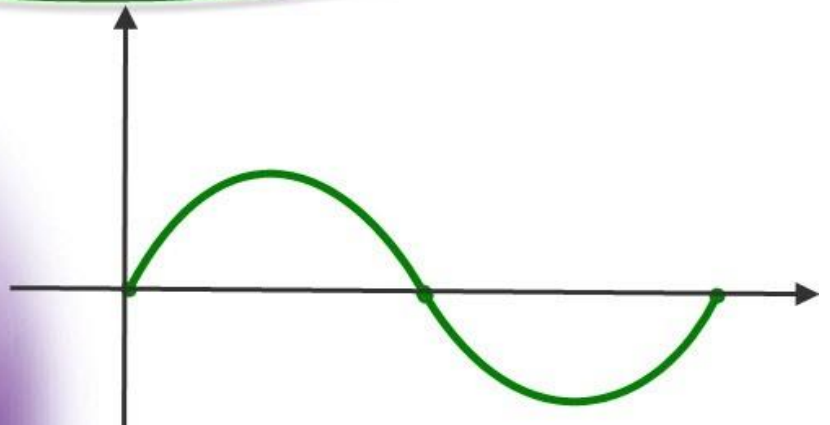


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

تخلیه جزئی، آشکار سازی و مکان یابی آن در

ترانسفورماتورهای قدرت با استفاده از سیگنال های

آکوستیک

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۵۰۰)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیشگفتار

تخلیه جزئی چیست؟ در ابتدا اجازه دهید از تعریفی که استاندارد بین المللی^۱ IEC در این رابطه ارائه کرده استفاده کنیم [2]: تخلیه جزئی^۲ یک نوع تخلیه الکتریکی متمرکز شده ایی است که فقط پل های الکتریکی جزئی را در میان الکترودهای رسانا بوجود می آورد و ممکن است مجاور هادی باشد و یا نباشد.

در ادامه تعریف تخلیه جزئی قصد داریم تعریفی را که دکتر حسین محسنی استاد برجسته عایق و فشار قوی

دانشگاه تهران ارائه نموده اند را معرفی کنیم، تعریف ایشان بدین شرح می باشد [۸]:

در مواردی ممکن است شدت میدان الکتریکی در همه طول بین آند و کاتد یک اندازه نباشد. یعنی ممکن است

آند یا کاتد و یا در نقطه ایی بین آنها، شدت میدان زیاد باشد و شرایط تخلیه در آن قسمت ها به وجود بیاید

ولی در سایر قسمت ها به دلیل کمی شدت میدان الکتریکی شرایط لازم برای تخلیه کامل موجود نباشد. در این

حالت تخلیه در قسمتی یا جزئی از طول عایق انجام می شود و شکست کامل عایق انجام نمی گیرد، به این نوع

تخلیه، تخلیه جزئی یا کرونا می گویند.

تعاریفی که در بالا ارائه شد در بر گیرنده نکاتی می باشد که به تشریح آنها می پردازیم.

1



2



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نکته اول: تخلیه جزئی عموماً نتیجه تمرکز تنش الکتریکی در یک نقطه خاص از عایق، در داخل و یا روی سطح آن است. معمولاً چنین تخلیه هایی به شکل پالس هایی در طول بازه زمانی کمتر از چند میکرو ثانیه ظاهر می شوند. در اکثر مواقع شکل تخلیه موجود در عایق های گازی به اصطلاح به صورت تخلیه های بدون پالسی صورت می پذیرد. این نوع تخلیه به صورت معمولی، با روش های اندازه گیری معرفی شده در استاندارد IEC آشکار سازی نمی شود.

نکته دوم: کرونا شکلی از تخلیه جزئی است که در محیط های گازی پیرامون هادی ها اتفاق می افتد و وقوع آنها در محیط های عایقی جامد و مایع بعید می باشد. پدیده کرونا را نبایستی بعنوان واژه عمومی برای این نوع تخلیه مورد استفاده قرار دهیم. برای توضیح بیشتر لازم است که تعریفی از این نوع پدیده داشته باشیم:

تخلیه های جزئی، تخلیه های الکتریکی متمرکز شده در داخل هر نوع سیستم عایقی هستند که در هر تجهیز و یا دستگاه الکتریکی این پدیده می تواند رخ بدهد. در کل تخلیه جزئی در قسمتی از مواد عایق مورد استفاده در تجهیز محدود می شود و فقط در بین الکترودهایی که ولتاژ به آنها اعمال شده پل های رسانای جزئی را تشکیل می دهد. با این حال عایق می تواند شامل مواد جامد، مایع یا مواد گازی و یا ترکیبی از آنها باشد. بنابراین واژه تخلیه جزئی شامل گروه گسترده ای از پدیده های تخلیه می باشد که به شرح زیر می باشد.

(۱) تخلیه های الکتریکی داخلی، در حباب ها و یا حفره های بین عایق های جامد و یا مایع.

(۲) تخلیه سطحی ظاهر شده در مرزهای مواد عایقی مختلف.

(۳) تخلیه های از نوع کرونا که در عایق های گازی و در حضور میدانهای ناهمگن اتفاق می افتد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۴) برخورد پیوسته تخلیه های موجود در عایق های جامد که کانالهای تخلیه را به وجود می آورند.^۱

اهمیت تخلیه جزئی بخاطر تشخیص میزان عمر و میزان سلامتی عایق است. هر نوع حادثه تخلیه باعث تغییر شکل شیمیایی در مواد بوسیله برخورد انرژی دار یون های شتاب دار و یا الکترونها با انرژی بالا می گردد. بسیاری از انواع تخلیه ها که در بالا به آنها اشاره شد در یک بازه زمانی محدود وابستگی شدیدی به نوع ولتاژ و میزان دامنه ولتاژ اعمالی دارند. همچنین بدیهی است که فرسایش عایقی به مواد مورد استفاده و کیفیت تولید آنها نیز وابسته است.

تخلیه های از نوع کرونا در هوا هیچ دخالتی روی عمر متوسط خطوط هوایی ندارند، اما تخلیه جزئی در عمر عایقی، عایق های از نوع ترموپلاستیک^۲ مثل پلی اتیلن تاثیر گذار هستند و می توانند باعث شکست عایقی در کمتر از چند روز بر روی عایق شوند. از این رو هدف نهایی بسیاری از تحقیقات در مورد تخلیه جزئی به عمر عایقی مواد خاصی معطوف می گردد.

عموما آشکار سازی و اندازه گیری تخلیه جزئی بر مبنای میزان تبادل انرژی در طول وقوع حادثه تخلیه جزئی

می باشد که در زیر به تشریح انواع آشکار سازی می پردازیم:

(۱) جریان پالس های الکتریکی^۳

(۲) تلفات عایق

(۳) تابشی (نور)

^۱ به این پدیده، پدیده درختی شدن، ترینگ یا واترترینگ نیز می گویند.

^۲ ارتجاع پذیر به هنگام حضور در مقابل حرارت.

^۳ بجز چند استثناء مثل تخلیه های تابشی.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۴) گسیل سیگنال های آکوستیک (صوت)

(۵) افزایش فشار و نوع گاز

(۶) فعالیت های شیمیایی

همانطور که اشاره شد تکنیک های آشکار سازی تخلیه جزئی را می توان براساس مشاهده هر یک از پدیده های بالا بدست آورد اما در بین انواع روش های آشکار سازی تخلیه جزئی، آشکار سازی توسط سیگنال های آکوستیک هم اکنون حجم بالایی از تحقیقات را در این مورد به خود اختصاص داده است. مزیت آشکار سازی توسط سیگنال های آکوستیک بخاطر آشکار سازی سریع و آنلاین و مهمتر از همه مکان یابی تخلیه جزئی می باشد. گفتنی است روش آشکار سازی آکوستیکی، تنهای روشی است که می تواند موقعیت تخلیه جزئی را نیز بدست آورد. بنابراین ما نیز در این پایان نامه بدلیل مزیت های بالای این روش نسبت به سایر روش ها، مبنای تحقیق و بررسی را بر این اساس گذاشته و سعی بر آن داریم که یک طرح مبسوط و کاملی را از آن ارائه نمایم.

محمد امیرخانی

بهار ۸۹

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

آشنایی با تخلیه جزئی

مقدمه

همانطور که قبلاً گفته شد تخلیه جزئی، نوعی تخلیه الکتریکی ناقص است که بخاطر افزایش شدت میدان الکتریکی فراتر از میزان تحمل عایق در یک ناحیه محدود از ساختار عایقی، به دلیل وجود ناخالصی و یا عدم یکنواختی عایق صورت می پذیرد.

این پدیده در ادوات قدرت مثل ترانسفورماتورها باعث بروز مشکلاتی از قبیل خرابی و یا از بین رفتن خاصیت عایقی در قسمتی از تجهیز می شود. وقتی که یک ترانسفورماتور ساخته می شود آشکار سازی تخلیه جزئی می تواند به عنوان یک ابزار کارشناسی برای تعیین کیفیت عایقی ترانسفورماتور مورد استفاده قرار گیرد و همچنین وجود خطاهای ناشی از تخلیه جزئی در ترانسفورماتور را پیش بینی کند.

البته در صورتی که این پدیده آشکار سازی نشود و رفع مشکل نگردد، به مرور زمان و با توجه به وجود فشارهای مکانیکی و تنش های الکتریکی، آسیب عایقی پیشرفت کرده، ترانسفورماتور را از کارکرد حالت عادی خود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خارج می نماید و در نهایت منجر به خرابی بزرگ در ترانسفورماتور می گردد. همین امر می تواند باعث کاهش بازدهی ترانسفورماتور و قطع بی برنامه انتقال توان گردد [۱].

در واقع آشکار سازی تخلیه جزئی در سیستم های فشار قوی مدرن برای سنجش وضعیت میزان سلامتی ترانسفورماتور در حین کارکرد می باشد. همچنین این آشکار سازی می تواند کمکی برای برنامه نگهداری و حفاظت از این تجهیز گرانبه محسوب گردد.

1-1) نگاه اجمالی

طرح اولیه آشکار سازی تخلیه جزئی بر پایه تعریف مشخصه های الکتریکی و همچنین مشاهده مشخصه های آکوستیکی این پدیده استوار می باشد، سیستم های آشکار سازی آکوستیکی بسیار بهتر از سیستم های آشکار سازی الکتریکی در ترانسفورماتور ها می باشد چرا که علاوه بر آشکار سازی تخلیه جزئی، می توان میزان سیگنال های آکوستیکی در منشا تخلیه جزئی را نیز توسط سنسورهای ویژه ای اندازه گیری نمود و موقعیت تخلیه جزئی را تشخیص داد [۲]. در این نوع آشکار سازی اطلاعات موقعیت تخلیه جزئی توسط نمایشگرها برای تشخیص محل خطا و کاهش زمان تعمیر و رفع عیب بسیار قابل ملاحظه می باشد.

مشکل اساسی آشکار سازی آکوستیکی قرار گرفتن سنسورهای مربوطه در خارج از مخزن ترانسفورماتور می باشد. متأسفانه تا کنون از طرف شرکت های سازنده ترانسفورماتور فکر اساسی در این رابطه نشده و همچنین مشکل دوم این است که هنوز سنسورهای پیشرفته ایی که بتوانند تحمل ناملایمات محیطی چه از نظر الکتریکی و چه از نظر شیمیایی، داخل ترانسفورماتور را داشته باشد به بازار ارائه نشده است.

این مسئله به این دلیل مشکل ساز است که بخاطر وجود مسیرهای شامل مانع بین یک منشا تخلیه جزئی و یک سنسور آکوستیک ممکن است دقت مکان یابی کاهش یافته و سیگنال های دریافتی هر سنسور دچار تداخل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

شود. این تداخل از این جهت اهمیت دارد که باعث ایجاد اختلاف سرعت در حین عبور از روغن معدنی ترانسفورماتور در مقایسه با عبور از سایر قسمت های فلزی ترانسفورماتور می شود و همین امر اختلاف زمانی نامطلوبی را در رسیدن سیگنال آکوستیکی تخلیه جزئی به سنسور ایجاد می کند. وقوع این مشکل در ترانسفورماتورهای قدرت بارزتر بوده و در صورت قرار گیری سنسور در خارج از ترانسفورماتور چون باعث بوجود آمدن مسیرهای غیر مستقیم و چند گانه در رسیدن سیگنال آکوستیک به یک سنسور می شود، اختلاف زمانی نامطلوبی را ایجاد خواهد نمود.

اختلاف زمانی ناشی از عبور از جداره فلزی ترانسفورماتور، همچنین باعث ایجاد اعوجاج و نویز و به طبع آن ایجاد خطا در محاسبات اختلاف زمانی دریافت سیگنال^۱ می شود. اما در صورتی که سنسورهای آکوستیک در داخل ترانسفورماتور قرار گیرند یک مزیت بسیار بزرگ را برای محاسبه دقیق تر مکان تخلیه جزئی، خواهیم داشت [۳]. بنابراین نوع سنسور آکوستیکی که برای داخل ترانسفورماتور طراحی شده در مکان یابی تخلیه جزئی، موثرتر و کاراتر از نوع سنسوری خواهد بود که در خارج از مخزن ترانسفورماتور کار گذاشته می شود. لذا در این حالت مکان تخلیه جزئی را با اندازه گیری اختلاف زمانی ناشی از رسیدن سیگنالهای آکوستیک که در چندین نقطه ترانسفورماتور کار گذاشته شده است، بدست می آوریم. با توجه به رفتار سیگنالهای آکوستیک، برای مکان یابی تخلیه جزئی مجبوریم یک سیستم با روابط غیر خطی را حل کنیم.

در فصل پنجم روش حل روابط غیر خطی را بررسی خواهیم نمود و از روش رایج نیوتن رافسون که در حل روابط غیر خطی بسیار کاربرد دارد بهره خواهیم برد. البته این بدان معنی نیست که روش نیوتن رافسون بهترین روش حل روابط غیر خطی است، بنابراین مقایسه ای را نیز در همان فصل خواهیم داشت تا سرعت رسیدن به

¹ 

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جواب و دقت دو روش پر کاربرد نیوتن رافسون و الگوریتم ژنتیک را مورد بررسی قرار دهیم که البته در آن فصل به تفصیل در این رابطه بحث خواهیم نمود.

همانطور که اشاره شد متاسفانه هنوز فکر اساسی از طرف سازندگان ترانسفورماتور در این باره نشده که امکان نصب سنسورهای ویژه را در داخل مخزن ترانسفورماتور داشته باشیم. در این پایان نامه سنسورهای آکوستیک فبرنوری را معرفی خواهیم کرد. این سنسورها دارای دو مزیت آشکار سازی سیگنالهای آکوستیک در داخل مخزن ترانسفورماتور و همچنین قابلیت مکان یابی منشا تخلیه جزئی را دارد.

یک سنسور آکوستیک فیبر نوری بر مبنای اندازه گیری سیگنال با تداخل سنجی نوع بیرونی^۱ استوار است. سنسور فوق از سیلیکون ساخته شده است و می تواند هم ناملايمات شیمیایی و هم تنش های الکتریکی داخل ترانسفورماتور را تحمل کند. از ویژگی های دیگر این سنسور قابلیت تنظیم و تغییر تابع کاری قطعه می باشد که به سنسور این امکان را می دهد در حین کار کرد آنلاین ترانسفورماتور داده های مربوطه را ثبت کند و بصورت مداوم برای سنجش وضعیت اطلاع دهی نماید. در این صورت نیازی به خارج کردن ترانسفورماتور از حالت آنلاین به جهت یافتن مکان تخلیه جزئی نیست.

سیستم مکان یابی تخلیه جزئی با استفاده از سنسور آکوستیک فیبر نوری نوع بیرونی همچنین این قابلیت را دارد که از طریق کارگزاری چند سنسور، اختلاف زمانی دریافت سیگنال را اندازه گیری نماید و مکان تخلیه جزئی را در موقعیت سه بعدی با دقت بالای 10^{cm} فراهم سازد.

توسعه این روش بسیار حائز اهمیت می باشد چرا که روش های کنونی آشکار سازی تخلیه جزئی توسط روش های شیمیایی و الکتریکی نا کافی بوده و باید برای تهیه نتایج واقعی در یک بازه زمانی منطقی، از روش آشکار

1



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سازی و مکان یابی آکوستیکی استفاده نمود. با روش های رایج شیمیایی و الکتریکی که در ادامه به تشریح آنها خواهیم پرداخت، نمی توان مکان یابی تخلیه جزئی را انجام داد و فقط در این دو روش، در نهایت می توان آشکار سازی تخلیه جزئی را بدست آورد. همین مسئله مزیت غیر قابل جایگزین استفاده از روش آشکار سازی و مکان یابی آکوستیکی را نشان می دهد.

منابعی که در این پایان نامه از آنها استفاده شده ([۲] و [۵])، دارای روش آشکار سازی بسیار پر حجم و مبتنی بر الگوریتم های محاسباتی پیچیده ای می باشند. این الگوریتم ها حتی برای پیدا کردن تنها یک منبع تخلیه جزئی ساعت ها وقت صرف می نمایند و همانطور که اشاره شد روش آشکار سازی و مکان یابی در این رساله مبتنی بر روش الگوریتم تکرار نیوتن رافسون می باشد که بسیار سریعتر، وضعیت آنلاین ترانسفورماتور را نمایش می دهد. این روش هم دقت اندازه گیری بسیار بالایی دارد و هم اینکه تقریباً سرعت محاسبات به اندازه ای است که وقوع تخلیه جزئی را بصورت آنلاین از ترانسفورماتور سنجش وضعیت می نماید. لازم بذکر است که تمامی آزمایشات عملی تصویر شده در این پایان نامه مربوط به مرجع [۷] می باشد.

1-2) ویژگی های پایان نامه

پروژه تحقیقات این رساله در مورد آشکار سازی تخلیه جزئی و مکان یابی آن در سه ویژگی زیر خلاصه می شود:

۱) در برگیری شرح کامل جزئیات پاسخ فرکانسی سنسورهای آکوستیک فیر نوری، که این توصیف همچنین شامل الگوریتمی از پردازش نتایج پاسخ فرکانسی برای حصول به یک منحنی معنی دار به جهت رسیدن به پاسخ های این سنسور ویژه می باشد. بعلاوه شرح کاملی از ارزیابی و امکان سنجی آن در کاربردهای مختلف سیستم های قدرت ارائه خواهد شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۲) بیان جزئیات الگوریتم مکان یاب منشا تخلیه جزئی که توسط یک سیگنال آکوستیک می توان بدان رسید.

(۳) آنالیز و بررسی منشا خطاهایی که در مکان یابی تخلیه جزئی تاثیر گذار هستند. منشا این خطاها شامل زمان عملکرد و اجرای عملیات روی داده های بدست آمده و همچنین اختلاف زمانی نا مطلوب ناشی از رسیدن سیگنال آکوستیک به هر سنسور با توجه به متفاوت بودن نوع مسیر پیش روی هر سنسور می باشد. بعلاوه نسبت نویر به سیگنال^۱ دریافت شده در هر سنسور نیز از عوامل موثر افزایش خطا در اندازه گیری می باشد که با بررسی های مبتنی بر شبیه سازی داده های آزمایشی سعی خواهیم نمود که مقدار آن را تا حد ممکن کاهش دهیم.



1-3 (سازماندهی پایان نامه

این پایان نامه در شش فصل زیر سازمان دهی شده است:

- 1) معرفی پروژه و همچنین انگیزه ایی که باعث شد نگارنده در مورد تخلیه جزئی تحقیق و بررسی نماید.
- 2) بررسی ابعاد مختلف تخلیه جزئی که شامل استاندارد های مهم تخلیه جزئی ، بررسی رفتار تخلیه جزئی در حین عملکرد و همچنین بررسی اثر رطوبت در تخلیه جزئی می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(3) تحقیق و بررسی در تمام زمینه های تخلیه جزئی که شامل آشکار سازی فیزیکی و روش های معمول در

زمینه های کشف و موقعیت یابی تخلیه جزئی در منابع موجود می باشد. همچنین عنوان مزیت ها و مسائل مربوط

به روش های مختلف آشکار سازی تخلیه جزئی، به همراه استدلالهای مولف در مورد استفاده از روش

آکوستیکی نیز در این فصل آورده شده است.

(4) بررسی تئوری و آزمایش داده های مربوط به سنسورهای آکوستیک فیبر نوری نوع بیرونی. همچنین تشریح

جزئیات تابع کاری سنسور و ملاحظات طراحی آن برای آشکار سازی تخلیه جزئی نیز کاملاً پوشش داده شده

است.

(5) بررسی نظریه و آزمایش داده های مربوط به انتخاب سیستم مکان یاب.

(6) استدلال ها و نتیجه گیری های مربوط به آخر پایان نامه و همچنین ارائه پیشنهاد برای استفاده گسترده از

مدل سنسور فیبر نوری نوع بیرونی برای تجهیزات قدرت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

بررسی ابعاد مختلف تخلیه جزئی

1-2) تخلیه جزئی و ایزلاسیون

همانطور که می دانیم مهندسین فشار قوی نسبت به آزمایش نشت عایقی و ایزولاسیون اجزای کامل دارند ولی با این حال در اغلب موارد برای بررسی تخلیه جزئی دچار سردرگمی می شوند چرا که در این مورد شناخت کمتری از رفتار تخلیه جزئی دارند. ابتدا در این فصل قصد داریم ایزولاسیون تجاری رایج را بطور خلاصه شرح داده سپس در مورد تخلیه و رفتار آن صحبت کنیم و با توجه به چگونگی رفتار تخلیه جزئی شرح مبسوطی را در مورد تخلیه جزئی ارائه نمائیم.

طرح اولیه با انتخاب مواد و ابعاد آن به همراه یک حایل عایقی برای دستیابی و درجه بندی ولتاژ ایزلاسیون تحت شرایطی که تجهیز بدون شکست عایقی آن ولتاژ را تحمل کند، اجراء می شود.

2-2) حالت های شکست عایقی

شکست عایقی در یک تجهیز می تواند به چند دلیل رخ دهد. در یک عایق الکترون اتم ها و یا مولکولها، محکم مقید شده اند. با اعمال یک میدان الکتریکی ملایم برخی از الکترونها می توانند از مسیرهای قبلی شان جدا شوند و برای مدتی با اتم ها یا مولکولهای اطراف خود برخورد داشته باشند. همچنین اگر شدت میدان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افزایش پیدا کند، برخوردهای اتفاق افتاده با شدت بیشتر افزایش پیدا کرده و باعث آزاد شدن الکترون های بیشتری در اطراف خود می شوند و در نتیجه منجر به شکست در هم گسیخته یا باصطلاح شکست ذاتی می شوند. در نوع دیگری از شکست الکتریکی، یک مسیر عبوری از سطح عایق منجر به تخریب کرابنیزاسیون^۱ شده که حتی تخلیه الکتریکی سطحی (خزش) را نیز می تواند در پی داشته باشد.

در نوع پیچیده تری از خرابی عایقی، شکست فرسایشی _ تدریجی^۲ اتفاق می افتد که در آزمایشگاه فشار قوی با اعمال ولتاژ متناوب با فرکانس خط، این آزمایش انجام می پذیرد و نتایج حاصله نبایستی از یک محدوده مشخص تجاوز کند. یک عایق خوب در این آزمایش متناسب با ولتاژ اعمالی هم مولفه مقاومت نشستی و هم مولفه خازن نشستی را دارد. خرابی نشستی هنگامی رخ می دهد که در این عایق مقدار مقاومت مربوطه تنزل یابد. همچنین خاصیت خازنی بیش از اندازه عایق نیز می تواند باعث خرابی گردد اگر چه در مکانیزم فیزیکی احتمال وقوع چنین حالتی بعید به نظر می رسد.

با توجه به آنچه گفته شد می توان چنین عنوان کرد که در شکست های فرسایشی، تخلیه جزئی عامل اصلی این پدیده می باشد و در دراز مدت بر روی عایق تاثیر می گذارد. وجود تخلیه جزئی در داخل عایق باعث ایجاد گاز، حفره و یا حتی حباب می شود که در افزایش روند شکست فرسایشی تاثیر گذار می باشد.

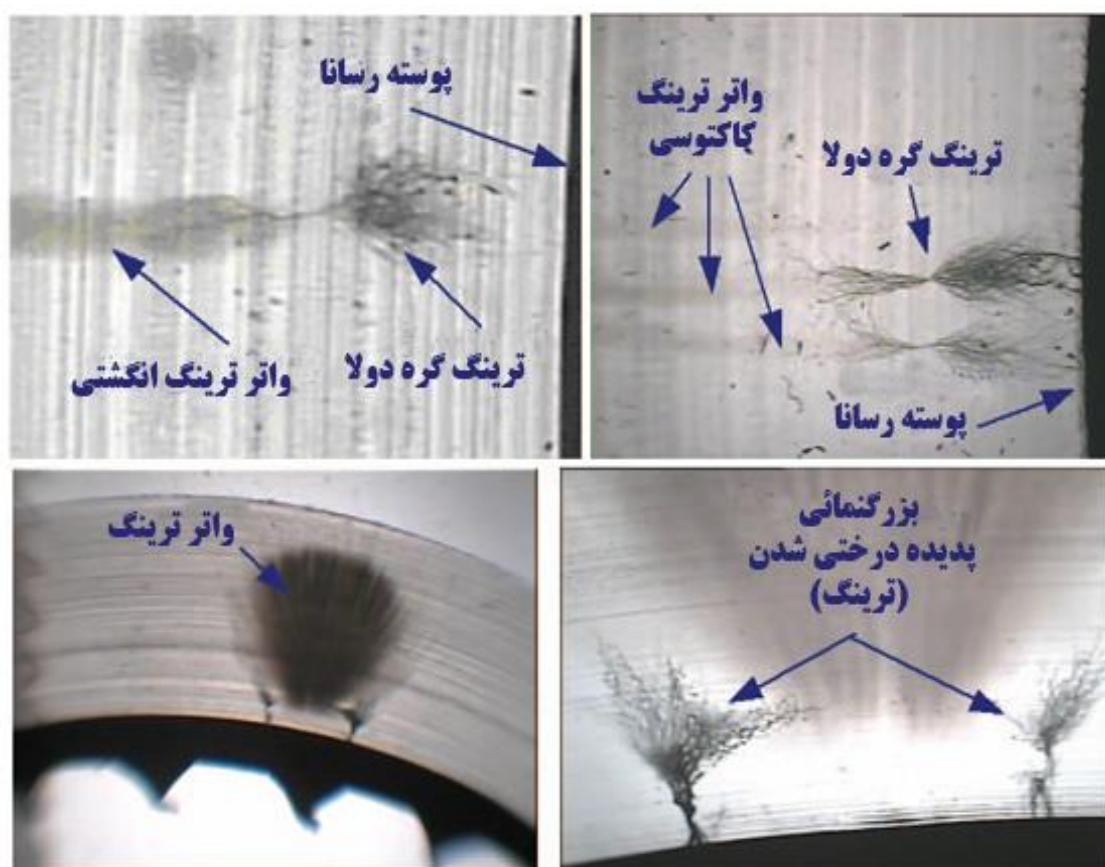
هنگامی که ولتاژ بزرگی بر عایق یک تجهیز اعمال می شود، آن تجهیز شروع به تولید تخلیه جزئی می کند که اثر شروع آن در یک سطح ولتاژ مشخص قابل مشاهده می باشد. به محض اینکه فرآیند تخلیه جزئی آغاز می شود سطح ولتاژ باید تا مقدار کمتر از ولتاژ بحرانی شروع تخلیه، کاهش یابد که به این دو ولتاژ، ولتاژ روشن شدن و ولتاژ خاموشی تخلیه می گویند. این اثر در شکل (2-2) نمایش داده شده است. تخلیه جزئی در آزمایش

1 

2 

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

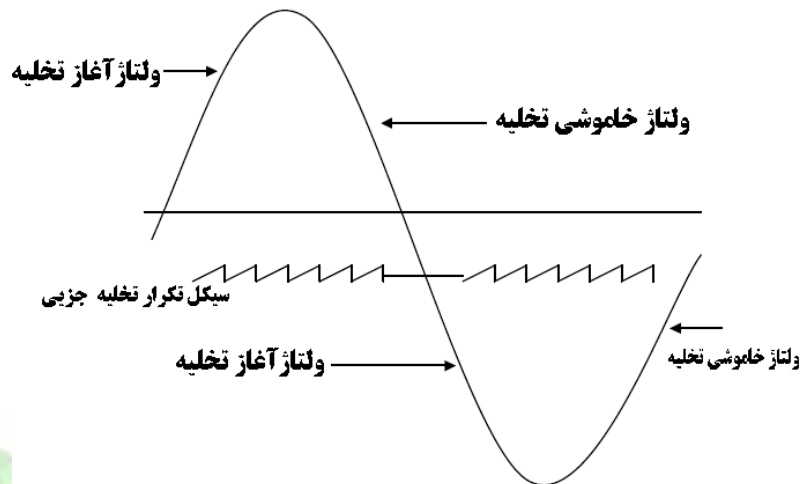
با ولتاژ متناوب دارای سیگنال هایی است که در یک دوره تناوبی آن، این پدیده می تواند چندین بار اتفاق بیافتد. در کاربردهای عملی، اگر این حالت با دامنه کافی در طول بازه زمانی مشخصی رخ دهد، به مرور زمان جرقه های داخل حباب، خاصیت عایقی تجهیز را کاهش داده و در نهایت الگویی شبیه به یک درخت را در داخل عایق به وجود می آورد و باعث از بین رفتن خاصیت عایقی تجهیز می گردد، به این پدیده درختی شدن می گویند. در شکل زیر چند نمونه از این پدیده را مشاهده می کنید.



شکل (2-1) تصاویری از پدیده درختی شدن عایق.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (2-2) ماهیت تکرار تخلیه جزئی را بخوبی نمایش می دهد، به محض شروع ولتاژ، فرکانس تخلیه جزئی افزایش پیدا می کند و وقتی که به نقطه پیک خود می رسد فرکانس تخلیه جزئی به بیشترین مقدار خود رسیده^۱ و هنگامی که ولتاژ خط به مقدار صفر خود می رسد تخلیه جزئی نیز خاموش می شود.



شکل (2-2) تغییرات تخلیه جزئی به همراه ولتاژ آزمایشی از نوع متناوب.

2-3) استانداردهای تخلیه جزئی

سه استاندارد مهم تخلیه جزئی به شرح زیر می باشد:

I آمریکا


II آلمان

III کانادا^۲ CSA Comp


^۱ تغییرات فرکانس در نواحی پیک ولتاژ نمایش داده نشده است.

^۲ Acceptance notice

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اما اغلب آزمایشات استاندارد در جوامع اروپایی بر گرفته از استاندارد آلمانی  است.

همچنین این استاندارد به عنوان استاندارد بین المللی نیز شناخته می شود. برای تعیین خصوصیات عایق از

دید استاندارد  سه نوع آزمون معرفی شده که در ادامه به تشریح آنها می پردازیم.

□ آزمون تیپ^۱

□ آزمون تصادفی^۲

□ آزمون روتین^۳

(۱) **آزمون تیپ:** روی تعداد مشخصی از عایق که برای آژانس آزمایش کننده فرستاده شده، انجام می شود

و شامل تست های مخرب و غیر مخرب و همچنین تست محیط که برای تعیین ویژگی های از پیش تعریف شده

عایق بوده، انجام می شود. تعیین اینکه عایق، تحمل عایقی مناسب را دارد یا نه در این آزمایش مورد بررسی قرار

می گیرد.

(۲) **آزمون تصادفی:** بر روی چند نمونه تصادفی از تولید نرمال عایقی انجام می شود. این آزمون شامل تست

های مخرب و غیر مخرب نیز می باشد.

(۳) **آزمون روتین:** آزمون های غیر مخربی هستند و روی تمامی محصولات تولید شده انجام می شود. تست

روتین و همچنین دو آزمون دیگر شامل آزمایشات تخلیه جزئی نیز برای تایید یکپارچگی و بی نقصی عایق

می شوند.

