بهینه‌سازی سامانه کیفیت سنج فراصوتی محصولات کشاورزی و روشهای واسنجی آن[1]

حسن ذکی دیزجی[1] و علیرضا منتظر[2]

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه شهید چمران اهواز،
hzakid@scu.ac.ir
۲- شرکت نوین ابزار پیشرو.

چکیده

یکی از مشکلات کاربرد آزمون فراصوتی برای کیفیت سنجی محصولات کشاورزی، عدم توسعه یافتن سامانه‌های فراصوتی مناسب است. با توجه به پژوهش‌های انجام یافته، در پژوهش حاضر دو سامانه فراصوتی توسعه داده شدند و پس از راه‌اندازی، سامانه‌ها واسنجی شدند. مدار تپ‌ساز و تپ‌گیر سامانه‌ها بازطراحی و بهینه سازی شدند. قابلیت کار با بسامد و سرعت نمونه برداری بیشتر به سامانه‌ها داده شد. بسامد مرکزی سامانه اولیه به اختصار (UQS100) از ۲۵ الی ۱۰۰ kHz و سامانه دومی به اختصار (UQS200) از ۱۰۰ الی ۲۰۰ kHz قابل تغییر است. این سامانه‌ها برای بسامدهای ۷۵، ۱۲۵ و ۲۰۰ kHz آزمایش شدند. در این سامانه‌ها مشکلاتی مانند نویزهایی ناشی از دریافت اثرات الکترومغناطیسی مدارها حذف شدند. با توجه به افزایش بسامد، نسبت به سامانه‌ی پیشین (UQS)، دقت فراصوتی برای اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی مانند سرعت امواج و میزان تضعیف افزایش یافته است. با تغییراتی که در مدار الکترونیکی تپ‌ساز/ تپ‌گیر اعمال شد سیگنال فرستنده همگون شد. این کار با اصلاح نوع و تعداد سیگنالهای تحریک تپ صورت پذیرفت. ویژگی جدید دیگر سامانه ساخته شده، توانایی آزمایش مواد غذایی سیال است. نتایج واسنجی بیانگر آن است که سامانه‌های ساخته شده، عملکرد بهتری نسبت به سامانه پیشین دارد.

کلمات کلیدی: سامانه فراصوتی، فراصوت، بهینه‌سازی و سیگنال

مقدمه

برخلاف کاربرد وسیع تکنیک آزمون فراصوت در صنعت، در زمینه‌ی کیفیت سنجی محصولات کشاورزی کاربرد محدودی داشته است. اما در سالهای اخیر، مطالعه و بکارگیری تکنیک فراصوت در کشاورزی و صنایع غذایی (Prakash and Ramana, 2003) رو به افزایش بوده است. برای اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی محصولات کشاورزی، بایستی سامانه فراصوتی مناسبی وجود داشته باشد. تفاوتهایی در سامانه‌های ساخته شده در کشورهای مختلف مشاهده می‌شود. دسته اول این تفاوتها در مشخصات سامانه، مانند بسامد کاری و توان صوتی (Mizrach *et al.*, 1989: Kim, *et al.*, 2004)، اساس کار و نوع تراگذرها (Cheng and Haugh, 1994: Self *et al.*, 1994: Galili et al., 1993: Gaete-Garretón, *et al.*, 2005) تمرکز پرتو فراصوت تراگذرها (Mizrach et al., ,

[1] - این مقاله بخشی از طرح پژوهشی تحت عنوان " ساخت و ارزیابی دستگاه فراصوتی برای تعیین کیفیت محصولات کشاورزی (UQS100 & UQS200)" به شماره ۸۸/۳/۲/۷۵۱۳۹ در دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد.

1996 and Gaete-Garretón, *et al.*, 2005) است. دسته دوم تفاوتها در یافتن شاخص‌های فراصوتی و کارآمدی آنها در کیفیت سنجی ،وابسته به نوع نمونه و سامانه است. در بعضی پژوهشها شاخص میزان تضعیف امواج عبوری برای بررسی ویژگی‌های کیفی ترجیح داده شده است(Mizrach *et al.*, 1994) و در بعضی دیگر به کارآمد بودن شاخص سرعت امواج اشاره شده است (Self *et al.*, 1994). در دهه گذشته از نسبت انرژی ارسالی و دریافتی نیز در کیفیت سنجی استفاده شده است (Gaete-Garretón, *et al.*, 2005 and Mizrach et al., 2005).

