

مکان‌یابی منبع نشت در لوله‌های تحت فشار با استفاده از روش نشر آوایی

حسام مهدیخانی*^۱، امیر مصطفی پور^۲، سینا زارع^۳

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

۳- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

*hesammeh75@gmail.com

چکیده

برای اطمینان از عملکرد خطوط لوله، مخازن تحت فشار و همچنین عیوب موجود در ورق‌های صنعتی دو روش بازرسی مخرب و غیرمخرب وجود دارد. یکی از مسائل مهم در خطوط انتقال و مخازن تحت فشار مسئله نشت‌یابی است. آزمون نشتی یکی از روش‌های آزمون‌های غیرمخرب است که مربوط به جابجایی سیال از محیط پرفشار به محیط کم فشار می‌باشد. از جمله تکنیک‌های آزمون غیرمخرب، استفاده از روش نشر آوایی است. جت خروجی باعث ارتعاش لوله و ایجاد امواج نشر آوایی در لوله می‌شود. به دلیل فاصله متفاوت سنسورها از منبع نشت، اختلاف در زمان ثبت سیگنال‌ها توسط سنسورها بوجود می‌آید. اولین زمان رسیدن امواج به سنسورهای موجود در دو طرف منبع نشت و اختلاف زمان رسیدن امواج با استفاده از روش معیار اطلاعات آکاییک (Akaike Information Criteria) اندازه‌گیری می‌شود. در این تحقیق با استفاده از دو سنسور نشر آوایی R15a امواج ساطع شده در دو طرف منبع نشت ثبت گردید. ابتدا آزمایشات نشت‌یابی با منبع نشت پیوسته بر روی یک لوله کربن استیل تحت فشار انجام گرفت. در مرحله بعد، آزمایشات برای مکان‌یابی منبع نشر آوایی بر روی ورق فولادی و با استفاده از منبع شبیه‌سازی شده نشر آوایی (شکستن نوک مداد) انجام شد. در هر مرحله تعداد ۵ تست برای هر حالت انجام پذیرفت و میانگین نتایج محاسبه شد. نتایج بیانگر آن است که مکان نشت در لوله را می‌توان با میانگین خطای ۱/۴٪ تخمین زد. از طرف دیگر در ورق فولادی می‌توان مکان منبع نشر آوایی را با میانگین خطای ۳/۹۲ درصد به دست آورد.

واژگان کلیدی: نشر آوایی، آزمون غیرمخرب، لوله‌های تحت فشار، معیار اطلاعات آکاییک

۱- مقدمه

پرداخت. او دریافت به هنگام خارج شدن گاز از لوله تحت فشار، صداهایی در محدوده وسیعی از فرکانس ایجاد می‌شود که قابلیت انتشار در لوله‌هایی با طول زیاد را داشتند. روجا توانست برای ۶۱ متر از طول لوله، اختلاف زمانی ۱۵۰ میکروثانیه را برای امواج رسیده به سنسورها ثبت کند و از سوی دیگر به این نتیجه رسید که دامنه موج نشر آوایی متناسب با خواص گاز، فشار کاری سیستم و اندازه نشتی است. با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز روجا توانست نشتی‌های بسیار کوچک را که دارای فشار داخلی کمتر از ۵ بار بود را ثبت کند.

روبل و استیل [۲] به بررسی تاثیر تخمین زمان رسیدن در دقت مکان‌یابی منابع نشر آوایی پرداختند. آنها از ترتیب خطی سنسورها جهت مکان‌یابی منبع در لوله‌های فولادی استفاده کردند و محدوده زمانی و فرکانسی را برای سیستم

مساله نشتی در مجتمع‌های پتروشیمی، پالایشگاه‌ها و غیره می‌تواند باعث ایجاد انفجار، آلودگی و مسمومیت شود. به این دلیل تست نشتی از اهمیت زیادی برخوردار است. خطوط انتقال گاز، از جایگاه‌های استخراج و تصفیه، گاز را به شهرها و مناطق دیگر منتقل می‌کنند. فرسایش و خوردگی دلیل اصلی ایجاد نشت در لوله‌ها می‌باشد. اغلب خطوط انتقال گاز از فولاد عایق کاری شده ساخته شده‌اند و صدمه رساندن به پوشش محافظ آنها، باعث ایجاد نشت فرسایشی در آینده می‌باشد. خطوط انتقال گاز نیازمند مراقبت دائمی برای پیشگیری از عیب یا تشخیص به موقع آن می‌باشد. برای اندازه‌گیری و تعیین نشتی، روش‌های بسیاری وجود دارند که یکی از روش‌های مناسب، تست نشتی با استفاده از امواج صوتی می‌باشد. روجا [۱] به مونیتورینگ نشر آوایی نشتی‌های موجود در خطوط لوله

از مزایای این روش فاصله‌ی کم (چند سانتی‌متری) بین سنسورها برای مونیور کردن سلامت سازه‌ها می‌باشد.

