بررسی امکان استفاده از روش خازنی به منظور تعیین شدت جریان جرمی شلتوک

محمد طهماسبی[۱*]، رضا طباطبایی‌کلور[۲] و جعفر هاشمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، m.tahmasbi@sanru.ac.ir
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

حسگرهای سنجش آنی عملکرد محصول یکی از اجزا مهم سامانه‌های پایش عملکرد غلات می‌باشد. اطلاع دقیق از عملکرد محصول در هر نقطه از مزرعه به کشاورز این امکان را می‌دهد تا نقاط ضعیف مزرعه از نظر عملکرد را شناسایی کرده و نهاده‌ها را به تناسب نیاز به مزرعه اضافه کند. لذا در این مطالعه ابتدا به صورت تئوری امکان استفاده از حسگرخازنی به منظور اندازه‌گیری جریان جرمی بررسی شد، سپس نتایج تئوری با استفاده از یک حسگر خازنی مورد ارزیابی عملی قرار گرفت. شلتوک به عنوان ماده دی‌الکتریک بین صفحات یک خازن قرار گرفت و تغییرات ظرفیت ولتاژ خروجی حسگر در ۵ سطح جرمی ۰/۸، ۱/۲، ۱/۶، ۲ و ۲.۴ کیلوگرم در ثانیه و ۴ بسامد ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز در ۳ تکرار به روش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در یک سیستم نقاله‌ای بررسی شد. سپس با استفاده از روابط بین ولتاژ خروجی از حسگر خازنی و ظرفیت آن، ولتاژ خروجی به ظرفیت حسگر تبدیل شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل نشان داد که مطابق نتایج تئوری اثر شدت جریان جرمی و بسامد و همچنین اثر متقابل شدت جریان جرمی و بسامد بر ظرفیت حسگر خازنی در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد و یک رابطه خطی نسبتا قوی بین ظرفیت حسگر با شدت جریان جرمی در اکثر بسامدها وجود دارد ولی با توجه به مقایسه ضریب تعیین روابط مربوطه و شیب تغییرات آنها در این محدوده بسامد، بهتر است از بسامد ۱۰۰ کیلوهرتز به منظور محاسبه شدت جریان جرمی شلتوک استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: حسگرخازنی، شدت جریان جرمی، شلتوک و فرکانس.

مقدمه

در بحث کشاورزی دقیق هر گونه عملیات کشاورزی باید متناسب با شرایط حاکم بر محیط زراعی مورد نظر صورت گیرد. این شرایط زمانی و مکانی مختلف متفاوت هستند. در نتیجه مطلوب تر آن است که عملیات کشاورزی متناسب با شرایط نواحی مختلف مزرعه در هر زمان انجام شود. اطلاع دقیق از عملکرد محصول در هر نقطه از مزرعه به کشاورز این امکان را می دهد تا نقاط ضعیف مزرعه از نظر عملکرد را شناسایی کرده و برای رفع مشکل اقدامات مقتضی را انجام دهد و همچنین نهاده ها را به تناسب نیاز به مزرعه اضافه کند (رنجبر، ۱۳۹۰). حسگرهای سنجش آنی عملکرد محصول که در مقاله‌های علمی گزارش شده

است و یا اکنون به صورت تجاری در کشورهای پیشرفته غربی در دسترس کشاورزان می‌باشد، بر اساس اصول و روش‌های مختلفی کار می‌کنند؛ به طور اجمالی اصول به کار گرفته شده در آن ها عبارتند از :حسگر حجم جریان از نوع چرخ پره‌دار، هلیس حمل کننده لولایی، حسگر فراصوتی، حسگر ضربه‌ای کرنش‌سنجی، حسگر اشعه‌گاما، حسگر مادون‌قرمز و استفاده از اشعه‌ایکس (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۹۲)؛ ولی اغلب این روش‌ها یا نیازمند تجهیزات گران قیمت و پیچیده بوده و یا از دقت بسیار پایینی برخوردارند لذا طراحی و ساخت دستگاه هایی که بتوانند به صورت پیوسته و آنی جریان جرمی را با سرعت بالا و دقت کافی و هزینه کم اندازه گیری کنند از نیازهای بخش کشاورزی می‌باشد. روش خازنی از این نظر ایده‌آل به نظر می رسد. عملکرد سنسورهای خازنی بر اساس این واقعیت که ثابت دی‌الکتریک مخلوط هوا و مواد بین دو صفحه موازی با افزایش غلظت مواد، افزایش می‌یابد و موجب تغییر در مقدار بار ذخیره شده بر روی این صفحات می‌گردد (Kumhala *et al.*, 2008).