برای مثال پژوهشگرانی سامانه‌هایی با بسامد کم (0.05 MHz) و دامنه‌ی تحریک قوی (توان صوتی زیاد) را پیشنهاد کرده‌اند (Mizrach *et al.*, 1989)، از سویی دیگر پژوهشهایی با بسامد زیاد (0.5 MHz) و توان نسبتاً زیاد هم گزارش شده است (Kim, *et al.*, 2004). البته به مقدار توان واحدهای تپ‌ساز و تپ‌گیر در سامانه‌ها و یا توان صوتی ارسالی و یا دریافتی توسط تراگذرها اشاره‌ای نکرده‌اند. در دو سال گذشته میزراچ (Mizrach, 2008) برخی از سامانه‌های توسعه داده شده را، بر اساس چگونگی تماس با نمونه جمع‌بندی کرد. علی رغم این تفاوتها، بیشتر این سامانه‌ها ،بر اساس روش عبور امواج فراصوت[1] از نمونه کار می‌کنند. به نظر می‌رسد روش تپ بازتاب[2] و آزمون غوطه‌وری سیالی به دلیل امکان نفوذ آب به درون محصولات، برای آزمایش محصولات کشاورزی مناسب نباشد. وجود تحقیقات اندک در مورد این روش آزمون دلیل بر ادعای مذکور است. در روش عبور امواج فراصوت نیز، اندازه گیری میتواند به حالت تماس تراگذر با نمونه و حالت عدم تماس تراگذر با نمونه باشد.

اخیرا در کشور، دستگاه فراصوتی مناسب برای آزمایش محصولات کشاورزی ابداع شد. این دستگاه، با عنوان "سامانه‌ی کیفیت سنج فراصوتی میوه‌ها" به اختصار (UQS)[3] در دانشگاه تربیت مدرس ساخته و روی برخی محصولات کشاورزی آزمایش شد. نتایج حاصل از آزمایش محصولات کشاورزی متعدد با این سامانه رضایتبخش بوده است اما این سامانه کاستی‌هایی در کنترل و حذف اغتشاشات و سیگنالهای ناخواسته دارد (ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸۸).

در این پژوهش مشکلات سامانه فراصوتی پیشین (UQS) بررسی و علت یابی شد. در ادامه مدار الکترونیکی تپ‌ساز و تپ‌گیر، مدار الکترونیکی واحدهای بیرون از واحد تپ‌ساز و تپ‌گیر باز طراحی و سایر قسمتها مانند جعبه تراگذرها و نمونه‌گیرها بهینه سازی شدند. بعد از پیاده‌سازی واحدهای مختلف و راه‌اندازی سامانه‌ها، واسنجی آن در سه حوزه زمان، دامنه و بسامد انجام شد.

مواد و روشها

انتخاب نوع اندازه‌گیری سامانه فراصوتی

واضح است که برای هر اندازه‌گیری، انتخاب شاخص‌های فراصوتی وابسته به روشها و نوع اندازه‌گیری است. بر اساس روش اندازه‌گیری عبور امواج فراصوت از نمونه، معمولاً در کشاورزی نوع اندازه‌گیری دو دسته است. دسته اول در حوزه زمان، شامل زمان عبور و میزان میرایی می‌باشد. دسته دوم در حوزه بسامد، شامل اندازه دامنه در بسامد

[1] - Through-transmission method
[2] - Pulse-Echo method
[3] - Ultrasonic “Qualimeter” System

مرکزی و مضارب بسامدی قابل توجه و طیف کلی بسامدی است. بیان دیگر این مطلب بدین صورت است که عبور انرژی فراصوتی از یک محیط با برهم کنش آن با اجزای محیط همراه است که با توجه به مشخصات فیزیکی محیط، تغییراتی در مقدار انرژی عبوری و گستره بسامدی آن و زمان عبور آن روی می‌دهد. بنابراین تغییرات فیزیکی محیط مانند دما ،رطوبت و فشار، اثر مستقیمی بر تغییرات شاخص‌های فراصوتی خواهد داشت. این شاخص‌های فراصوتی در ارتباط با نوع اندازه‌گیری است. با توجه به شاخص‌های کیفی محصولات کشاورزی مانند سفتی، شاخص‌های فراصوتی مورد نظر اندازه‌گیری در حوزه‌ی زمان به صورت زمان عبور و میرایی ترجیح داده می‌شوند(ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸۷).

اگر چه روش تپ بازتاب و دستگاهی که بر اساس جاروب عرضی نمونه و نمایش میرایی به صورت تصویر دو بعدی در حوزه زمان و یا بسامد، مانند بیشتر دستگاههای تصویر برداری پزشکی با ارزش بوده و تصویر ساختاری از نمونه آشکار می‌کند، ولی اندازه‌گیری کیفیت محصول کشاورزی، فراتر از تصویر ساختار بوده و با توجه به کاربرد روش عبور امواج فراصوت از نمونه، داده‌هایی شامل زمان عبور و میرایی و اندازه دامنه در بسامد مرکزی و مضارب بسامدی موثر و طیف کلی بسامدی از سامانه حاصل می‌شود. بنابراین ابتدا باید سامانه‌ای فراصوتی ساخته شود و عملکرد آن در جهتی اصلاح شود که سیگنالهای حاوی داده‌ها بهبود یابند.