مصطفی‌پور و داودی [۶] به بررسی امکان استفاده از امواج نشر آوایی برای مکان‌یابی نشت پیوسته در خطوط لوله‌ی گاز شهری پرداختند. آن‌ها الگوریتمی را بر پایه‌ی تابع تبدیل ویولت، تکنیک فیلتر کردن و روش همبستگی ارائه دادند. جهت بررسی صحت الگوریتم پیشنهاد شده، تست‌های نشر آوایی با استفاده از منبع نشت پیوسته انجام شد. آن‌ها از ترکیب خطی برای دو عدد سنسور در دو طرف مکان نشت استفاده کردند به گونه‌ای که سیگنال‌های ثبت شده توسط سنسورها ابتدا با استفاده از تابع تبدیل ویولت به سیگنال‌هایی با اجزای فرکانسی بالا و پایین تجزیه شدند. با استفاده از تکنیک فیلتر کردن، نویزهای محیطی از سیگنال‌های تجزیه شده حذف گردید. بعد از حذف نویزها، سیگنال‌های ناشی از نشت دوباره بازسازی شدند. برای بدست آوردن اختلاف زمانی در رسیدن امواج به سنسورها از تابع همبستگی استفاده شد. یانگ و همکاران [۷] یک روش جدید برای مکان‌یابی منبع ضربه در صفحه بر اساس دسته‌بندی چندگانه سنسورها و آنالیز ویولت ارائه دادند. برای مکان‌یابی منبع، جهت رسیدن امواج تولید شده ناشی از ضربه بر روی صفحه و فاصله بین منبع و سنسور باید تخمین زده شود. جهت و راستای رسیدن امواج به سنسورها با استفاده از روش دسته‌بندی چندگانه سنسورها بطور دقیق محاسبه گردید. همچنین فاصله بین سنسور و منبع با استفاده از محاسبه‌ی اختلاف زمانی در رسیدن امواج به سنسورها و همچنین سرعت گروهی امواج لمب در صفحه بدست آمد. برای محاسبه‌ی اختلاف زمانی امواج از تابع تبدیل پیوسته ویولت و همچنین تئوری الاستودینامیک برای تخمین سرعت گروهی استفاده شد.

مصطفی‌پور و همکاران [۸] با استفاده از تئوری تبدیل موجک و تابع همبستگی متقابل زمان-فرکانس به مکان‌یابی منبع نشر آوایی در صفحات مستطیلی شکل پرداختند. آن‌ها برای مکان‌یابی از چهار عدد سنسور نشر آوایی استفاده نمودند. روش کار بدین صورت بود که ابتدا با استفاده از تبدیل موجک بسته‌ای، حوزه‌ای از فرکانس که امواج در آن بیشترین مقدار انرژی را دارا هستند انتخاب شده و سپس با استفاده از تابع طیف همبستگی متقابل زمان-فرکانس اختلاف زمانی در رسیدن امواج به سنسورها تخمین زده می‌شود. آن‌ها خاصیت پراکندگی موج را در نظر گرفته و

تنظیم نمودند. در این تحقیقات از یک منبع شبیه سازی شده به نام شکستن مغز مداد استفاده کردند. سیگنال‌های بدست آمده دو جز قابل شناسایی داشتند، یکی از این اجزا فرکانس بالا و میرایی سریعی داشت و دیگری بصورت فرکانس پایین بود که تا فواصل طولانی حرکت می‌کرد. با استفاده از تکنیک‌های تبدیل موجک، عبور از حد آستانه، فیلتر کردن و همبستگی متقابل زمان‌های رسیدن برای مدهای مختلف سیگنال محاسبه شد و توانستند تکنیکی با خطای کمتر از ۵٪ را پیشنهاد کنند. شفیق لیو و همکاران [۳] به ردیابی امواج نشر آوایی ناشی از نشت در لوله‌هایی که در زیر خاک قرار دارند پرداختند. تحقیق آن‌ها بر روی لوله‌ای بطول ۱۰۰ متر بود که با ایجاد سوراخ‌هایی در طول آن، نشتی‌های مختلفی را ایجاد نمودند. تفاوت لوله‌هایی که در زیر خاک قرار گرفتند با حالتی که در مجاورت هوا هستند، بخش دیگری از تحقیق این گروه را دربر می‌گیرد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که قطر، جنس، ضخامت و حتی پوشش لوله بر روی انتشار سیگنال‌ها تاثیرگذار است. لیو و همکارانش توانستند برای پاره‌ای از لوله‌های فولادی، نشتی‌هایی با قطر ۱ میلی‌متر و به فاصله‌ی ۱۰۰ متر از منبع را ردیابی کنند. خطای مکان‌یابی با افزایش فاصله بین دو سنسور افزایش می‌یافت.