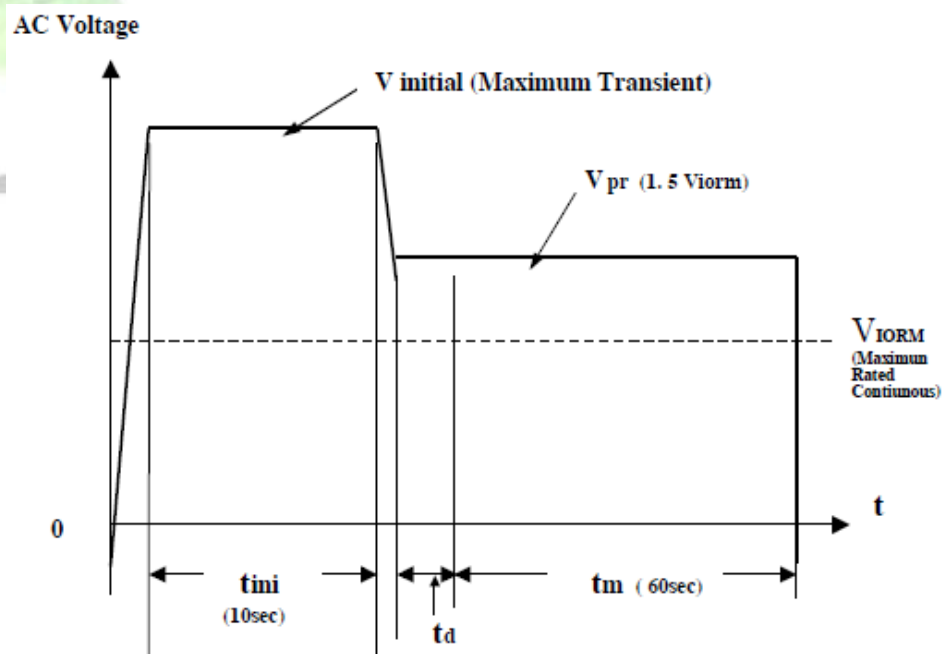
¹ Type test.

² Random test.

³ Routine test.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطور که گفته شد اندازه گیری تخلیه جزئی با استاندارد ^۱ برای ارزیابی یکپارچگی و بی عیب بودن عایق مورد استفاده قرار می گیرد. امروزه آزمایشات تخلیه جزئی جایگزین آزمایشات رایج تحمل عایقی در مقابل ولتاژ اعمالی شده است، چرا که آزمایشات تحمل عایقی در مقابل ولتاژها، پیش خسارت هایی را بر عایق وارد می سازد که جبران شدنی نیست اما در این بین آزمایشات تخلیه جزئی ابتدا، کیفیت عایق را برای عملکرد در یک سطح ولتاژ می سنجد. (در فصل چهارم به این موضوع اشاره خواهیم نمود). در شکل (2-3) سطح آغاز و یا روشن شدن ولتاژ برای شکست فرسایشی عایق در طول متوسط عایق نشان داده شده است. این شکل آزمون تیپ و تصادفی را برای تخلیه جزئی شکل (2-3) پروسه آ، آزمایش روتین برای ۱۰۰٪ تولید شکل (2-4)، پروسه ب را مطابق با استاندارد  نشان می دهد.



شکل (2-3) پروسه آ: برای آزمایشات تیپ و رندوم.

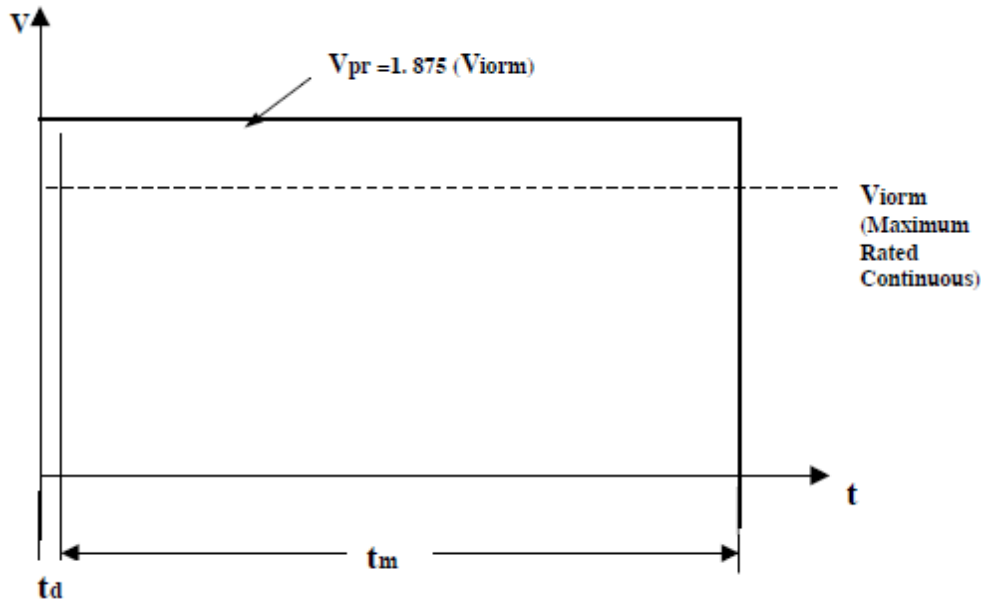
t_{ini} : زمان اندازه گیری شده برای نشستی تجهیز = ۱۰ ثانیه

^۱ 1992 ژانویه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

t_m : زمان اندازه گیری شده برای تخلیه جزئی و نشست = ۶۰ ثانیه

td : تاخیر آشکار شدن تخلیه جزئی = قابل تنظیم بین صفر تا ۹/۹ ثانیه.



شکل (2-4) پروسه ب: برای آزمون روتین (آزمون ۱۰۰٪ تولیدات)

t_m : زمان اندازه گیری شده برای تخلیه جزئی و نشست = ۱۰ ثانیه.

td : تاخیر زمانی تخلیه جزئی که می توان در ۰/۰ ثانیه نگه داشت = قابل تنظیم بین صفر تا ۹/۹ ثانیه.

$V_{initial}$: ماکزیمم ولتاژ تست برای آزمایش تخلیه جزئی. این آیتم همچنین ماکزیمم ولتاژ گذرای که در سرویس

اصلی ترانسفورماتور رخ می دهد را نیز شامل می شود. در $V_{initial}$ ، تخلیه جزئی و (نه حتما شکست عایقی) ممکن

است اتفاق بیافتد و مقدار آن برابر V_{iorm} (ولتاژ زیر گذرا) است که در استاندارد VDE فهرست وار آمده است.

V_{pr} : ولتاژ آزمون تخلیه جزئی که به یک عایق تجهیز اعمال می شود در یک بازه زمانی مشخصی (t_m) نگه

داشته می شود. برای پروسه آ، $V_{pr} = 1.5 \times V_{iorm}$ و برای پروسه ب؛ $V_{pr} = 1.875 \times V_{iorm}$ می باشد.

V_{iorm} : ولتاژ کار و در واقع ولتاژ عایق در ماکزیمم سرویس می باشد. این ولتاژ، ماکزیمم ولتاژ مجاز و پیوسته

ایی است که می توان روی یک عایق اعمال کرد و مقدار آن در VDE برای هر نوع عایق تعیین شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

pass / Fail: بدون خرابی نشتی در عایق بایستی مقدار بار عبوری کمتر از 5^{PC} در طول زمان تست تخلیه جزئی

باشد. (t_m)

جدول (2-1) ولتاژهای برگزیده استاندارد  برای آزمون عایقی 

(کلاس $V_{initial}$)

ولتاژ اصلی که شامل V_{rms} و V_{dc} است.	1 پیک	2 پیک	3 پیک	4 پیک
۵۰	۳۳۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۵۰۰
۱۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰
۱۵۰	۸۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰
۳۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰
۶۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۸۰۰۰
۱۲۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۲۰۰۰

2-4 (شاخص مسیرهای تعقیب مقایسه ای^۱ (CTI)

CTI یک نوع شاخص اندازه گیری از قالب مواد رابط نوری^۲ است که وابسته، به قابلیت عایقی می باشد.

سطح قالب در معرض تنش ولتاژ (کم) متناوب قرار می گیرد، که عبور جریان کوچکی را پدید می آورد.

هنگامی که تعداد جریان به مقدار از قبل تعیین شده برسد، متناظر با مقدار بدست آمده، از مقدار شاخص CTI

استفاده می شود.

CTI شامل خزش خارجی و ماکزیمم ولتاژ کاری مجاز برای مقادیر یکسان از طول خزش خارجی می باشد.

^۱ Comparative Tracking Index.

^۲ Optocoupler.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

1-4-2) گروه بندی مواد

از آنجایی که رفتار مواد عایقی تحت شرایط آلودگی بسیار پیچیده است، لذا ارتباط مستقیمی بین بدتر شدن مواد عایقی و شکل گیری مسیرهای هدایت در سطح عایقی وجود دارد. ارتباط CTI و درجه بندی عملکرد مواد عایقی با استفاده از مشاهده های تجربی کشف شده است و نتیجه اینکه، شاخص CTI می تواند مواد عایقی را در گروه بندی زیر ارائه کند.

□ گروه بندی یک مواد $600 < CTI$

□ گروه بندی دو مواد $400 < CTI < 600$

□ گروه بندی سه - آ مواد $175 < CTI < 400$

□ گروه بندی سه - ب مواد $100 < CTI < 175$

البته در برخی از تجهیزات، تشخیص گروه بندی مواد با استفاده از پیوستگی، درجه آلودگی، طول خزش و جدول ولتاژ کاری، انجام می شود.

5-2) بررسی اثر رطوبت در تخلیه جزئی

رطوبت به عنوان یکی از عوامل مخرب، نقش مهمی در کاهش عمر عایقی ترانسفورماتور دارد. عمر عایقی کاغذ متناسب با مقدار رطوبت آن است به طوری که اگر مقدار رطوبت کاغذ دو برابر شود، عمر آن به نصف کاهش می یابد. از طرف دیگر افزایش رطوبت در نواحی با شدت میدان الکتریکی بالا موجب کاهش آستانه شروع تخلیه جزئی و افزایش شدت آن می شود و در نهایت باعث وارد شدن خسارات جدی به ترانسفورماتور می شود. در ترانسفورماتورها معمولاً

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقداری رطوبت طی فرآیند خشک کردن باقی می ماند که به مرور زمان این مقدار در اثر رطوبت هوا و تجزیه روغن و مواد سلولزی بیشتر می شود. از آنجایی که میل ترکیبی کاغذ به جذب رطوبت خیلی بیشتر از روغن است، بیشتر رطوبت جذب کاغذ می شود. توزیع میزان رطوبت بین سیستم عایقی ثابت نبوده و بسته به شرایط کارکرد ترانسفورماتور تغییر می کند. حرکت رطوبت از کاغذ به روغن بسیار وابسته به دما است به طوری که با افزایش دما رطوبت از کاغذ به روغن وارد می شود و باعث کاهش استحکام عایقی روغن می شود. در حال حاضر روغن ترانسفورماتور به صورت دوره ای نمونه برداری می شود و معمولاً به روش آفلاین رطوبت آن اندازه گیری و در صورت لزوم تصفیه می شود. از آنجایی که نمونه برداری به صورت دوره ای است، ممکن است این امر در زمان مناسب نباشد و علاوه بر آن، اندازه گیری به روش آفلاین دقت مناسبی ندارد. امروزه با توجه به اهمیت شناسایی به موقع رطوبت، از روش های آنلاین جهت اندازه گیری آن استفاده می شود که به صورت مداوم مقدار رطوبت روغن را اندازه گیری می کند. در این سیستم در صورت افزایش رطوبت با تولید آلامر، اپراتور جهت انجام تست دوره ای از آن مطلع شود.

1-5-2) بررسی علل تولید رطوبت در ترانسفورماتور

بطور کلی می توان علل تولید رطوبت در ترانسفورماتور را مطابق زیر دسته بندی کرد:

- ۱) ورود مستقیم رطوبت از هوا؛ که منبع اصلی رطوبت در عایق ترانسفورماتور است و ممکن است طی نصب و یا تعمیر، هنگامی که عایقی در تماس مستقیم با هوا قرار دارد، رخ دهد.
- ۲) ورود رطوبت به خاطر آب بندی ضعیف

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۳) انتقال رطوبت از طریق هواگیرها^۱

(۴) ورود رطوبت در شکل مولکولی ناشی از اختلاف تجمع رطوبت در هوا و روغن موجود در تانک ترانسفورماتور.

2-5-2) رطوبت باقیمانده در ترانسفورماتور نو

رطوبت باقیمانده در اجزای ساختمانی ضخیم مانند چوب و مواد پلاستیکی آغشته به رزین نیز از منابع تولید رطوبت بیش از حد در ترانسفورماتور است زیرا رطوبت در این مواد به خاطر نیاز به زمان خشک سازی طولانی تر در مقایسه با پرسبورد، می تواند باقی بماند.

2-5-3) تجزیه کاغذ و روغن

دیگر منبع اصلی تولید رطوبت زیاد در عایق ترانسفورماتور، تجزیه کاغذ است. به خاطر فشارهای حرارتی وارد بر عایق کاغذ، زنجیره های سلولزی با وزن مولکولی بالا در کاغذ دچار واکنش شکست می شود که ترکیبات آب و فوران به عنوان محصولات جانبی این واکنش تشکیل می شوند. مقدار آب تولیدی از تجزیه کاغذ با توجه به شرایط واقعی عایق تغییر می کند. این فرآیند سبب کاهش درجه پلیمریزاسیون از ۱۵۰۰-۱۰۰۰ به ۴۰۰-۲۰۰ در پایان مدت زمان عمر سلولز می شود.

حدود ۰/۲٪-۰/۱٪ در سال^۱.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

4-5-2) تاثیرات نامطلوب رطوبت در ترانسفورماتور

رطوبت موجود در عایق کاغذ - روغن ترانسفورماتور می تواند به چند شکل عملکرد ترانسفورماتور را تحت تاثیر قرار دهد که در ادامه معرفی می شود. پیری زودرس سیستم عایقی کاغذ - روغن؛ رطوبت تولید شده در عایق ترانسفورماتور باقی می ماند که بخش عمده آن (۹۹٪) در کاغذ قرار دارد. هنگامی که مقدار آب کاغذ افزایش می یابد، نرخ پیری افزایش یافته و قدرت عایقی کاهش می یابد. نهایتاً کاغذ شکننده شده و دچار شکست می شود. اگرچه دمای بهره برداری بدون شک یک عامل مهم پیری به شمار می آید، اما تولید رطوبت و باقی ماندن آن در کاغذ های سیم پیچ به صورت یک کاتالیزور عمل می کند و نرخ پیری را افزایش می دهد. برای پیری کاغذ در اثر رطوبت، یک ضریب شتاب پیری^۱ برحسب مقدار رطوبت درون کاغذ^۲ تعریف می شود، با این فرض که مقدار رطوبت کاغذ در هنگام پیری عادی برابر با ۱/۰٪ است. به منظور بدست آوردن ضریب اصلی پیری، این ضریب در ضریب شتاب پیری ناشی از حرارت ضرب می شود. پیری زودرس کاغذ در اثر رطوبت همچنین موجب تولید اسید و لجن می شود. لجن بر روی سیم پیچ ها و استراکچرها رسوب می کند و کارآیی سیستم خنک کننده ترانسفورماتور را کاهش می دهد و به آرامی و در طول زمان موجب افزایش دمای سیم پیچ می شود. اسیدها نیز موجب افزایش نرخ فساد کاغذ شده که این امر موجب تشکیل اسید، لجن و رطوبت با نرخ سریعتر می شود.

^۱ AAF.

^۲ WCP.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

5-5-2) تشکیل آب در روغن

آب محلول در روغن ممکن است در شرایط معین بر روی مشخصات الکتریکی روغن تاثیر بگذارد. در صورتی که مقدار رطوبت روغن از یک مقدار معین^۱ فراتر رود، دیگر تمام مقدار آب نمی تواند به صورت محلول باقی بماند و آب خالص به شکل قطرات کوچک تشکیل می شود. این آب همواره باعث کاهش استقامت الکتریکی، مقاومت ویژه و افزایش ضریب تلفات دی الکتریک می شود. هنگامی که یک ترانسفورماتور در اثر بار گذاری گرم می شود، مقداری از آب موجود در کاغذ به روغن منتقل می شود. هر چند با توجه به اینکه قابلیت حل آب در روغن ترانسفورماتور با افزایش دما از ۲۰ درجه سانتی گراد به ۸۰ درجه سانتیگراد، حدود ۸۰٪ افزایش می یابد، لذا رطوبت نسبی^۲ همچنان پایین باقی می ماند و ولتاژ شکست دی الکتریک سیستم عایقی نیز در سطح بالا حفظ می شود. با افزایش دما و زیاد شدن قابلیت حل آب در روغن ابتدا درصد رطوبت نسبی کاهش یافته و سپس با انتقال رطوبت از کاغذ به روغن در اثر افزایش دما، مقدار رطوبت نسبی اندکی افزایش می یابد.

روغن های معدنی کار کرده ظرفیت اشباع بزرگتری را نسبت به روغن های نو از خود نشان می دهند. مشکلات در روغن هنگامی آغاز می شود که ترانسفورماتور سرد می شود. این امکان وجود دارد که رطوبت بیش از حد در روغن باقی بماند زیرا رطوبت بسیار کندتر به کاغذ منتقل می شود. این امر می تواند منجر به فوق اشباع شدن روغن و تشکیل آب خالص در ترانسفورماتور شود. این آب ممکن است در محلی ته نشین شود که منجر به شکست سطحی شود و یا بتواند در

معمولا مقدار معین نسبت به مقدار رطوبت اشباع، سنجیده می شود.^۱

^۲ R.H.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ته مخزن سیستم خنک کننده جمع شود. عملکرد ناگهانی پمپ های روغن می تواند این آب را به سیم پیچ ها هدایت کند و موجب از دست رفتن عایقی و شکست الکتریکی عمده یا اتصال کوتاه سیم پیچ را در پی داشته باشد [10].

2-5-6) تولید حباب در دماهای بالا

رطوبت پسماند در عایق کاغذ می تواند منجر به تولید حباب های گاز شود. این حالت یک تهدید جدی برای سلامت عایقی سیستم به شمار می آید. حباب های گاز واقع شده در نواحی با استرس بالا می توانند منجر به شکست الکتریکی عایق اصلی شوند. شکل گیری حباب در حالت های اضافه بار ترانسفورماتور به خاطر امکان ایجاد خرابی عایقی، یک نگرانی عمده به شمار می آید.

2-5-7) تشدید تخلیه جزئی

تشکیل حباب های بخار گاز به علت دارا بودن ضریب نفوذ پذیری کمتر نسبت به روغن یا کاغذ، موجب می شود که میدان الکتریکی در این حباب ها نسبت به کاغذ شدیدتر بوده و موجب ایجاد تخلیه الکتریکی در درون این حباب ها شود. مولکول های روغن انرژی آزاد شده از این تخلیه های الکتریکی را جذب کرده و به هیدروکربن ها و هیدروژن تجزیه می شوند. اگر روغن از گاز اشباع شده باشد، ممکن است حباب های هیدروژن بیشتری تولید شود که مسیرهای تخلیه بیشتری در طول عایق ایجاد می کند. بنابراین ولتاژ شکست عایق به مرور زمان کاهش می یابد. همچنین تخلیه های ایجاد شده در حفره های عایق کاغذ، ذرات کربنی رسانائی را تولید می کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

8-5-2) فشار مکانیکی سیم پیچ

سیم پیچ های یک ترانسفورماتور جهت تحمل نیروهای الکترومکانیکی باید محکم شوند. در غیر این صورت تغییر شکل خواهند داد و به بدترین شکل ممکن دچار آسیب می شوند. بدین منظور پس از خشک سازی در هنگام تولید سیم پیچ ها فشرده می شوند. متاسفانه کاغذ در اثر جذب رطوبت منبسط می شود و برعکس، هنگامی که خشک می شود منقبض می شود. مقدار رطوبت در عایق کاغذ ترانسفورماتور با افزایش عمر ترانسفورماتور افزایش می یابد و افزایش حجم به نقاط نگهدارنده فشار وارد می آورد. با این کار آنها متورم می شوند ولی سیم پیچ همچنان بر روی هسته محکم باقی می ماند. اگر کاغذ عایقی مرطوب، خشک شود، منقبض می شود و در صورتی که نگهدارنده ها خود را با این تغییرات تطبیق ندهند، سیم پیچ ممکن است شل شود. این امر بسیار مهم است و از این رو انقباض کاغذ در فرایند خشک سازی ترانسفورماتور باید مدنظر قرار گیرد [10].


دیگر مشکلات ناشی از رطوبت در ترانسفورماتور غیر از مسائل یاد شده **افزایش رطوبت در ترانسفورماتور موجب بروز مشکلات زیر می شود:** (1) عدم اطمینان از سلامت ترانسفورماتور (2) افزایش هزینه تعمیر و نگهداری به منظور کاهش مقدار رطوبت ترانسفورماتور (3) ایجاد اشکال در برنامه ریزی به منظور سرمایه گذاری های بلندمدت به دلیل خرابی های غیر منتظره (4) عدم قطعیت در بهره برداری از شبکه به دلیل عدم قابلیت اطمینان تجهیزات (5) ایجاد محدودیت در استفاده از ظرفیت اضطراری ترانسفورماتور به دلیل افزایش دمای نقطه داغ و تولید بخار که موجب عملکرد رله بوخهلتس می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

2-5-9) روش های اندازه گیری رطوبت موجود در روغن

از آنجایی که رطوبت یکی از مهمترین عوامل مخرب بر سیستم عایقی است لذا شناسایی و برطرف کردن به موقع آن از اهمیت بالایی برخوردار است. در حال حاضر در ایران جهت شناسایی رطوبت سیستم عایقی، از روغن به صورت دوره ای نمونه برداری می شود و به روش های آفلاین که مهمترین آنها تتراسیون کارل فیشر است رطوبت را اندازه گیری می کنند. علاوه بر عدم دقت این روش های آفلاین که در ادامه بررسی می شود، اصولاً ارزیابی وضعیت رطوبت ترانسفورماتور به صورت دوره ای و طبق یک برنامه ثابت تاثیر مناسب را ندارد چرا که ممکن است در زمان مناسب صورت نگیرد. به همین دلیل امروزه استفاده از روش های آنلاین جهت شناسایی به موقع رطوبت بسیار متداول شده است در این روش ها مقدار رطوبت به طور دائمی اندازه گیری می شود و در صورت افزایش رطوبت از حدود مجاز با تولید آلام، اپراتور مطلع می گردد. در ادامه به معرفی یک نمونه از روش های متداول آفلاین با عنوان تیتراسیون کارل فیشر و نیز معرفی سنسور خازنی جهت اندازه گیری آنلاین پرداخته می شود [10].

2-5-10) روش تیتراسیون کارل - فیشر

روش تست استاندارد برای اندازه گیری آب در روغن ترانسفورماتور، تست استاندارد  است که به عنوان تست واکنش کارل فیشر شناخته می شود. این تست بر مبنای واکنش هالوژن ها با آب در حضور دی اکسید گوگرد بر آب است. این روش به خاطر حساسیت بالا بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. تجهیزات تجاری موجود هستند که تیتراسیون کارل فیشر را به صورت اتوماتیک انجام می دهند. با استفاده از این تجهیزات، می توان نمونه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روغن را مستقیماً به محل واکنش تزریق کرد و مقدار رطوبت را پس از اتمام واکنش دریافت کرد. اگر چه تیتراسیون کارل فیشر به عنوان یک روش اندازه گیری قابل اطمینان به شمار می آید، اما توسط چند عامل تحت تاثیر قرار می گیرد:

- (۱) همیشه مقداری رطوبت از هوا در هنگام نمونه گیری به روغن وارد می شود.
- (۲) سلولز توسط پیوندهای شیمیایی با قدرت های متفاوت به آب متصل می شود. معلوم نیست که انرژی حرارتی اعمالی به واکنش تمامی آب را آزاد کند.
- (۳) دما و زمان گرم کردن واکنش به شدت مقدار آب آزاد شده را تغییر می دهد. طبق استاندارد این دما باید بین ۱۴۰-۱۳۰ درجه سانتی گراد باشد.

11-5-2) استفاده از سنسور خازنی

سنسورهای خازنی از دو الکتروود با یک دی الکتریک از جنس پلیمرهای حساس به رطوبت ساخته شده اند. این پلیمر که در تماس با روغن ترانسفورماتور قرار دارد، به علت نازک بودن ضخامت آن در مدت کمی با روغن به تعادل رطوبتی می رسد و لذا به میزان رطوبت نسبی روغن، در خود رطوبت ذخیره می کند تا رطوبت نسبی آن با رطوبت نسبی روغن برابر شود. نفوذ آب ظرفیت خازنی C را به خاطر ضریب نفوذ پذیری بالای آب تغییر می دهد: یک نوسان ساز RC تغییرات ظرفیت خازنی را به وسیله تغییرات فرکانس اندازه می گیرد. غیر از آب، مولکول های دیگر نیز ممکن است به پلیمر نفوذ کنند و ظرفیت خازنی را تغییر دهند که منجر به خطای اندازه گیری خواهد شد. این اثر قابل اغماض است زیرا مثلاً محصولات جانبی حاصل از پیری، نفوذ پذیری کمی در مقایسه با آب دارند. علاوه بر این کالیبره کردن سنسورهای خازنی با محلول های نمک اشباع به آسانی انجام می شود. استفاده از سنسور خازنی برای اندازه گیری اشباع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نسبی روغن نخستین بار توسط اومن صورت گرفت و هم اکنون مراکز زیادی این سنسورها را تولید می کنند. درصد رطوبت نسبی خوانده شده را می توان به مقدار رطوبت مطلق بر حسب ppm تبدیل کرد.

12-5-2) نحوه اندازه گیری رطوبت در عایق کاغذ ترانسفورماتور

روش مستقیم: در این روش، نمونه هایی از کاغذ ترانسفورماتور برداشته و رطوبت آن اندازه گیری می شود. این امر تنها زمانی امکان پذیر است که ترانسفورماتور در حال تعمیر باشد و یا اینکه خراب شده باشد و بدین جهت استفاده از این گونه تست ها محدود می شود. همچنین نمونه برداری از کاغذ ترانسفورماتور ممکن است اثرات مخربی برای ترانسفورماتور داشته باشد.

روش غیرمستقیم: در این روش، اطلاعات مورد نیاز به منظور قضاوت در مورد کاغذ، توسط اندازه گیری مشخصه هایی از سیستم که به نحوی با مقدار رطوبت موجود در عایق متناسبند، صورت می پذیرد. تعادل بین مقدار آب کاغذ و روغن به طور گسترده توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته که نتیجه آن ارائه منحنی های تعادلی است که مقدار آب کاغذ را برحسب مقدار آب روغن برای دماهای مختلف نشان می دهند. بنابراین می توان با داشتن یکی از این مقادیر، دیگری را تعیین کرد. ایجاد تعادل بین رطوبت کاغذ و روغن نیاز به زمان زیادی دارد. این زمان بین چند ساعت تا چند روز، با توجه به دما متفاوت است. علاوه بر آن، زمان رسیدن به تعادل به جهت شارش آب نیز بستگی دارد^۱. همچنین در یک ترانسفورماتور به خاطر تغییرات پیوسته بار و دمای محیط، دمای ترانسفورماتور برای یک مدت طولانی ثابت نمی ماند. هنگامی

^۱ فرآیند دفع آب از کاغذ به روغن سریعتر از جذب مجدد آب توسط کاغذ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که ترانسفورماتور در حال تعادل است، منحنی های تعادلی یک راه سریع برای ارزیابی مقدار رطوبت کاغذ توسط اندازه گیری رطوبت روغن، به منظور پیش بینی خرابی های آینده است. در طول سال ها دانشمندان چندین دسته از این منحنی ها را ارائه داده اند که مهمترین آنها عبارتند از:

(1) منحنی های فیبر (2) پیچون (3) منحنی های او من (4) منحنی های گریفین [10].

13-5-2) مزایای استفاده از روش های آنلاین تعیین مقدار رطوبت

از آنجایی که تاثیرات منفی ناشی از وجود آب در ترانسفورماتور، ناشی از آن دسته ملکول هایی است که امکان برقراری واکنش با مواد موجود در ترانسفورماتور را دارند. در نتیجه ملکول هایی از آب که دارای پیوندهای قوی با دیگر مواد هستند، مانند پیوند هیدروژنی ملکول های آب با گروه های OH زنجیره های سلولزی، دارای اثر مخرب بر عایق ترانسفورماتور نیستند. متأسفانه اندازه گیری رطوبت بر مبنای وزن، با استفاده از روش تیراسیون کارل فیشر، آبهایی که دارای پیوند هستند و آب غیر فعال به شمار می آیند را نیز اندازه گیری می کند. همان طور که ذکر شد، تیراسیون کارل فیشر که مهمترین روش اندازه گیری آفلاین است، دارای خطاهای دیگری نیز هست، از جمله اینکه علیرغم اندازه گیری دمای نمونه روغن، با اندازه گیری رطوبت آن نمی توان معیاری از وضعیت رطوبت عایقی ترانسفورماتور بدست آورد زیرا این نمونه گیری مربوط به یک لحظه خاص از طول دوره بهره برداری ترانسفورماتور است که ممکن است با توجه به شرایط ترانسفورماتور در آن لحظه از نظر بارگیری و شرایط محیطی، دارای مقدار رطوبت زیاد و یا کم باشد. همچنین با توجه به تغییرات بار ترانسفورماتور و تغییرات دمای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

محیط، در لحظه نمونه گیری تعادل رطوبتی بین کاغذ و روغن ایجاد نشده است و این امر استفاده از منحنی های تعادلی، به منظور تخمین رطوبت کاغذ را دچار خطاهای زیاد می کند.

با توجه به این توضیحات واضح است که اندازه گیری آنلاین رطوبت ترانسفورماتور ارزش چندانی در ارزیابی دقیق رطوبت ترانسفورماتور ندارد. در مقابل اندازه گیری های آنلاین دقت عملکرد بسیار بهتری دارند و اطلاعات بسیار بیشتری در مورد وضعیت رطوبت ترانسفورماتور فراهم می آورند. از آنجایی که در اندازه گیری آنلاین رطوبت روغن ترانسفورماتور به طور دائم در حال اندازه گیری است، لذا در طول اندازه گیری تمامی شرایط رطوبتی ترانسفورماتور سنجش وضعیت می شود. با توجه به اینکه رطوبت بین کاغذ و روغن در هنگام بهره برداری به تعادل نمی رسد، لذا نمی توان با اندازه گیری رطوبت روغن، رطوبت کاغذ را تعیین کرد. بنابراین بهترین راه ارزیابی رطوبت ترانسفورماتور، ارزیابی رطوبت روغن آن است که همواره در تماس مستقیم با کاغذ قرار دارد.

با اندازه گیری آنلاین رطوبت، می توان بهترین و بدترین شرایط رطوبتی روغن را سنجش وضعیت کرد که معمولا این شرایط در طول دوره یک شبانه روز تکرار می شوند، چرا که بار روزانه ترانسفورماتور قدرت، سیر تقریبا مشابهی طی می کند و از این رو تغییرات دمایی ترانسفورماتور نسبت به چند روز قبل تفاوت آشکاری نخواهد داشت. با در نظر گرفتن این نکته که حالت های پر رطوبت و کم رطوبت روغن ترانسفورماتور تنها برای مدت کوتاهی برقرار هستند با میانگین گیری از رطوبت اندازه گیری شده در دوره های زمانی معین (مانند شبانه روز) می توان بر آورد خوبی از رطوبت روغن ترانسفورماتور بدست آورد. علاوه بر مزایای ذکر شده از آنجایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که در روش های آنالاین میزان رطوبت بر مبنای درصد اشباع و نه بر مبنای وزن اندازه گیری می شود لذا دقت مناسب تری نسبت به روش های آفلاین دارد و تنها مقدار آب مخرب تعیین می شود.

اندازه گیری رطوبت نسبی روغن دارای مزایای دیگری مطابق زیر است:

- 1) امکان اندازه گیری دقیق و مداوم با استفاده از سنسورهای خازنی
 - 2) سهولت اجرا در سیستم های سنجش وضعیت
 - 3) عدم تاثیرگذاری پیری روغن یا کاغذ بر اعتبار روش اندازه گیری
 - 4) عدم نیاز به تبدیل از طریق منحنی های تعادلی
 - 5) رابطه مستقیم با میزان اثرات مخرب آب
- اندازه گیری مستقیم اشباع نسبی رطوبت ضرورت توجه به نوع و شرایط روغن را از بین می برد. در شرایط تعادل، اشباع نسبی هر دو جز سیستم عایقی (روغن و کاغذ) با هم برابر است. سنسورهای تجاری سنجش وضعیت آنالاین رطوبت، معمولا اشباع نسبی رطوبت در روغن را به همراه دمای روغن در محل سنسور رطوبت اندازه گیری می کنند. با استفاده از این دو اندازه گیری^۱ می توان اشباع نسبی را به مقدار آب مطلق در روغن بر حسب pmm تبدیل کرد. با توجه به اینکه در حالت تعادل، رطوبت نسبی روغن با رطوبت نسبی کاغذ در تماس با روغن، برابر است، منحنی تعادل رطوبت بین روغن و کاغذ می تواند برای تعیین مقدار آب موجود در کاغذ بکار رود. چگونگی استفاده از سنسورهای رطوبت نصب سنسور اندازه گیری رطوبت به راحتی در یکی از

^۱ با دانستن منحنی اشباع روغن برای نوع روغن مربوطه و همچنین داشتن سن روغن.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شیرهای ترانسفورماتور انجام می شود. از آنجایی که بیشترین مقدار رطوبت در پایین ترانسفورماتور وجود دارد.