چنین سامانه‌های فراصوتی باید بتوانند در کیفیت سنجی محصول‌های کشاورزی چه به صورت پیوسته با فاصله زمانی تعریف شده و یا گسسته شاخص‌های کیفی نمونه‌ها را اندازه‌گیری کنند. اندازه‌گیریهای پیوسته بدون حضور کاربر و اندازه‌گیریهای گسسته با حضور کاربر انجام می‌گیرد. چنین قابلیتی در انبارمانی محصول و گزارش کیفیت مواد به صورت پیوسته کاربرد دارد. ذخیره داده‌ها در یارانه و بررسی افت و خیز شاخصهای کیفی کمک شایانی به مدیریت انبارداری محصول می‌نماید.

شاخص‌های فراصوتی معمولی زمان عبور یا سرعت امواج، نمودار میرایی یا ضریب تضعیف و طیف بسامدی[1] است. علاوه بر شاخص‌های مذکور، با پردازش سیگنال‌های عبوری می‌توان شاخص‌های ترکیبی فراصوتی تعریف و استخراج کرد و در کیفیت سنجی استفاده کرد.

انتخاب مشخصات اولیه سامانه‌ی کیفیت سنج فراصوتی

از جمع‌بندی مطالعات پیشین این چنین بر می‌آید که بسامد کاری سامانه و تراگذر بکار گرفته در کشاورزی کمتر از 0.5 MHz است(Sarkar and Wolfe, 1983). در این حوزه بسامدی، امکان بکارگیری روش تپ بازتاب و آزمون غوطه‌وری سیالی کمتر وجود داشته و ساخت سامانه را بسیار پیچیده می‌کند. بنابراین برای اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی محصولات کشاورزی، به سامانه‌ای نیاز است که بر اساس روش عبوری کار کند، گسیل امواج ارسالی به نمونه بصورت تپی با زمان موج دهی چند ده میکرو ثانیه است و بسامد کاری آن کمتر از 0.5 MHz باشد. در پژوهشهای انجام یافته کمتر به توان سامانه اشاره شده است. اما انتظار می‌رود توان متوسط امواج ارسالی تراگذرها

[1] - Frequency spectrum

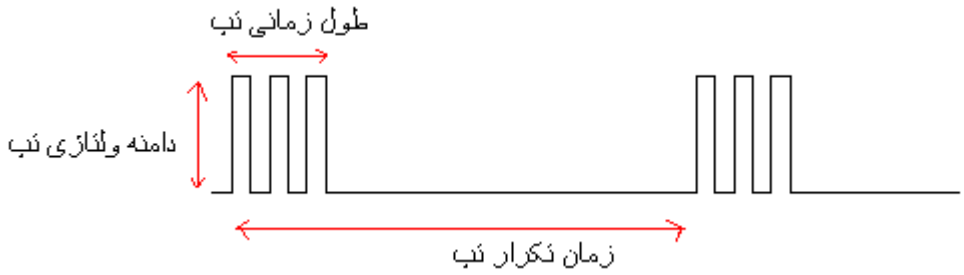
کمتر از W ۱ باشد تا از نظر تاثیر فراصوت بر بافت محصول و موجب پدیده حفره سازی[1] نشده و آزمون غیر مخرب باشد.

همچنین با توجه به میرایی زیاد نمونه‌های کشاورزی، بهتر است از آزمون تماسی استفاده شود (Jivanuwong, 1998). هرچند در مرحله صنعتی کردن تکنیک فراصوت، آزمون غیر تماسی ارجحیت دارد. شدت امواج طوری انتخاب می‌شود که بتوان برخی نمونه‌های کم ضخامت را نیز مورد آزمایش قرار داد.

