبود در طراحی این ماشین ها آزمایشاتی را در شرایطی مختلف بر روی روتیواتور، چاپر، دروگر و بیلر انجام دادند. در پژوهش آن ها از یک تراکتور با قدرت محورتوان‌دهی 60 kw و سرعت دورانی 540 یا 1000 rev/min استفاده شد و برای اندازه‌گیری گشتاور از یک گشتاورسنج که ساختار آن بر اساسکرنش‌سنج‌ها و حلقه لغزان بود و به ادوات متصل می‌شد استفاده کردند.

اسچولر و همکاران [Schueller et al., 1982] بوسیله اندازه‌گیری میزان گشتاور لازم برای به حرکت در آوردن نقاله تغذیه در کمباین، میزان جریان مواد منتقل شده به سیستم کوبنده را اندازه گرفتند . ضریب تبیین بدست آمده با استفاده از این سیستم برابر با 0/99 بود که در شرایط مختلف از محصول به 0/76 هم می‌رسید.

لی و همکاران [Lee et al., 2003] تاثیر شکل و تعداد تیغه های روتور و جهت چرخش آنها را بر روی گشتاور مورد نیاز مورد بررسی قرار دادند . آزمایشات در یک سویل بین با خاک شنی – لومی و محتوای رطوبتی 34/6 درصد صورت گرفت. از کرنش‌سنج‌های نصب شده بر روی محوری که تیغه ها را به حرکت در می آورد مقدار گشتاور اندازه‌گیری می‌شد. سیستم اندزه گیری شامل تقویت کننده، حلقه لغزان، اوسیلوسکوپ و سیستم ذخیره داده‌ها بود.

کومهالا و همکاران [Kumhála et al., 2007] و مهار لویی [1389] به طراحی و ساخت سیستمی پرداختند که بتواند نقشه عملکرد موور کاندیشینر را تهیه کند . این سیستم بر اساس اندازه گیری قدرت مورد نیاز موور کاندیشینر که توسط یک سنسور گشتاور اندازه گیری می‌شد و یا از طریق صفحه یمنحنی شکلی که به ضربه حساس بود میزان عمکلرد را اندازه می گرفت. از یک موور کاندیشینر اتصال سه نقطه و از یک دستگاه مدل vuzt که بر اساس کرنش سنج ها کار می کرد برای اندازه گیری گشتاور استفاده شده بود . نتایج نشان داد که تفاوت چندانی بین داده های بدست آمده از سنسور گشتاور با صفحه حساس به ضربه برای اندازه گیری عملکرد وجود ندارد.

هدف اصلی این پژوهش، ساخت و ارزیابی یک دینامومتر از نوع انتقالی با این ویژگی و توانائی که بتواند به آسانی به تراکتور و ادوات متصل شده و میزان توان مصرفی ادوات را نشان دهد می‌باشد.

مواد و روشها

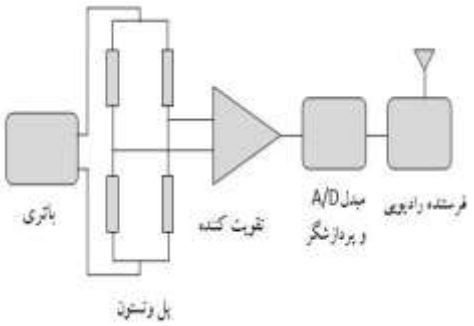
از بین روش های اندازه گیری گشتاور، به کارگیری کرنش سنج‌ها را برای اندازه گیری گشتاور انتخاب کردیم . ترانسدیوسرهای گشتاور مبتنی بر اندازه گیری کرنش با نصب کرنش سنج ها در روی یک محور می باشند. در این روش، کرنش های برشی که در نتیجهٔ پیچش به وجود آمده اند اندازه گرفته می شوند . طراحی و ساخت گشتاورسنج ساخته شده در این تحقیق را می توان به دو بخش طراحی بخش مکانیکی و طراحی بخش الکترونیکی تقسیم کرد.

بخش مکانیکی

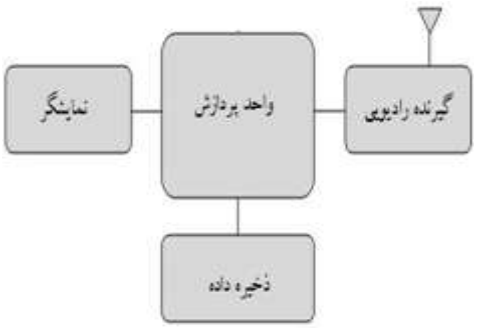
انتخاب مواد برا ی نصب کرنش سنج‌ها بر روی آنها یکی از مهمترین عوامل در طراحی یک ترانسدیوسر گشتاور و در نتیجه دقت و قیمت آن می باشد. فولاد در نظر گرفته شده برای شافت فولاد 4140 بود که به عنوان یک آلیاژ با مدول الاستیستهٔ بالا استفاده می شود. قطر محور بر اساس ظرفیت اندازه گیری گشتاور دستگاه طراحی و انتخاب شد.