اولین گزارش‌ها در این زمینه به حدود ۸۰ سال پیش برمی‌گردد که تحقیقاتی به منظور تعیین محتوای رطوبتی غلات بر پایه اندازه گیری مقاومت دی الکتریک و استفاده از جریان مستقیم انجام شد (*Debye,* 1929) ، در سالهای بعد جریان متناوب نیز مورد استفاده قرار گرفت (Nelson, 2006). تکنیک های حسگر خازنی را می‌توان برای تعیین خواص متفاوتی از طیف وسیعی از مواد گیاهی مورد استفاده قرار داد. مطالعه صورت گرفته به منظور اندازه گیری جرم دانه با استفاده از سنسورها ی خازنی نشان داد که معایب حسگر خازنی برای این منظور این بود که سنسور به تنوع رطوبت دانه پاسخ داده و نسبت به توزیع مواد در داخل دستگاه حساس است (Stafford *et al.*, 1996). آزمایشات آزمایشگاهی دینامیکی با چمن علفزار طبیعی به منظور ارزیابی امکان تعیین جریان جرمی علوفه با استفاده از این سنسور نشان داد که یک رابطه خطی نسبتا قوی بین میزان تغذیه علوفه مرطوب عبوری از بین سنسور و خروجی حسگر خازنی وجود دارد (Kumhala *et al.*, 2009).

بنابراین به نظر می‌رسد با این روش بتوان میزان شدت جریان جرمی شلتوک را نیز اندازه‌گیری نمود. لذا در این مطالعه شلتوک به عنوان ماده دی‌الکتریک بین صفحات خازن قرار می‌گیرد و جریان جرمی آن در بسامدهای مختلف در محدود کیلوهرتز تعیین می‌گردد.

تئوری تحقیق

ظرفیت یک خازن با توجه به ساختار فیزیکی آن ارائه می شود. مقدار آن را می توان برای خازن های صفحه ای تخت موازی از رابطه ۱ به دست آورد.

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 ab}{d} \qquad (۱)$$

در این رابطه: C ظرفیت خازن، ε_0 : ضریب گذردهی خلا، ε_r ضریب دی الکتریک، a و b ابعاد صفحات خازن و d: فاصله بین دو صفحه خازن می باشد.

با توجه به این که مطابق شکل ۱ در طی عبور شلتوک از بین صفحات خازن بخشی از فاصله بین دو صفحه توسط دانه های شلتوک احاطه شده و مابقی این فضا را هوا پر می کند، با صرفه نظر از فضای خالی بین دانه ها، حسگر خازنی را می توان به صورت دو خازن، یکی با دی الکتریک شلتوک و دیگری با دی الکتریک هوا که به صورت موازی به هم متصل هستند در نظر گرفت؛ ظرفیت معادل این خازن با توجه به روابط به هم بستن خازن ها در حالت موازی برابر است با:

$$C = C_1 + C_2 \quad (۲)$$

با تلفیق روابط ۱ و ۲ داریم:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r(air)} a b_2}{d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a b_1}{d} \quad (۳)$$

از طرفی شدت جریان جرمی را می توان از رابطه ۴ (Kumhala *et al.*, 2009) به دست آورد.

$$Q = b_1 d v \rho \quad (۴)$$

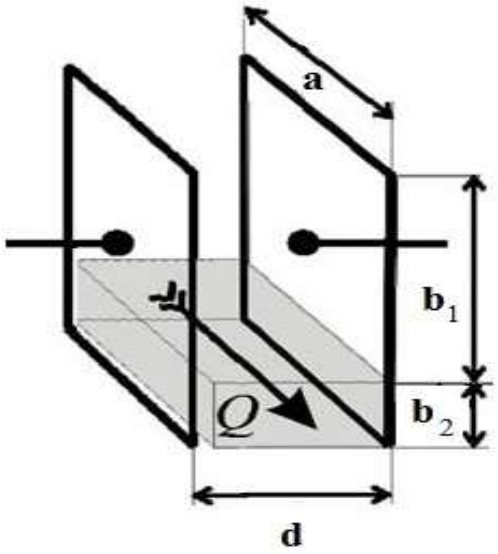
که در این رابطه Q شدت جریان جرمی، b_1 و d طول و عرض مقطع عبوری، v سرعت خطی حرکت مواد و ρ چگالی مواد عبوری می باشد.