طراحی و ساخت

به منظور بررسی کیفیت محصول‌های کشاورزی مانند میوه‌ها و سبزی‌ها در محدوده بسامد ۲۵ kHz الی ۲۰۰ kHz، دو سامانه با قابلیت تغییر بسامد سیگنال تحریک ساخته شد. این کار برای جلوگیری از پیچیده شدن مدار مولد سیگنال (تپ‌ساز) و دریافت‌کننده سیگنال (تپ‌گیر) انجام شد. محدوده بسامد سیگنال تحریک سامانه اولیه ۲۵ الی ۱۰۰ kHz در نظر گرفته شد که به اختصار UQS100 نامیده می‌شود. اما سامانه دومی با اختصار UQS200 دارای محدوده بسامد تحریک ۱۰۰ الی ۲۰۰ kHz است. پس از چندین مرحله آزمایش مشخصات تپ تحریک مانند طول زمانی تپ (PD)[2] ارسالی، مطابق شکل ۱ انتخاب شد. تعداد نوسان سیگنال در هر تپ وابسته به بسامد تراگذر می‌باشد. زمان تناوب تکرار تپ (PRP)[3]، نیز دو حالته در نظر گرفته شد که توسط دکمه‌ای به ۱ ثانیه و ۰/۱ ثانیه قابل تغییر است.

دامنه ولتاژی تپ نیز دو حالته در نظر گرفته شد که توسط دکمه‌ای به ۹۰۰ ولت و ۱۸۰۰ ولت قابل تغییر است. نمودار سیگنال تپ تحریک در شکل شماره ۱ آورده شده است.

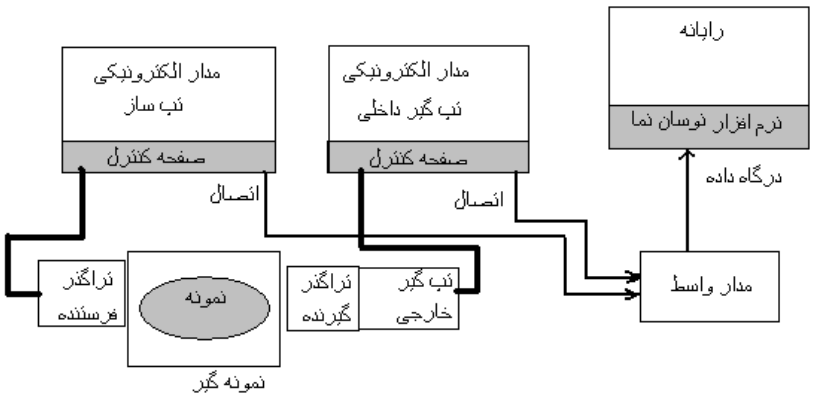


شکل ۱- سیگنال تپ تحریک

نمودار شماتیکی ساختار کلی سامانه در شکل شماره ۲ آورده شده است. سخت افزار سامانه‌ی فراصوتی شامل است بر: تپ‌ساز و تپ‌گیر، تراگذرها، نوسان‌نمای رقمی، رایانه و نمونه‌گیر. نوسان‌نمای رقمی (TNM Co, Ds20080, Korea) از طریق درگاه USB به رایانه متصل است. واحد تپ‌ساز و تپ‌گیر مجهز است به: کنترل و انتخاب بسامد تحریک (۲۵ الی ۱۰۰ و ۱۰۰ الی ۲۰۰ kHz)، میزان بهره تقویت سیگنال دریافتی(۱ الی ۲۵)، ولتاژ تحریک سرتراگذر (۹۰۰ یا ۱۸۰۰ ولت)، کلید روشن و خاموش، کلید تکرار تپ (۱ یا ۰/۱ ثانیه) و کلید تبدیل موج فراصوت به حالت پوش. شکل ۳ سامانه توسعه داده شده (UQS100) را نشان می‌دهد.

---

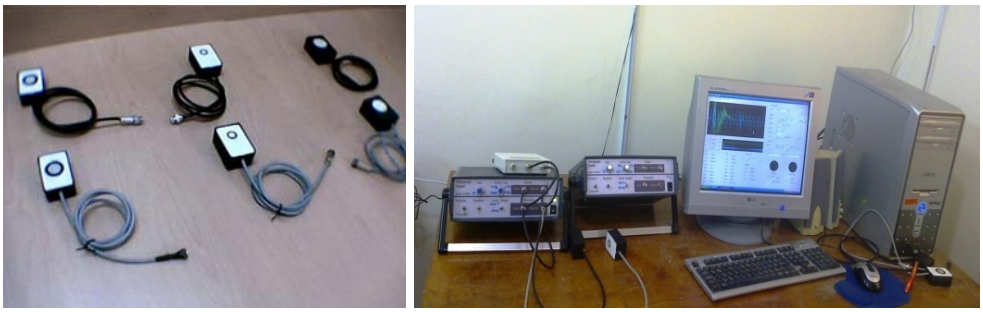
[1] - Cavitation
[2] - Pulse Duration
[3] - Pulse Repetition period



شکل ۲- نمودار ساختار کلی سامانه

یکی از مواردی که سامانه را در اندازه‌گیری توانا می‌سازد تراگذرها هستند. همانطور که در شکل ۳ و ٤ نشان داده شده است تغییراتی در تراگذرهایی تهیه شده با بسامدهای ۷۵، ۱۲۵ و ۲۰۰ kHz [تراگذرهای باند پهن (Airmar (Tech. Co.,USA] داده شد. این تغییرات شامل جاگذاری مدار الکترونیکی در پشت کریستال برای حذف نویزها است.