بخش الکترونیکی

از آنجا که محور سامانه گشتاورسنج در هنگام کار در حال دوران می باشد برای اندازه‌گیری گشتاور و رویت مقدار گشتاور بصورت آنی احتیاج به دو مدار فرستنده و گیرنده بود که بخش الکترونیکی دستگاه شامل این دو بخش می‌باشد. شماتیک مدار فرستنده در شکل 1 و شماتیک مدار گیرنده در شکل 2 نشان داده شده‌اند.



شکل 1: شماتیک مدار فرستنده



شکل 2: شماتیک مدار گیرنده

در مدار فرستنده چهار عدد کرنش سنج در زاویه 45 درجه بر روی محور توسط پل کامل به یکدیگر متصل شده و توسط چسب مخصوص به محور چسبانده شده بودند. ورودی پل به مدار تغذیه و خروجی آن به یک تقویت کننده که سیگنال‌های ورودی را با بهره 100 افزایش می‌داد وصل شده بود. خروجی تقویت کننده به مبدل آنالوگ به دیجیتال (A/D) رفته و بعد از پردازش، محاسبه گشتاور و حذف سیگنال های مزاحم به یک ماژول فرستنده رادیویی هدایت می شد از میکرو کنترلر ATmega8 به عنوان واحد پردازش استفاده شده بود . مقدار گشتاور محاسبه شده توسط مدار فرستنده به مدار گیرنده ارسال می‌شد. در مدار گیرنده ماژول رادیویی مقدار گشتاور را که توسط ماژول فرستنده ارسال شده بود دریافت کرده و بعد از پردازش توسط میکروکنترلر ATmega16 توسط نمایشگر 16×2 کارکتری نشان داده شده و توسط یک کارت حافظه مقدار گشتاور تح ت فرمت text ذخیره می-شد.

در انتخاب کرنش‌سنج باید مواردی از جمله فاکتور گیج، طول گیج، جنس، مقاومت کرنش سنج را متناسب با کار و مشخصات سامانه طراحی شده در نظر گرفته شود . در جدول 1 مشخصات کرنش‌سنج انتخابی آورده شده است.

جدول 1: برخی از مشخصات کرنش‌سنج بکار برده شده در سامانه اندازه‌گیری گشتاور

فاکتور گیج (بدون بعد)	طول گیج (mm)	جنس	مقاومت کرنش سنج (Ω)
2/01±1	3	فویل	120±0/3

در شکل 3 سامانه اندازه‌گیری گشتاور نشان داده شده که یک طرف محور دستگاه مجهز به چهارشاخ به منظور اتصال به محور توان دهی و در طرف دیگر محور شافت شش شیار

برای اتصال ادوات به آن به کار برده شده و یک شاسی به منظور سوار شدن دستگاه بر روی مالبند تراکتور ساخته شده است.

شکل 3: دستگاه گشتاورسنج ساخته شده متصل به تراکتور

آزمون و ارزیابی سامانه

به منظور ارزیابی و همچنین آزمون از درستی عملکرد سامانه اندازه گیری گشتاور بعد از طراحی و ساخت دستگاه، توسط میله‌ای به طول یک متر که از یک طرف به دستگاه و از طرف دیگر توسط وزنه های که مقدار وزن مشخص و برابری داشتند و به میله آویزان شده بودند، گشتاورهای مشخص، تحت بار استاتیکی اعمال شد (شکل 4). این گشتاور بر اساس مقدار وزن میله، وزنه ها و طول میله محاسبه و در هر بار اعمال گشتاور مقدار آن و مقدار نشان داده شده توسط دستگاه ثبت شد. برای صحت از عملکرد ماژول فرستنده و گیرنده رادیویی نیز سامانه به یک دینامومتر جذبی وصل شد و در سرعت‌های مختلف محور توان‌دهی مورد آزمون دینامیکی قرار گرفت (شکل 5).