اسکولی و همکاران [۴] تکنیکی را برای مکان‌یابی ترک در صفحه بر اساس اندازه‌گیری اختلاف در زمان رسیدن امواج بررسی کردند. آن‌ها روشی را ابداع کردند که در آن نقشه‌ای با استفاده از اختلاف در زمان رسیدن برای جفت سنسورهای مختلف بر روی صفحه فراهم شد. آن‌ها با استفاده از سرعت انتشار موج، که به جهت فیبرهای تشکیل دهنده‌ی صفحه وابسته است و با بکارگیری فاصله‌ی سنسورها توانستند اختلاف زمانی را محاسبه کنند. آن‌ها از این تکنیک به عنوان "بهترین روش تطبیق" نام بردند. آلجتس و همکاران [۵] روش جدیدی برپایه‌ی زمان انتشار موج نشر آوایی و خاصیت مودال امواج برای مکان‌یابی منبع در صفحات با ابعاد بزرگ ارائه کردند. آن‌ها ترتیب مثلی را برای سنسورها به کار بردند به گونه‌ای که فاصله هر دو سنسور کمتر از چند سانتی‌متر بود. جهت سنسورها تا منبع نشر آوایی با استفاده از آنالیز زمان رسیدن مود A_0 موج نشر آوایی به سنسورها تخمین زده شد. با استفاده از اختلاف زمانی در رسیدن مدهای A_0 و S_0 به هر سنسور می‌توان مسافت بین منبع تا سنسور را محاسبه نمود. یکی

چهار سنسور ثبت شده اند، استوار شده‌اند. روش ارائه شده سطح نویزها را کاسته و مکان‌یابی را با دقت بالایی انجام می‌دهد.

در این تحقیق به ارائه روشی برای تخمین مکان منبع نشر آوایی براساس اندازه‌گیری اولین زمان رسیدن موج به سنسورها پرداخته شد. با استفاده از سرعت انتشار امواج نشر آوایی و زمان رسیدن امواج به سنسورها مکان منبع اندازه‌گیری شد. با استفاده از این روش نتایج قابل قبولی در فواصل مختلف سنسور تا منبع حاصل شد و به نوعی تاثیر مثبتی در استفاده از روش معیار اطلاعات آکاییک در فواصل دور منبع تا سنسور دیده شد و با وجود میرایی در فواصل دورتر، تخمین مکانی قابل قبولی حاصل شد (درصد خطا کمتر از ۵ درصد).

۲- تجهیزات و چیدمان آزمایش نشر آوایی

در این تحقیق آزمایش نشر آوایی شامل دو بخش می‌باشد: در قسمت اول از ورق فولادی و منبع شبیه سازی شده نشر آوایی استفاده شده است حال آنکه در بخش دوم لوله تحت فشار و منبع نشت پیوسته بکار گرفته شده است. در شکل ۱ ورق فولادی ۱×۱ متر مورد استفاده برای مکان‌یابی را نشان می‌دهد. ورق به صورت ایزوتروپیک فرض شده است. آن ایزوتروپیک بودن بر روی سرعت انتشار و همچنین اندازه‌گیری اولین زمان ورود سیگنال تاثیر گذار است اما چون مقدار آن ایزوتروپیک کم است تاثیر ناچیزی بر نحوه انتشار امواج دارد. همانطور که دیده می‌شود ابتدا ورق در فواصل منظم خط کشی شده و سپس دو سنسور بصورت خطی و در یک راستا روی ورق نصب شده است، از یک ماده کوپلنت نیز به عنوان واسطه بین سنسور پیزوالکتریک و ورق فولادی استفاده می‌شود. منبع نشر آوایی و سنسورهای بکار رفته بر روی یک خط قرار گرفته اند (مقادیر γ برای سنسورها و منبع ثابت بوده و تنها مقدار X متفاوت است) و در چنین حالتی استفاده از دو سنسور برای مکان‌یابی کافی می‌باشد. برای تامین نیروی تماسی بین سنسور و ورق از نوار چسب استفاده شده است.

سرعت انتشار موج را متناسب با فرکانس انتشار و با استفاده از نرم افزار ولن محاسبه نمودند.