بنابراین مناسب است که این سنسور روی شیر پایینی نصب شود. برای نصب و یا تعمیر این تجهیز نیازی به بی برقی ترانسفورماتور نیست و خللی در عملکرد ترانسفورماتور ایجاد نمی کند این سنسور را می توان به تنهایی و یا جزئی از یک سیستم سنجش وضعیت آنلاین اجرا کرد.

14-5-2) نتیجه گیری

با توجه به نقش مخرب رطوبت در ترانسفورماتور که مهمترین آنها کاهش عمر عایقی است شناسایی به موقع و برطرف کردن آن از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجایی که تشخیص رطوبت بر پایه نمونه برداری دوره ای غیر کاربردی و هزینه بر است با قرار دادن دستگاه های اندازه گیری آنلاین که به طور پیوسته میزان رطوبت را اندازه گیری می کند می توان از وارد شدن خسارات جدید به سیستم عایقی و تحویل هزینه های جانبی تعمیرات و نگهداری جلوگیری بعمل آورد. این دستگاه هم به صورت جداگانه و هم به صورت جزئی از یک سیستم سنجش وضعیت آنلاین قابل پیاده سازی است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

روش های آشکار سازی تخلیه جزئی

مقدمه

آشکار سازی تخلیه جزئی یک ابزار بسیار مناسب برای نمایش وضعیت عایقی ادوات در فشار قوی سیستم های قدرت محسوب می شود. با گذشت زمان و به دلیل وجود تنش های مکانیکی، حرارتی و الکتریکی ممکن است شکست عایقی در یک تجهیز فشار قوی صورت پذیرد و باعث خرابی جبران ناپذیر در آن گردد. لذا بسیار مهم است که سیستم های قدرت و ادوات فشار قوی این قابلیت را داشته باشند که در حین عملکرد عادی شان وضعیت عایقی و نقاطی که استعداد بروز تخلیه جزئی وجود دارد را سنجش وضعیت نمایند، تا در صورت نیاز قبل از آنکه تخلیه جزئی باعث خرابی دستگاه گردد، تجهیز تعمیر شود. بنابراین در طراحی چنین سیستمی، آشکار سازی این تخلیه جزئی در ترانسفورماتور های قدرت حائز اهمیت است و اینکه بدانیم چرا تخلیه جزئی در ترانسفورماتور رخ می دهد و چه روشهایی برای آشکار سازی و مکان یابی موقعیت تخلیه جزئی در حال حاضر موجود می باشد.

3--1) تخلیه جزئی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تخلیه جزئی در یک ترانسفورماتور فشار قوی با دلیل تغییر شدت میدان الکتریکی در یک نقطه خاص باعث تولید و عبور جریان ناخواسته در آن قسمت می گردد که این امر به مرور زمان باعث خرابی عایقی و در نتیجه شکست عایقی می گردد. این نقطه خاص که در آن تخلیه جزئی رخ داده است جریانهایی الکتریکی را به صورت پالسهای الکتریکی که قابل اندازه گیری در خروجی ترانسفورماتور می باشد، آشکار می نماید.

دلایلی که باعث بروز تخلیه جزئی می شوند را به صورت عمده می توان در سه گروه زیر طبقه بندی نمود:

(۱) مولفه های شناور

(۲) کروناها

(۳) حبابها (فضای خالی هوا در عایق و مخصوصا روغن معدنی ترانسفورماتور)

اطلاعات جامع و مهمی در رابطه با مکانیزم مولفه های شناور و همچنین کرونا برای ترانسفورماتورهای فشار قوی را در مرجع [10] می توان بدست آورد. اما آشکار سازی تخلیه جزئی توسط این دو گروه برای عایق ترانسفورماتور اطلاعات مفیدی را ارائه نمی دهد چرا که ظهور این پدیده مستقیما با شرایط عایقی ترانسفورماتور در ارتباط نیست. شکست عایقی در شکاف های کوچک^۱ اتفاق می افتد، بنابراین فقط گروه سوم یعنی فضاهای خالی مورد ملاحظه قرار می گیرد.

حبابها به صورت گازهایی که عایق کوچکتری را نسبت به عایق دارند معرفی می شوند. همانند حباب گازهای روغن معدنی ترانسفورماتور و یا ترکهایی که در شکاف های کاغذ عایقی، هنگامی که در جداره ترانسفورماتور خوبانده می شوند بوجود می آید. همانطور که گفته شد نقاطی از عایق که حبابهای گاز در آنجا بوجود می آیند، دی الکتریک کوچکتری نسبت به عایق دارند و همین امر باعث بروز خاصیت خازنی در آن مناطق می

^۱ یعنی همان حباب ها و یا فضاهای خالی موجود در عایق.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گردد. تخلیه جزئی می تواند در حبابها هنگامی که شدت میدان الکتریکی از یک مقدار مجاز فراتر می رود، رخ دهد [10].

در اثر شکست الکتریکی، تخلیه جزئی می تواند به صورت پالس های الکتریکی و آکوستیکی و گاهی اوقات به صورت سیگنال های نوری قابل مشاهده باشد. البته باید خاطر نشان کرد که هنوز ماهیت سیگنال های منتهجه و مکانیزم های دقیق روند یک تخلیه جزئی کاملا درک نشده است، هر چند که رهنمودهای بی قاعده ای را طراحان و سازندگان در انواع مختلف برای آشکار سازی سیستم آن ارائه نموده اند [12].

3-2 روش های آشکار سازی

در اکثر مواقع شکست الکتریکی در ادوات فشار قوی بخاطر تنش های حرارتی، مکانیکی و یا الکتریکی صورت می پذیرد و چون تخلیه جزئی هم علامتی برای شکست عایقی است و هم علامتی برای آسیب دیدن بیشتر عایق، لذا آشکار سازی تخلیه جزئی وضعیت عایقی و مسائل مربوط به تشخیص آن را در عایقهای ادوات فشار قوی بر عهده دارد [13].

از حدود ۴۰ سال پیش، روش های مختلفی برای آشکار سازی تخلیه جزئی در ادوات فشار قوی گسترش یافته است. می توان این روشها در چهار گروه براساس مبنای آشکار سازی تخلیه جزئی براساس روش اندازه گیری: (1) شیمیایی، (2) الکتریکی، (3) آکوستیکی، (4) آشکار سازی نوری، طبقه بندی کرد. آشکار سازی نوری استفاده گسترده ای در ترانسفورماتورها ندارد، چرا که استفاده ضمنی آن بخاطر ماهیت غیر شفاف روغن معدنی ترانسفورماتور دشوار است. سه روش باقی مانده در این فصل توضیح داده خواهند شد.

3-2-1 آشکار سازی شیمیایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تخلیه جزئی به روش شیمیایی نیز می تواند آشکار سازی شود چرا که هنگام عبور جریان از حباب در حین تخلیه جزئی، روغن اطراف حباب به مولفه های شیمیایی مختلفی تجزیه می شود، دو روش ابتدایی و عمده که امروزه برخی از شبکه های قدرت برای آنالیز گازهای داخل ترانسفورماتور انجام می دهند، روش آزمون گازهای حل شده^۱ و در عملکرد بالا روش کارماتوگرافی^۲ نام دارد، آزمون آنالیز گازهای حل شده، سطوح گازها را که در روغن ترانسفورماتور بر اثر تجزیه تولید شده، تشخیص می دهد و مقدار آن را می سنجد. معمولاً گازهای تجزیه شده شامل: استیلن، متان، هیدروژن، دی اکسید کربن و اتیلن می باشد [12].

آزمون آنالیز گازهای حل شده می تواند وجود تخلیه جزئی را در ترانسفورماتور تشخیص دهد، همچنین با گسترش و تکمیل این روش اطلاعات تشخیصی اضافه ای نیز هم اکنون از درون این آزمون می توان استخراج نمود که با توجه به جداول آماری بسیار توسعه یافته برای روش و سطح گازهای تولید شده، شدت تخلیه جزئی را نیز تا حدی می توان حدس زد. اگر چه این روش هنوز خیلی کاربرد دارد اما جای این سوال باقی است که به راستی تا چه حدی مشکل تخلیه جزئی را با این روش می توانیم حل کنیم؟ هنوز هم برخی کارشناسان در مورد غلظت مقدار این گازها برای تشخیص نوع و مقدار خطا بحث می کنند [14].

آزمون دوم تست مایع رنگ نگاری با عملکرد بالا بوده که بر مبنای اندازه گیری شکست عایقی روی جداره ترانسفورماتور صورت می پذیرد. چون سطح جداره ترانسفورماتورها توسط کاغذهای مخصوصی عایق شده است، شکست عایقی گلوکز و یا مولفه های تجزیه شده آن را در پی خواهد داشت این آزمون روی مقداری از روغن ترانسفورماتور که از داخل ترانسفورماتور نمونه برداری شده در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار می گیرد. اگر چه مشکلاتی نیز در این روش مثل روش قبلی وجود دارد، مثلاً سطح گلوکز در داخل روغن بسیار کم است چرا که گلوکز خیلی در داخل روغن معدنی ترانسفورماتور حل نمی شود. لذا این تست نیز مشابه آزمون DGA

¹ Dissolved Gas Analysis (DGA).

² High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

صرفاً برای آنالیز گازهای حل شده در روغن ترانسفورماتور بوده و روش استاندارد برای آشکار سازی تخلیه جزئی محسوب نمی شود، چرا که غلظت گلوکز اندازه گیری شده در داخل روغن معدنی ترانسفورماتور وابسته به میزان وقوع خطاها در ترانسفورماتور فشار قوی بوده که بخاطر ماهیت حلال ناپذیری گلوکز باعث ایجاد خطا در اندازه گیری می شود [12].

آشکار سازی تخلیه جزئی توسط روش شیمیایی محدودیتهای بسیاری برای آشکار سازی تخلیه جزئی دارد نخست، این روش به هیچ عنوان اطلاعاتی را در مورد مکان تخلیه جزئی ارائه نمی کند. مشکل دوم این است که، روش های شیمیایی آشکار سازی در ارائه اطلاعات درباره وسعت و میزان تخلیه جزئی ناتوان هستند. با این حال تحقیقات زیادی در رابطه با اضافه نمودن برچسب های شیمیایی به عایق ترانسفورماتور صورت پذیرفته که در هنگام تخلیه جزئی این مولفه ها خود را در روغن ترانسفورماتور رها می کنند و باعث شناسایی راحتتر و بهتر تخلیه جزئی توسط این روش می شود. اگر این برچسب ها تولید شوند و در عایق ترانسفورماتورهای جدید به کار گرفته شوند، روش مایع رنگ نگاری با عملکرد بالا^۱ اطلاعات دقیقتری را در مورد خطای تخلیه جزئی تخلیه جزئی در اختیار مان قرار خواهد داد.

مشکل سوم روش شیمیایی این است که در زمان آنالیز ترانسفورماتور این کار شدنی نیست. در اکثر مواقع باید ترانسفورماتور از حالت آنالیز خود خارج شود تا این آزمون عملی گردد و نمونه روغن برداشته شود. در روش رنگ نگاری با عملکرد بالا، باید روغن نمونه برداری شده به خارج از ترانسفورماتور فشار قوی انتقال داده شود و آنالیزهای لازم بر روی روغن صورت پذیرد که زمان زیادی را نسبت به روش های آشکار سازی تخلیه جزئی نیاز دارد.

^۱ HPLC.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در نتیجه این مشکلات مزایای آشکار سازی تخلیه جزئی توسط روش شیمیایی را محدود می کند و باعث جلوگیری از آن به عنوان یک روش مناسب برای آشکار سازی تخلیه جزئی شده است.

۲-۲-۳) آشکار سازی الکتریکی

آشکار سازی تخلیه جزئی توسط این روش بر روی بدست آوردن پالس های الکتریکی ناشی از عبور جریان در حباب ها تمرکز می کند. این پالسها که چند نانو ثانیه بیشتر طول نمی کشد قابل اندازه گیری با مولفه های فرکانسی، بزرگتر 1MHz می باشد [10]. شکل پالسها به مکان فاز در سیکل متناوب خود ترانسفورماتور نیز بستگی دارد. در این نوع آشکار سازی بزرگی سیگنال پالس، اطلاعاتی را در مورد نوع خطای تخلیه جزئی و شدت آسیب عایقی در اختیارمان قرار می دهد.

روش آشکار سازی الکتریکی در دو گروه دسته بندی می شود:

(۱) کاوش مستقیم^۱

(۲) آزمون گسیل RF^۲

روش کاوش مستقیم به کویل کننده های فازی نیاز دارد که به خروجی فاز های ترانسفورماتور وصل می شود. روش دوم یعنی آزمون گسیل RF با قرار دادن یک آنتن در ناحیه ای که ترانسفورماتور قرار دارد، صورت می پذیرد. هر دو روش به یک وسیله ای که محدوده زمانی را ثبت کند^۳، برای بدست آوردن سیگنال های تخلیه جزئی نیاز دارند. بنابراین در این روش، تخلیه جزئی با استفاده از روش های پردازش دیجیتال سیگنال تشخیص

1 

2 

3 مثل اسیلوسکوپ های ذخیره کننده دیتا.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

داده می شود. روش های پردازش سیگنال می توانند آشکار سازی الکتریکی تخلیه جزئی تخلیه جزئی را به صورت آنلاین فراهم سازند چرا که توانایی سنجش وضعیت زمانی سیستم فشار قوی را دارا می باشد.

همانند روش آشکار سازی شیمیایی روش آشکار سازی الکتریکی نیز محدودیتهایی دارد. اولین محدودیت آزمون الکتریکی، در معرض خطر بودن آشکار سازی توسط نویز می باشد. محیط پیرامون ترانسفورماتور فشار قوی شامل سطوحی از نویزهای الکتریکی است و پهنای باند کوچک تخلیه جزئی و نویز باعث تداخل و ارائه اطلاعات درست می شود. در بعضی شرایط تمایز بین تخلیه جزئی و نویز بخاطر کوچک بودن عرض پالس تخلیه جزئی بسیار سخت است. برای حل این مشکل ترانسفورماتور می تواند از حالت آنلاین خارج شده و به یک منبع آزمون برای حذف برخی از نویزها متصل گردد. اما خارج کردن ترانسفورماتور از خط می تواند صدها هزار دلار در آمد در هر روز را برای شبکه های برق و کارخانجات از بین ببرد [13].

مشکل دیگر آشکار سازی الکتریکی این است که دریافت مشخصه های پالسی وابستگی زیادی به شکل هندسی ترانسفورماتور قدرت دارد. اجزای متفاوت ترانسفورماتور می تواند باعث کج شدن شکل پالس مورد نیاز برای مشخص سازی نوع خطای تخلیه جزئی گردد، همچنین این مشکل می تواند باعث آشکار سازی نادرست گردد. اگرچه آشکار سازی الکتریکی مشکلات فراوانی دارد اما این مدل آشکار سازی نیز کاربرد گسترده ای در سیستم های قدرت سراسر دنیا به جهت ارائه اطلاعات با ارزش برای مدیران تجهیزات دارد [12].

3-2-3 (آشکار سازی آکوستیکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آشکار سازی آکوستیکی همانند آشکار سازی الکتریکی بر روی اکتساب داده ها و ثبت سیگنالهای تولید شده از تخلیه جزئی تمرکز دارد. با این حال بجای بدست آوردن سیگنالهای الکتریکی، آشکار سازی آکوستیکی در طول مدتی که تخلیه جزئی اتفاق می افتد سعی در درک نمودن سیگنال های آکوستیک و ثبت آنها دارد. این سیگنال ها به دلیل عبور جریانها بسیار کوتاه مدت از داخل حباب به وجود می آیند، عبور جریان باعث ایجاد حرارت به صورت نوارهای باریکی می شود که باعث بخار شدن مواد پیرامون حباب می گردد. این بخارها همچنین باعث ایجاد یک نوع انفجار انرژی جنبشی می شوند که به صورت انتشار سیگنال های آکوستیک در طول مخزن ترانسفورماتور نمایان می گردد. این پدیده مشابه شنیده شدن غرش رعد و برق پس از مشاهده کردن نور آن در آسمان می باشد.

آشکار سازی آکوستیکی خارجی کاربرد گسترده ای در ترانسفورماتورهای قدرت^۱ دارد. سیستم هایی که از این روش استفاده می کنند در دو گروه طبقه بندی می شوند:

۱) سیستم های آشکار سازی خارجی

۲) سیستم های آشکار سازی داخلی

سیستم های خارجی آشکار سازی خارجی تخلیه جزئی که کاربرد گسترده تری نسبت به سیستم های آشکار سازی داخلی دارد از سنسورهایی در خارج از مخزن ترانسفورماتور به جهت آشکار نمودن سیگنال های آکوستیکی، بهره می جویند. از طرفی دیگر سیستم های داخلی از سنسورهایی که در داخل مخزن ترانسفورماتور کار گذاشته شده تا موج های آکوستیک داخل روغن معدنی را به صورت مستقیم اندازه گیری کند، استفاده می کنند. مزیت اولیه آشکار سازی آکوستیکی نسبت به روشهای الکتریکی و شیمیایی اطلاعات موقعیت و مکان

^۱ GIS. به عنوان مثال در ترانسهای پست های گازی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تخلیه جزئی است که این روش به راحتی با قرار دادن چند سنسور در اطراف ترانسفورماتور چه در داخل و چه در خارج از ترانسفورماتور، در اختیار مان قرار می دهد.

چنین اطلاعاتی از موقعیت تخلیه جزئی می تواند ما را در تشخیص نوع تخلیه جزئی به همراه شدت آسیب عایقی در محل خطا کمک کند. اطلاعات موقعیت و مکان تخلیه جزئی همچنین می تواند به تکنسین ها در تعمیر نقطه آسیب عایقی به جهت اطلاعات دقیقی که در مورد مکان تخلیه جزئی در اختیار شان قرار می دهد کمک نماید. مزیت دیگر آشکار سازی آکوستیکی نسبت به آشکار سازی الکتریکی و شیمیایی مصونیتی است که از عدم تداخل الکترومغناطیسی^۱ می توانیم داشته باشیم. مزیت مصونیت از عدم تداخل الکترومغناطیسی به ما این امکان را می دهد که آشکار سازی تخلیه جزئی را به صورت آنلاین دنبال نماییم. چرا که نسبت نویز به سیگنال^۲ بهتری نسبت به پالس های الکتریکی در محیط های با نویز بالا داریم و این امر باعث می شود که سیگنال های آکوستیک کمتر اطلاعات غلط بدهند. با این حال مصونیت از عدم تداخل الکترومغناطیسی این معنی را نمی دهد که سیگنال های آکوستیکی در سیستم دچار هیچ نویزی نمی شوند. لرزشهای مکانیکی در هسته ترانسفورماتور منبعی برای تولید نویزهای آکوستیکی است ولی خوشبختانه محتوای فرکانسی این لرزشها بقدر کافی کمتر از محتوای فرکانسی سیگنالهای آکوستیکی می باشد.

آشکار سازی آکوستیکی نیز مثل سایر روشها دارای محدودیتهایی می باشد. اولین مشکل آشکار سازی آکوستیکی ماهیت پیچیده انتشار موج آکوستیک است، از آنجایی که ترانسفورماتورهای قدرت شکل ناهمگنی دارند، لذا موج های منتشر شده بصورت کامل در یک محیط کروی سیر نمی کند^۳.

^۱ Electromagnetic interference (EMI) .

^۲ Signal to noise ratio (SNR) .

^۳ چون منبع تخلیه جزئی خیلی کوچک است آن را می توان به عنوان یک منبع نقطه ای تولید سیگنال آکوستیک فرض کرد. از این رو می توانستیم ماهیت انتشار موج را به صورت محیط کروی فرض نماییم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منشاء و منبع تولید سیگنال آکوستیک متأثر از موضوع بازتاب و انعکاس در داخل مخزن ترانسفورماتور و نویز پذیری در مسیرهای چند گانه انتشار و همچنین آشفتگی پراکندگی و جذب در روغن معدنی ترانسفورماتور همه و همه باعث می شود که سیگنال های آکوستیک دامنه شان تضعیف گردد. از مشکلات دیگر آشکار سازی آکوستیکی می توان به نیاز سیستم به سنسورهای خاص اشاره کرد، به دلیل وجود مکانیزم های تضعیف سیگنال آکوستیک، دریافت این سیگنال در توان بسیار پائین صورت می پذیرد و باید سنسورهای انتخابی برای این مدل آشکار سازی قابلیت عکس العمل سریع به کوچکترین تغییرات در دامنه سیگنال را به جهت آشکار سازی، صحیح تخلیه جزئی داشته باشند [12].

3-3) سیستم های آشکار سازی آکوستیکی

در بخش های باقی مانده این پایان نامه، طراحی و پیاده سازی سیستم آشکار ساز آکوستیک فیبر نوری را تشریح خواهیم نمود. این بخش مروری بر چگونگی انتشار سیگنال های آکوستیک و سیستم های آکوستیکی رایج خواهد بود.

3-3-1) انتشار موج آکوستیک

اگر چه مکانیزم انتشار موج های آکوستیکی و موج ها الکترو مغناطیسی با هم متفاوت هستند، اما تئوری ریاضی که وضعیت هر دو را توصیف می کند بسیار شبیه به هم است. برای پیدا کردن شدت میدانی که توسط موج آکوستیک ایجاد می شود باید رابطه دیفرانسیلی درجه دوم زیر را حل کنیم.

$$\nabla^2 P = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2}$$

رابطه (3-1)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که P نمایانگر شدت میدان، ∇^2 اپراتور لاپلاسین اسکالر و C نیز سرعت صوت با بهره متوسط می باشد [15].

این رابطه با رابطه ای که برای شدت میدان الکترومغناطیسی و الکتریکی تعریف می شود یکسان است. اگر بجای مقدار P مقدار e را قرار دهیم، رابطه دیفرانسیلی شدت میدان الکتریکی بدست می آید و اگر بجای P مقدار h را قرار دهیم، رابطه دیفرانسیلی شدت میدان الکترومغناطیسی بدست می آید. بنابراین اگر دانشی را مورد یکی آنها داشته باشیم، برای دیگری نیز می توانیم بکار ببریم، از آنجایی که تخلیه جزئی به عنوان یک نقطه تولید سیگنال آکوستیک فرض می شود. بنابراین، موج های آکوستیکی حاصله در سیال متوسط داخل مخزن ترانسفورماتور نیز به صورت کروی فرض می شود [16].

در ضمن پالسهای آکوستیکی بخاطر ویژگی های روغن معدنی ترانسفورماتور مقاوم نسبت به پراکندگی و جذب هستند. در نهایت این موج ها قادر به تحمل مداخله گرهای مخرب در مرزهای مخزن ترانسفورماتور، نظیر دیواره استیل مخزن و هم در روغن معدنی ترانسفورماتور هستند. ولی باید به این نکته توجه نمود که چنین موانعی به عنوان امپدانس آکوستیکی محسوب می شوند و در تضعیف دامنه سیگنال تاثیر گذار می باشند.

آنچه ذکر شد بیان حقایق اصولی در مورد انتشار آکوستیک بود که بیان کافی از مبانی مشکلات و فواید مربوط به آشکار سازی آکوستیکی را مطرح نمود.

2-3-3) سیستم های رایج

سیستم های آشکار سازی آکوستیکی همانطور که در بالا به آن اشاره شد، می توانند در دو گروه سیستم های داخلی و سیستم های خارجی طبقه بندی شوند. سیستم های خارجی از سنسورهایی استفاده می کنند که در خارج از مخزن ترانسفورماتور نصب می شوند. چند مدل تکنولوژی مختلف در ساختن سنسورهای خارجی

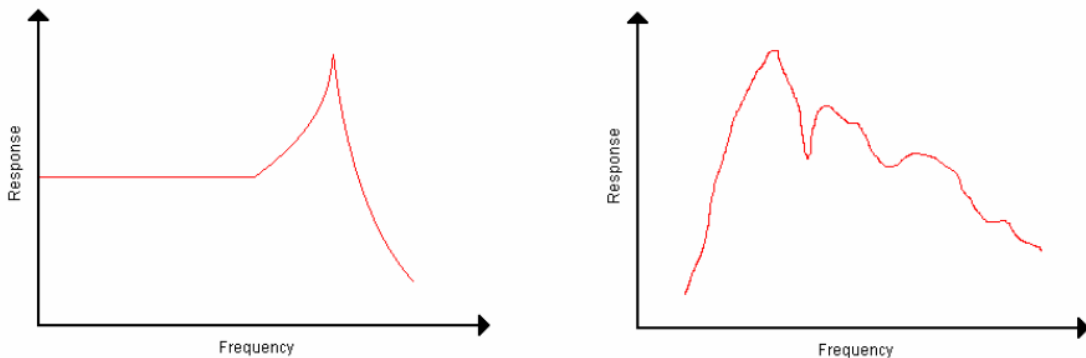
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وجود دارد اما مبدل‌های پیزوالکتریک که بر مبنای مواد سرامیکی ساخته می شوند، مثل زیرکونیوم تیتان^۱ در سیستم های رایج کاربرد دارند. یک مبدل پیزوالکتریک انرژی آکوستیکی را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می کند که در دو نوع برای آشکار سازی آکوستیکی کاربرد دارند:

(۱) شتاب سنج ها

(۲) سنسورهای گسیل سیگنال‌های آکوستیکی

شتاب سنج ها که محدوده فرکانسی خوبی دارند تا حد 50KHz کار آبی مطلوب خود را حفظ می کنند. سنسورها گسیل سیگنال‌های آکوستیکی نیز در محدود 30KHz تا 1MHz سیگنال‌های الکتریکی متناوب با سرعت سیگنال آکوستیک و سطح تماس آن را تولید می کنند [16]. شکل ۱-۳ پاسخ فرکانسی هر دو سنسور را نمایش می دهد.



شکل ۱-۳) نمایش پاسخ فرکانسی یک شتاب سنج (چپ) و یک سنسور گسیل سیگنال آکوستیک (راست). محدود کارکرد سنسور شتاب سنج منطقه چپ قبل از پیک پاسخ تعیین شده است و نقطه کارکرد سنسور گسیل سیگنال آکوستیک^۲ نیز نزدیک پیک منحنی پاسخ تعیین شده است.

^۱ Zirconium Titanate.

^۲ Acoustic Emission (AE).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هر دو نوع سنسور به عنوان سنسورهای آکوستیکی الکتریکی^۱ مطرح شده اند، چرا که هر دو سنسور لرزشهای مکانیکی را متناسب با آنچه که دریافت می کنند به سیگنال الکتریکی تبدیل می کنند. از آنجا که نویز الکتریکی در اطراف ترانسفورماتور فشار قوی بسیار شدید است نسبت سیگنال به نویز در خروجی سنسور گسیل سیگنال آکوستیکی می تواند کاهش قابل توجهی داشته باشد. سنسورها و تجهیزات دریافت کننده سیگنال باید نسبت به تداخل الکترومغناطیسی مصون باشند، هر چند که این امر بصورت مصونیت کامل امکان پذیر نیست. با این وجود مشکلات ذاتی نویز در هر سنسور در نمونه های تجاری آن که در سیستم های قدرت مورد استفاده قرار می گیرند، وجود دارد.

سیستم SPRTAN- AT که از ۱۸ سنسور^۲ در خارج از مخزن ترانسفورماتور استفاده شده و در پایان این رساله ضمیمه شده، قادر به مکان یابی نقطه خطا با دقت اندازه گیری ۸ اینچ در طول ۲۲ ساعت تست استفاده از ترانسفورماتور در خط می باشد [17]. یک گزارش دیگر از سیستمی که از ۳ سنسور^۳ برای تشخیص مکان خطا در حجم ۲۰۰ متر مکعب در بازه زمانی ۱ الی ۲ ساعته ارائه شده که سنسورها در مکان های مختلفی برای بدست آوردن دامنه بهتر سیگنال آکوستیک جابجا شده اند [18].

دقت این سیستم ها در محدود مناسبی است ولی زمان حصول خطا بسیار طولانی است. از آنجایی که تخلیه جزئی باعث خرابی در چند دقیقه یا چند ساعت می شود، بهتر است نتایج بدست آمده آنی و یا دست کم در

^۱ Acousto-electric.

^۲ ۱۵۰ اتفاق افتاده است. ۳۰۰ KHz بوده که تشدید فرکانس در KHz سنسورها قابلیت کارکرد در محدوده فرکانسی ۱۰۰ تا

^۳ ۲۰۰ بوده اند. KHz سنسورها قابلیت کارکرد در محدوده فرکانسی ۵۰ تا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نزدیکی زمان وقوع خطا باشد. یکی از دلایلی که انجام این محاسبات طولانی است، تداخل مسیرهای چند گانه می باشد. در این نوع سیستم، سنسورها در خارج از مخزن ترانسفورماتور قرار دارند و پالسهای آکوستیکی می توانند مسیرهای چند گانه درونی و یا بیرونی را برای رسیدن به سنسور بیمایند. بنابراین انتشار یکسان از یک پالس آکوستیکی در این شرایط می تواند در زمان های مختلفی به یک سنسور مشخص برسد. این اثر بخاطر وجود جداره های استیل مخزن ترانسفورماتور تشدید می گردد. چرا که انتشار صوت در آن، نسبت به روغن معدنی ترانسفورماتور سریعتر است.

همانطور که قبلا نیز بدان اشاره کردیم این اثر باعث طولانی شدن زیاد انجام محاسبات می گردد. این نوع محدودیت در سرعت انتشار، یکی از مشکلات اولیه سیستم های اندازه گیری خارجی می باشد. گفتنی است، موضوع مسیرهای چند گانه با قرار دادن سنسورها در داخل مخزن ترانسفورماتور می تواند بر طرف شود. سیستم های اندازه گیری داخلی این مزیت را دارند که موج های آکوستیکی را مستقیما از سیال داخلی ترانسفورماتور دریافت کنند، قبل از اینکه مسیرهای چند گانه این سیگنالها را تضعیف و یا تخریب نمایند [19].

مسئله سیستم های اندازه گیری داخلی نیز مشکلاتی دارند. مشکلی کلی که سیستم های اندازه گیری اینترنال دارند، این است که سنسورهای آکوستیکی الکتریکی نمی توانند در داخل مخزن ترانسفورماتور قرار گیرند. چرا که این نوع سنسورها سیگنالهای الکتریکی را انتقال می دهند و می توانند در کارکرد ترانسفورماتور تداخل ایجاد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نمایند. تکنولوژی جدید سنسورهای آکوستیک، سنسورهای جدیدی را معرفی نموده^۱ که بسیار مناسب برای محیط خشن و پر نویز می باشد و می توانند در ترانسهای قدرت کاربرد داشته باشد.

یکی از این تکنولوژی های جدید، سنسور فیبر نوری می باشد. چنین سنسورهایی این مکان را فراهم می آورد که کل قطعه حسگر در داخل ترانسفورماتور های قدرت قرار گیرد. تکنولوژی فیبر نوری برای این کاربرد ایده آل می باشد چرا که این قطعات از لحاظ شیمیایی و الکتریکی بر محیط داخلی ترانسفورماتور بی تاثیر هستند و باعث ایجاد تداخل در کار کرد عادی ترانسفورماتور نمی شوند، همچنین بر روی روغن معدنی ترانسفورماتور نیز تاثیر گذار نیستند. بنابراین این سنسورها می توانند در داخل مخزن ترانسفورماتور قدرت بدون اینکه آسیبی و یا تغییری در کار کرد ترانسفورماتور داشته باشد، نصب گردند. همچنین چون سنسورهای فیبر نوری از یک سیگنال اپتیکال برای اندازه گیری موج های آکوستیک استفاده می کنند پس از لحاظ تداخل الکترومغناطیسی نیز کاملا مصون هستند. چندین نوع مبنای تداخل سنجی^۲ برای سنسورهای فیبر نوری وجود دارد [20] و [21]. در فصل چهارم سنسور مورد بحث، سنسور فیبر نوری با تداخل سنجی نوع بیرونی^۳ است که مرکز تکنولوژی فوتونیک ویرجینیا^۴ برای آشکار سازی تخلیه جزئی و مکان یابی آن معرفی نموده و تحقیقات و بررسی های گسترده ای را در این رابطه روی این نوع سنسور انجام داده است.

بعنوان مثال یکی از جدیدترین سنسورهای آکوستیکی الکتریکی، سنسور فیبر نوری ساخته شده توسط مرکز فن آوری فوتونیک ویرجینیا بوده و در این پایان نامه در مورد این نمونه سنسور بحث خواهیم نمود.

² 

³ 

⁴ 

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم

طراحی سیستم های سنسور



WikiPower.ir

مقدمه

دو هدف اصلی و اساسی این پروژه آشکار سازی تخلیه جزئی در ترانسفورماتور قدرت و مکان یابی منشا تخلیه جزئی توسط سنسورهای آکوستیک نوری می باشد. برای دست یابی به هدف نخست، ثبت رویدادهای تخلیه جزئی را در این فصل تشریح خواهیم نمود. فصل بعدی نیز در مورد پردازش سیگنالهای لازم برای مکان یابی منشا تخلیه جزئی بحث می نماید.