شکل 4: آزمون استاتیکی سامانه گشتاورسنج

شکل 5: آزمون دینامیکی سامانه گشتاورسنج

نتایج و بحث

نتایج حاصل شده از آزمون استاتیکی دستگاه گشتاورسنج در جدول 2 نشان داده شده که در آن گشتاور واقعی مبین میزان گشتاور اعمالی به دستگاه، ولتاژ همان مقدار خروجی دستگاه قبل از واسنجی و گشتاور اندازه گیری شده، میزان گشتاور نشان داده شده توسط نمایشگر دستگاه قبل از واسنجی می باشد.

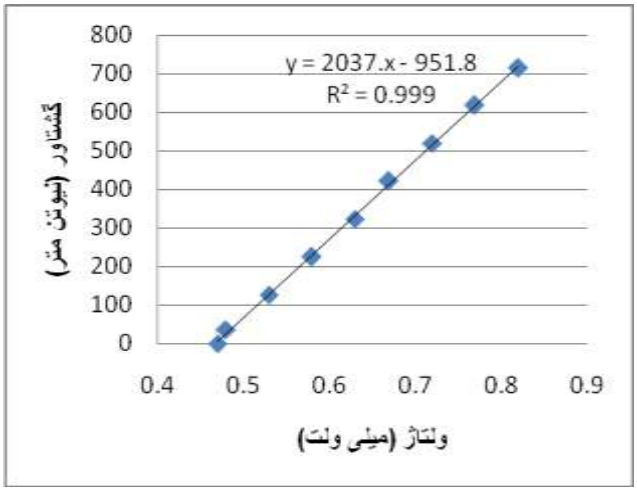
جدول 2: نتایج آزمون استاتیکی دستگاه گشتاروسنج تحت گشتاور اعمالی

وزنه‌ها (kg)	گشتاورواقعی (N.m)	ولتاژ (mv)	گشتاور اندازه‌گیری شده(N.m)	خطا(%)
10	225/1	0/58	228/5	1/4
20	323/2	0/63	330/2	2/1
30	421/3	0/67	413/9	-1/7
40	519/4	0/72	517/7	-0/3
50	621/5	0/77	619/6	0/26
60	715/6	0/82	719/1	0/46

شکل 6 نمودار واسنجی دستگاه را نشان می دهد که در آن محور افقی مقدار خروجی دستگاه بر حسب میلی ولت و محور عمودی مقدار گشتاور واقعی بر حسب نیوتن متر می‌باشد. با توجه به ضریب هبستگی خوب بین مقدار خروجی دستگاه و مقدار گشتاور واقعی (0/999) منحنی واسنجی مناسب ترسیم شد.

از نتایج آزمون دینامیکی، صحت عملکرد ماژول فرستنده و گیرنده در دورهای مختلف حاصل شد.

دستگاه حداکثر گشتاور 800 نیوتن متر را اندازه می گرفت. مقدار خطای دستگاه برابر 10± نیوتن متر و حساسیت آن برابر 3 نیوتن متر بود.



شکل 6: نمودار واسنجی بین مقدار خروجی دستگاه و مقدار گشتاور واقعی

نتیجه گیری

نتایج حاصل شده از آزمون دینامیکی و استاتیکی نشان داد که سامانه ساخته شده می تواند به عنوان سامانه‌ای برای اندازه‌گیری گشتاور به کار رفته و همچنین برای ارزیابی ماشین های کشاورزی و نیز در واحدهای صنعتی به کار رود.

منابع

- مهارلویی، م. م.، لغوی، م. و کامگار، س. (1389). بررسی امکان استفاده از یک گشتاورسنج مجهز به کرنش‌سنج به منظور اندازه‌گیری غیر مستقیم جریان جرمی لحظه‌ای ذرت علوفه‌ای در ماشین خردکن (چاپر). مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، 24 تا 25 شهریور، تهران.
- Crolla, D. A., and Chestney, A. A. W. (1979). Field measurements of driveline torques imposed on P.t.o. driven machinery. Journal of Agricultural Engineering Research 24(2): 157-181.
- Kumhála, F., and Kroulík, M. (2007). Development and evaluation of forage yield measure sensors in a mowing-conditioning machine. Computers and Electronics in Agriculture 58(2): 154-163.
- Lee, K. S., and Park, S. H. (2003). Strip tillage characteristics of rotary tiller blades for use in a dryland direct rice seeder. Soil and Tillage Research 71(1): 25-32.
- Schueller, J., Mailander, M. and Krutz, G. (1982). Combine feedrate sensors. ASAE Paper 82–1577.
- Webster, J. G. (1999). The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. 1nded. FL: CRC Press. Boca Raton. USA.