شکل ۳- سامانه UQS100 به همراه تراگذرهای ۷۵ kHz و نمونه‌هایی که آزمایش اولیه شدند.



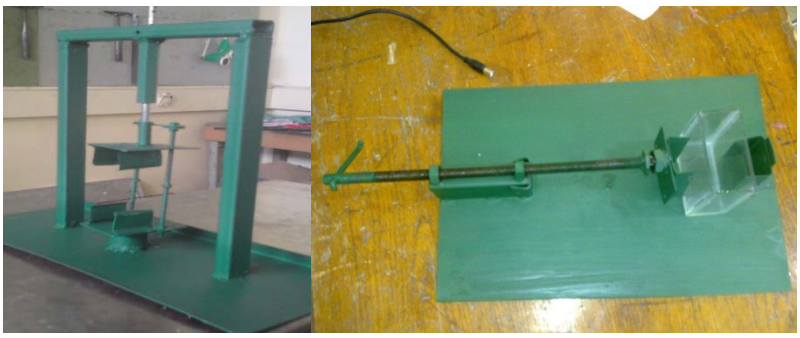
شکل ٤- سامانه UQS100 و UQS200 و تراگذرهای ۷۵، ۱۲۵ و ۲۰۰ kHz

دستگاه نمونه‌گیر

اغلب محصولات و مواد کشاورزی که کیفیت سنجی می‌شوند جامد و یا مایع هستند. دستگاه (UQS) تنها برای آزمایش مواد جامد بکار می‌رفت. اما با ارتقاء سامانه‌ها، سامانه‌های UQS100 و UQS200 قابلیت آزمایش

مایعات را نیز دارا می‌باشند. دو دستگاه نمونه‌گیر یکی برای مواد مایع و دیگری برای مواد جامد ساخته شد (شکل ۵).

دستگاه نمونه‌گیر علاوه بر راحتی بکارگیری باید قابلیت کار بر روی نمونه‌های متفاوت با اندازه‌های مختلف را داشته باشد. همچنین نیروی تماسی وارد بر نمونه‌ها بایستی تحت کنترل باشد. زیرا تنشهای فشاری بر شاخصهای فراصوتی اثر می‌گذارد.

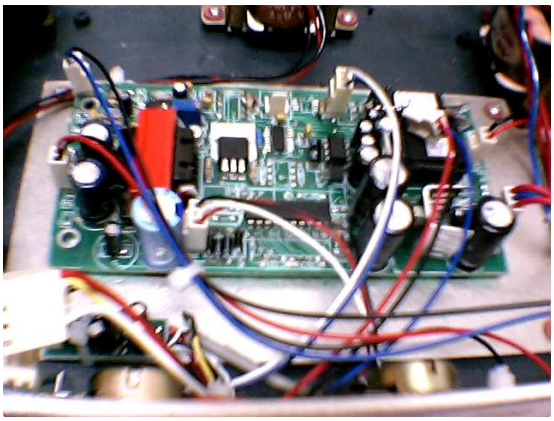


شکل ۵- نمونه‌گیر سامانه‌ها برای مواد جامد (راست) سیال (چپ)