با توجه به معادلات ۳ و ۴ داریم:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r(air)} a b_2}{d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a Q}{d^2 v \rho} \quad (۵)$$

بنابراین به نظر می رسد که یک رابطه خطی بین ظرفیت حسگر خازنی و شدت جریان جرمی شلتوک وجود دارد (رابطه ۶) و می توان از این روش برای اندازه گیری شدت جریان جرمی شلتوک استفاده نمود.

$$C = A + BQ \quad (۶)$$



شکل۱. حسگر خازنی به صورت شماتیک

مواد و روش ها

آماده سازی نمونه ها

در این مطالعه ابتدا شلتوک رقم پژوهش محصول سال زراعی ۹۱ از مزارع موسسه ژنتیک و زیست فناوری خزر دریافت و دانه‌ها قبل از شروع آزمایش اندازه‌گیری، پاک و اجسام خارجی آن از قبیل خاک، پوشال و دانه‌های آسیب دیده جداسازی شد و با قرار دادن آن‌ها در یک خشک‌کن آزمایشگاهی در درجه حرارت ۱ ±۱۰۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و براساس روش استاندارد وزنی به شماره S352.3 رطوبت اولیه آن ها برپایه خشک تعیین شد (ASAE, 1994).

طراحی و ارزیابی سیستم اندازه گیری

به دلیل پایداری زیاد و عدم اکسیده شدن آلومنیوم صفحات حسگر با استفاده از دو صفحه آلومینیومی به ضخامت ۲ میلیمتر و ابعاد ۸۰ در ۱۰ سانتی‌متر ساخته و به منظور عدم تماس با قسمت‌های دیگر با دو پروفیل نایلونی به ابعاد ۲۵ سانتی‌متر طول و به عرض و ضخامت ۲ سانتی‌متر در دو سمت یک نقاله به طول ۲ متر و با فاصله ۳۰ سانتی‌متر قرار داده شد.(شکل ۲)

شکل ۳ مدار اندازه‌گیری ظرفیت خازن را نشان می‌دهد. قسمت مولد موج، ولتاژ ورودی از منبع تغذیه را در یک بسامد مشخص به دو صفحه خازن اعمال می‌کند؛ سپس میکروکنترلر مقدار خروجی از سنسور را دریافت و محاسبه می کند و به قسمت مبدل می‌فرستد پس از تبدیل بر حسب میلی ولت با استفاده از نرم افزار MATLAB 2011 بر روی کامپیوتر ذخیره می‌شود.

تغییرات ظرفیت ولتاژ خروجی حسگر در ۵ سطح جرمی ۰/۸، ۱/۲، ۱/۶، ۲ و ۲.۴ کیلوگرم در ثانیه و ۴ بسامد ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز در ۳ تکرار به روش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در یک سیستم نقاله‌ای بررسی شد. در طی آزمایش با استفاده از یک اینورتر سرعت نقاله بر روی $1\ m.s^{-1}$ ثابت شد. سپس با استفاده از رابطه ۷ ولتاژ خروجی از حسگر خازنی به ظرفیت حسگر تبدیل شد.

$$C = \frac{1}{2\pi Rf}\frac{V_o}{\sqrt[2]{V_i^2 - V_o^2}} \qquad (۷)$$

که در این رابطه C ظرفیت خازن(F)، R مقاومت(Ω)، f بسامد ولتاژ ورودی(Hz)، Vo ولتاژ ورودی(V) و ولتاژ خروجی(V) می باشد (سلطانی فیروز و همکاران،. ۱۳۹۰).