ساختار اساسی هر سیستم آشکار سازی تخلیه جزئی و نه فقط سیستم های آکوستیک نوری شامل چهار قسمت

است:

۱) سنسور

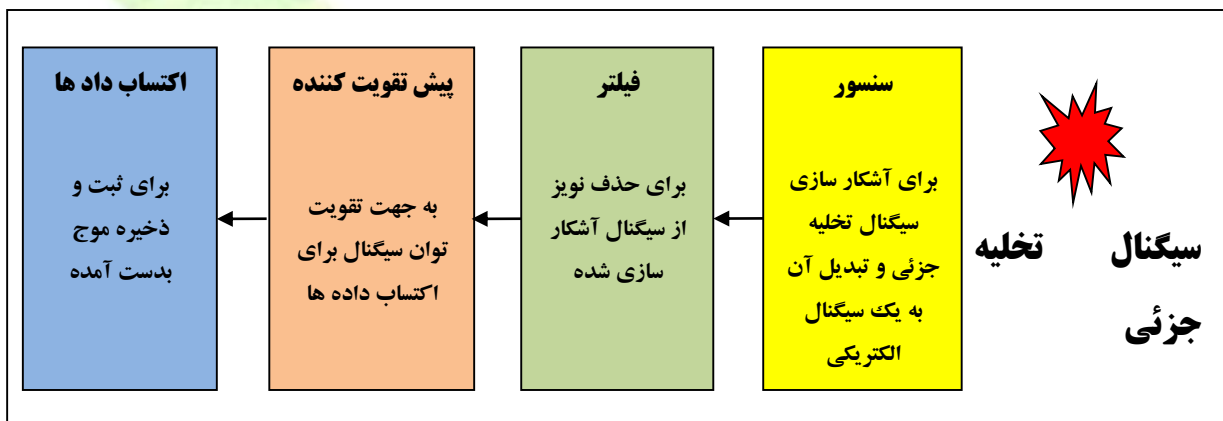
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۲) فیلتر

(۳) پیش تقویت کننده^۱

(۴) سیستم اکتساب داده ها

بلوک دیاگرام شکل ۱-۴ عملکرد هر کدام از این مولفه ها را نشان می دهد. هر سیستم آشکار سازی تخلیه جزئی نیاز به یک وسیله ای دارد که سیگنال مورد نظر را تشخیص دهد (ترانسدایوسر^۲)، و یک جدا ساز سیگنال آشکار سازی شده از نویز (فیلتر)، یک وسیله برای افزایش توان سیگنال (پیش تقویت کننده) و یک وسیله برای ثبت سیگنال بدست آمده (اکتساب کننده داده ها^۳). این فصل جزئیات عملکرد سنسور فیبر نوری و اتصال آن به سایر تجهیزات را توسط آنچه که در بلوک دیاگرام نمایش داده شده است، تشریح می نماید [22].



شکل ۱-۴) بلوک دیاگرام معرفی کننده مراحل آشکاری سازی تخلیه جزئی.

بخش 1-4) استفاده از سنسور در ترانسفورماتور فشار قوی

¹ The Preamp.

² The transducer.

³ Data acquisition.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل 2-4 نحوه استفاده سخت افزاری از سنسورهای آکوستیک فیبرنوری را در ترانسفورماتورهای قدرت نشان می دهد. سنسورها در داخل مخزن ترانسفورماتور قرار می گیرند بنابراین موج های آکوستیک می توانند مستقیماً از روغن معدنی ترانسفورماتور در اختیار سنسورها قرار گیرند بدین واسطه می توانیم از مشکلات وجود مسیرهای چند گانه نیز جلوگیری نمائیم. فیبرنوری، سنسورهای داخلی را به واحد پردازش سیگنالهای اپتوالکترونیک^۱ خارجی متصل می کند. سیگنالهای تداخل سنج سنسورها بوسیله موج های آکوستیک مدوله می شوند تا به سیگنالهای الکتریکی تبدیل شوند و توسط اسیلوسکوپ دیجیتالی ثبت می شوند.

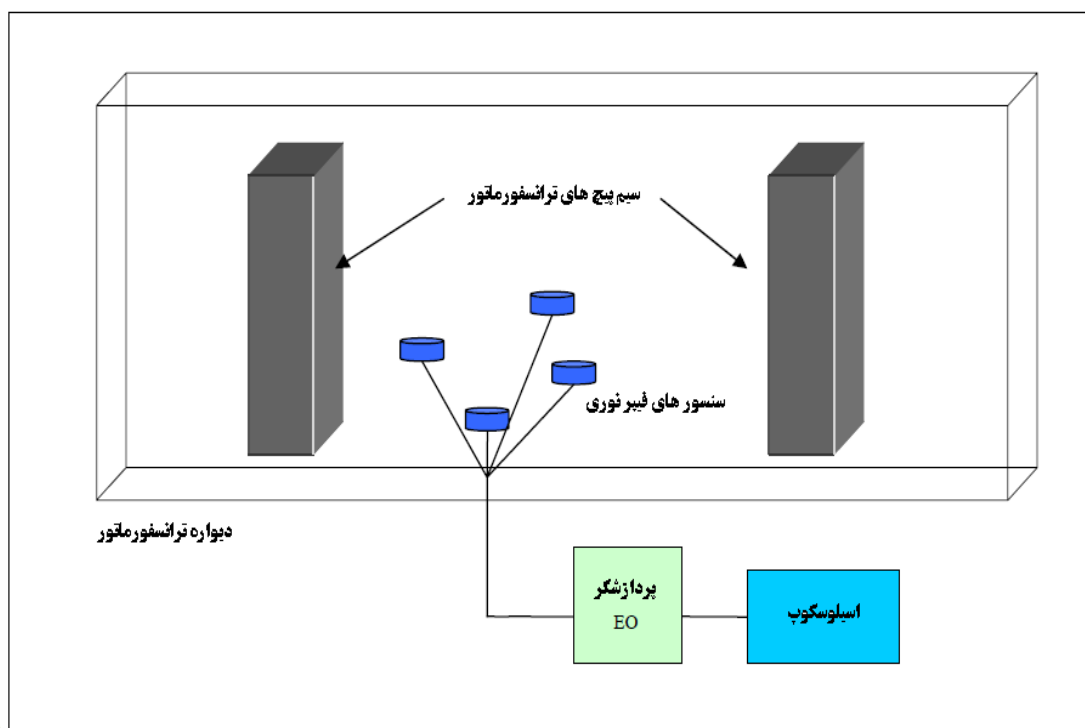
عملکرد اصلی سنسورهای فیبرنوری بعنوان مبدل می باشد و فیلترینگ و پیش تقویت کردن در واحد پردازش سیگنال انجام می شود. تبدیل آنالوگ به دیجیتال^۲ و ذخیره داده ها نیز توسط اسیلوسکوپ دیجیتالی صورت می پذیرد.



^۱ Optoelectronic.

^۲ Analog to Digital (A/D) .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲- ۴) نمایش نحوه استفاده سخت افزاری از سنسورهای آکوستیک نوری در ترانسفورماتورهای قدرت. سنسورها در داخل مخزن ترانسفورماتور قرار می گیرند، بنابراین موج های آکوستیک می توانند مستقیماً از روغن معدنی ترانسفورماتور در اختیار سنسورها قرار گیرند. فیبر نوری سنسورهای داخلی را به واحد پردازش سیگنال های اپتوالکترونیک^۱ خارجی متصل می کند. سیگنال های اپتوالکترونیک توسط پردازشگر EO دمدوله شده و به سیگنال های الکتریکی تبدیل می شوند، سپس سیگنال های الکتریکی توسط یک مبدل آنالوگ به دیجیتال به مقادیر دیجیتال تبدیل شده و توسط اسیلوسکوپ دیجیتال ثبت می شوند.

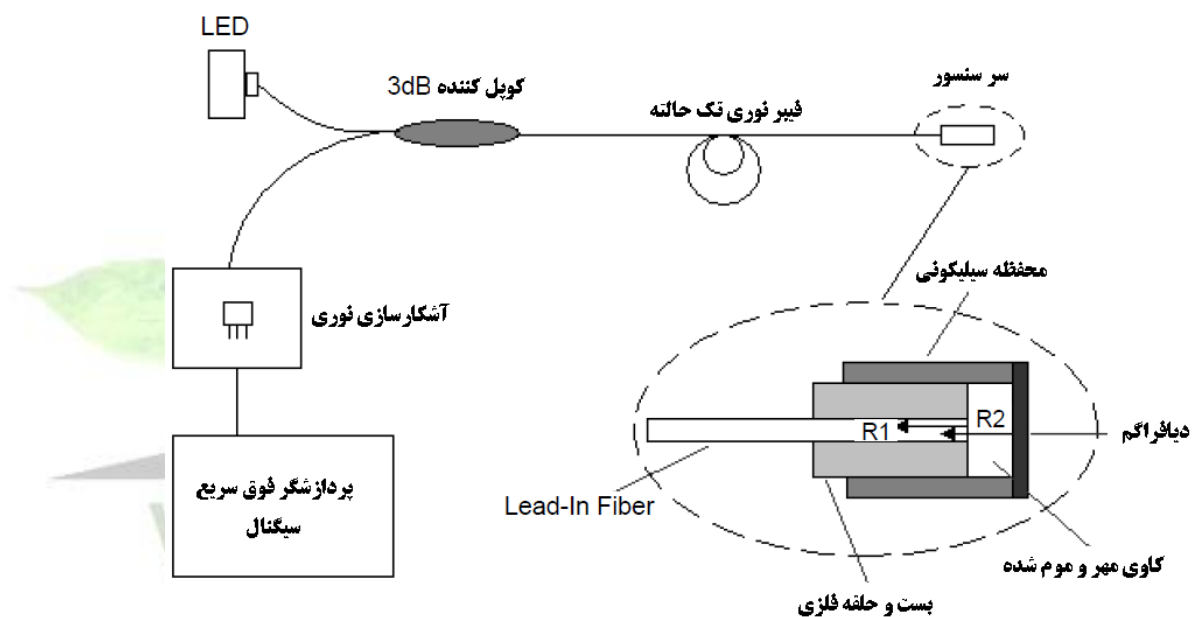
4-2) عملکرد سنسور

^۱ اپتوالکترونیک، تکنولوژی مربوط به مجتمع سازی دانش نور و الکترونیک می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این بخش پروژه به تحقیق و بررسی استفاده از سنسور های فیبر نوری^۱ می پردازیم که بر اساس تداخل سنجی بیرونی^۲ عمل می کنند.

جزئیات مربوط به سر این سنسور در شکل ۳-۴ نمایش داده شده است. این شکل جزئیات یک سنسور نوع تداخل سنج بیرونی، یک تکه را نمایش می دهد که از فیبر نوری تک حالت^۳، در یک محفظه سیلیکونی محکم شده و یک دریچه سیلیکونی، با قابلیت تغییر فرم تشکیل شده است.



شکل 3-4) نمایش جزئیات سنسور بیرونی بر مبنای سنسور فیبر نوری. قسمت بزرگنمایی مربوط به جزئیات سر سنسور می باشد.

خروجی LED با $\lambda_0 = 1300\text{nm}$ به یک کوپل کننده 2×2 می رسد و روی فیبر نوری می افتد. برآمدگی انتهای فیبر باعث اولین بازتابش در تداخل سنج می شود، نور باقیمانده از قسمت انتهایی فیبر منتقل می شود و روی صفحه سیلیکونی منعکس می گردد که فیبر را با یک فاصله مشخص از محفظه سیلیکونی جدا می کند. پرتو

¹ Optical acoustic.

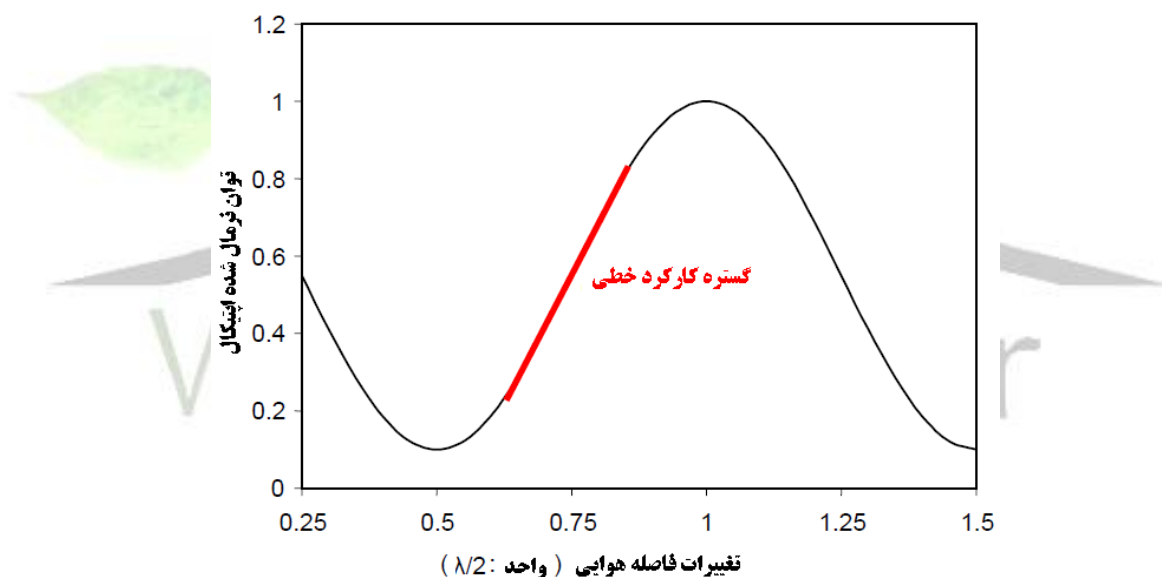
² EFPI.

³ Single mode optical fiber.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نوری به مرکز دیافراگم برخورد کرده و بصورت معکوس در داخل فیبر با اولین بازتابش ترویج می شود و الگوی تداخل سنجی را تشکیل می دهد. سیگنالهای نوری از فیبر به سمت آشکار سازی فرستاده می شود و در آنجا میزان شدت آنها اندازه گیری می شود.

موج آکوستیک بوسیله خم کردن دیافراگم، فاصله بین انتهای فیبر تا روی نقطه بازتابش دیافراگم را مدوله می کند. بدین ترتیب حاشیه تداخل سنج تغییر داده می شود. همانطور که در شکل 4-4 نمایش داده شده است، شدت متغیرهای خطی با تغییر کوچک فاصله شکاف، وقتی که سنسور در رنج بالای گسترده خطی خود کار می کند، تغییر داده می شود.



شکل 4-4) شدت تغییرات خروجی تابعی از فاصله شکاف هوایی می باشد.

وقتی که هیچ سیگنال آکوستیک موجود نیست. سنسور، شکل بالا را طراحی می کند. مقداری که در آشکار سازی نوری دریافت می شود، قسمت پرننگ منحنی می باشد این مقدار در حدود ۶۰٪ نیمه اول پریود را شامل می شود. وقتی که طول فاصله هوایی تغییر می کند مقدار سیگنال دریافت شده بالا و پائین خواهد شد و با در نظر گرفتن تغییر نقطه کارکرد، این تغییر در منحنی ایجاد می شود. اگر سیگنال دریافت شده خارج از قسمت ۶۰ درصد خطی باشد و اگر هنوز در قسمت نیمه اول پریود قرار گیرد، سیگنال دمدوله شده با تغییرات

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فاصله هوایی بسیار خطی نخواهد بود. بنابراین اطلاعات غلطی را از دامنه موج آکوستیک ارائه خواهد داد. اگر سیگنال در ناحیه خارج از نیمه اول پریود قرار گیرد، باعث بروز مشکل مبهم بودن سیگنال می شود. چرا که مقدار سیگنال اپیتکال به مولفه هایی بیشتری از طول شکاف هوایی وابسته است.

بنابراین این خیلی مهم است که سنسور فقط برای تغییرات خطی توان اپیتکال طراحی شده باشد، این موضوع گستره دینامیک سنسور را مشخص می کند. برای یک منبع 1300nm استفاده شده در این سیستم با تغییر شکل تنها تا $200\text{nm} \pm$ رمز گشایی صحیح خواهیم داشت [23].

4-3 پارامترهای سنسور

4-3-1 حساسیت

دامنه تغییر شکل دیافراگم توسط حساسیت کنترل می شود که همانند تعریف دامنه انحراف دیافراگم، واحدی از فشار ورودی است. رابطه مرکز انحراف دیافراگم از مرجع [24] آورده شده است.

$$y_0 = \frac{3(1-\mu)Pa^4}{16Eh^3}$$

رابطه (۱-۴)

که y_0 ماکزیمم انحراف، μ مربوط به عدد پواسون، P فشار اعمالی، a شعاع دیافراگم، E فشار وابسته به جنس ماده و h نیز ضخامت دیافراگم است. در دیافراگم سیلیکونی، $E = 73/73\text{GPa}$ و $\mu = 0/17$ است، چرا که تنها اولین حالت لرزش دیافراگم در نظر گرفته می شود^۱. بنابراین تغییرات قابل قبول فشار برای سنسور از رابطه زیر بدست می آید.

^۱ این نیز به این خاطر است که در سیستم های واقعی، برخورد سیگنال آکوستیک با دیافراگم به اندازه ای کوچک است که دومین حالت لرزش، دیافراگم^۱ رانمی تواند تحریک کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$P < 8227/096 \frac{h^3}{a^4}$$

رابطه (۲ - ۴)

با توجه به ضخامت و شعاع دیافراگم می توان مقدار P را تعیین نمود. با این حال قبل از اینکه شعاع و ضخامت دیافراگم انتخاب شود باید پاسخ فرکانسی بدست آمده از سنسور نیز مورد ملاحظه قرار گیرد.

2-3-4) پاسخ فرکانسی

پاسخ فرکانسی، پارامتر دیگری است که متناسب با ضخامت و شعاع دیافراگم تعیین می شود. دیافراگم ها مشخصه پاسخ فرکانسی یکنواختی در فرکانس های پائین و کمتر از فرکانس طبیعی یا فرکانس تشدید دارند. در فرکانس تشدید منحنی به سمت پیک خود می رسد [24].

همان طور که در فصل دوم اشاره کردیم این نوع سنسورها یا بعنوان سنسورهایی که پهنای باند عریضی در ناحیه یکنواخت و صاف منحنی پاسخ فرکانسی دارند، بکار برده می شوند و یا بعنوان سنسورهایی که پهنای باند نازکی دارند در جایی که فرکانس مشخص سیگنال با فرکانس تشدید سنسور تطبیق داده شده به کار گرفته می شوند. فرکانس تشدید دیافراگم در مرجع [24] به صورت مفصل توضیح داده شده است.

$$f_n = \frac{ah}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{gE}{12w(1-\mu^2)}}$$

رابطه (۳ - ۴)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که μ, E, a, h قبلا تعریف شده اند. α مقدار ثابتی است که از حالت لرزش تعیین می شود، g ثابت گرانش

در $(\frac{m}{s^2})$ می باشد و W وزن ویژه ماده می باشد. برای پهنای باند عریض در سنسورها، f_n ، فرکانسی بزرگتر از

بالاترین فرکانس سیگنال انتخاب می شود^۱.

برای سنسورهای با پهنای باند نازک، مقدار فرکانس f_n با مقدار مرکز فرکانس سیگنال و همچنین مقدار

فرکانس f_c تطبیق داده می شود، سپس انتخاب می گردد.

با این حال این رابطه برای پاسخ فرکانسی فرض شده و در آن دیافراگم با هیچ ماده سیال و چسبناکی تماس

ندارد. بنابراین این رابطه را به صورت مستقیم برای کشف و آشکار سازی تخلیه جزئی نمی توان در

ترانسفورماتورهای قدرت استفاده نمود. در مورد سنسورهای تداخل سنج بیرونی نوع فیبر نوری، دیافراگم با

خیلی از سیالهای چسبناک در تماس خواهد بود (مثل روغن معدنی ترانس)، بنابراین ضریب تصحیح کننده و

رابطه تصحیح شده که شامل محاسبات پاسخ فرکانسی است به صورت زیر ارائه می شود [24].

$$f_2 = \frac{f_n}{\sqrt{1 + \beta}}, \quad \beta = 0/699 \frac{w_1 a}{wh}$$

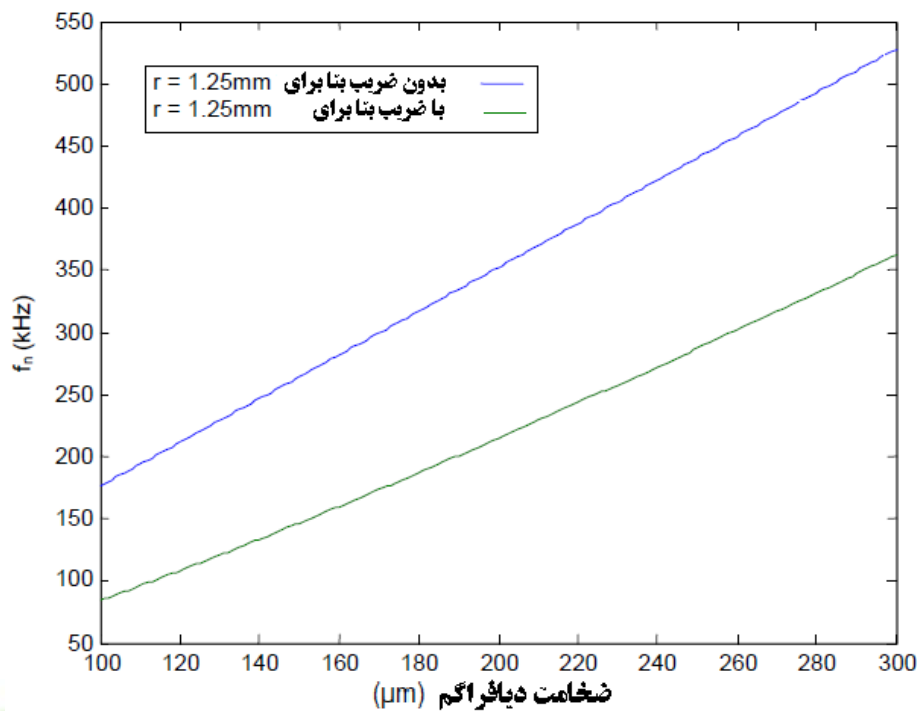
رابطه (4-4)

f_n پاسخ فرکانسی است و قبلا محاسبه شده است، W_1 وزن مخصوص سیال چسبناک می باشد. بقیه مقادیر نیز

قبلا تعریف شده اند. این ضریب همانطور که در شکل ۵-۴ نمایش داده شده نمی تواند نادیده گرفته شود.

^۱ معمولا دو برابر بزرگتر از بالاترین فرکانس سیگنال در نظر گرفته می شود تا تضمین کافی برای پاسخ صاف f_n برای یک پهنای باندی عریض مقدار^۱ و یکنواخت در ناحیه مطلوب را داشته باشیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 5 - 4) نمایش پاسخ فرکانس بر حسب ضخامت دیافراگم می باشد در این آنالیز از نرم افزار MATLAB برای ارزیابی نتایج روابط استفاده شده است. و نمودار با مقدار ثابت شعاع $r=1/25 \text{ mm}$ محاسبه و طراحی شده است.

نمودار بالا در واقع بیانگر این مطلب است که متناسب با افزایش ضخامت دیافراگم ضریب تصحیح نیز افزایش پیدا می کند. این بدان معناست که برای پاسخ فرکانس های بالا، دیافراگم استفاده شده در سنسورهای بیرونی برای آشکار سازی تخلیه جزئی بایستی ضخیم تر از آن چیزی باشند که در کاربردهای فضای آزاد استفاده می شود.

ولی آیا واقعا هیچ عیبی با ضخیم تر کردن دیافراگم به وجود نمی آید؟ در جواب به این سوال باید گفت بله مشکلی به وجود می آید که بایستی به بخش ۱ - ۳ - ۴ مراجعه کنیم. در آن بخش توضیح دادیم که حساسیت دیافراگم وابسته به تغییر مکان و جابجایی بر حسب هر واحد فشار می باشد. با استفاده از رابطه ۱ - ۴

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و این نکته که حساسیت متناسب با معکوس ضخامت (از نوع واحد مکعب) است. تعریف رابطه ۵ - 4 به صورت زیر خواهد بود.

$$S = \frac{3(1 - \mu^2)a^4}{16Eh^3}$$

رابطه (۵ - 4)

اگر ضخامت دیافراگم افزایش پیدا کند، بنابراین قابلیت سنسورها در تشخیص لرزش های ناشی در حضور شدت میدان به وجود آمده از سیگنال های آکوستیکی تخلیه جزئی کاهش خواهد یافت. از آنجایی که سیگنال های تخلیه جزئی شدیداً توسط روغن معدنی ترانسفورماتور تضعیف شده اند، لذا حساسیت کم باعث عدم تشخیص تخلیه جزئی خواهد شد. به عبارت دیگر اگر ضخامت کاهش یابد، حساسیت بالا می رود و پاسخ فرکانسی خیلی کوچک خواهد شد. در این صورت سیگنال ممکن است توسط نویزهای مکانیکی موجود در داخل ترانسفورماتور قدرت خراب شود و یا در بدترین حالت باعث عدم تشخیص تخلیه جزئی گردد.

بنابراین متناسب با آنچه در مورد افزایش و یا کاهش ضخامت دیافراگم گفته شد و سبک و سنگین کردن این موضوع در می یابیم، ضخامت دیافراگم هنگامی که پاسخ فرکانسی سیگنال را نیاز دارم، باید در ماکزیمم مقدار خود باشد.

متأسفانه موافقت و سازش های ضعیفی در مورد محتوای فرکانسی سیگنال آکوستیک تخلیه جزئی در منابع و مآخذ مورد استفاده، مطرح شده است. برخی از منابع توصیه کرده اند، از پهنای باند باریک سنسورها با مرکزیت فرکانسی 150 KHz که پهنای باند $300 - 100 \text{ KHz}$ را پوشش می دهد، استفاده کنیم [25]. در حالی که برخی دیگر توصیه کرده اند از پهنای باند عریض تر که گسترده فرکانسی $120 - 20 \text{ KHz}$ را پوشش می دهد، استفاده کنیم [26].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بحث در مورد استفاده از سنسورهای فرکانس بالا بر پایه این حقیقت استوار است که منبع قابل ملاحظه نویز آکوستیک در گسترده فرکانس $60-50$ KHz از القاء نویز هسته در ترانسفورماتور قدرت ناشی می گردد. در حالی که سنسورهای فرکانس پائین بر مبنای این حقیقت که فرکانس بالای سیگنال آکوستیک توسط روغن معدنی ترانسفورماتور شدیداً تضعیف می گردند، استدلال شده است [26]. برای محدود نمودن نویزهای خارجی در سیگنال به جهت کسب سیگنال اولیه با نسبت نویز کمتر، گسترده فرکانسی بالا انتخاب می گردد و برای بدست آوردن مرکز فرکانسی 150 KHz در شکل ۵ - 4 باید ضخامت دیافراگم $165 \mu\text{m}$ انتخاب می شود.

4-4 تست سنسورها

به محض اینکه پارامترهای سنسور تنظیم شدند، نتایج نظری توسط داده های آزمایشی و تجربی معتبر سازی می شود. برای اصلاح پاسخ فرکانسی سنسورهای بیرونی نوع فیبر نوری که دارای $165 \mu\text{m}$ شعاع دیافراگم با مرکزیت فرکانسی در حدود 150 KHz هستند، آزمایشی در لابراتور CPT^۲ طراحی و اجرا شده است. بایستی به این نکته توجه کرد که آزمایش مربوط به سنسور، در آب و نه در روغن انجام شده است. این تغییر سیال بخاطر دو رویکرد اینگونه صورت گرفته است: نخست، تضعیف سیگنال آکوستیک در روغن معدنی ترانسفورماتور بسیار شدیدتر از تضعیف سیگنال آکوستیک در آب می باشد و چون منبع تخلیه جزئی ایجاد کننده سیگنال آکوستیک شبیه سازی شده در لابراتور، نمی تواند دامنه سیگنال به اندازه کافی بزرگ را در فاصله مناسب تولید کند، بنابراین سیال آب بجای روغن معدنی ترانسفورماتور در نظر گرفته شده است. دلیل دوم به

فرض شده است. این فرض به این خاطر است که در محفظه سیلیکونی در دسترس، در مرکز فن آوری $1/25$ mm شعاع دیافراگم 4 در شکل ۵ - ۱

فرض شده است. $1/25$ mm می باشد، لذا ناچاراً شعاع دیافراگم این سنسورها $1/25$ mm فتونیک ویرجینیا برای ساخت سنسورها دارای شعاع داخلی

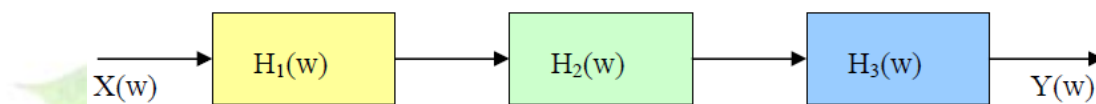
مرکز فن آوری فتونیک ویرجینیا فیلادلفیا.^۲

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این صورت ارائه می شود که آب براحتی در دسترس است و می تواند تئوری طراحی سنسور را بدون تاخیر زمانی در دریافت سیگنال و بدون هزینه اضافی معتبر سازی نماید.

۱-۴-۴) مدل‌سازی آزمایش

آزمایش پاسخ فرکانسی شامل دو قسمت می باشد. آزمایش اول برای تعیین کمیت المانهای موجود در محیط مخزن که شامل دو عدد مبدل پیزوالکتریک، به همراه پاسخ فرکانس های مشخص منبع دریافت کننده سیگنال آکوستیک مورد استفاده قرار می گیرد. در قسمت دوم نیز پاسخ های مربوط به سنسور فیبر نوری مشخص می گردند. شکل 4-6 بلوک دیاگرام آزمایش مذکور را ترسیم می نماید.



شکل 4-6) نمایش بلوک دیاگرام متغیرهای آزمایش موجود در لابراتور می باشد. $X(w)$ محتوای فرکانس سیگنال الکتریکی که از منبع پیزوالکتریک عبور می کند، $H_1(w)$ پاسخ فرکانسی منبع پیزوالکتریک، $H_2(w)$ پاسخ فرکانسی منبع آب، دیواره های مخزن و غیره می باشد، $H_3(w)$ پاسخ فرکانسی سنسور فیبر نوری می باشد و $Y(w)$ نیز محتوای فرکانس اندازه گیری شده از سیگنال خروجی را نمایش می دهد.

در شکل 4-6، $X(w)$ نمایانگر تبدیل فوریه سیگنال ورودی است، $H_1(w)$ پاسخ فرکانسی منبع پیزوالکتریک می باشد، $H_2(w)$ پاسخ فرکانسی محیط بوده^۱، $H_3(w)$ پاسخ فرکانسی سنسور پیزوالکتریک می باشد و $Y(w)$ تبدیل فوریه سیگنال خروجی بدست آمده برای اسیلوسکوپ می باشد. سیگنال های $X(w)$ و $Y(w)$ با استفاده از عملکرد تبدیل فوریه سریع^۲ روی اسیلوسکوپ بدست می آید.

محیط شامل مخزن، آب و هر نویز ناشی از منبع الکتریکی و یا وسیله های اندازه گیری می باشد. از آنجایی که تجهیزات در دو آزمایش یکسان هستند،^۱

(را حذف نمائیم. H_3 این تکنیک این اجازه را به ما می دهد که تمامی اندازه گیری های منابع نویز از قسمت فیبر نوری)

^۲ Fast Fourier Transform (FFT).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از آنجایی که X و H_1 و H_3 و Y همگی کمیت های معلوم، اندازه گیری شده و یا کمیت های منته می باشند، بنابراین H_2 که مجهول است را می توان با استفاده از رابطه زیر بدست آورد.

$$H_2 = \frac{Y}{XH_1H_3}$$

رابطه (۶ - ۴)

به محض اینکه H_2 محاسبه شود، قسمت دوم آزمایش را می توان انجام داد. سیستم دوباره نصب می شود، با این تفاوت که سنسور پیزوالکتریک با سنسور فیبر نوری جابجا می شود. بلوک دیاگرام مشابهی دوباره خواهیم داشت، با این تفاوت که در این حالت H_3 کمیت مجهول می باشد و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$H_3 = \frac{Y}{XH_1H_2}$$

رابطه (۷ - ۴)

اگر چه برای رسیدن به این دو مجهول باید دو مجموعه از سری محاسبات بالا را انجام دهیم، ولی اگر فقط یک محاسبه بر مبنای اندازه گیری کمیت های معلوم انجام شود، پاسخ فرکانسی محاسبه شده دقت بسیار بالایی را خواهد داشت چرا که محاسبه بر مبنای محاسبه دومی نخواهد بود.