بحث و نتایج

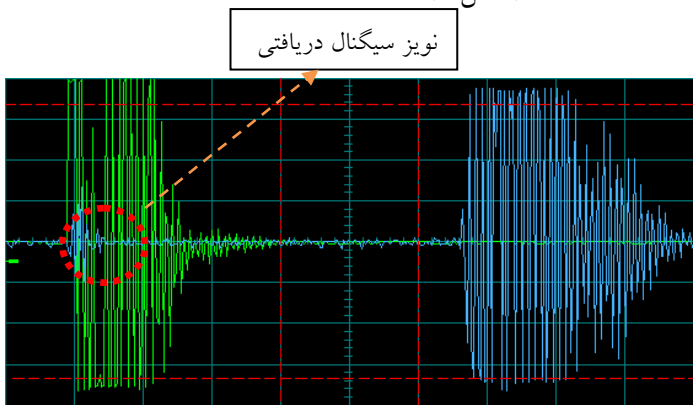
حذف اغتشاشات و سیگنالهای ناخواسته

سیگنال دارای اغتشاش، عمل اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی را با مشکل روبه‌رو می سازد و حتی باعث ایجاد اشتباه در نتایج می‌گردد. هنگام اندازه‌گیری، بیشتر سیگنالهای ناخواسته مانند ولتاژ dc، طیف‌های مزاحم و سیگنالهای محیط مطرح بودند که با بکارگیری صافی‌هایی در سخت افزار واحد تپ‌ساز و تپ‌گیر داخلی وخارجی، مانند مدار پیش تقویت و مدار محدود کننده‌ی دامنه حذف شدند. در برخی مواقع، اغتشاشات و اختلال‌هایی نیز در سیگنال‌ها مشاهده می‌شد که تکرارپذیری را کاهش می‌داد. به طوری که باید در هر اندازه‌گیری سیگنالهای مشکل‌دار حذف و سیگنالهای سالم برای تحلیل انتخاب می‌شدند. لذا در سامانه‌های توسعه داده شده (UQS100 و UQS200) سعی شد تکرارپذیری با بهبود شکل سیگنالها و حذف اغتشاشات افزایش یابد. کاربرد مدارفیلتر بالاگذر شامل خازن و مقاومت بجای تقسیم مقاومتی در مدار تپ‌ساز، باعث کاهش اثر بارگذاری روی تراگذر فرستنده شده و این تغییر باعث بهبود شکل سیگنال فرستنده شد. شکل ٦ مدار الکترونیکی مربوط به تپ ساز را نشان میدهد.



شکل ٦- مدار اصلی واحد تپ ساز و تپ‌گیر

در اندازه‌گیری TOF[1] در سیگنال گیرنده ، اعوجاج جلوی سیگنال دریافتی موجب کاهش دقت می‌شود. در سامانه پیشین (UQS) ازفیلتر اضافی برای کاهش این اعوجاج استفاده می شد. اما بررسی بیشتر نشان داد اغتشاشاتی که در ابتدای سیگنال دریافتی و همزمان با سیگنال ارسالی مشاهده می‌شود مربوط به دو نوع القاء الکترومغناطیس است. نوع اول مربوط به القاء الکترومغناطیس از مدار الکترونیکی تپ‌ساز بر مدار تپ‌گیر داخلی و نوع دیگر القاء الکترومغناطیس از سطح تراگذر فرستنده بر سطح تراگذر گیرنده است. لذا با تکنیکهای خاصی این القاهای الکترومغناطیسی در سامانه‌ها حذف شدند(شکل ۷).



شکل ۷– نویز الکترومغناطیسی **سیگنال دریافتی**

واسنجی سامانه

یکی از مسایل اساسی سامانه‌های فراصوتی کشاورزی، واسنجی خود سامانه برای ایجاد دقت در اندازه گیری است. با توجه به شاخص‌های فراصوتی معمولی مانند زمان عبور، میرایی، سرعت امواج ، ضریب تضعیف و طیف بسامدی[2]، سه مرحله برای واسنجی سامانه‌های فراصوتی کشاورزی پیشنهاد می‌شود. این سه مرحله واسنجی شامل زمان عبور، دامنه و طیف بسامد است. واسنجی زمان عبور و دامنه برای سامانه‌های جدید UQS100 و UQS200 انجام شد.

در موضوع کیفیت سنجی، بررسی پژوهشهای انجام یافته مبین این امر است که به جای تاکید بر مقدار دقیق شاخص‌های فراصوتی محصولات کشاورزی به میزان اختلاف شاخص‌های فراصوتی در سطوح کیفی مختلف مواد تاکید می‌شود. حتی مشاهده می‌شود که مقدار شاخص فراصوتی مانند سرعت امواج برای یک محصول در سطح کیفی تقریبا یکسان، متفاوت گزارش شده است(Mizrach et al., 1989: Self *et al.*, 1994: Cheng and Haugh, 1994). به نظر می‌رسد جدا از شرایط نمونه، این اختلاف مربوط به سامانه و واسنجی آن نیز است.

بایستی توجه داشت که مشخصات موج مانند طول موج و یا نوع موج (Rose, 2004) و مشخصات تراگذر مانند قطر کریستال و طول میدان نزدیک (Cartz, 1995) بر روی شاخص‌های فراصوتی اثر می‌گذارند. البته در اختلاف بسامد کم این اثرات قابل چشم پوشی است و بسیاری از این اثرات با ثابت نگه داشتن مشخصات موج و تراگذر کنترل می‌شوند.