داده‌های حاصل از پژوهش به کمک نرم افزار SAS 9.2 و Excel 2013 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

شکل۲. سامانه طراحی شده برای اندازه گیری شدت جریان جرمی شلتوک

شکل۳. مدار الکترونیکی اندازه گیری و ثبت ظرفیت خازن

نتایج و بحث

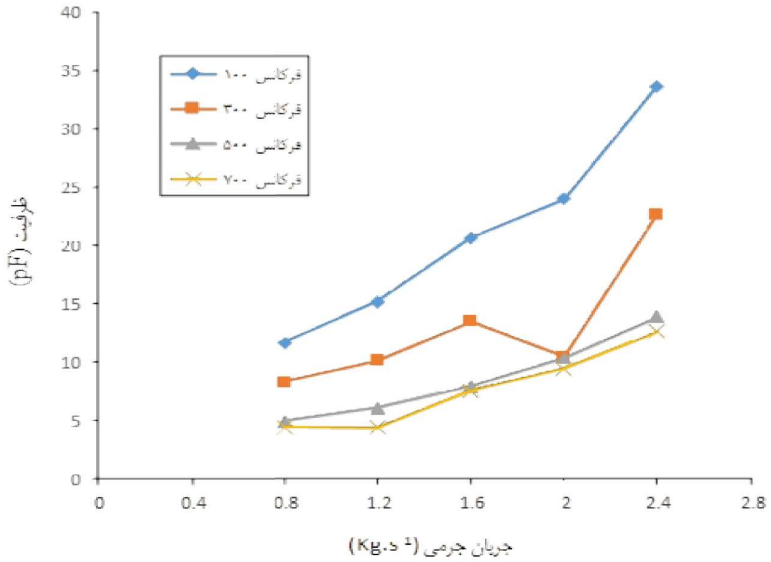
خلاصه نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است .نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شدت جریان جرمی و بسامد و همچنین اثر متقابل شدت جریان جرمی و بسامد بر ظرفیت حسگر خازنی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد؛ بنابراین بسامد و شدت جریان جرمی اثر مستقیمی بر ظرفیت حسگر خازنی دارد.

جدول۱. نتایج تجزیه واریانس مربوط به داده های آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
بسامد	۳	۵۵۵/۹۶۲	۵۴۳۷**
شدت جریان جرمی	۴	۳۲۳/۵۴۱	۳۱۶۴**
شدت جریان جرمی × بسامد	۱۲	۲۲/۵۸۶	۲۲۰/۸۷۷**
خطای آزمایش	۶۰	۰/۱۰۲	

****معنی دار در سطح احتمال ۱٪**

تغییرات ظرفیت حسگر با محتوای شدت جریان جرمی شلتوک در بسامد ۱۰۰ تا ۷۰۰ کیلوهرتز در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که از شکل ۳ پیداست در همه‌ی بسامدهای ورودی با افزایش مقدار شدت جریان جرمی شلتوک عبوری، مقدار ظرفیت با آهنگی تقریبا یکنواخت افزایش می یابد البته شدت تغییرات در بسامدهای مختلف متفاوت است از شکل ۳ می‌توان دریافت که در این محدوده بسامد شیب تغییرات در بسامد ۱۰۰ کیلوهرتز بیشتر از بسامدهای دیگر بوده و بهتر است از این بسامد برای محاسبه شدت جریان جرمی شلتوک استفاده نمود.



شکل ۳: نمودار واسنجی حسگر خازنی جریان جرمی

روابط بین ظرفیت حسگر با شدت جریان جرمی شلتوک در جدول ۲ نشان داده شده است. به نظر می‌رسد در همه ی بسامدهای ورودی ظرفیت حسگر یک رابطه خطی با شدت جریان جرمی شلتوک دارد. در همه‌ی بسامدها با افزایش شدت جریان جرمی مقدار ظرفیت کاهش می یابد. نتایج این مطالعه با نتایج تقی زاده و همکاران و کومهالا و همکاران مطابقت دارد. لذا استفاده از روش خازنی یک روش قابل اتکا به منظور تعین شدت جرمی شلتوک با دقت و سرعت بالا می باشد.