خروجی را دوباره فراخوانی می کنیم:

$$Y = X \times H_1 \times H_2 \times \dots \times H_i$$

رابطه (۸-۴)

Y خروجی سیستم می باشد، X ورودی سیستم H_i پاسخ ضربه مولفه مربوطه در سیستم می باشد. اگر این رابطه به وسیله^۱ تبدیل شود، بنابراین رابطه ضرب به جمع تبدیل می شود و رابطه به صورت زیر خواهد بود:

$$Y = X + H_1 + H_2 + \dots + H_i \quad dB$$

۱. اشاره دارد $10 \times \log(0)$ تبدیل و سیل در این بخش به (۰)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رابطه (4-9)

اگر در آزمایش پاسخ ضربه به فرم دسیبل نوشته شود، خواهیم داشت:

$$Y_1 = X_2 + H_a + H_b + H_c \quad dB, \quad Y_2 = X_1 + H_a + H_b + H_d \quad dB$$

رابطه (4-10)

H_a ، Y_1 و Y_2 خروجی های اندازه گیری شده از هر آزمایش هستند، X_1 و X_2 ورودیهای همسان سیستم، H_a پاسخ ضربه سیستم انتقال دهنده در هر دو آزمایش، H_b پاسخ ضربه محیط و H_c نیز پاسخ ضربه ایی است که پیزوالکتریک دریافت می کند، و همچنین H_d پاسخ ضربه سنسور فیبر نوری است. اگر دو رابطه بالا را از همدیگر کم کنیم رابطه زیر بدست می آید:

$$H_d = Y_2 - Y_1 + H_c$$

رابطه (4-11)

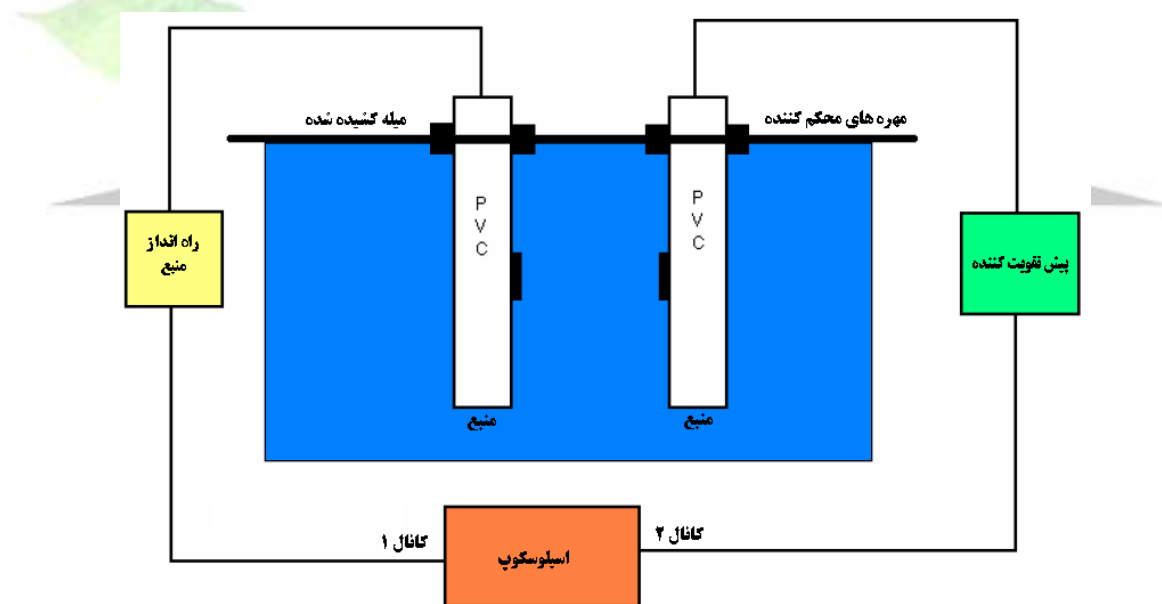
بنابراین نه نیازی به پاسخ فرکانسی محیط و نه پاسخ فرکانسی انتقال دهنده و نه محتوای فرکانسی ورودی برای تعیین پاسخ فرکانسی سنسور فیبر نوری است. این موضوع مقدار اطلاعات لازم و حجم دیتای مورد نیاز برای محاسبه پاسخ ضربه سنسور فیبر نوری را کاهش می دهد، همچنین نیاز به محاسبه پاسخ ضربه مداخله گرهای محیطی را نیز از بین می برد.

۲-۴-۴) تنظیم آزمایش

هر دو قسمت آزمایش پاسخ فرکانسی در محیط فیزیکی یکسانی انجام شده است. شکل ۷-۴ تصویر تنظیم و انجام آزمایش را نمایش می دهد. آزمایش در یک مخزن ۱۰ گالونی پر از آب انجام شده و منبع و سنسورها در داخل استوانه های PVC به قطر ۱/۲۵ اینچ نصب شده اند. پروسه نصب شامل سوراخ کردن یک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حفره در استوانه ۱۲ اینچی برای قرار گرفتن سنسورها در مخزن توسط LEXEEL^۱ در آنجا محکم شده است. لوله های PVC به این دلیل استفاده شده اند که این لوله ها اجازه بازتابش مستقیم در مسیر انتقال و یا دریافت را نمی دهند و همچنین تنظیمات دستی آن آسان است. چسب LEXEEL جایگزین اپوکسی شده تا بتوان سنسورها را بازیابی کرد و در آزمایش بعدی نیز مورد استفاده قرار داد. دو لوله با فاصله ۰/۲۵ اینچ از همدیگر تنظیم شده اند و توسط میله کشیده شده از هم جدا و با مهره های شش گوش در جای خود محکم شده اند. این میله کشیده شده بین سنسور و منبع به ما این امکان را می دهد تا فاصله بین این دو لوله را بتوانیم اندازه گیری کنیم و همچنین فاصله آن را کم و زیاد کنیم. شکل ۸-۴ تصویر واقعی دستگاهها و وسایل اندازه گیری شده در آزمایش را نمایش می دهد [7].



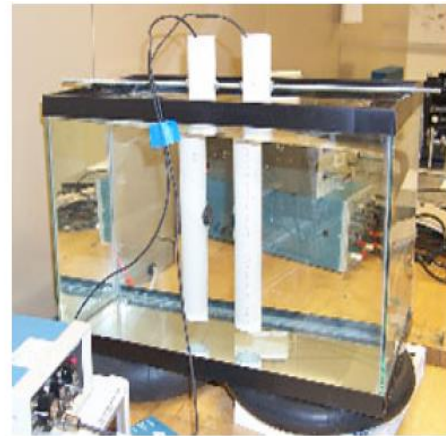
شکل ۴-۷) نمایش تنظیم و نصب تجهیزات آزمایش در رابطه با ثبت داده ها و تجهیزات منبع.

^۱ نوعی چسب شیشه چسب آکواریوم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



(a)



(b)

شکل 4-8 تصاویر مربوط به تجهیزات و وسایلی که در آزمایش استفاده شده است (a). با جزئیات بیشتر در مورد ابعاد و شکل مخزن (b).

انتقال دهنده پیزوالکتریک با یک پالس $40^{\mu s}$ در فرکانس 23^{kHz} با استفاده از قسمت کالیبره کننده سیستم پالس^۱ راه اندازی شود و تمامی سیگنالها با استفاده از دو کانال اسیلوسکوپ توسط یک تریگر خارجی^۲ که متصل به راه انداز منبع است، سنجش وضعیت می گردد. داده های حوزه زمان بدست آمده از آزمایشات، به داده های حوزه فرکانس تبدیل می شود. این انتقال حوزه زمان به حوزه فرکانس با استفاده از ۲۰۰ نقطه از الگوریتم تبدیل فوریه سریع موجود در اسیلوسکوپ، بصورت نقاط کاما برای فلاپی درایو استخراج شده است.

یکی از مشکلات بالقوه تنظیم و انجام این نوع آزمایش این است که پاسخ فرکانسی های بدست آمده از آزمایشات تجربی وابسته به فاصله بین سنسور و منبع است. این مشکل وقتی بالفعل می شود که فاصله بین منبع و دیواره های پیرامون کافی نباشد و باعث تداخل سیگنال مسیرهای چند گانه در سیگنال مسیرهای مستقیم می گردد.

[27].

^۱

^۲

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حداقل طول مسیر باز تابش با استفاده از دانش سرعت صوت در آب و ماکزیمم عرض پالس از سیستم راه انداز پیزوالکتریک محاسبه می شود. برای مسیرهای روبرو و مستقیم، مسیر باز تابش باید از رابطه زیر تبعیت کند.

$$d_1 + d_2 + d_1 > v_{max} \text{ عرض پالس}$$

رابطه (4-12)

که d_1 و d_2 به ترتیب فاصله بین دیوار مخزن با منبع، و منبع با سنسور می باشد و v سرعت صوت در آب است. ماکزیمم عرض پالس 40^{us} و سرعت صوت $1480^{m/s}$ می باشد بنابراین طول کل مخزن باید بیشتر از 6^{cm} باشد. ابعاد مخزن بزرگتر از 6^{cm} در هر مسیر می باشد، بنابراین تداخل مسیرهای چند گانه موضوع تاثیر گذاری نخواهد بود.

۳ - ۴ - ۴) نتایج آزمایش

اندازه گیری منبع پیزوالکتریک به سنسور پیزوالکتریک: با استفاده از تجهیزات و دستگاههای نشان داده شده در سنسور منبع پیزوالکتریک، ورودی و خروجی طیفهای سیستم توسط اسیلوسکوپ اندازه گیری می شود. اندازه گیریهای اولیه در فاصله های 4^{cm} و 7^{cm} و 20^{cm} انجام شده است و سیگنال ورودی از طریق پورت اکو یا همان پورت انعکاسی سیستم راه اندازه، اندازه گیری می شود^۱. همانطور که از یک پالس کوتاه انتظار می رود ماهیت پهنای باند عریضی را نسبتاً دارا است، با این حال برای استفاده از داده های ورودی آزمایش برای محاسبات پاسخ فرکانسی لازم است که پایداری منبع اثبات گردد. برای آزمایش اینکه سیستم پایدار است یا نه، ۱۵ فقره اندازه گیری در ۵ فاصله مختلف در طول ۲ روز صورت پذیرفته و در نمودار زیر رسم شده است

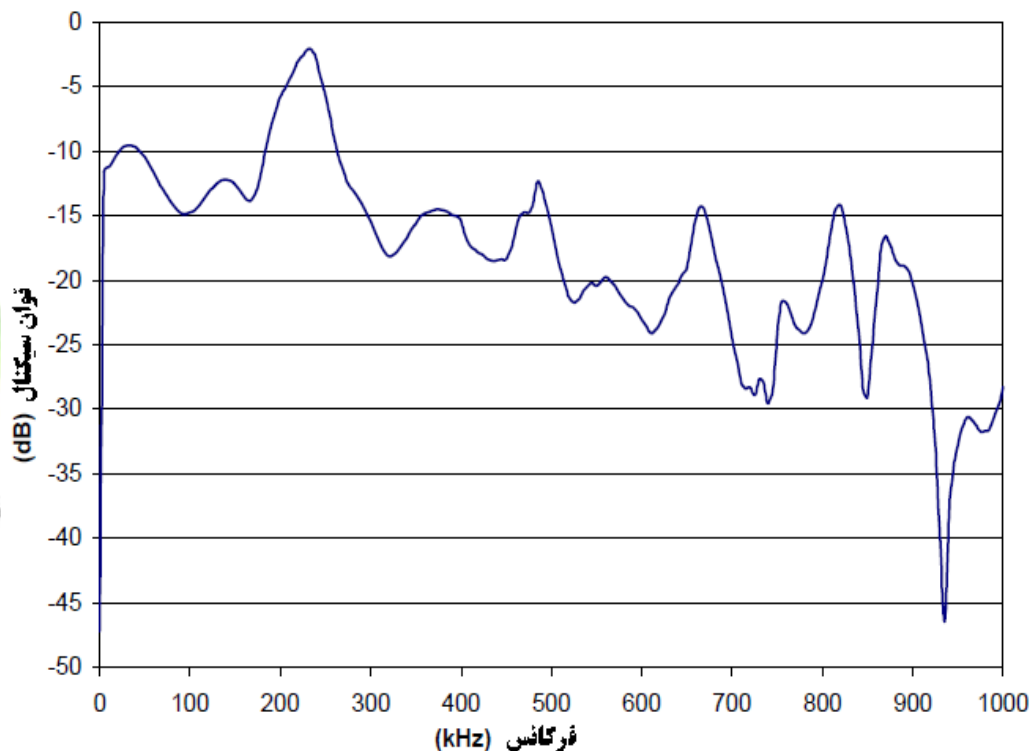
این اندازه گیری در شکل ۹-۳ به تصویر کشیده شده است.^۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

(تصویر ۱۰ - ۴). این موضوع با توجه به شکل ۱۰-۴ آشکار است که سیگنال در هر دو عملکرد مربوط به زمان

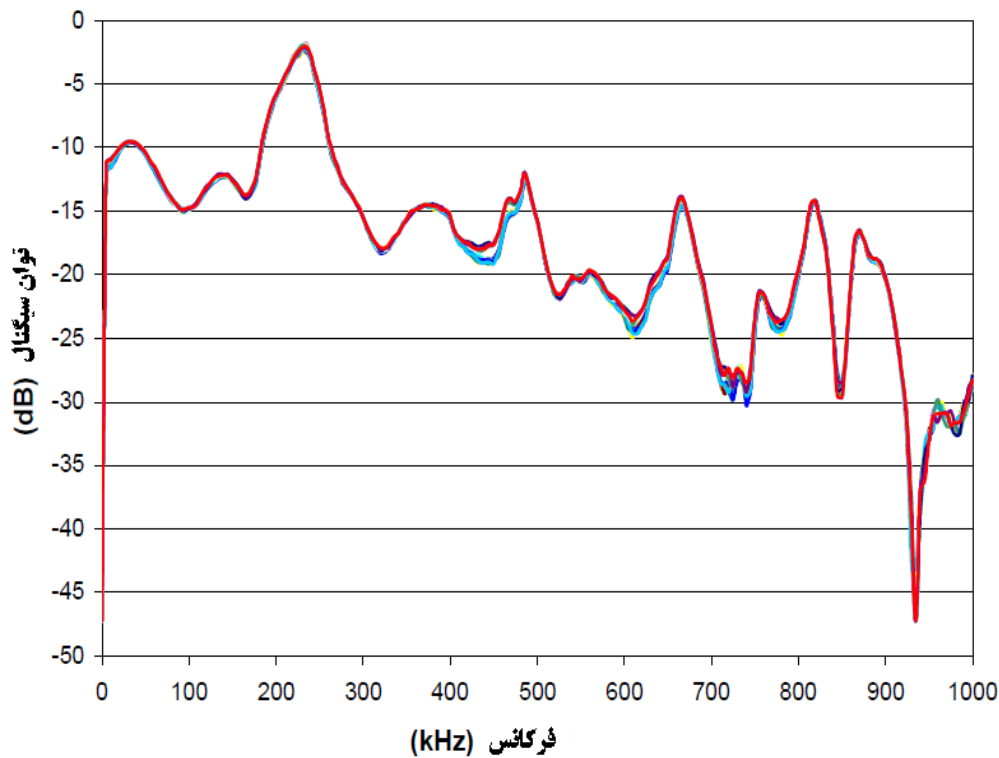
و تفکیک پیزوالکتریک پایدار است. بنابراین متوسط سیگنال ورودی را می توان بعنوان $X(w)$ در تمامی

محاسبات، مورد استفاده قرار داد.



شکل ۹ - ۴) ترسیم طیف سیگنال ورودی که توسط راه اندازه آکوستیکی فیزیکی وجود آمده است. نمودار با در نظر گیری متوسط سه داده انجام شده، هنگامی که دو سنسور پیزوالکتریک در فواصل 4cm ، 7cm و 12cm قرار گرفته اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



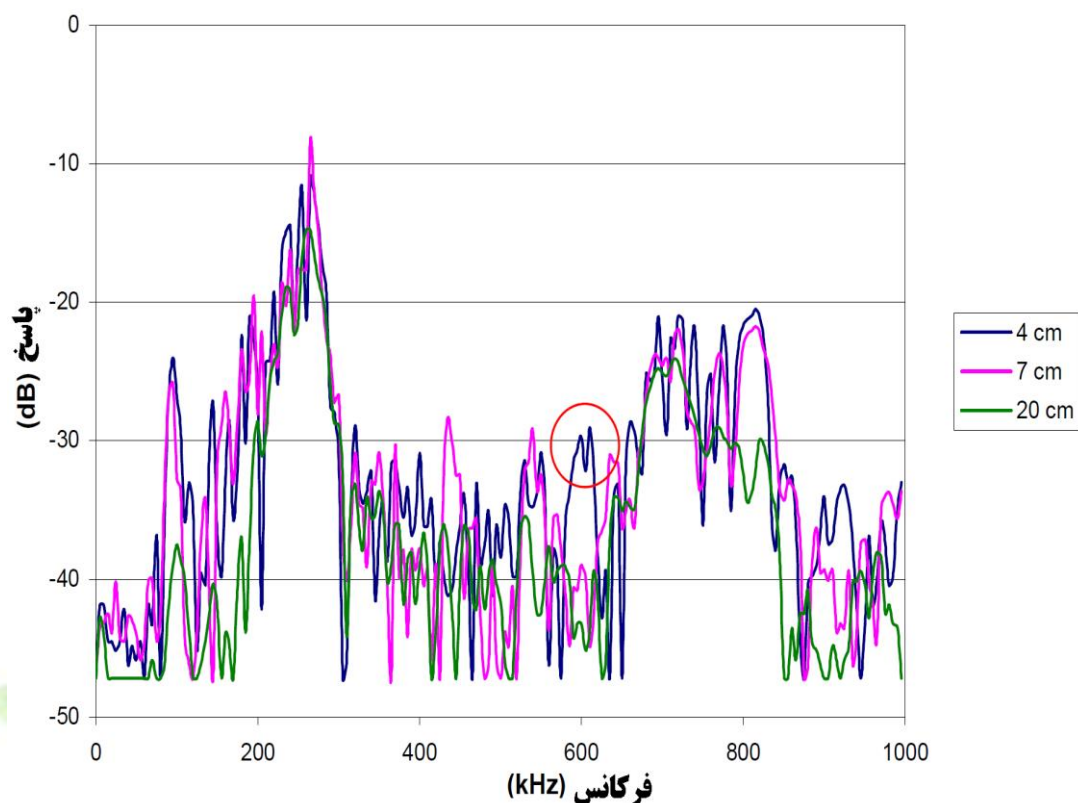
شکل ۱۰-۴) ترسیم طیف، ۱۲ نمونه مختلف از سیگنالهای ورودی در مکانهای مختلف 4cm، 7cm، 12cm، 16cm و 20cm گرفته شده است.

اندازه گیری سیگنال خروجی با استفاده از تجهیزات مشابهی بدست می آید. اگر چه خروجی با استفاده از پورت خروجی پیش تقویت کننده آکوستیکی فیزیکی 1220A اندازه گیری شده اما آمپلی فایر پاسخ فرکانس یکنواخت و صافی را در طول پهنای فرکانس و افزایش دامنه سیگنال از دریافت کننده پیزوالکتریک با فاکتور 40dB دارد.

بنابراین 40dB بایستی از مقدار داده، کم شود و تصویر زیر بدست می آید. شکل ۱۱-۴ تصویری از متوسط خروجی^۱ در 4cm و 7cm و 20cm است.

^۱ توجیه و دلیل اینکه متوسط خروجی، شبیه ورودی می باشد این است که نمونه ها برای هر فاصله بصورت انفرادی و با نظارت و باز بینی، در هر حالت^۱ ترسیم شده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

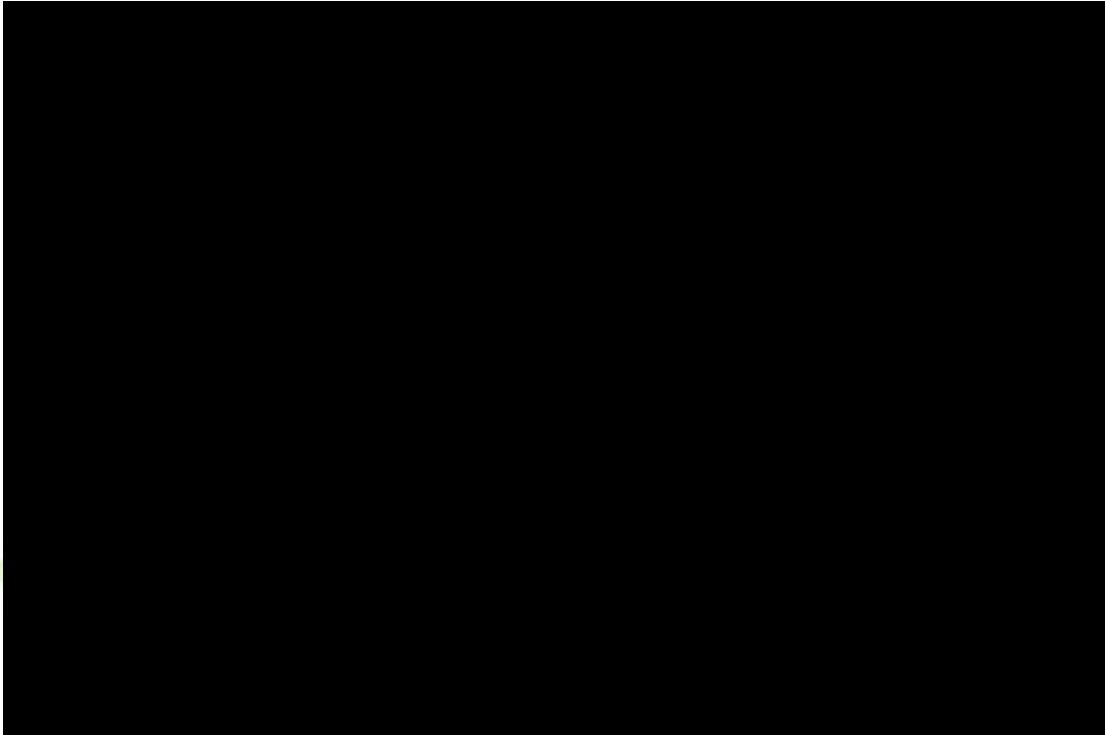


شکل ۱۱ - ۴) ترسیم متوسط خروجی سنسور پیزوالکتریک در فواصل 20 cm , 7 cm , 4 cm دایره قرمز ناحیه غیرعادی داده را نمایش می دهد.

به استثنای ناحیه مشخص شده، بقیه دیتای جمع آوری شده از سه نقطه، از روند انجام کاری پیش بینی شده ایی تبعیت می کند که بدین شرح می باشد: همانطور که فاصله افزایش پیدا می کند دامنه سیگنال دریافتی کاهش می یابد، این امر ناشی از انتشار کروی شکل موج و تضعیف آن توسط آب و دیواره های مخزن است. با این حال یک منطقه غیرعادی پیرامون 600 kHz بوجود آمده، در حالت 4 cm سیگنال دریافت شده 10 dB بزرگتر از حالت 7 cm است ولی بین 7 cm و 20 cm فقط 5 dB اختلاف وجود دارد. آزمایش در 4 cm دوباره تکرار شده تا پیک گستره فرکانسی را تأیید کند. فواصل این بار با افزایش های کوچکتر و ملایمتری همراه است تا نشان دهد، این پدیده بخاطر جذب غیرخطی و چند فاکتور دیگر افتاده است. شکل ۱۲-۳

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تصویری از متوسط خروجی از 4 cm تا 12 cm با گامهای افزایش 1 cm است و همچنین اندازه گیری برای فواصل 16 cm و 20 cm نیز تکرار شده است.



شکل ۱۲-۴) ترسیم طیف سیگنال دریافت شده از سنسور پیزوالکتریک در فواصل مختلف می باشد. دایره قرمزی که در تصویر پررنگ شده است مکان پیک را نمایش می دهد. توجه شود که خط صورتی که با $4b\text{ cm}$ معرفی شده داده ی دوم بدست آمده در فاصله 4 cm می باشد.

نزدیکی بسیار زیاد دو داده ی مربوط 4 cm در شکل ۱۲-۴ وجود مقدار پیک در ناحیه فرکانسی 600 kHz را اثبات می کند. اگرچه در فواصل بزرگتر از 4 cm این مقدار پیک بوضوح از بین رفته است. بنابراین نتیجه می گیریم که وجود مقدار پیک در حالت 4 cm بخاطر بازتابش سیگنال بین سنسورها در این فاصله بوده است و با در نظر گرفتن این حقیقت که پاسخ فرکانسی سنسور در حوالی فرکانس 600 kHz تشدید می شود و یا می تواند برخی از پدیده های میدانی ناشی از دریافت کننده، بسیار نزدیک به منبع سیگنال آکوستیک باعث ایجاد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این ناحیه غیر عادی شده باشد. برای حذف چنین نواحی غیر عادی نبایستی در اندازه گیری های انجام شده توسط سنسورهای فیبر نوری، فواصل این المان ها کمتر از 6 cm از همدیگر باشد.

داده ی نشان داده شده در تصویر ۱۰ - ۴ و تصویر ۱۲ - ۴ ورودی $X(w)$ ، خروجی $Y_1(w)$ را که شامل پیزوالکتریک است، نتیجه می دهد. مقدار باقیمانده داده به مقدار پیزوالکتریک وابسته است و از اندازه گیری آن بدست می آید. دریافت کننده پیزوالکتریک سپس با سنسور فیبر نوری جابجا می شود و آزمایشات دوباره تکرار می شود تا مقدار $Y_2(w)$ بدست آید.

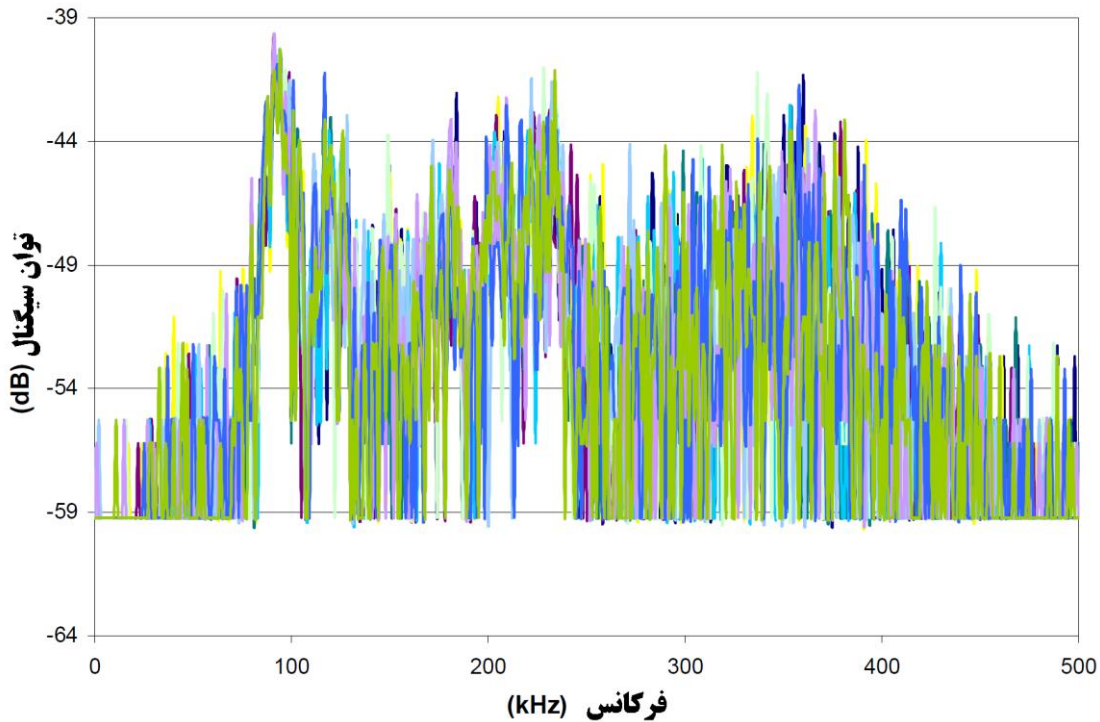
4-4-4 اندازه گیری با سنسور فیبر نوری

شکل پاسخ فرکانسی آزمایش با سنسور تداخل سنج بیرونی $150\mu\text{m}$ - نوع فیبر نوری، همانند آزمایش نشان داده شده در شکل ۷ - ۴ می باشد. برای اینکه مطمئن شویم نتایج آزمایش بدرستی مطابق با تئوری ارائه شده در بخش ۲ - ۳ - ۴ اصلاح شده و تغییر می کند، بنابراین با دو سنسور آزمایش را انجام می دهیم. خروجی هر سنسور ۱۰ بار در ۵ فاصله مختلف ثبت شده تا مطمئن شویم که نتایج با تغییر زمان ثابت می ماند و با تغییر فواصل تغییرات خطی را خواهیم داشت. ۱۰ داده ی مورد نظر با استفاده از تبدیل فوریه سریع در فواصل ۷، ۸، ۹، ۱۰ و 12 cm بدست می آید^۱.

^۱ تنظیم شده است. این تنظیمات در طول فرایند جمع آوری اطلاعات (داده ها) برای هر دو آزمایش منبع پیزوالکتریک به سنسور پیزوالکتریک و همچنین آزمایش سنسور فیبر نوری ثابت مانده است زیرا دامنه تبدیل فوریه سریع وابستگی خطی نسبت به این تنظیمات دارد. در نتیجه بایاس بوجود آمده از این تنظیمات از مقدار پاسخ فرکانسی کم می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای هر یک از ۱۰ مسیر ذکر شده، بین صفر تا 500 KHz تعداد 500 نقطه بعنوان نمونه برداشته شده است. سپس نتایج در داخل نرم افزار Excel مورد آنالیز قرار گرفته است. اطلاعات جمع آوری شده از حالت 7 cm در تصویر ۱۳-4 نمایش داده شده است.



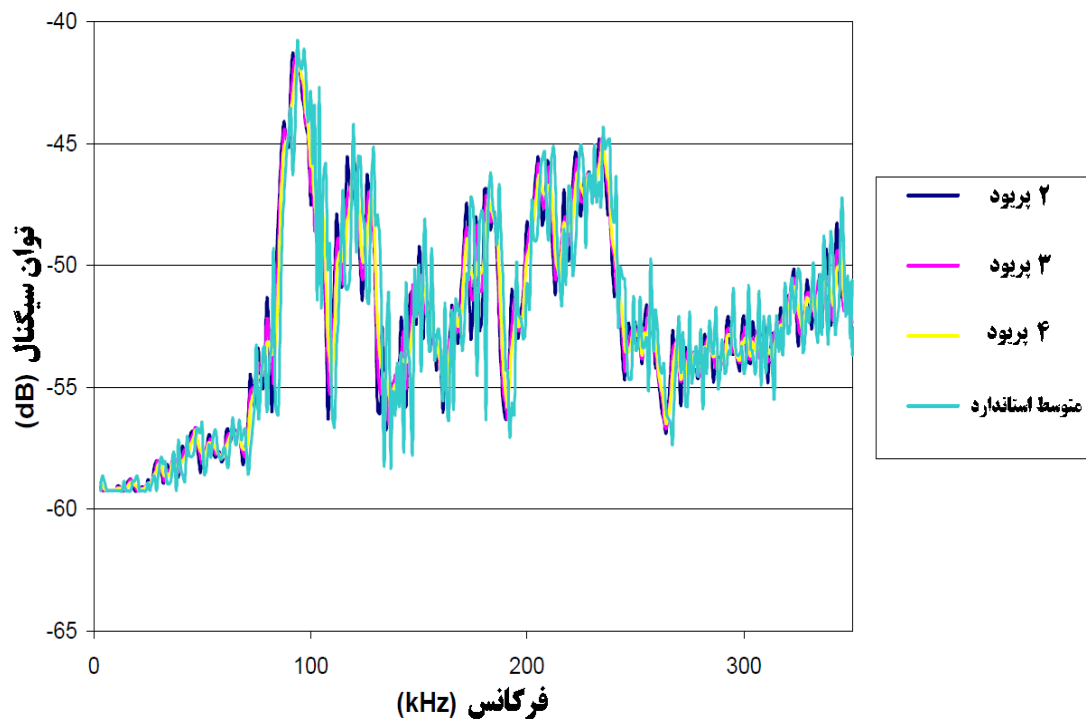
شکل 13-4) محتوای فرکانس ۱۰ نمونه که با سنسور $150 \mu\text{m}$ (با قرارگیری در حالت 7 cm از منبع) برداشته شده است.