گرابوسکی [۹] به مقایسه‌ی دو روش، یکی بر اساس تبدیل حوزه‌ی زمان-فرکانس و دیگری تکنیک دو مرحله‌ای هیبریدی برای مکان‌یابی منبع نشر آوایی در صفحات الاستیک پرداخت. روش تبدیل حوزه زمان-فاصله، شکل موج‌ها را از حوزه‌ی زمانی به حوزه‌ی فاصله با استفاده از الگوی فرکانس-عدد موج تبدیل می‌کند. تبدیل مورد نظر امواج ناخواسته را از سیگنال اصلی حذف کرده و تنها سیگنال اصلی ناشی از منبع نشر آوایی را بازسازی می‌کند. اما در روش دوم مکان‌یابی منبع، امواج لمب با استفاده از نقاط تقاطع مسیرهای پیش بینی شده امواج با استفاده از دو جفت سنسور انجام می‌شود. براساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که روش دوم به علت کم کردن تابع هدف، دقت بالاتری در مکان‌یابی خواهد داشت. سبزواری و همکاران [۱۰] به ارائه‌ی روشی برای مکان‌یابی منبع نشر آوایی در ورق‌های ایزوتروپیک برپایه‌ی نرخ داده‌برداری پایین پرداختند. آن‌ها از یک الگوی مشخص در استفاده از نقاط کمکی استفاده کردند. در الگوی پیشنهادی موقعیت قرارگیری نقاط با توجه به مشخصات فرکانسی سیگنال دریافتی از حسگرها، بر روی خطوط مشخصی محدود می‌گردد. به منظور تشخیص موقعیت منبع نشر آوایی، سرعت انتشار موج ثابت در نظر گرفته شده و از خاصیت پراکندگی صرف‌نظر کردند.

ابراهیم خانلو و همکاران [11] در سال ۲۰۱۷ برای مکان‌یابی منبع نشر آوایی در صفحات از امواج نشر آوایی منعکس شده از لبه صفحات استفاده کردند. آن‌ها ابتدا فاصله مستقیم بین سنسور و موج نشر آوایی را تخمین زدند. سپس یک روش تحلیلی برای بازسازی امواج نشر آوایی منعکس شده براساس تخمین‌های فاصله سنسور-منبع و اولین زمان رسیدن موج ارائه دادند. در نهایت ارتباط بین سیگنال‌های ایجاد گردید. برای بررسی صحت مدل ارائه شده، ابراهیم خانلو و همکاران تست نشر آوایی را (شکستن نوک مداد بر روی صفحه) انجام دادند.

مصطفی پور و همکاران [12] در سال 2018 به مکان‌یابی منبع نشر آوایی در صفحات دو لایه پرداختند. آنها الگوریتمی بر پایه تابع تبدیل موجک و روش پیچیدگی تفاوت بهینه شده در حوزه موجک ارائه دادند. این الگوریتم براساس اندازه‌گیری شباهت بین دو سیگنال که توسط

(R15a) استفاده شده است. انتشار امواج نشر آوایی بصورت کروی بوده و با توجه به طول لوله انتشار امواج بصورت خطی خواهد بود و سه بعدی بودن لوله تاثیری در انتشار آن ندارد. برای تقویت هر چه بیشتر سیگنال‌های ثبت شده از تقویت-کننده‌های PAC1120A استفاده گردید.

برای بررسی امواج نشر آوایی ناشی از نشت در آزمایش مورد نظر از برد PCI NI ۶۱۱۵ متعلق به کمپانی MISTRAS استفاده شد. با توجه به اینکه آزمایش‌های انجام شده در شرکت صنایع هوایی شهید موحد انجام شده است، مجوز ارائه عکس از دستگاه نشر آوایی و set-up آزمایش فراهم نمی‌باشد. نرم‌افزاری که در دستگاه که برای ثبت داده‌های نشر آوایی استفاده می‌شود AEWin می‌باشد. پارامترهای نرم‌افزاری سیستم مورد نظر با توجه به شرایط آزمایش و محیطی مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. پارامترهای اولیه نشر آوایی

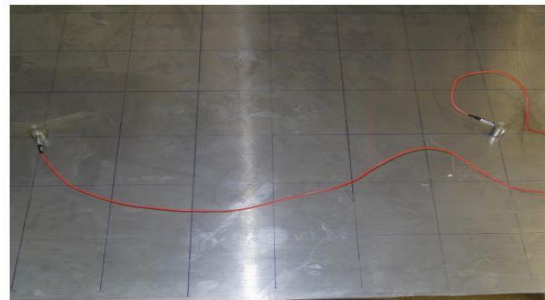
مقدار بدست آمده	کمیت های نرم افزاری
۱۰ MHz	Sample Rate
۲۳ dB	Threshold
۱۰-۴۰۰ KHz	Band Pass
۲۰۰ μs	PDT
۲۰۰۰ μs	HDT
۳۰۰۰۰ μs	HLT
۲۰ μs	Pre-trigger
۶۰ dB	Preamplifier