[1] - Time Of Flight
[2] - Frequency spectrum

۱- واسنجی زمان عبور:

چون سرعت فراصوت در هوا در دما و فشار و رطوبت مشخص، معین است. پس در فاصله تعیین شده، زمان پرواز از رابطه زیر قابل محاسبه است(Raj *et al.*, 2007).

$$V = \frac{x_i}{t} \qquad (۳)$$

که در آن V= سرعت فراصوت (ms^{-1})؛ x_i= ضخامت ماده (m) و t= زمان (s) است.

عمل ارسال و دریافت سیگنال برای چند فاصله تکرار می‌شود. زمان پرواز خوانده شده از سامانه با زمان پرواز صحیح مقایسه شده و تفاوت این دو مقدار با اعمال اصلاحاتی برطرف می‌شود. با تکرار این عمل برای چند فاصله خارج از میدان نزدیک[1] واسنجی زمان انجام می‌شود. نتایج آزمایش اولیه مربوط به واسنجی زمان پرواز سامانه‌ها نشان داد که اختلاف زمان پرواز محاسبه شده با زمان پرواز اندازه‌گیری شده زیاد نیست و میزان تغییرات این اختلاف در بسامدهای بالا (۲۰۰ kHz) کمتر است. بنابراین حذف القاهای الکترومغناطیسی روی سیگنالها با اعمال تغییرات در تراگذرها و مدار تپ‌ساز و تپ‌گیر موجب افزایش دقت اندازه‌گیری زمان پرواز شد.

۲- واسنجی دامنه:

به علت جذب و پخش امواج، دامنه امواج فراصوت در گذر از مواد کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر موج تضعیف یا میرا می‌شود. کاهش دامنه به صورت لگاریتمی است و توسط رابطه ذیل نوشته می‌شود(Raj *et al.*, 2007):

$$A = A_\circ e^{-\alpha x_i} \Rightarrow A\Big|_{x_{i+1}} / A\Big|_{x_i} = A_\circ\Big|_{x_{i+1}} / A_\circ\Big|_{x_i} e^{-a(x_{i+1}-x_i)}$$

در این رابطه A و $A_\circ$ به ترتیب دامنه‌ی موج گیرنده و فرستنده بر واحد (mV) و α ضریب تضعیف امواج فراصوت با واحد نپر بر متر (Npm^{-1}) است.

ضریب تضعیف هوا (α) در دما، فشار و رطوبت معین، معلوم است. پس هرگاه ضریب تضعیف هوا در فاصله‌های مشخص شده مانند x_1 ، x_2، x_3 و x_i اندازه‌گیری شود. مقدار α باید در بازه‌های فاصله x_{i+1}-x_i برابر باشد. همچنین این مقدار باید با مقدار محاسبه شده یکسان باشد. البته در یک آزمایش مشخص، مقدار $A_\circ$ ثابت است.

۳ -واسنجی فرکانس

تراگذرها با نمودار پاسخ بسامدی طبق اندازه‌گیری‌های کمپانی سازنده، حول بسامد مرکزی با یک پهنای طیف، انرژی الکتریکی و فراصوتی را به هم تبدیل می‌کنند. در عمل ممکن است نمودار پاسخ بسامدی تراگذرها کاملا منطبق بر هم نباشد. بدین صورت که تراگذر فرستنده حول یک بسامد مرکزی با یک پهنای طیف، انرژی الکتریکی را به انرژی فراصوتی تبدیل کرده، ولی تراگذر گیرنده با بسامد مرکزی کمی متفاوت و پهنای طیف گسترده یا باریکتر، انرژی فراصوتی را به الکتریکی تبدیل می‌کند. عدم تطابق نمودار پاسخ بسامدی تراگذرها موقعی اتفاق می‌افتد که تراگذرها آسیب ببینند و یا عمر مفید خود را طی کرده باشند. بنابراین به طور معمول نیازی به این نوع

[1] - near field or Fresnel

واسنجی نمی‌باشد. روشی ساده برای اصلاح طیف گیرنده و شبیه کردن آن به طیف فرستنده، اعمال یک جدول وزنی به پهنای طیف و تفکیک عدد در حد نیاز است. بدین ترتیب اعوجاج و تغییر شکل سیگنال بر حسب بسامد کنترل می‌شود.

نتیجه‌گیری

در میان روشهای کیفیت سنجی محصولات کشاورزی، روش فراصوت، روشی کم هزینه اما با مشکلاتی مانند تکرارپذیری کم روبه رو است. این امر باعث می‌شود که دقت این روش نسبت به سایر روشها مانند طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک کمتر باشد.