جدول ۲. روابط بین ظرفیت حسگر با جرم توده شلتوک

بسامد	تابع	ضریب تعیین
100	y = 21.122x - 0.0797	0.96
300	y = 11.598x + 1.4304	0.64
500	y = 8.8827x - 0.2313	0.96
700	y = 8.5686x - 0.8819	0.94

نتیجه گیری

در این تحقیق از حسگر خازنی ساخته شده برای محاسبه شدت جریان جرمی شلتوک استفاده شد. آزمایشات نشان داد بسامد ولتاژ ورودی و شدت جریان جرمی اثر مستقیمی بر ظرفیت حسگر خازنی دارد و یک رابطه تقریبا خطی بین شدت جریان جرمی و ظرفیت حسگر خازنی وجوذ دارد. به نظر می‌رسد با این روش تقریبا می‌توان شدت جریان شلتوک را محاسبه نمود، با توجه به مقایسه ضریب تعیین روابط مربوطه و شیب تغییرات آنها در این محدوده بسامد، بهتر است از بسامد ۱۰۰ کیلوهرتز استفاده نمود. البته نیاز به مطالعات بیشتر در محدوده بسامدی بالاتر و همچنین ارزیابی مزرعه ای این سامانه احساس می شود.

منابع

۱- سلطانی فیروز، م.، علیمردانی، ر.، و امید، م. ۱۳۹۰. امکان سنجی استفاده از روش خازنی در تشخیص رسیدگی موز. مجله مهندسی بیوسیستم ایران دوره ۴۲، شماره ۱، پاییز ۱۳۹۰، ص ۲۷-۲۱.

۲- ناظم السادات، س.م.ر.، و لغوی، م. ۱۳۹۲. طراحی، ساخت و ارزیابی حسگر شدت جریان جرمی کمباین غلات. نشریه ماشین‌های کشاورزی جلد ۳، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۲، ص ۸۴- ۷۱.

3- ASAE Standards. 41th Ed. 1994. S352.2. Moisture measurement-ungrounded grains and seeds. St. Joseph, MI, ASAE.

4- Debye, P. 1929. Polar Molecules. Dover Publications Inc. New York.

5- Nelson, S. O. 2006. Agricultural applications of dielectric measurements. IEEE Transactions on dielectrics and Electrical Insulation 16: 688-702.

6- Stafford, J.V., B. Ambler, R.M. Lark, and J. Catt. 1996. Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops. Computers and Electronics in Agriculture 14: 101-119.

7- Kumhala, F., Z. Kviz, J. Kmoch, and V. Prosek. 2007. Dynamic laboratory measurement with dielectric sensor for forage mass flow determination. Research in Agricultural Engineering 53(4): 149-154.

8- Kumhala, F., Z. Kviz, J. Kmoch, and V. Prosek. 2009. Capacitive throughput sensor for sugar beets and potatoes. Biosystems engineering 102: 36-43.

9- Taghinezhad, J., R. Alimardani, and A. Jafari. 2012. Mass determination of Sugarcane Stalks by dielectric technique. Elixir Agriculture 46: 8220-8223.

The feasibility of a Capacitive Sensing Method for Measurement of Moisture content in paddy pazhohesh Variety

Mohamma Tahmasebi[1*] Reza Tabatabaei Kolor [2] and Jafar Hashemi [2]

1- MSc Student, Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
m.tahmasebi@sanru.ac.ir
2- Assistant Professor, Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Real-time product performance sensors are one of the major components of grain yield monitoring systems. Accurate knowledge from product performance at each point on the farm allows the farmer to detecting weak points of farm and does necessary proceedings for removal difficulties. Also add raw materials fit with need of farm. Therefore in this investigation Initially the possibility of using capacitive sensor to measure mass flow was studied theoretically then paddy pazhohesh variety as was dielectric material between the plates of a capacitor; And changes of the output voltage of the capacitor in 5 levels of mass flow 0.8, 1.2, 1.6, 2 and 2.4 $Kg.s^{-1}$ and 4 levels of frequency 100, 300, 500 and 700 KHz in The 3 replication and in factorial design on completely randomized design base was Measurement; then, using eequations from capacity and output voltage of capacitor, the output voltage Conversion to capacity; And Relation Between mass flow and the capacity at different frequencies determine . According to theoretical results, results from variance analysis of data showed that effect of mass flow and the sensor input voltage frequency and also mutual effect of mass flow and the sensor input voltage frequency was significant in 1% and there are relatively strong linear relationships between capacities of sensor with mass flow of at most frequencies. According to compare R-squared values and the relationship changes slope of in this frequency range, frequency 100 kHz is better to be used to calculate the grain mass.

Keywords: Capacitive Sensor, Frequency, Mass Flow and paddy.