شکل ۲- نحوه قرارگیری سنسورها روی لوله فولادی

۳- مدل معیار اطلاعات آکاییک

روش آکاییک قابلیت تحلیل نتایج به ازای نرخ داده برداری بالا و پایین را دارد به عبارت دیگر هم عیوب نشر آوایی را در فرکانس‌های پایین (کمتر از ۲۰ کیلو هرتز) و



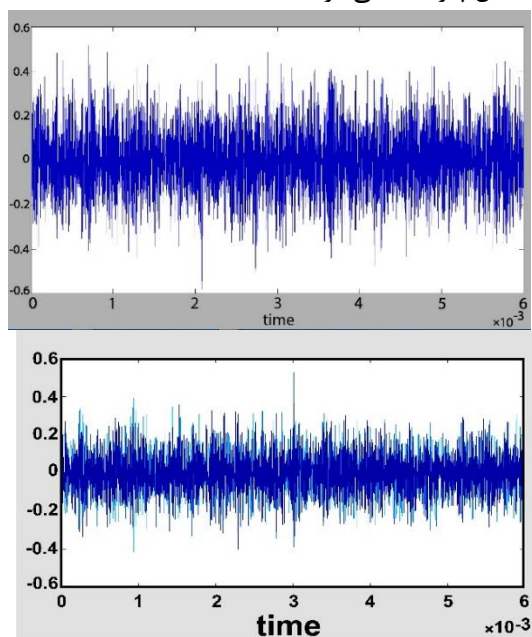
شکل ۱- ورق فولادی مورد استفاده برای مکان یابی

با شکستن نوک مداد (به عنوان منبع شبیه سازی شده نشر آوایی) در حد فاصل بین دو سنسور و با در نظر گرفتن سرعت انتشار موج نشر آوایی در ورق‌های فولادی (۵۷۰۲ متر بر ثانیه)، اولین زمان رسیدن موج به سنسورها اندازه گیری شد. در بخش دوم برای نشتی یابی مخزن تحت فشار از لوله فولادی ASTM A 106 به طول سه متر، با ضخامت دیواره ۷/۳۵ میلی‌متر و قطر خارجی ۱۶۹ میلی‌متر استفاده گردید. برای ایجاد نشتی در لوله، ابتدا در وسط آن متناسب با قطر خارجی نازل، به عنوان منبع نشت، سوراخی با استفاده از مته ایجاد گردید. سوراخ ایجاد شده، قلاویز کاری و گام ۱/۷۵ میلی‌متر مطابق با گام نازل بکار رفته در آن ایجاد شد. مهره‌ای به صورت مرکزی بر روی سوراخ جوش داده و جهت آب‌بندی کامل از نوار تفلون استفاده گردید. برای آنکه فشار سیال درون لوله حین آزمایش کاهش پیدا نکند، دو طرف لوله با استفاده از ورق‌های فولادی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر جوشکاری شدند.

از طرف دیگر برای اینکه سیال بتواند از طریق کمپرسور به داخل لوله جریان یابد، در یکی از صفحات، سوراخی ایجاد شده و برای تنظیم هوای داخل لوله و جلوگیری از افت فشار ناشی از نشت، رگلاتوری در ورودی هوا به داخل لوله نصب گردید. نحوه‌ی قرارگیری سنسورها در این آزمایش به صورت خطی بود. در شکل ۲ این نحوه قرارگیری نشان داده شده است. دو سنسور در دو طرف منبع نشت قرار داده شدند، طوری که یکی از آن‌ها، به فاصله حدودی ۲۰ سانتی‌متر از منبع و دیگری به فاصله ۱ متر از آن نصب گردیدند. محل نصب سنسورها با استفاده از سمباده به طور کامل تمیز شد. جهت انتقال امواج نشر آوایی از بدنه لوله به سنسورها از کولپنت و کیوم گریس استفاده گردید. در نهایت به کمک نوار چسب، سنسورها محکم به بدنه چسبیده شدند. در این تحقیق از سنسورها با باند فرکانسی باریک

مطلوب برسد. با توجه به اینکه نویزها در قسمت جز قرار می گیرند می توان با حذف این بخش از سیگنال و بازسازی آن تاثیر نویز و امواج ناخواسته از بین برد. سپس با اعمال کد برنامه نویسی شده معیار اطلاعات آکاییک در نرم افزار متلب به اطلاعات ثبت شده توسط سنسورها (دامنه های ثبت شده امواج بر حسب ولت در یک بازه زمانی مشخص، برحسب میکروثانیه)، نتایج اولین زمان رسیدن حاصل می- شود. در ابتدا با استفاده از نازل هایی به قطر سوراخ ۰/۶ و ۱ میلی متر، نشتی کنترل شده در لوله تحت فشار ایجاد شد. سیگنال های نشر آوایی ثبت شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