تصویر، نشان می دهد که برخلاف آزمایش پیزوالکتریک به پیزوالکتریک، دیتای بدست آمده در هر یک از نمونه های زمانی پایدار نیست. از اینرو بایستی منبع را به جهت رسیدن به پایداری با توجه به زمان تعیین، محدود نمائیم. بدیهی است که نویز مربوط به دریافت کننده الکترواپتیکال پایدار نیست و بسیار بزرگتر از نویزهای حاضر در سیستم دریافت کننده نشان داده شده است^۱. اگرچه دریافت کننده پردازشگر EO شامل یک فیلتر پائین گذر

^۱ ضخامت دیافراگم استفاده شده در سنسور وظیفه مدلاسیون فاصله هوایی بین انتهای فیبر و انتهای سنسور را بر عهده دارد. $150 \mu\text{m}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الکتریکی با برش در 300 kHz می شود، اما شکل ۱۴-۴ اطلاعات جمع آوری شده را تا حد 350 kHz نمایش می دهد تا تصویر سیگنال 3 dB بدست آید. استفاده از ۴ نقطه یاد شده در قسمت باقیمانده آزمایش بوضوح در تصویر دیده می شود.



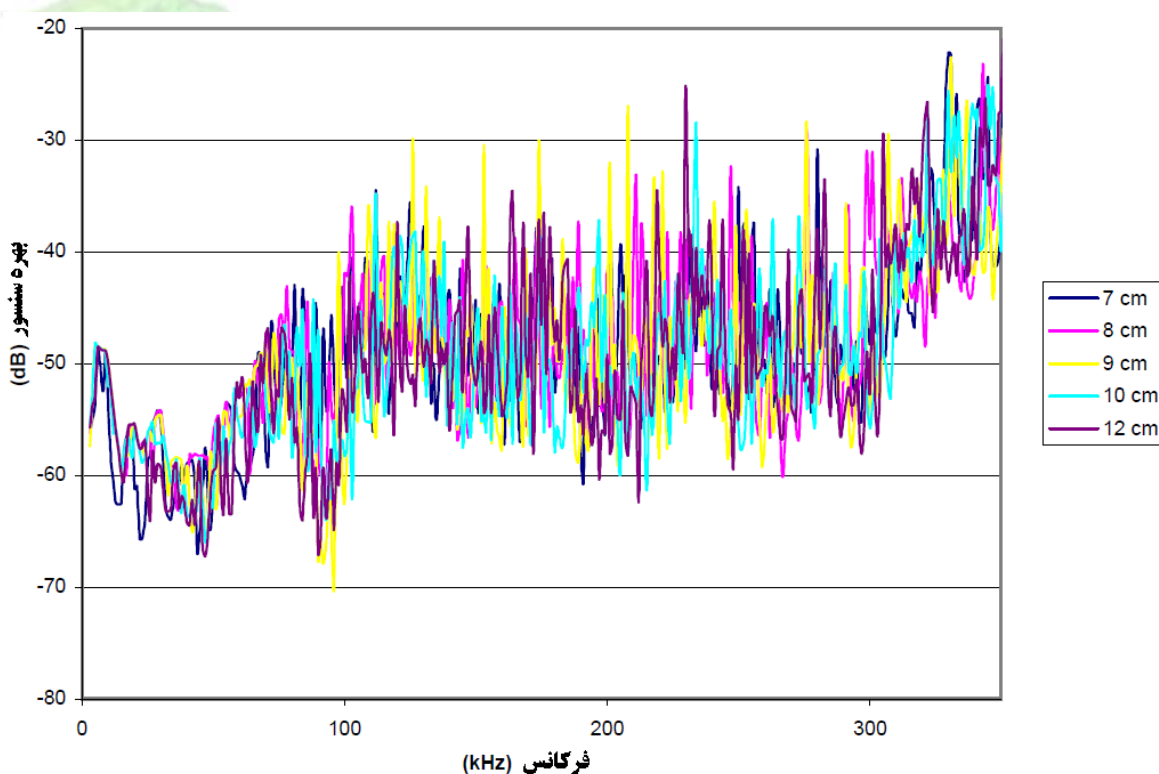
شکل ۱۴-۴) متوسط استاندارد ۱۰ داده ی اندازه گیری شده و متوسط سیگنال در حالت های ۲ و ۳ و ۴ بازه زمانی نسبت به متوسط استاندارد را نشان می دهد و تمامی محاسبات بر اساس اینکه سنسور

فیبر نوری 7 cm از منبع پیزوالکتریک فاصله دارد، انجام شده است.

به محض اینکه خروجی $Y_2 (w)$ مربوط به دو سنسور محاسبه شد، پاسخ فرکانسی هر سنسور با استفاده از داده های گرفته شده از آزمایش سنسور فیبر نوری و آزمایش پیزوالکتریک به پیزوالکتریک تعیین می شود و پاسخ فرکانسی دریافت کننده پیزوالکتریک معلوم می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

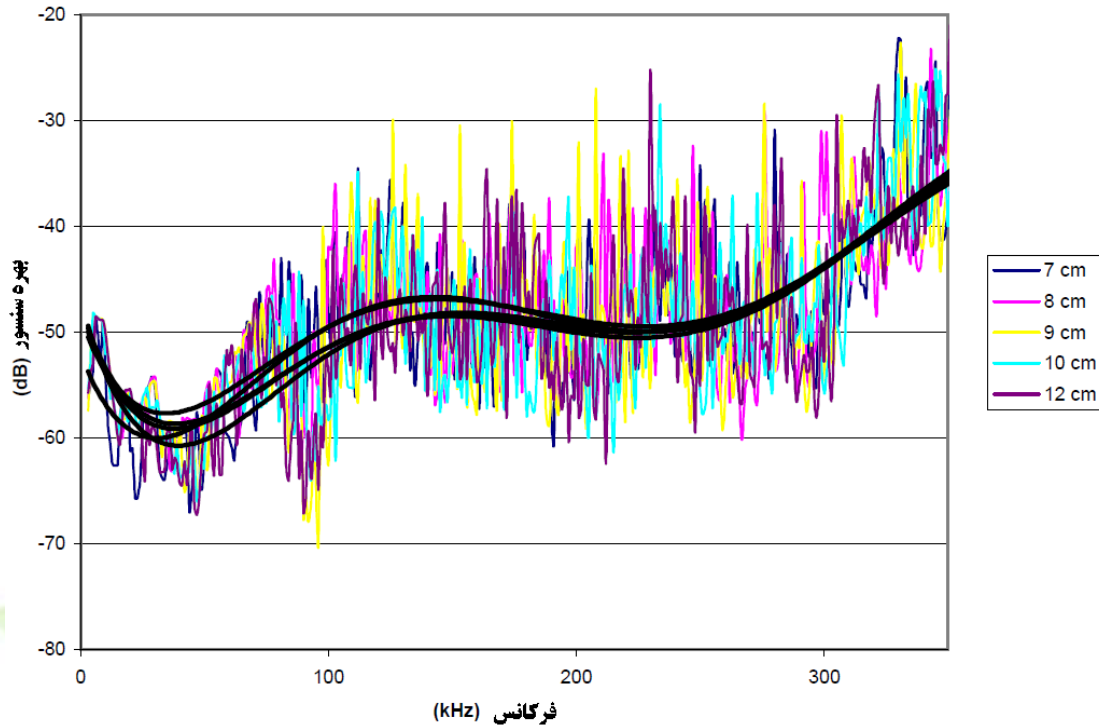
شکل ۱۵-۴ پاسخ فرکانسی سنسور اول را در هر پنج فاصله نمایش می دهد. در حالی که مقدار قابل توجهی از نویز در پاسخ محاسبه شده وجود دارد، می توان با یک چند جمله ای شش مجهولی (شکل ۱۶-۴) مسیر اصلی بدون نویز را بدست آورد. پاسخ فرکانسی سنسور $150\mu\text{m}$ در فرکانس 50 KHz تحت فشار قرار گرفته و در ناحیه بین 100 تا 250 KHz تقریباً یکنواخت و صاف است. این نتیجه بدست آمده از تصویر بخاطر چند دلیل می تواند باشد: نخست، توجیح تئوری ارائه شده در مورد دیافراگم (۲-۳-۴) و دوم اینکه نویز مکانیکی بین 50 تا 60 KHz ترانسفورماتور عملکرد سنسور را تحت تأثیر قرار داده است؛ سوم اینکه سیگنال تخلیه جزئی محتوای فرکانسی قابل توجهی بین 100 تا 300 KHz دارد. این بدان معنی است که اعوجاج کمی را برای سیگنالهای دریافت شده توسط هر سنسور خواهیم داشت.



شکل ۱۵-۴) نتایج آزمایش پاسخ فرکانس برای سنسور اول را نمایش می دهد. هر خط پاسخ فرکانسی محاسبه شده با استفاده از داده های موجود در ۵ فاصله را نمایش می دهد که با استفاده مقدار متوسط (میانگین استاندارد) بدست آمده اند و سپس با استفاده از متوسط

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گیری در ۴ بازه زمانی برای کم کردن اثر نویز پردازش شده است. محاسبات با استفاده از رابطه ۱۱ - ۴ توسط نرم افزار Excel پردازش و محاسبه شده است.

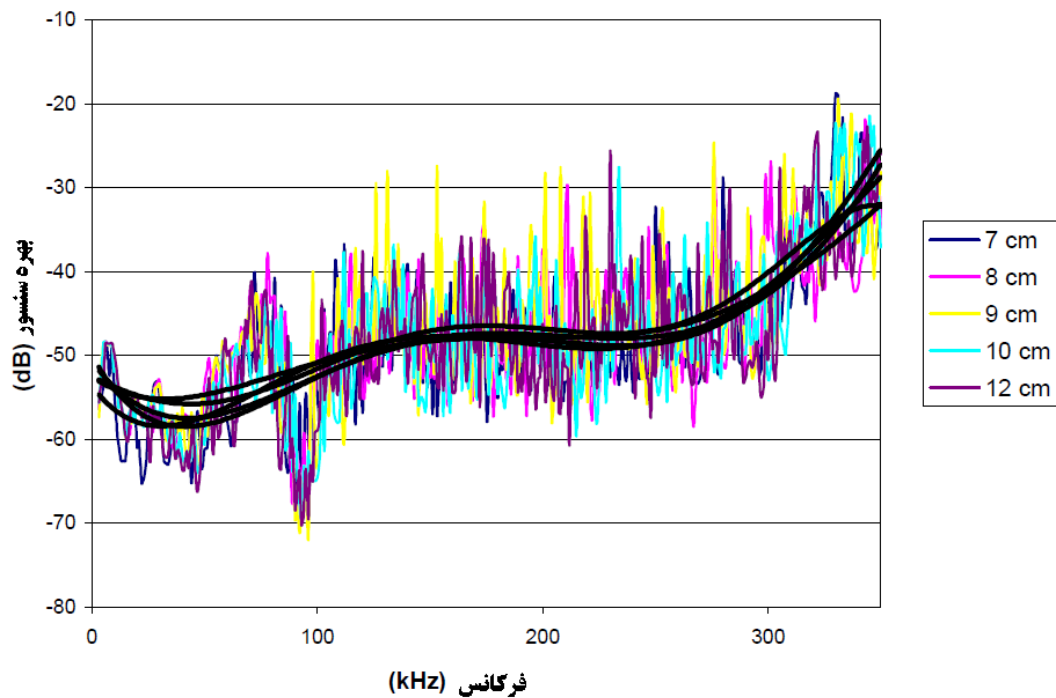


شکل ۱۶ - ۴) ترسیم پاسخ فرکانسی محاسبه شده برای سنسور اول با استفاده از رابطه نش

مجهولی برای بدست آوردن خطوط مناسب بدون نویز پاسخ فرکانسی.

پاسخ فرکانسی محاسبه شده برای سنسور دوم، که آن نیز سنسور $150\mu\text{m}$ است، در شکل ۱۷ - ۴ نمایش داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱۷-۴) نتایج آزمایش پاسخ فرکانس مربوط به سنسور دو را نمایش می دهد. نمودار، پاسخ فرکانسی محاسبه شده در پنج فاصله مختلف را به همراه خطوط نرم حاصله از رابطه شش مجهولی برای هر فاصله، نمایش می دهد.

داده های پاسخ فرکانسی به روشی که برای سنسور اول انجام شده برای سنسور دوم نیز فرایند سازی شده است. مقایسه شکل ۱۶-۴ با شکل ۱۷-۴ نشان می دهد که تصاویر بدست آمده در کل با هم مشابه هستند. اگرچه تفاوتی در مقدار تشدید حوالی فرکانس 50 kHz وجود دارد که در سنسور دوم کمتر از سنسور اول است و منطقه پاسخ فرکانسی یکنواخت و صاف به اندازه 25 kHz شیفیت یافته است اما به هر حال پهنای باند هنوز یکسان باقی مانده است^۱. حتی کمترین و ناچیزترین تفاوتها در شعاع های دیافراگم می تواند باعث بوجود آمدن این شیفیت گردد.

های β این شیفیت احتمالاً به این خاطر است که هیچ دو سنسوری در هنگام ساخت کاملاً شبیه همدیگر نیستند همان مسئله که در مورد ترازبستورها و^۱ متفاوتی که با وجود اینکه فرایند ساختشان یکی بود، بوجود می آمد نیز در مورد سنسورها با وجود یکسان بودن فرایند ساخت آنها وجود دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بنابراین همانطور که انتظار داشتیم پاسخ فرکانسی دو سنسور مقدار ناچیزی با هم تفاوت دارند. همچنین توجه به اینکه مطلب در شکل ۱۷-۴ خطوط نرم مسیر سنسور دوم به اندازه سنسور اول کنار هم جمع نشده اند، خالی از لطف نیست. این انحراف خطوط در سنسور دوم را می توان با تشریح این موضوع که نسبت نویز برای سنسور دوم کمتر از سنسور $150\mu\text{m}$ اول است، توجیح کرد. بنابراین نویز گذرا اثر بزرگتر و بیشتری را روی داده های جمع آوری شده توسط سنسور دوم گذاشته است. با این حال این خطوط بقدر کافی به هم نزدیک هستند تا پاسخ فرکانسی سنسور دوم تشخیص داده شود.

نتایج این دو آزمایش اثبات کرد که سنسور بیرونی $150\mu\text{m}$ - نوع فیبر نوری قادر به آشکار سازی سیگنال آکوستیک شبیه سازی شده در منبع تخلیه جزئی است. بعلاوه این سنسورهای ویژه قادر به فراهم نمودن مشخصه های پالسی قابل اطمینانی هستند. همچنین این سنسور ها در نواحی که فرکانسهای سیگنال تخلیه جزئی، یکنواخت و صاف است اعوجاج کمی را تجربه می کند. در مرحله بعدی تحقیقات به تعیین و آزمایش متدلوزی مکان یابی یک منبع تخلیه جزئی در مخزن ترانسفورماتور قدرت می پردازیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

طراحی سیستم مکان یاب

مقدمه

موضوع دوم این پروژه تعیین مکان تخلیه جزئی بر مبنای سیگنالهایی است که سنسورهای واقع شده در داخل مخزن دریافت می کنند. برای انجام و طراحی سیستم مکان یاب تخلیه جزئی بایستی چهار موضوع را لحاظ کنیم و براساس آنها پیش برویم:

(۱) تعریف پارامترهای سیستم، بعنوان مثال دقت مکان یابی؛
 (۲) انتخاب الگوریتم مکان یاب تخلیه جزئی که دقت کافی در انجام این امر را داشته باشد و بتوان آن را بصورت برنامه کامپیوتری پیاده نمود؛

(۳) شبیه سازی سیگنالها و آزمایش نمودن قابلیت الگوریتم طراحی شده، تا خواسته های مذکور را تامین کند؛

(۴) آزمایش عملکرد سیستم با استفاده از داده های تجربی بدست آمده از سنسورهای فیبر نوری.

۱- ۵) ذکر خصوصیات سیستم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هدف از مکان یابی منبع تخلیه جزئی در واقع تشخیص و تعمیر ناحیه ای از عایق است که شکست عایقی در آنجا اتفاق افتاده است. بنابراین بسیار مهم که سیستم مکان یاب دقت کافی را داشته باشد، تا سنجش وضعیت تجهیز برای اوپراتور مفید واقع گردد. در فصل سوم، دو مثال از سیستم های مکان یابی ارائه شد، یکی با دقت مکان یابی ۸ اینچ [28] و دیگری با دقت ۲۰۰ میلی متر مکعب^۱ [29] بود. در سایر آزمایشات تخلیه جزئی، منابع شبیه سازی مکان تخلیه جزئی نوعا بین $10^{mm} - 1$ [30] و $1/5 - 2/5$ cm [31] است. براساس این اطلاعات، مکان یابی با دقت $\pm 5^{cm}$ را در راستای هر محور برای سیستم و آشکار ساز آکوستیک تخلیه جزئی انتخاب نموده شد.

پارامتر دوم که بایستی تعریف شود مقدار زمان لازم برای دستیابی به مکان تخلیه جزئی با دقتی است که قبلا ذکر شد. برای اینکه مکان یابی در زمان واقعی سیستم و نه با تأخیر انجام شود نیاز است که دو یا چندبار تخلیه جزئی را مکان یابی نمائیم، چرا که نسبت تکرار سیگنال تخلیه جزئی ممکن است نیاز به زمان چند دقیقه ای و یا چند ساعتی داشته باشد. بنابراین سیستم طراحی شده بایستی طوری محاسبات را انجام دهد که این محاسبات بدون در نظر گیری مرزهای خطا باشد، تا بتواند مکان یابی را در زمان واقعی سیستم انجام دهد.

۲ - ۵) الگوریتم مکان یاب

الگوریتم مکان یاب به جهت یافتن سیگنال آکوستیک در مخزن یک ترانسفورماتور بکار گرفته می شود که آن نیز بر مبنای گستره روابط در یک نقطه معلوم تا مکان منبع تعریف می شود. شکل ۱-۵ تصویر هندسی استفاده شده برای تعریف گستره روابط در دو بعد را نمایش می دهد.

می شود. X, Y, Z در راستای هر محور $\pm 10^{cm} \pm 200$ میلی متر مکعب، خطای^۱

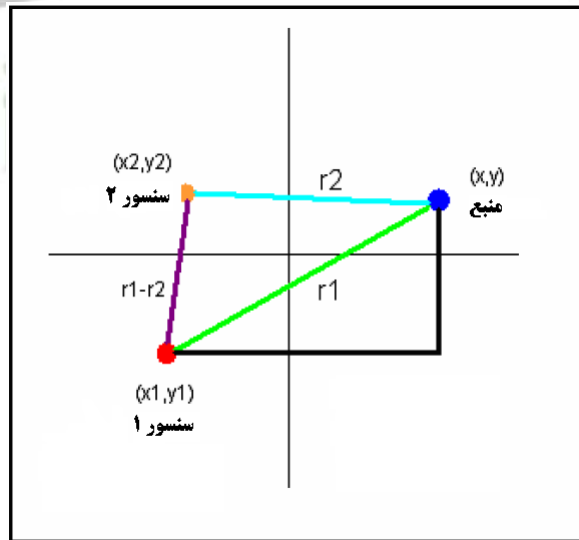
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گستره بین منبع و سنسور را می توان بصورت مسیرهایی در نظر گرفت که تئوری فیثاغورث بیان کرده است. در فضای سه بعدی می توان این گستره را بصورت زیر تعریف کرد.

$$r_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2$$

رابطه (۱ - ۵)

که (x, y, z) مربوط به منبع و (x_1, y_1, z_1) مربوط به سنسور هستند. برای هر سنسور با استفاده از این روابط گروهی می توان رابطه تشکیل داد که منجر به ایجاد روابط غیرخطی می شود. روشهای بسیار زیادی برای حل روابط غیرخطی گسترش یافته اند. یکی از روشهای بسیار رایج، روش نیوتن رافسون می باشد که با استفاده از بسط سری تیلور برای خطی سازی سری روابط و یک الگوریتم تکرار برای پیدا نمودن جواب رابطه با انجام تخمین یک مقدار اولیه می باشد. اگرچه این روش نیاز به حدس درست و نزدیک به جواب دارد تا جوابها واگرا نگردند، اما این روش می تواند محاسبات سریعی را از لحاظ انجام روند محاسباتی داشته باشد.



شکل (۱ - ۵) طرح و هندسه ی گستره روابط بین منبع و سنسور، در دو بعد $x - y$ بیان شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش تکرار نیوتن رافسون با استفاده از گستره روابط دو سنسور، روابط دیفرانسیلی را تشکیل می دهد. اگر گستره روابط بعنوان سرعت صوت، در زمان متوسط از زمان انتشار سیگنال نوشته شده باشد، بنابراین روابط دیفرانسیلی می تواند بصورت روابط اختلاف زمانی بین دو سنسور نوشته شود که این امر باعث می شود، سیستمی از روابط خطی شکل گیرد^۱. این روابط وابسته به تنظیم منبع و گستره روابط مجهول سنسور اول از منبع می باشد.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} x_{21} & y_{21} & z_{21} \\ x_{31} & y_{31} & z_{31} \\ x_{41} & y_{41} & z_{41} \end{bmatrix}^{-1} \times \left\{ \begin{bmatrix} r_{21} \\ r_{31} \\ r_{41} \end{bmatrix} r_1 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} r_{21}^2 - K_2 + K_1 \\ r_{31}^2 - K_3 + K_1 \\ r_{41}^2 - K_4 + K_1 \end{bmatrix} \right\}$$

رابطه (۲-۵)

که مقادیر (x_{i1}, y_{i1}, z_{i1}) اختلاف فواصل بین سنسور i ام تنظیم شده با اولین سنسور می باشد، Γ_{i1} سرعت صوت در بازه زمانی متوسط و اختلاف زمانی بین سنسور i ام با سنسور اول می باشد. Γ_1 گستره سنسور اول تا منبع می باشد و $k_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$ می باشد اگر همه هماهنگی منبع (X, Y, Z) در عبارت Γ_1 حل شوند، نتیجه حاصله را می توان در گستره رابطه سنسور اول (رابطه ۱-۵) برای حل Γ_1 در نظر گرفت.

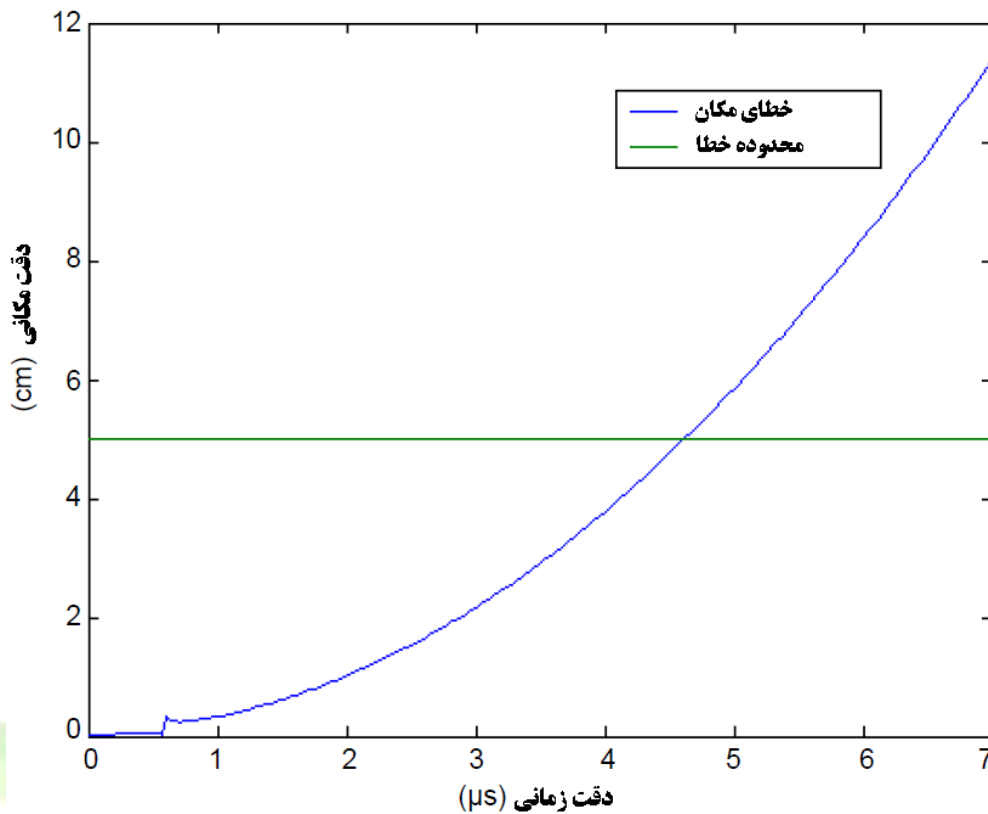
به محض اینکه ریشه های مثبت روابط درجه دوم تعیین شدند، مقدار r_1 می تواند در رابطه (۲-۵) مورد استفاده قرار گیرد تا هماهنگی منبع تعیین گردد [32].

برای درک اینکه چگونه خطا در محاسبات اختلاف زمانی دریافت سیگنال می تواند باعث تحت تأثیر قرار دادن دقت سیستم مکان یاب گردد، رابطه بین خطای مکان و خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال می تواند محاسبه شود^۲. شکل ۲-۵ نتایج حاصله از محاسبات را نمایش می دهد. برای تنظیم مرز خطا در بخش ۱-۵. اختلاف زمانی بایستی در مدت $4/6 \mu s$ شناخته شده باشد.

^۱ سیستم شامل سه معادله است هنگامی که از چهار سنسور استفاده شده است.

^۲ معلوم هستند $\pm 0/5^{mm}$ با این فرض که مکانها و موقعیت های سنسور با دقت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-۵) خطای موقعیت یابی که تابعی از دقت اختلاف زمانی دریافت سیگنال می باشد. این نمودار با جابجایی تمامی مقادیر اندازه گیری شده در رابطه (۲-۵) با مقادیر نامشخص آنها بدست آمده است. مقادیر نامشخص اختلاف زمانی دریافت سیگنال بین صفر تا هفت میکرو ثانیه تغییر می کند و می توان فهمید که برای بدست آوردن موقعیت با مرز خطای 5cm \pm ، اختلاف زمانی دریافت سیگنال برای هر سنسور بایستی در کمتر از $4/6\mu\text{s}$ معلوم گردد.

۳-۵) ورود اختلاف زمانی

الگوریتم مکان یاب که در این بخش معرفی می گردد حل دقیقی از گستره روابط دیفرانسیلی است که اگر سرعت آکوستیکی پالس بر ثابت بودن در یک مقدار مشخص مفروض باشد، بنابراین دقت موقعیت محاسبه شده بوسیله اختلاف زمانی نامشخصی از ورود یافته ها برای هر یک جفت سنسور و دقت معلوم از موقعیت های سنسورها تعیین می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۳-۵) آشکار سازی محاسبات با استفاده از فیلترهای بالاگذر

آشکار سازی محاسبات با استفاده از فیلترهای بالاگذر، ارزیابی اولیه ایی از تعیین اختلاف زمانی ورود سیگنال به هر جفت سنسور می باشد. از آنجایی که جزئیات لبه سیگنالها شامل مؤلفه های فرکانس بالا هستند، بنابراین می توان با استفاده از یک فیلتر بالا گذر افزایش فرکانس لبه، هر پالس آکوستیکی را یافت. سپس اختلاف زمانی را می توان با کم کردن موقعیت های زمانی از هر لبه بالا رونده بدست آورد.

برای تست این متدلوژی دو منحنی سینوسی با تأخیر زمانی توسط نرم افزار متلب بوجود می آوریم.

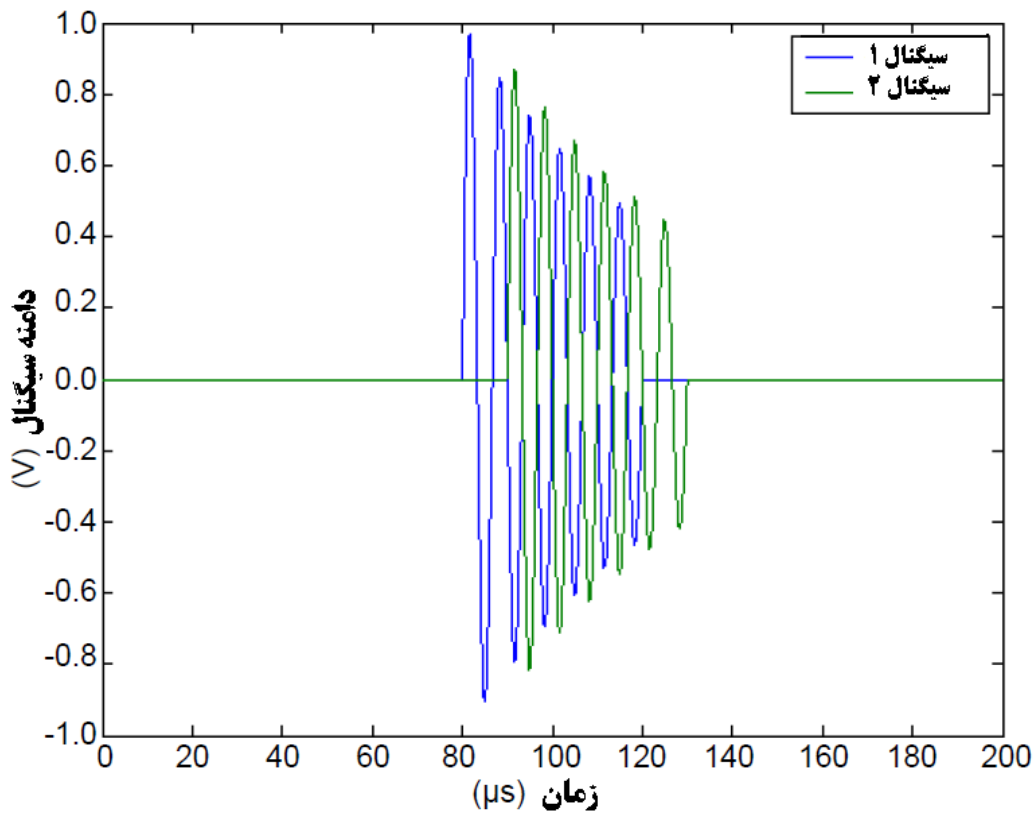
شکل ۳-۵ و شکل ۴-۵ دو سیگنال حوزه زمان و همچنین تبدیل فوریه آنها را نمایش می دهد که با استفاده از تبدیل فوریه سریع بدست آمده است.

هر سیگنال با استفاده از یک فیلتر بالاگذر ایده آل با برش فرکانسی در فرکانس 625 Hz ، فیلتر می شود. نتایج بدست آمده سیگنالهای حوزه زمانی با استفاده از عکس تبدیل فوریه سریع^۱ بازیابی می شوند. شکل ۲-۵ سیگنالهای فیلتر شده حوزه زمان را به همراه سیگنالهای اصلی نمایش می دهد. لبه های بالا رونده و منحنی سینوسی توسط تابع سینک بیان می شود. موقعیت های مکانی و پیک های تابع سینک^۲ با استفاده از تابع \max (در متلب بدست می آیند و سپس از همدیگر کم می شوند تا اختلاف زمانی بین دو سیگنال بدست آید. با استفاده از این متدلوژی یک اختلاف زمانی $10/00 \mu\text{s}$ خواهیم داشت که تا حد $0/01 \mu\text{s}$ دقت دارد.

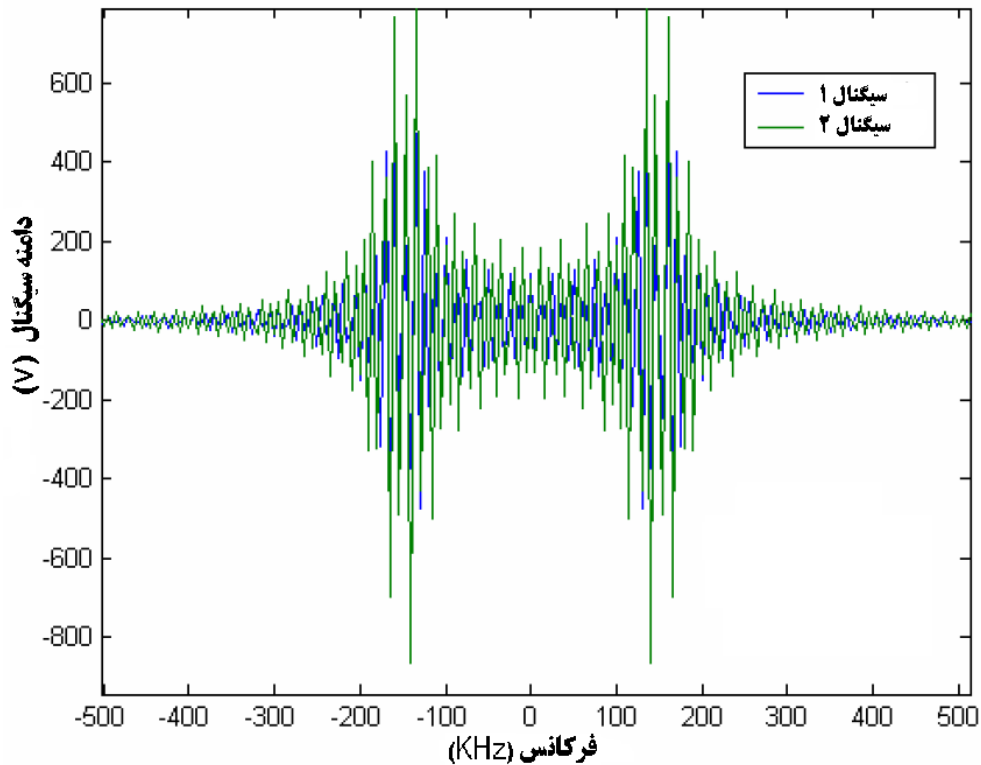
¹ Inverse Fast Fourier Transform (iFFT).