در این مقاله قسمتی از روند باز طراحی و بهبود سامانه‌ی فراصوتی برای آزمایش محصولات کشاورزی بیان شد. نتیجه بهبود و باز طراحی سامانه فراصوتی پیشین UQS، توسعه دو سامانه UQS100 و UQS200 است که قابلیت تغییر بسامد تحریک از ۲۵ الی ۱۰۰ kHz و از ۱۰۰ الی ۲۰۰ kHz را دارا هستند. با اصلاحاتی که در مدارهای الکترونیکی سامانه‌ها انجام شد اغتشاشات مهم از سیگنال ارسالی و دریافتی حذف شدند. الزام وجود لایه تاخیر در اندازه‌گیری نمونه‌های کم ضخامت برطرف شد. با کاملتر کردن روشهای واسنجی انتظار می‌رود استاندارد و یا کدی برای واسنجی سامانه‌های فراصوتی تدوین شود. نتایج اولیه روشهای پیشنهادی برای واسنجی نیز حاکی از کارآمد بودن این روش واسنجی است. هر چند با اصلاح روشها و بکارگیری دستگاه‌های دقیق اندازه‌گیر صوتی مانند هیدروفون، کار واسنجی سامانه و تراگذرها را تکمیل می‌کند.

منابع

۱. ذکی دیزجی، ح.، مینایی س. توکلی هشتجین، ت. مختاری دیزجی، م. (۱۳۸۸). طراحی و ساخت سامانه‌ی سنجش فراصوتی و بررسی عوامل موثر در اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی محصولات کشاورزی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۱۰، شماره ۱، ص ۲۷–۴۸.

۲. ذکی دیزجی، ح.، مینایی س. توکلی هشتجین، ت. مختاری دیزجی، م. و منتظر، ع.ر. (۱۳۸۷). کیفیت سنج فراصوتی برای محصولات کشاورزی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد. ایران

1. Cheng. Y. and C.G. Haugh. 1994. Detecting Hollow Heart in Potatoes Using Ultrasound. Transactions of the ASAE, 37(1): 217-222.
2. Cartz, L. (1995). Non destructive testing, Radiography, Ultrasonics, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Eddy Current. ASM International.USA. Pp 229.
3. Kim KB, Jung HM, Kim MS, Kim GS (2004).Evaluation of fruit firmness by ultrasonic measurement. Advances In Nondestructive Evaluation, PT 1-3 Key Engineering Materials 270-273: 1049-1054, Part 1-3.
4. Jivanuwong, S. (1998). Nondestructive detection of hollow heart in potatoes using ultrasonics. M.Sc. Thesis in Biological Systems Engineering. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
5. Mizrach, A., Galili, N., Rosenhouse, G., (1989). Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation. Transactions of the ASAE 32(6): 2053–2058.

6. Mizrach, A. Galili, N. Teitel D. C. and Rosenhouse, G. (1994). Ultrasonic evaluation of some ripening parameters of autumn and winter-grown 'Galia' melons. Scientia Horticulturae 56(4): 291-297.
7. Mizrach, A., Galili, N., Gan-mor, S., Flitsanov, U., Prigozin, I., (1996). Model of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf life. Journal of Agricultural Engineering Research 65: 261–267.
8. Mizrach, A. (2008). Ultrasonic technology for quality evaluation of fresh fruit and vegetables in pre- and postharvest processes. Postharvest Biology and Technology 48(3):315-330
9. Gaete-Garretón, L., Yolanda Vargas-Hernndez, Y., Cristian León-Vidal, C. and Alex Pettorino-Besnier, A. (2005) A novel noninvasive ultrasonic method to assess avocado ripening. Journal of Food Science. 70(3): E187-E191.
10. Prakash, M.N.K. and Ramana, K.V.R. (2003). Ultrasound and its application in the food industry, Journal of Food Science and Technology 40 (6): 563-570.
11. Raj, B., Rajendran, V. and Palanichamy, P. (2007). Science and Technology of Ultrasonics. Alpha Science International Ltd. Pangbourne, U.K. Printed in India. Pp 375.
12. Rose, J.L. (2004). Ultrasonic Waves in Solid Media. Cambridge university press. Cambridge. UK. Pp 454.
13. Sarkar, N. and Wolfe, R.R. (1983). Potential of ultrasonic measurements in food quality evaluation. Transactions of the ASAE. 26(2): 624-629.
14. Self, G.K., Ordozgoiti, E., Povey, M.J.W. and Wainwright H. (1994) Ultrasonic evaluation of ripening avocado flesh. Postharvest Biology and Technology (4): 111-116.

Optimization of the ultrasonic quality-meter of agricultural product and its calibration methods

1- **Agricultural Machinery Eng. And mechanization Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran, Tel: +98611 336 4057, Fax: 0611 333 0079 , Email: hzakid@scu.ac.ir;,**
2- **Novin Abzar Pishro Company. Email:**novin.abzar.pishro@gmail.com