قبل از استفاده از اطلاعات ثبت شده توسط سنسورها به عنوان ورودی کد نوشته شده در نرم افزار متلب، لازم است این داده ها نویزگیری شود تا خطای خروجی به حداقل برسد و نتیجه نهایی از دقت قابل قبولی برخوردار باشد. به این منظور از نرم افزار waveform که به صورت اختصاصی توسط شرکت AEWIN منتشر شده و دارای قابلیت نویزگیری داده ها نیز می باشد، استفاده شده است. در این مرحله با همان داده های اخذ شده از نرم افزار متلب پس از اعمال معیار اطلاعات آکاییک، اولین زمان های رسیدن امواج بدست می آید که به صورت نمودار در شکل ۴ نمایش داده شده است. زمانی که وقوع رویدادهای انفجاری زیاد باشد، سیگنال ها با کنار هم قرارگرفتن باعث تشکیل یک سیگنال پیوسته می شوند.



شکل ۳- سیگنال دریافتی سنسور شماره ۱ برای نازل به قطر (الف) ۰/۶ میلی متر (ب) ۱ میلی متر

هم بالای آن را می تواند ردیابی نماید. اما روش های دیگر تنها در یک حوزه می توانند به تحلیل صحیح نتایج کمک کنند. کلیه روش های نشر آوایی متأثر از سطح نویز و سیگنال های منعکس شده از لبه سازه هستند. اما در این روش به دلیل اندازه گیری اولین زمان رسیدن موج به سنسورها تاثیرپذیری کمتری بر کاهش دقت مکان یابی دارد. حال آنکه در سایر روش هایی که بر مبنای اندازه گیری شباهت بین دو سیگنال هستند سطح نویز بسیار تاثیرگذار است. بطور کلی این روش، برای نمونه هایی با ابعاد کوچک نیز بسیار مفید خواهد بود. برای اعمال دقیق تابع AIC در نرم افزار متلب از مدل های زیر استفاده شده و نتایج مطلوبی نیز گرفته شده است.

$$AIC(k) = (k - M) \log(\sigma_F^2) + (N - M - k) \log(\sigma_B^2) + 2M \quad (1)$$

$$AIC(k) = k \log(\text{var}(x[1, k])) + (N - k - 1) \log(\text{var}(x[k + 1, N]))$$

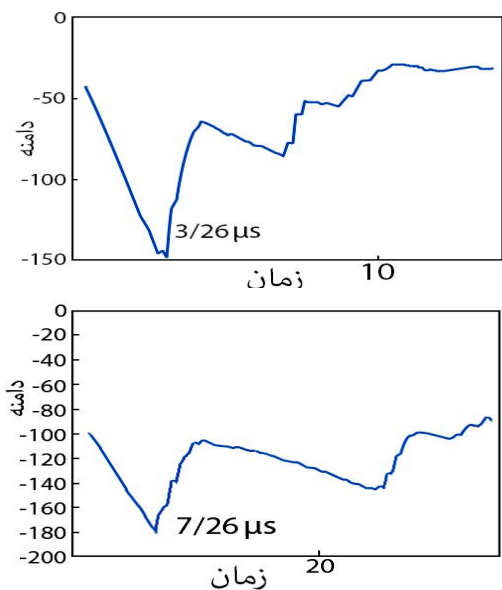
انتخاب درست پنجره زمانی باعث می شود تابع AIC زمان اولین رسیدن را به درستی پیدا کند. اگر تابع مناسب انتخاب شود نویزهای با فرکانس کم و زیاد توسط فیلترهای آنالوگ و عددی از بین می روند و تابع می تواند وضوح بین سیگنال و نویز را برای الگوریتم جمع کننده اصلاح کند. نقطه حداقل AIC نقطه جدایی سیگنال و نویز را تعیین می کند.

۴- نتایج

۳-۲-۱ مکان یابی محل نشت

پس از آن که سیستم توسط سنسورها شروع به ثبت امواج حاصل از نشت را شروع کرد و داده ها به ثبت رسیدند، با فیلتر کردن اطلاعات ثبت شده توسط سنسورها نویزگیری داده ها توسط نرم افزار Waveform انجام شد. برای نویزگیری از تابع تبدیل موجک استفاده شده است. در فرآیند جداسازی موجک گسسته، یک سیگنال به دو بخش تقسیم میگردد: تقریب و جزء. تقریب بخش فرکانس پایین و جزء بخش فرکانس بالای سیگنال می باشد. در مرحله بعد تقریب به دست آمده خود به یک تقریب و جزء تقسیم می شود. این فرآیند ادامه خواهد یافت تا زمانی که به تراز

اطلاعات آکاییک حاصل از شکستن نوک مداد در موقعیت های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.