² Sinc function.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

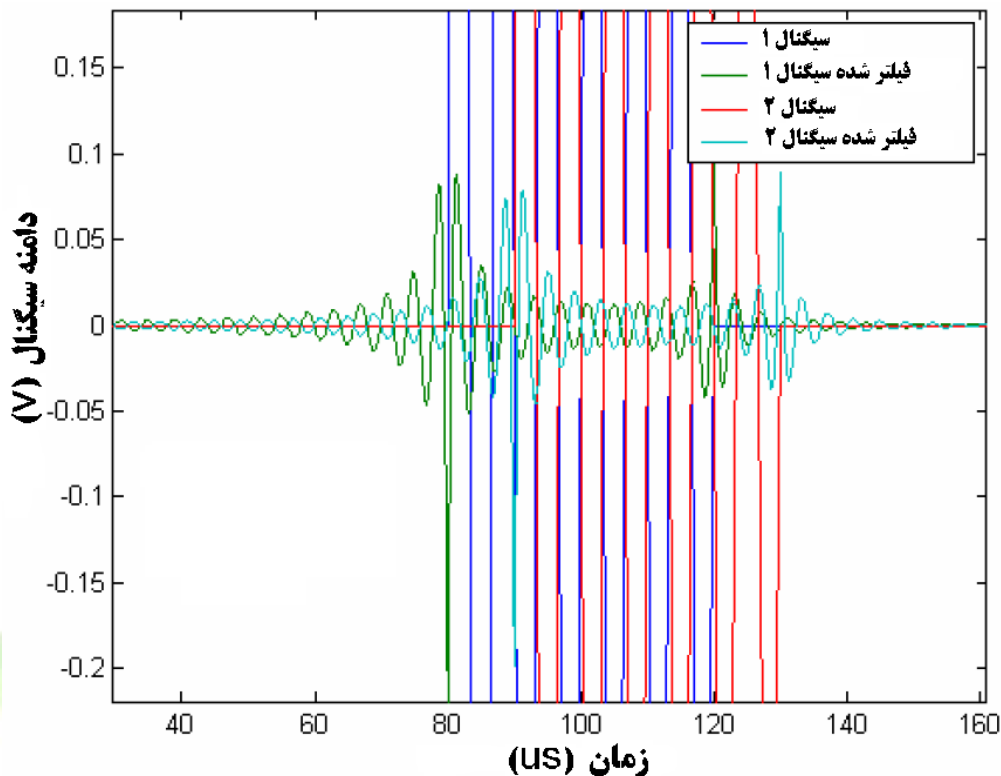


شکل ۳-۵) ترسیم دو سیگنال بدون نویز تخلیه جزئی، شبیه سازی شده با ورودی سینوسی به فرکانس 150 kHz و تفکیک $10/00 \mu\text{s}$ هیچ نویزی به این نقطه اضافه نشده، تا دقت پردازش خود فیلتر ارزیابی گردد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۴- ۵) تبدیل فوریه دو سیگنال ورودی سینوسی در شکل ۳- ۵ که بوسیله تابع تبدیل فوریه سریع در متلب بدست آمده است. توابع نمایش داده شده در اینجا سیگنالهای سینوسی خالصی هستند که هیچ نویزی به آنها اضافه نشده است.



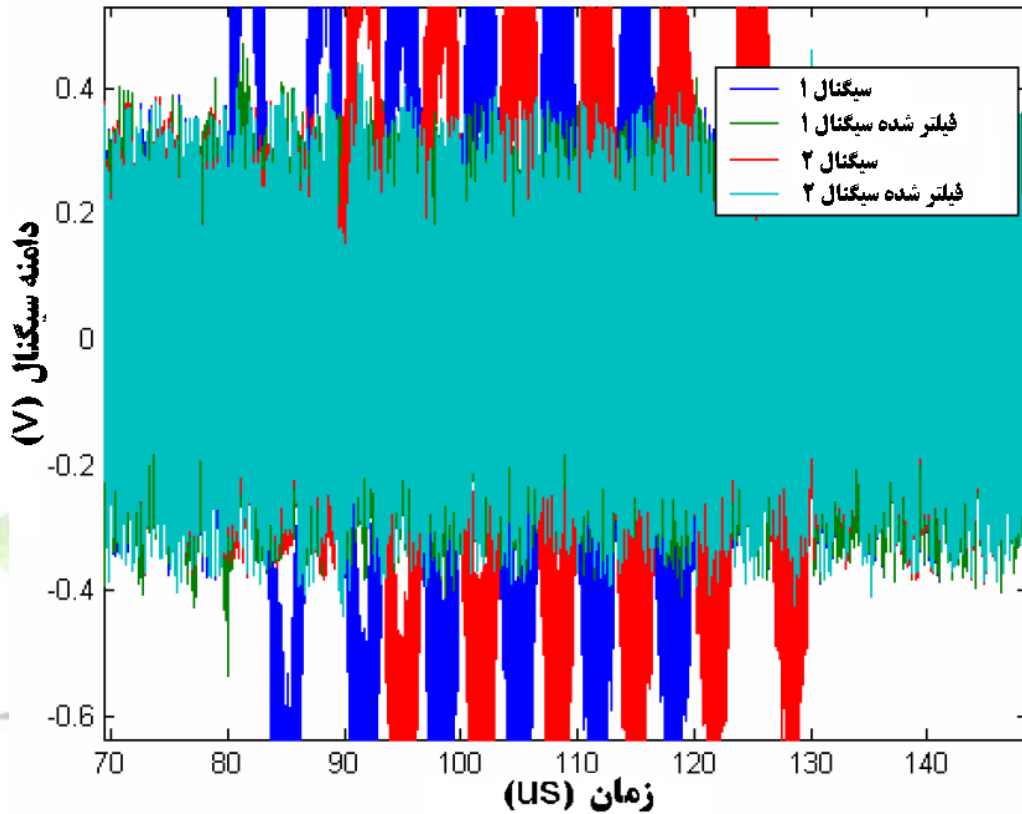
شکل ۵- ۵) مقایسه سیگنالهای حوزه زمان اصلی و سیگنال فیلتر شده با استفاده از فیلتر بالا گذر با برش فرکانس در فرکانس 625 Hz . توجه شود که هر ورودی سینوسی، در لبه بالارونده تابعی شبیه تابع سینک را بوجود می آورد. موقعیت زمانی هر یک از این پیک ها هنگامی که از هم کم می شوند، اختلاف زمانی بین دو سیگنال را نتیجه می دهد.

فیلتر نمودن سیگنالها در غیاب نویز به نحو بسیار خوبی انجام می پذیرد. برای ارزیابی تأثیر نویز در سیگنالها، از تولید کننده اعداد تصادفی^۱ در متلب استفاده شده تا نویز را به صورت تصادفی در سیگنال وارد کند که در شکل ۳- ۵ برای نسبت نویز به سیگنال 8 dB (بر مبنای مقدار پیک تا پیک) مشاهده می کنیم. شکل ۶- ۵ سیگنالهای حوزه زمان نویز دار را به همراه نتیجه فرآیند فیلترینگ نمایش می دهد. تأخیر زمانی بین دو سیگنال در مقدار

^۱ The random numbers generator.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$4/987\mu s$ به جای اینکه $10\mu s$ باشد، یافت شده که نتیجه نهایی خطای مکان را به مقدار $6\text{cm} \pm$ نتیجه می دهد. بنابراین، جایگزینی و تناوب روش فیلترینگ برای تعیین اختلاف زمانی دریافت سیگنال بدین صورت مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۶-۵) سیگنالهای شبیه سازی شده به همراه نویز و نتیجه سیگنالهای فیلتر شده را نمایش می دهد. پهنای باند فیلتر در تصویر نمایش داده شده در شکل ۵-۵ یکسان است. نسبت سیگنال به نویز برای هر سیگنال بر مبنای مقدار پیک تا پیک 8dB است.

2-3-5) همبستگی

یک راه دیگر برای یافتن اختلاف زمانی ورود، بین دو سنسور کانوالو کردن^۱ (ضرب پیچشی) دو سیگنال می باشد. از آنجایی که سیگنال دریافت شده در هر دو سنسور بجزء در تأخیر زمانی و شدت سیگنال یکسان

^۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

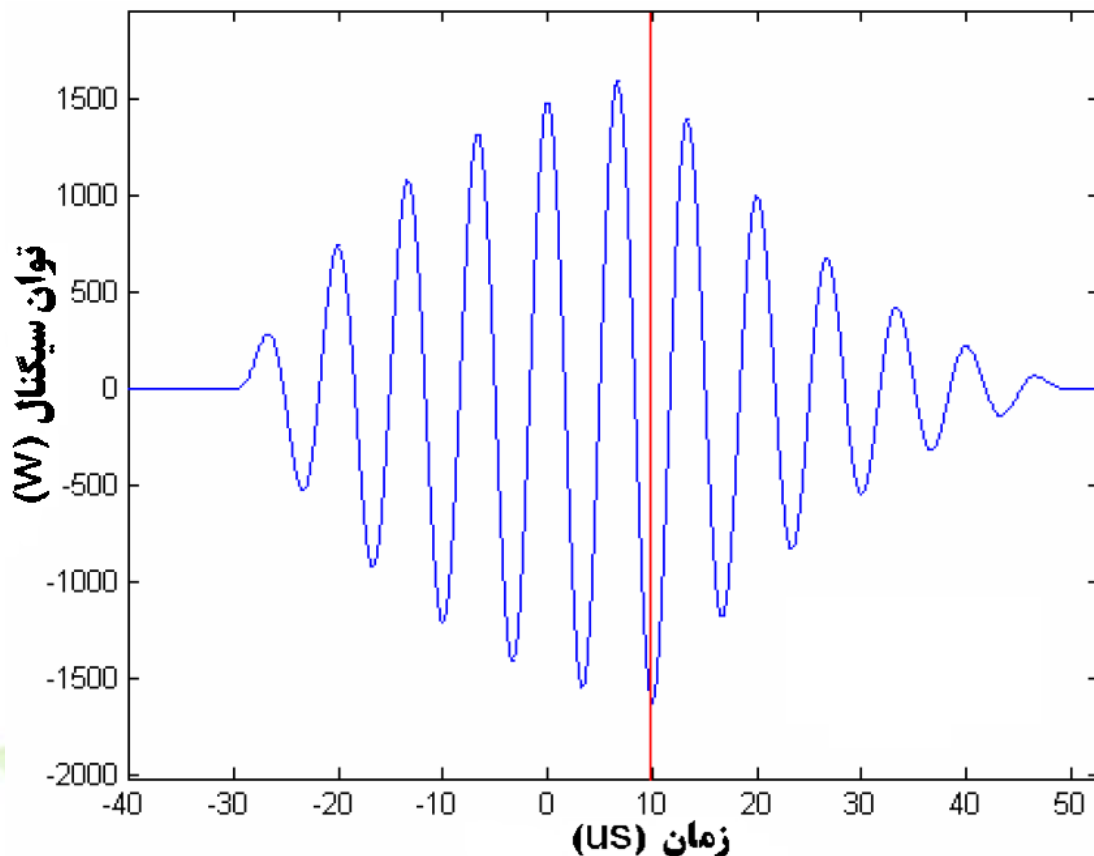
هستند، بنابراین کانولوشن یک نوع اتو همبستگی^۱ با یک شیفت زمانی را باعث می شود.^۲ تأخیر زمانی را با مکان یابی پیک منحنی اتو همبستگی می توان تعیین کرد. اگر سیگنالها یکسان و برابر باشند، پیک منحنی در صفر قرار خواهد گرفت، ولی شیفت زمانی باعث می شود که پیک منحنی اتو همبستگی به همان مقدار که سیگنالها شیفت داشته اند، از نقطه صفر جابجا گردد. این موضوع نشان می دهد که با استفاده از همبستگی دو موج پالس مربعی، می توان تأخیر زمانی درست را بدست آورد حتی اگر نویزی وجود داشته باشد (پیوست الف را مشاهده کنید).

با این حال سیگنال دریافت شده توسط سنسورهای فیبر نوری یک ورودی سینوسی با دوره تناوب های بسیار کم به همراه پوش سیگنال می باشد، همانطور که در شبیه سازی بخش 1-3-5 نشان داده شده است. تصویر ۷-5 کانولوشن دو سیگنال موجود در شکل ۳-5 را نشان می دهد که با استفاده از تابع $\max()$ در متلب تفکیک یافته شده و مقدار آن $9/98^{18}$ می باشد همچنین مقدار خطای آن فقط $0/2\%$ می باشد.

^۱ 

^۲ کانولوشن و همبستگی دو سیگنال اگر دو سیگنال واقعی باشند یکسان است. فقط سیگنالهای واقعی در این شبیه سازی آنالیز می شود چرا که این سیگنالهای بدست آمده در نواحی بهره برداری شده، حقیقی خالص هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۷-۵) منحنی همبستگی برای دو سیگنال سینوسی نشان داده شده در تصویر ۳-۵. خط قرمز مقدار پیک را متناسب با اختلاف زمانی $9/98\mu\text{s}$ نمایش می دهد.

بدیهی است که روش همبستگی همانند روش فیلترینگ برای تعیین اختلاف زمانی دریافت سیگنال در

سیگنال ورودی سینوسی بدون نویز عملکرد خوبی دارد. بعلاوه اگر نویز به دو سیگنال اضافه شود، مقدار نسبت

نویز به سیگنال هشت دسی بل می شود، اختلاف زمانی $10/025\mu\text{s}$ با استفاده از روش کانولوشن بدست می آید،

در حالی که روش فیلترینگ اختلاف زمانی فقط $5\mu\text{s}$ را می دهد. اگر نسبت نویز به سیگنال به اندازه $0/00\text{dB}$

کاهش پیدا کند، در روش کانولوشن اختلاف زمانی به مقدار $9/99\mu\text{s}$ می رسد. بنابراین کانولوشن بسیار قوی

تر از روش فیلترینگ در تعیین دقت اختلاف زمانی دریافت سیگنال می باشد.

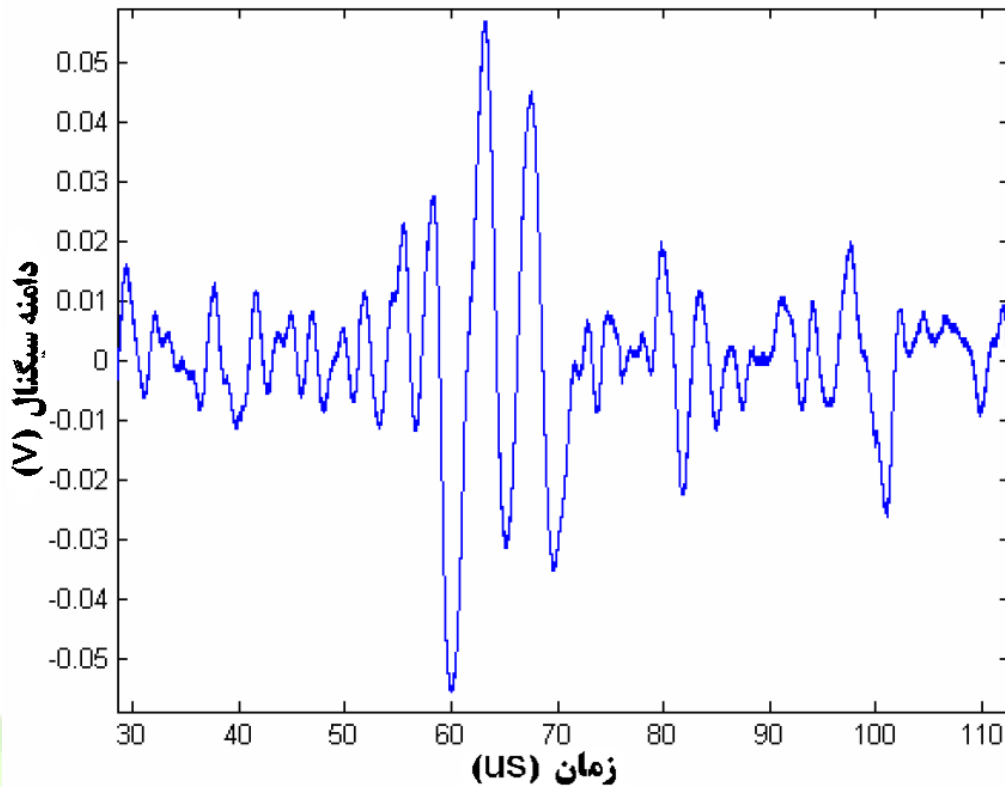
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هنگامی که اختلاف زمانی دریافت سیگنال در پیش بینی مکان تخلیه جزئی به دقت بحرانی می رسد، به قسمت نهایی تعیین مکان و موقعیت تخلیه جزئی قدم بر می داریم. برای معلوم کردن خطای موقعیت ناشی از خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال بدست آمده، یک سری از شبیه سازی های موقعیت یابی را در نرم افزار اجرا می کنیم.

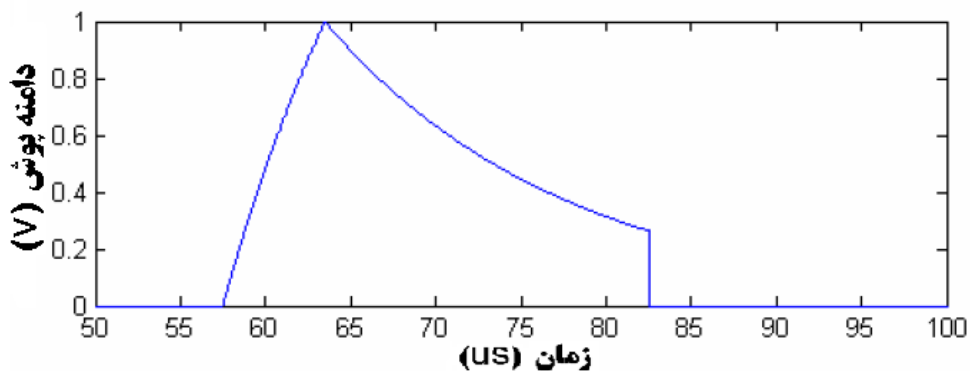
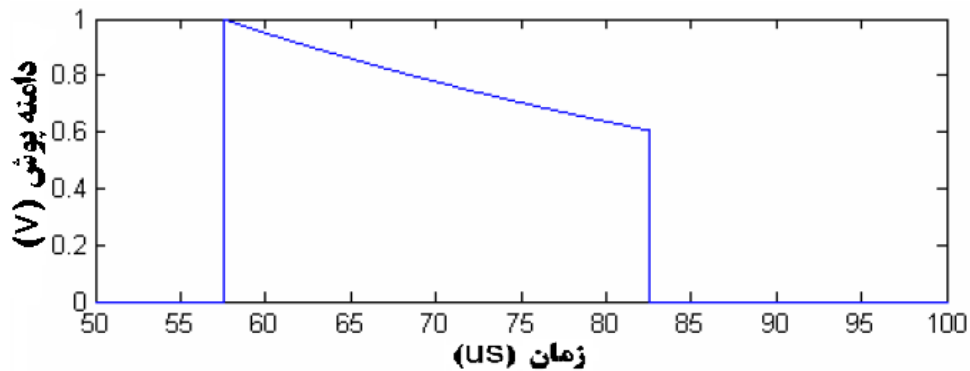
نخست یک سیگنال شبیه سازی شده بهبود یافته برای افزایش دقت بازتابش شکل سیگنال بدست می آوریم. شکل ۸-۵ معرفی یک سیگنال بدست آمده از سنسور بیرونی نوع فیبر نوری در آزمایشگاه را نمایش می دهد. تفاوت قابل توجه پوش سیگنال شبیه سازی شده در شکل ۳-۵ نمایش داده شده است و این تفاوت بخاطر وجود صعود و نزول نمایی سیگنال می باشد. برای تصحیح این اختلاف، پوش نشان داده شده در وسط شکل ۹-۵ در شبیه سازیهای بعدی با منحنی سینوسی 150 KHz مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۱۰-۵ کل سه سیگنال را برای مقایسه را نمایش می دهد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

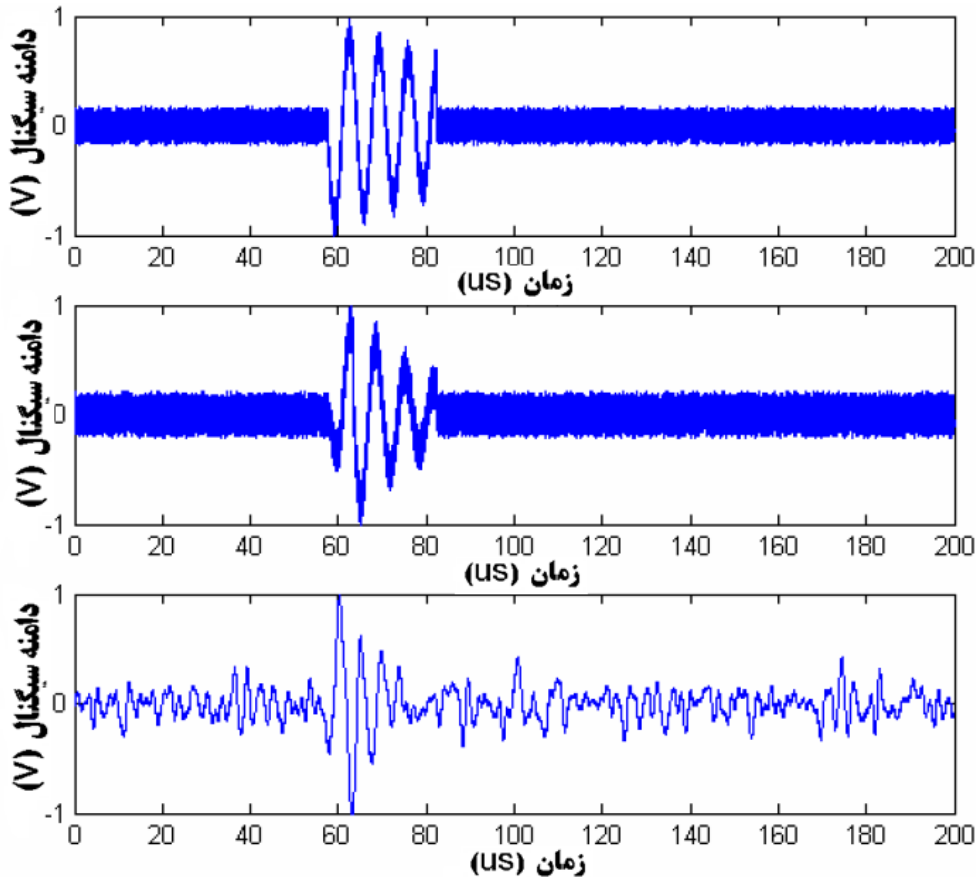


شکل ۸-۵) سیگنال حوزه زمان بدست آمده از سنسور بیرونی نوع فیبر نوری هنگامی که سنسور 7 cm از منبع سیگنال آکوستیک (منبع تخلیه جزئی) فاصله دارد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۹-۵) پوش های سیگنال تخلیه جزئی شبیه سازی شده با استفاده از شبیه سازی خطا. تصویر بالایی نمونه سیگنال تنزل یافته نمایی را نشان می دهد. در حالی که در تصویر پائینی سیگنال، هم صعود و هم نزول نمایی دارد.



تصویر ۱۰-۵) مقایسه دو سیگنال شبیه سازی شده را به همراه سیگنال داده شده از سنسور، نمایش داده شده است. تصویر بالایی، سیگنال با نزول نمایی با لبه پله را نمایش می دهد، شکل وسطی تصویری از سیگنال شبیه سازی جدیدی که هم صعود و هم نزول نمایی دارد را نمایش می دهد و تصویر پائینی سیگنال نشان داده شده در شکل ۸-۵ را نمایش می دهد.

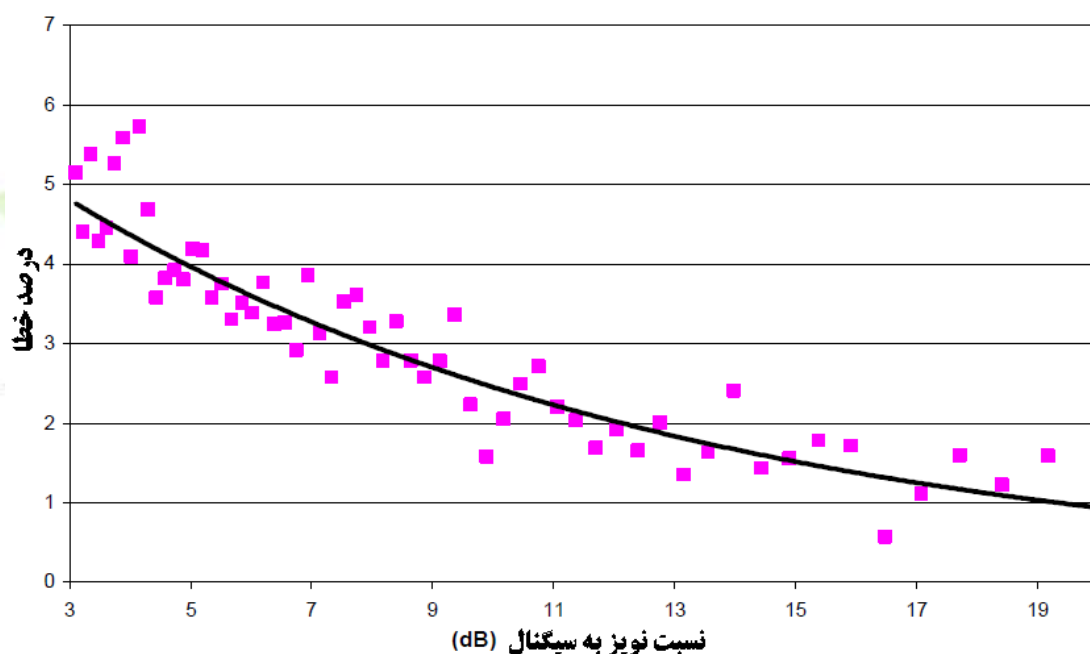
محاسبات خطای تصاویر بالا با فرض ثابت بودن پارامترهای سیگنال عبارتند از:

$$f = 150^{KHz}, \Delta T = 10^{\mu s}, SNR = 8^{dB}$$

با این حال به خاطر ماهیت متغیر پدیده تخلیه جزئی، که در فصل سوم توضیح داده شده، بسیار مهم است که بدانیم چگونه تغییرات پارامترهای سیگنال آکوستیک بر دقت محاسبات اختلاف زمانی دریافت سیگنال تأثیر می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گذارند نخست در شبیه سازی خطا، بهم فشردگی نسبت نویز به سیگنال در اختلاف زمانی های موجود مورد ارزیابی قرار می گیرد. نسبت نویز به سیگنال مربوط به دو سیگنال ورودی 150KHz شبیه سازی شده است و اختلاف زمانی ثابت $67/5\mu\text{s}$ بین توان ۳ تا 20 dB تغییر می کند. همانطور که در تصویر ۱۱-۵ نمایش داده شده است، خطای اختلاف زمانی به صورت نمایی کاهش می یابد به محض اینکه نسبت نویز به سیگنال دو سیگنال افزایش می یابد، در رسیدن به خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال با دقت موقعیتی $5\text{cm} \pm$ اختلاف زمانی موجود $5\mu\text{s}$ است، نسبت نویز به سیگنال سیگنالها با پارامترهای تعریف شده در بالا بایستی کمتر از 4 dB باشد.

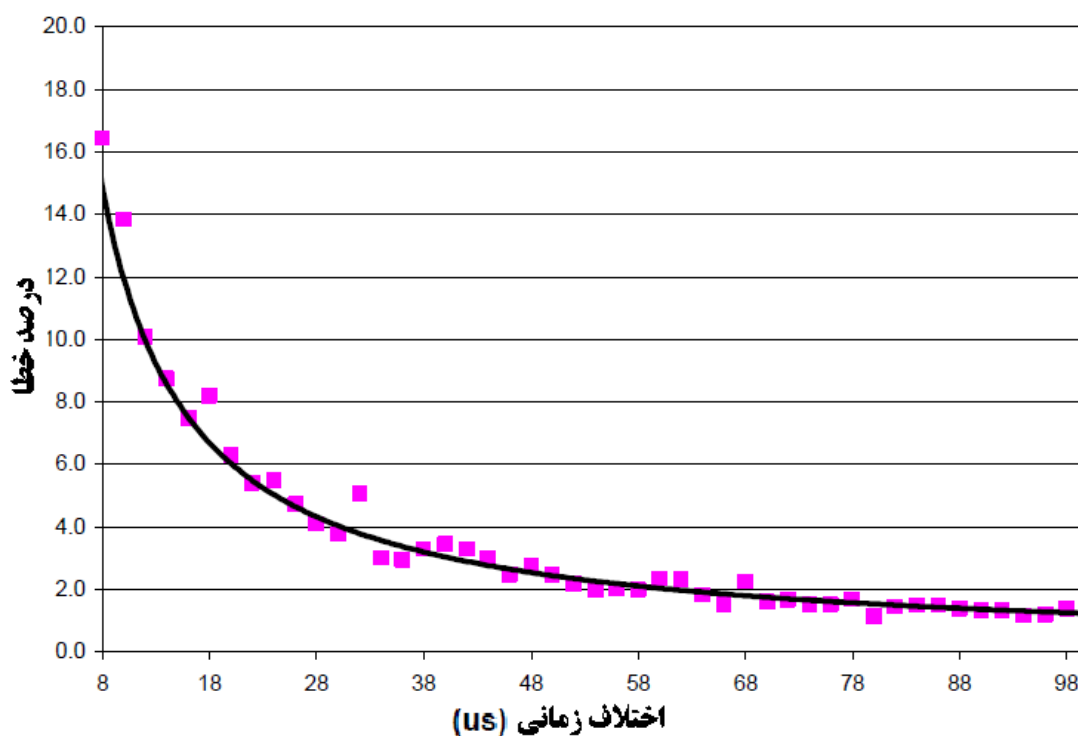


تصویر ۱۱-۵) بهم فشردگی نسبت نویز به سیگنال روی خطای اختلاف زمانی با استفاده از روش کانولوشن بدست آمده است. نسبت نویز به سیگنال دو سیگنال شبیه سازی شده^۱ در توان 3 dB تا 20 dB تغییر می کند. خطای موجود در اختلاف زمانی دریافت سیگنال به محض اینکه نسبت نویز به سیگنال هر دو سیگنال کاهش می یابد، به صورت نمایی کاهش می یابد.

^۱ و پوش نمایی دوبل. $f=150\text{KHz}$, $\Delta T=67/5\mu\text{s}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مطالعه روی خطای دوم، اثر اندازه اختلاف زمانی را روی دقت حاصله، مورد ارزیابی قرار می دهد. تغییر در اختلاف زمانی متناسب با تغییرات مکانی سنسورها می باشد. فرکانس سینوسی و نسبت نویز به سیگنال در 150KHz و 14dB ثابت شده اند لذا اختلاف زمانی بین دو سیگنال بین 5 تا $100\mu\text{s}$ تغییر می کند. شبیه سازی مربوطه 100 بار اجراء شده و متوسط نتایج در نظر گرفته شده اند تا اثرات گذرای نویز اضافه شده حذف گردد. نتایج نشان داده شده در شکل $12 - 4$ حاکی از ارتباط نزول نمایی خطا به عنوان تابعی از اختلاف زمانی است. اگرچه خطای مطلق باقی مانده در مقدار $1/7\mu\text{s}$ تقریباً ثابت است که بهتر است زیر مقدار $4/6\mu\text{s}$ محدود بماند.