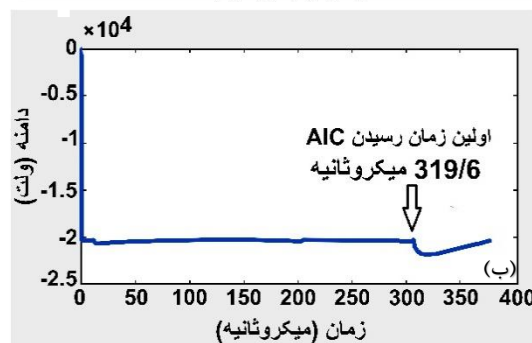
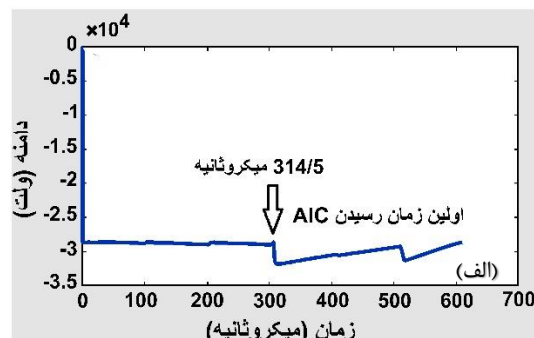
شکل ۵- تعیین اولین زمان رسیدن براساس معیار اطلاعات آکاییک برای فاصله منبع سنسور (الف) ۲۰ سانتی متر (ب) ۴۰ سانتی متر

در جدول ۳ نتایج مکان یابی مشخص شده است:

جدول ۳. نتایج مکان یابی برای ورق فولادی

فاصله از منبع	فاصله واقعی (سانتی متر)	اولین زمان رسیدن اندازه-خطا	درصد تئوری (سانتی-متر)
۲۰cm	۱۸/۶ cm	۳/۲۶ μs	۷
۴۰cm	۴۱/۴ cm	۳/۷/۲۶ μs	۳/۵
۳۰cm	۲۸/۸ cm	۳/۵/۰۶ μs	۴
۳۰cm	۲۹/۵ cm	۳/۵/۱۸ μs	۱/۶

در صورت انتشار امواج نشر آوایی و منعکس شدن آن از لبه و دیواره میزان دامنه، انرژی و فرکانس انتشار آن تغییر یافته و به صورت امواج با سطح انرژی پایین تری منتشر می-شوند. این امواج را نیز مانند نویز محیطی می توان به کمک تابع تبدیل موجک حذف نمود. در فرآیند جداسازی موجک گسسته، یک سیگنال به دو بخش تقسیم می-گردد: تقریب و جزء. تقریب بخش فرکانس پایین و جزء بخش فرکانس بالای سیگنال می-باشد. در مرحله بعد تقریب به دست آمده خود به یک تقریب و جزء تقسیم می-شود. این فرآیند ادامه



شکل ۴- تعیین اولین زمان رسیدن با استفاده از روش معیار اطلاعات آکاییک برای نازل به قطر (الف) ۰/۶ میلی-متر، (ب) ۱ میلی-متر

با استفاده از رابطه زیر می توان مکان عیب را براساس سرعت انتشار و اولین زمان رسیدن محاسبه نمود: (۲)

= فاصله سنسور تا منبع نشر آوایی

سرعت حرکت موج در ماده × اولین زمان رسیدن

جدول ۲. نتایج مکان یابی در لوله های تحت فشار

نازل (میلی-متر)	فاصله تئوری (سانت-ی متر)	فاصله بدست آمده (سانتی متر)	اولین زمان رسیدن (میکروثانیه)	درصد
۱mm	۱۰۰cm	۱۰۲/۲cm	۳۱۹/۶ μs	۲/۲
۰/۶m	۱۰۰cm	۱۰۰/۶cm	۳۱۴/۵ μs	۰/۶
۱mm	۲۰cm	۲۰/۳cm	۶۳/۵ μs	۱/۵

۴-۲-۲- نتایج حاصل از اعمال معیار اطلاعات آکاییک روی ورق فولادی برای مکان یابی مطابق شکل ۲، سنسورها و شکستن نوک مداد (به عنوان منبع نشت) در یک راستا قرار گرفته-اند. نتایج معیار

localization techniques for acoustic emission sources: a comparative study, Proc. SPIE 9438, Health Monitoring of Structural and Biological Systems.

[10] Sabzevari, S.A.H. and Moavenian, M. 2016. Locating the acoustic source in thin glass plate using low sampling rate data. Ultrasonics. 70: 1-11.

[11] Ebrahimkhanlou, A. and Salamone, S. 2017. A probabilistic framework for single-sensor acoustic emission source localization in thin metallic plates. Smart materials and structures. 26:20-30.

[12] A. Mostafapour, S. Davoodi, "Acoustic emission source locating in two-layer plate using wavelet packet decomposition and wavelet-based optimized residual complexity", Structural control and health monitoring 25 (in press), <https://doi.org/10.1002/stc.2048>

خواهد یافت تا زمانی که به تراز مطلوب برسد. با توجه به اینکه نویزها در قسمت جز قرار می‌گیرند می‌توان با حذف این بخش از سیگنال و بازسازی آن تاثیر نویز و امواج ناخواسته از بین می‌رود.

۵- نتیجه گیری

با استفاده از کد نوشته شده در متلب براساس معیار اطلاعات آکاییک نتایج قابل قبولی در شناسایی محل نشت در لوله و شناسایی محل شکستن مداد در ورق فولادی حاصل شد (در آزمایش ورق نتایج با میانگین خطای $3/92$ درصد و در آزمایش نشستی نتایج میانگین خطای $1/4$ درصد). استفاده از روش نشر آوایی برای مکان‌یابی منبع نشت یا ترک یکی از قدیمی ترین متدها برای مکان‌یابی است که با تلفیق آن با سایر روش های آماری دقت مکان یابی را به شدت افزایش می دهد. نتایج بدست آمده به انتخاب پنجره زمانی در محاسبات بستگی دارد انتخاب صحیح این مقدار باعث دقت هرچه بیشتر نتایج را به همراه خواهد داشت.

۶- منابع

[1] Rocha, M. 1989. Acoustic monitoring of pipeline leaks. ISA Calgary. Symposium paper. 283-290.

[2] Shehadeh, M. Steel, J. Reuben, R. 2004. Acoustic emission source location for steel pipe & pipeline application: The role of arrival time estimation. I Meche. 220: 121-133.

[3] Liu, J. Li, T. Liu, T. Yang, J. 2005. Vibration characteristic analysis of buried pipes using the wave propagation approach. Applied acoustics. 66: 353-364.

[4] Scholy, J. Wilcox, P. Lee, C. Friswell, M. Wisnom, M. 2006. Acoustic emission in wide composite specimens. Adv. Master. Res. 13: 325-332.

[5] Aljets, D. Chong, A. Wilcox, S. Holford, K. 2012. Acoustic emission source location on large plate-like structures using a local triangular sensor array. Mechanical Systems and Signal Processing. 30: 91-102.

[6] Mostafapour, A. and Davoodi, S. 2014. Gas leak locating in steel pipe using wavelet transform and cross-correlation method. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 70: 1125-1135.

[7] Yang, Y. Shin, T. Lee, S. 2014. Source location in plates based on the multiple sensors array method and wavelet analysis. Journal of Mechanical Science and Technology. 28: 1-8.

[8] Mostafapour, A. Davoodi, S. Ghareaghaji, M. 2014. Acoustic emission source location in plates using wavelet analysis and cross time frequency spectrum. Ultrasonics. 54: 2055-2062.

[9] Grabowski, K. Gawronski, M. Nakatanie, H. Packoa, P. Baranb, I. Spsychalskic, W. Staszewska, W. Uhla, T. Kundud, T. 2015. Distance-domain based

Leak Detection in Pressurized Pipe Using Acoustic Emission Method

Hesam Mehdikhani^{1*}, Amir Mostafapour², Sina Zare³

1-Master of Science, Mechanical Engineering, University of Tabriz

2-Associated Professor, Mechanical Engineering, University of Tabriz

3-Master of Science, Mechanical Engineering, University of Tabriz

Abstract:

There are two destructive and nondestructive inspection methods to ensure the operation of pipelines, pressure vessels and defects in industrial sheets. One of the important issues in oil and gas transmission lines and pressure vessels is leakage issue. The leak test is one of the nondestructive testing methods that relates to the entry or exit of a fluid from a high pressure environment to a low pressure environment. Acoustic emission is one of the nondestructive methods which is used for leakage locating. The jet produced due to leakage causes the pipe to vibrate and so acoustic waves will propagate through the pipe. Due to different source-sensor distances, acoustic sensors will capture the signals with time delay. In this study the first arriving time and so time delay between sensors can be estimated using Akaike Information Criteria method. Acoustic signals will capture using two R15a sensors located on two sides of leakage. In this study, first leakage tests were carried out on a pressurized pipe. The results showed that using AIC technique leakage location can be done with a mean error of 1.4%. In the next step, experiments were carried out to locate the acoustic source on a steel sheet. The results showed that using AIC method, an acoustic source location can be estimated with an average error of 3.92%.

Keywords: Acoustic Emission, Nondestructive Test, Pressurized Pipe, Akaike Information Criteria.