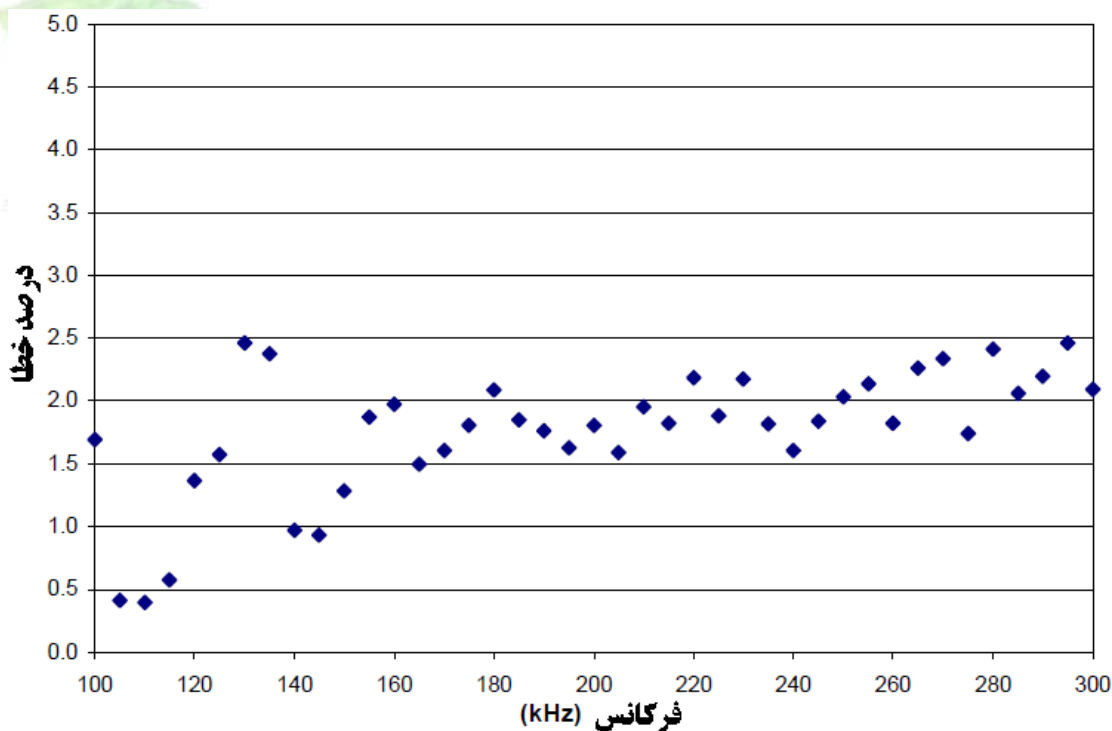


شکل $12 - 4$) بهم فشردگی تغییرات اختلاف زمانی شبیه سازی شده متناسب با خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال است. اختلاف زمانی بین دو سیگنال شبیه سازی شده ($f = 150\text{KHz}$ و $\text{SNR} = 14\text{dB}$)

بین 5 تا $100\mu\text{s}$ تغییر می کند. خطای مربوطه با افزایش اختلاف زمانی به صورت نمایی کاهش می یابد، اما خطای مطلق اختلاف زمانی دریافت سیگنال نزدیک به مقدار ثابت $1/7\mu\text{s}$ باقی می ماند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در مطالعه نهایی، تأثیر فرکانس سینوسی را روی محاسبات خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال مورد بررسی قرار می دهیم. این موضوع اهمیت خاصی در کاربردهای تخلیه جزئی دارد، همانطور که در فصل سه به آن اشاره کردیم، مرکز فرکانس پالس آکوستیکی تخلیه جزئی بین 100 KHz تا 300 KHz قابل تغییر است. بنابراین نسبت نویز به سیگنال و اختلاف زمانی بین دو سیگنال در 14 dB و $67 \mu\text{s}$ ثابت می ماند. در حالی که فرکانس سینوسی بین 100 KHz تا 300 KHz تغییر می کند. نتایج مطالعه در شکل ۱۳ - ۵ نمایش داده شده است. این تصویر نشان می دهد که خطای محاسبات اختلاف زمانی دریافت سیگنال تقریباً به اندازه ۲٪ در گستره فرکانسی 100 KHz تا 300 KHz ثابت است. این خطا متناسب با خطای زمانی $1/35 \mu\text{s}$ است که در شکل زیر محدود و خطای موقعیت در آستانه مقدار $5 \text{ cm} \pm$ است.



شکل ۱۳ - ۴) خطای موقعیت که تابعی از فرکانس است. تصویر نشان می دهد

که محاسبات اختلاف زمانی دریافت سیگنال

با سیگنالهای که $\text{SNR} = 14 \text{ dB}$ و تفکیک پالسی $67/5 \mu\text{s}$ بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد در بازه فرکانسی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱۰۰ تا ۳۰۰ KHz تغییر می کند. این تغییرات متناسب با ماکزیمم خطای زمانی در $1/35 \mu s$

است. و از آستانه خطا که در $4/6 \mu s$ است کمتر است.

بر مبنای این مطالعات، نسبت نویز به سیگنال منبعی بسیار مهم در خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال در روش کانولوشن است. خطای موقعیت حاصله، پارامترهای بدست آمده نسبت نویز به سیگنال، با استفاده از شکل ۱۱-۵ می تواند حدس زده شود. برای مثال یک نسبت نویز به سیگنال مساوی 14 dB متناسب با خطای زمانی مساوی $1/7 \mu s$ است که آن نیز متناسب با خطای موقعیت $8/48 \text{ mm} \pm$ روی هر محور می باشد. اگر نسبت نویز به سیگنال تا مقدار 16 dB افزایش پیدا کند، خطای زمانی متناسب با آن در حدود $1 \mu s$ است و خطای موقعیت $5/52 \text{ mm} \pm$ روی هر محور می باشد.

۴-۵) نرم افزار

الگوریتم مکان یاب و الگوریتم کانولوشن در دو M-file متلب انجام و اجراء شده است. در اولین m-

file , position.m به کاربر اجازه داده می شود که هماهنگی هر کدام از چهار سنسورها را در آرایه ها و

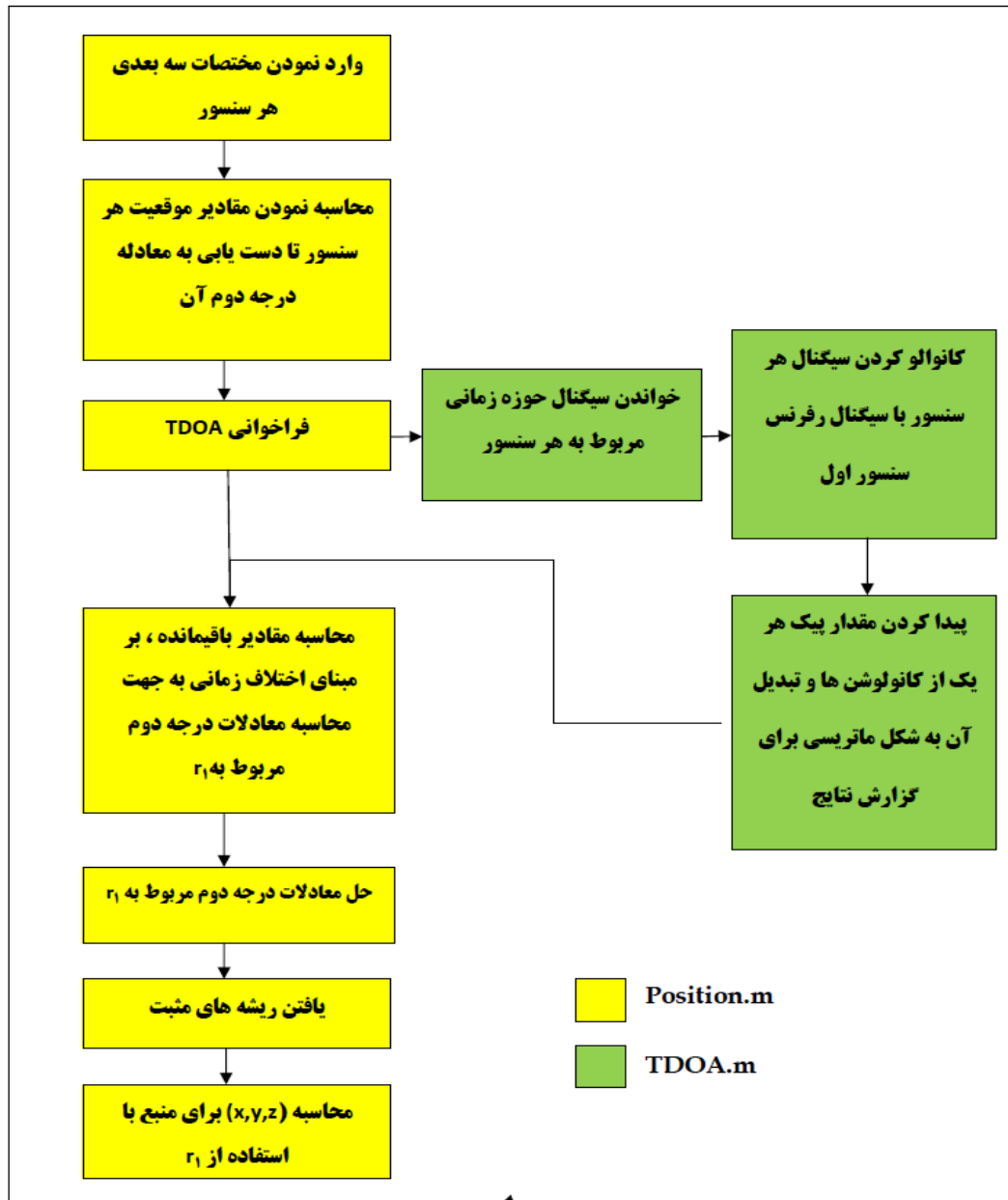
همچنین هماهنگی خروجی های منبع را تنظیم نماید. دومین m-file ، که TDOA.m نام دارد، سیگنالهای

حوزه زمان را برای هر چهار سنسور می خواند و کانولوشن سیگنالهای سنسور ۲، ۳ و ۴ را با سیگنال سنسور ۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

انجام می دهد، در نتیجه مقدار پیک منحنی کانولوشن، و خروجی های اختلاف زمانی متناسب را به ثانیه می

یابد.^۱ بلوک دیاگرام شکل ۱۴ - ۵ چگونگی کارکرد و کدنویسی متلب را با همدیگر نمایش می دهد.



شکل ۱۴ - ۵) فلوجارت، چگونگی بکارگیری و اجرای کدهای موقعیت یاب را در متلب نمایش می دهد.

هر دو کد نویسی در پیوست (ب) موجود است.^۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۵) آزمایش و شبیه سازی موقعیت یابی

۱-۲-۵) نتایج شبیه سازی

قدم نهایی در معتبر سازی سیستم موقعیت یاب، پردازش سیگنالهای شبیه سازی شده و هم پردازش سیگنالهای آزمایش تجربی است. گام اول انجام آن در نرم افزار متلب با استفاده از دو نوع سیگنالهای شبیه سازی شده معرفی شده در بخش ۳-۵ است. فراخوانی لبه بالا رونده روی سیگنال شبیه سازی اولیه هنگامی که شبیه سازی دوم، افزایش نمایی روی لبه را تجربه می کند، خطای اختلاف زمانی دریافت سیگنال مورد ارزیابی قرار می گیرد. همچنین مهم است که در این مرحله بهم فشردگی شکل سیگنال روی خطای موقعیت را تعیین حدود نمائیم.

جدول ۱-۵) مختصات موقعیت آزمایش مکان یابی شبیه سازی شده.

مختصات Z(mm)	مختصات Y(mm)	مختصات X (mm)	
۸۰	۴/۵	۴/۵	سنسور ۱
۷۰	۱۵/۵	-۱۵/۵	سنسور ۲
۵۰	-۱۲/۵	-۷	سنسور ۳
۲۰	-۱۵	۱۴	سنسور ۴
۱۵۰	۱۴	-۱۱	منبع

جدول ۱-۵ لیستی از مکانهای منبع و سنسورها را برای شبیه سازی ارائه کرده است. با استفاده از این

مختصات اختلاف زمانی بین سیگنالهای سنسور^۱ به اندازه های $10/08\mu s$ ، $23/90\mu s$ و $41/05\mu s$

اختلاف زمان با توجه به نزدیکترین سنسور اندازه گیری شده که در این حالت سنسور شماره یک می باشد. بنابراین منظور، اختلاف زمانی بین سنسور^۱ ۱ و ۲، سنسور ۱ و ۳ و سنسور ۱ و ۴ می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می باشد پارامترهای سیگنال شبیه سازی شده در مقادیر شرح داده شده ذیل ثابت شده اند:

(1) $f = 150^{\text{kHz}}$ که این فرکانس با مرکز فرکانس تخمینی تخلیه جزئی سازگار است.

(2) عرض پالس = $16/5^{\mu\text{s}}$ ؛ این عرض پالس با عرض پالس اندازه گیری شده سنسور فیبر نوری مطابق است.

(3) کاهش نسبت نویز به سیگنال؛ چرا که موج آکوستیک گسترش می یابد و هنگام سیر در مخزن ترانسفورماتور

جذب می شود، سیگنال سنسور بزرگترین مقدار را در نزدیکترین سنسور و کمترین مقدار را در دورترین سنسور خواهد

داشت. برای شبیه سازی این شرایط، هر یک از سیگنالها با توجه به سیگنال اولی کاهش می یابند.

شکل ۱۵ - ۵ نتایج آزمایش نخست را نشان می دهد که بدون هیچ نویزی برای سیگنال شبیه سازی شده در نرم

افراز اجراء شده تا اثبات شود که عملکرد نرم افزار موقعیت یاب همانطور که انتظار می رفت، بدون هیچ خطای

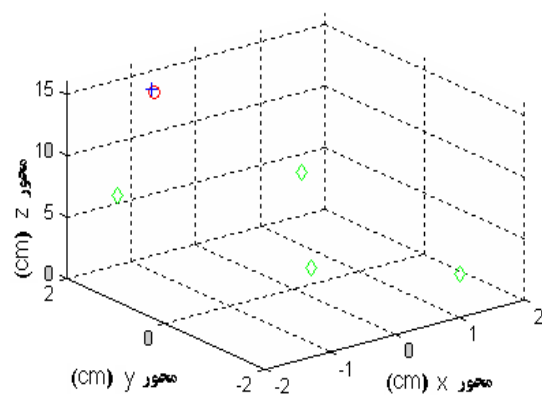
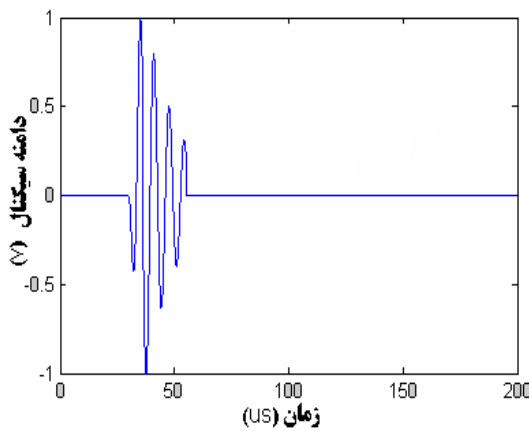
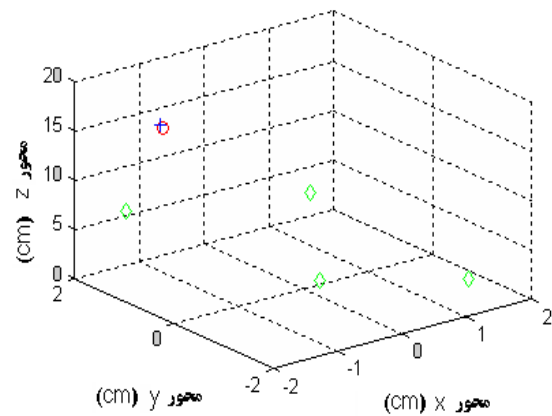
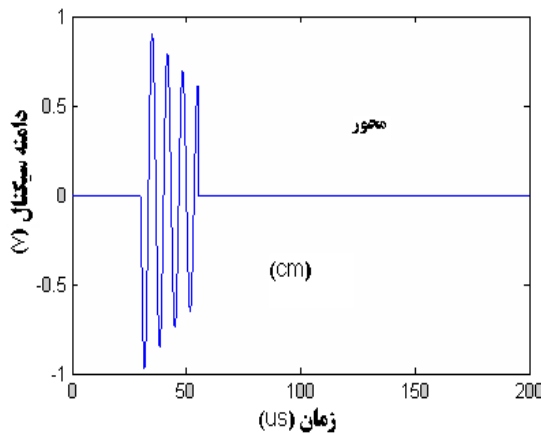
ذاتی در الگوریتم بود^۱. اختصاص یک مقدار نامحدود برای نسبت نویز به سیگنال، هیچ تفاوتی را بین مکان یابی

با استفاده از سیگنال لبه پله و یا سیگنال افزایش نمایی، ایجاد نخواهد کرد.



^۱ البته هنگامی که سرعت آکوستیک سیگنال ثابت فرض می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱۵-۵) نتایج مکان یابی بدون هیچ سیگنال نویز شبیه سازی شده به همراه پوش های نشان داده شده در شکل ۹-۵. تصاویر قسمت سمت چپ معرف سیگنال شبیه سازی شده و تصاویر قسمت سمت راست مکان های محاسبه شده سنسور (رنگ سبز) هستند، مکان های منابع (رنگ قرمز) و مکان های یافته شده توسط کدهای نوشته شده نرم افزار (رنگ آبی) هستند.

شبیه سازی های با استفاده از سیگنال های اولیه با یک نسبت نویز به سیگنال با مقدار 7^{dB} دوباره تکرار شده اند.^۲

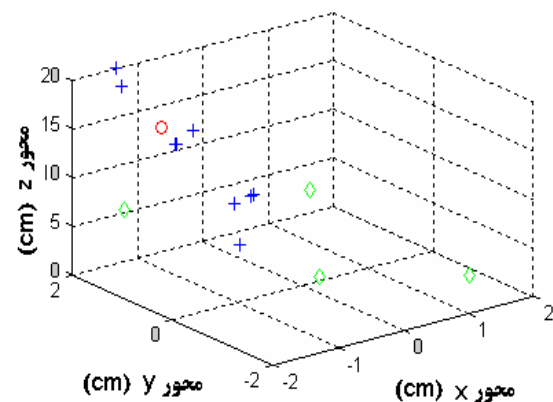
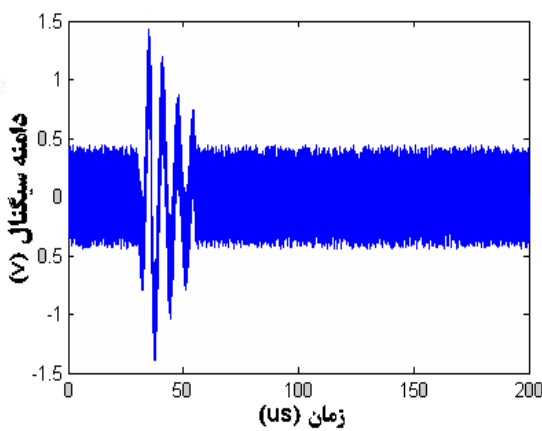
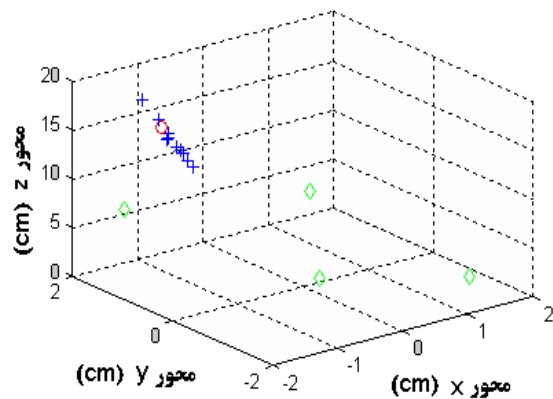
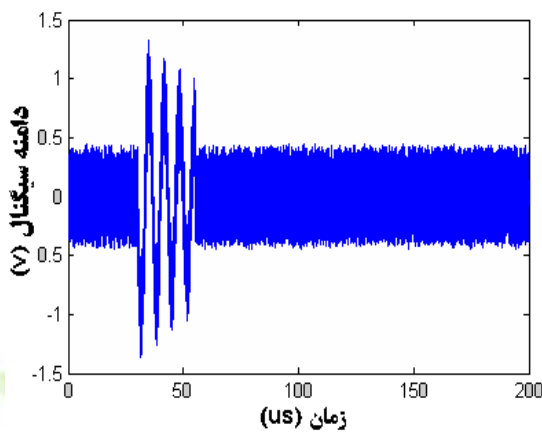
شکل ۱۶-۵ نتایج شبیه سازی دوم را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که نسبت نویز به سیگنال با مقدار 7^{dB} ، مقدار مناسبی برای رسیدن به هدف دقت کافی در سیگنال صعودی پله است، سیگنال صعودی نمایی نتایج با

چون هر کدام از چهار سیگنال دامنه های مختلفی دارند و مقادیر یکسان نویز به هر سیگنال اضافه شده است، لذا نسبت نویز به سیگنال هر کدام از سیگنالهای متفاوت است. با این حال برای هر آزمایش فهرستی آورده شده که فقط نسبت نویز به سیگنال قویترین سیگنال در نظر گرفته شده است.

شبیه سازی ها برای مشاهده گسترده مکان تخلیه جزئی که ناشی از نویزهای باقیمانده گذرا (نویز سفید) می باشد ۱۰ بار تکرار شده است.^۲

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

محدوده دقت $\pm 5\text{cm}$ را روی محور Z ایجاد نمی کند. این موضوع نشان می دهد که شکل پوش سیگنال تخلیه جزئی تحت تاثیر نتایج محاسبه شده اختلاف زمانی دریافت سیگنال می باشد. نتایج براساس پوش دوبل نمایی هستند، بنابراین انتظار می رود همزمانی بهتری در داده های پردازش شده آزمایشات موجود در لابراتور، داشته باشیم.

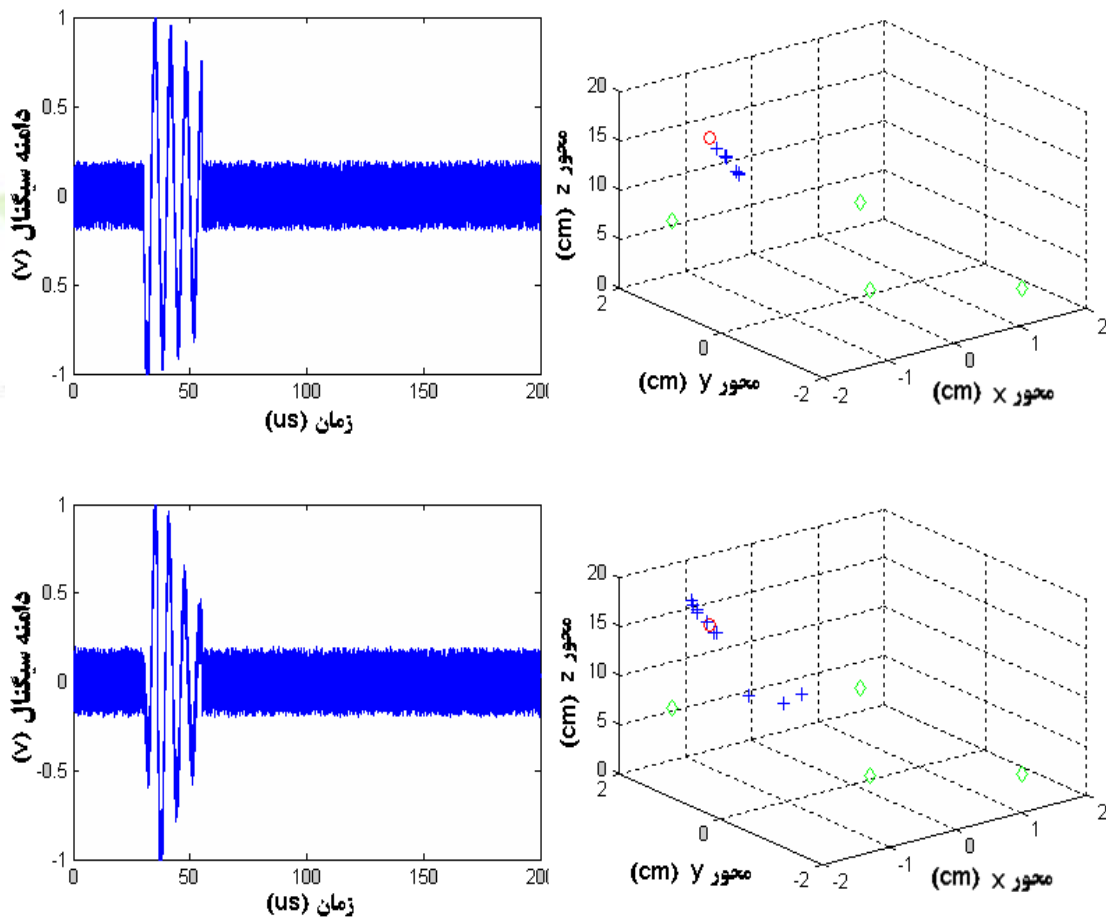


شکل ۱۶ - ۵) نتایج شبیه سازی مکان یابی با استفاده از سیگنال های به همراه نویز ($\text{SNR} = 7\text{dB}$). سیگنال (به همراه لبه صعودی پله) شبیه سازی شده، نتیجه بهتری را با دقت کافی برای موقعیت یابی منبع می دهد. اگرچه سیگنال شبیه سازی اطلاعات بیشتری نسبت به سیگنال آزمایشگاهی در اختیارمان قرار نمی دهد.

نقاط سبز، موقعیت سنسورها را نشان می دهد، نقاط قرمز موقعیت منبع را نشان می دهد و نقاط آبی موقعیت های بدست آمده بعد از ۱۰ بار شبیه سازی را نشان می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع نهایی شبیه سازی مکان یابی تعیین، مینیمم مقدار نسبت نویز به سیگنال است که بتواند دقت موقعیت را در $\pm 5\text{cm}$ نتیجه بدهد. شبیه سازی مشابهی با مقادیر مختلفی برای نسبت نویز به سیگنال تکرار شده تا مرزهای خطا تعیین شوند محدودیت نسبت نویز به سیگنال در مقدار 14dB بدست آمده و نتایج شبیه سازی در شکل ۱۷ - ۵ نمایش داده شده است. آزمایش نهایی موقعیت یابی قابل اطمینانی را درباره مرزهای خطای اشاره شده در بالا ارائه می دهد. البته اگر سیگنال اولین سنسور یک نسبت نویز به سیگنال بزرگتر یا مساوی مقدار 14dB داشته باشد.



شکل ۱۷ - ۵) شبیه سازی نمایی با یک نسبت نویز به سیگنال با مقدار 14dB . تمامی نتایج برای سیگنال شبیه سازی شده دوم با خطای مکعب $\pm 5\text{cm}$ بدست آمده است.

۲-۵-۵) نتایج آزمایشات

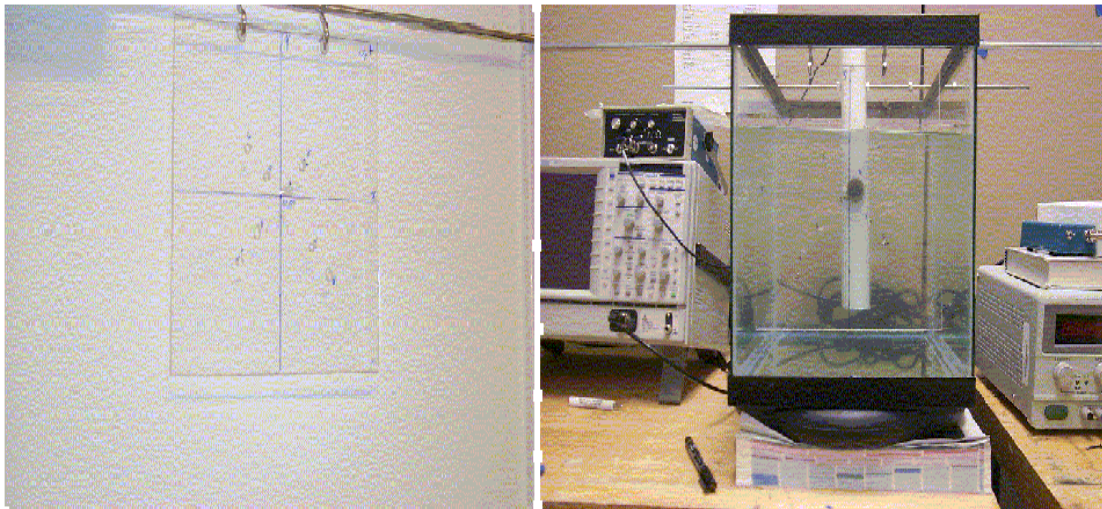
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

داده های شبیه سازی شده نشان می دهد که موقعیت یابی و الگوریتم اختلاف زمانی دریافت سیگنال قابلیت تحویل موقعیت منبع را بصورت سه بعدی در مکعب 10cm دارد، اگر که نسبت نویز به سیگنال سیگنال اولیه حداقل 14dB و سیگنال بدست آمده، یک سیگنال با لبه صعودی نمایی باشد. برای اثبات این استدلالها، آزمایش عملی سیستم مکان یابی در آزمایشگاه صورت پذیرفته است. آزمایشات در یک آکواریوم پر از ۱۰ گالن آب انجام شد.

پیکربندی منبع مشابه آزمایش پاسخ فرکانسی استفاده شده در فصل چهارم است که یک پیزوالکتریک به یک راه انداز الکتریکی متصل شده و در یک قطعه از لوله PVC نصب شده و در آب آکواریوم فرو برده شده است. سپس داده ها توسط یک سنسور سیگنال حرکت داده شده و در مکان های مختلف داخل مخزن آشکار سازی شده است^۱، داده سیگنال ها توسط یک اسیلوسکوپ جمع آوری شده و توسط راه انداز پیزوالکتریک بصورت بیرونی راه اندازی شده است. سنسور در مکانی توسط یک ورق از رزین شفاف توسط سوراخهایی در آن ورق محکم شده است. شکل ۱۸ - ۵ تصاویر از سنسور نصب شده به همراه اتصالات آزمایش را نمایش می دهد.

^۱ فقط یک سنسور استفاده شده تا یکسان بودن محتوای فرکانس هر کدام از سیگنال ها تضمین شود، چرا که سنسورهای مختلف پاسخ فرکانس های مختلفی ناشی از محدودیت موجود در ساخت سنسورهای کنونی دارند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



در شکل (۵ - ۱۸) نصب سنسورها و تجهیزات آزمایشگاه نشان داده شده است. منبع تخلیه جزئی آکوستیکی با استفاده از یک پیزوالکتریک شبیه سازی شده که در آب قرار گرفته است و سیگنال داده سنسور با استفاده از یک اسیلوسکوپ بصورت دیجیتالی با تفکیک زمانی 200 ms/s بدست می آید.

پلان x-y که متناسب با جلوی مخزن است، در تصویر سمت راست نشان داده شده و در سمت چپ محور z موازی با میز آزمایشگاهی قرار گرفته است. (داخل تصویر را مشاهده کنید).

سیگنالهای ثبت شده با استفاده از اسیلوسکوپ دیجیتالی با تفکیک زمانی 5^{ns} با گامهای 200^{ms} از موقعیت

های یکسان در جدول ۱ - ۵ فهرست آوری شده است. در هر مکان، هفت داده نمونه برداری شده تا معرف

آماری از گسترش نقاط مکانی باشد. سپس سیگنال نویز برای هر سیگنال تعیین شده است، برای اینکه سیگنالهای

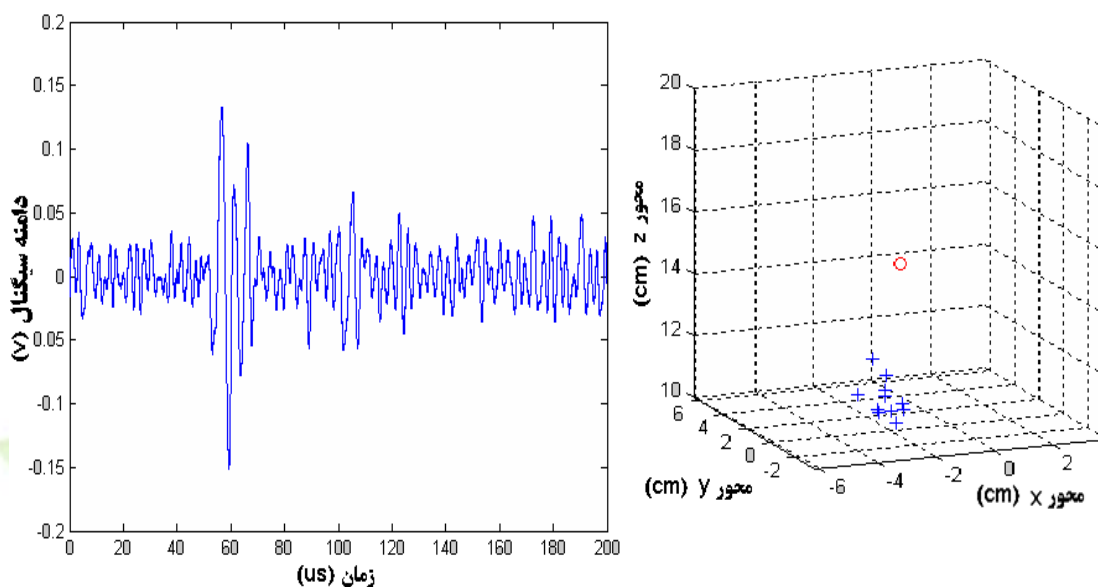
با نسبت نویز به سیگنال مناسب، مورد استفاده قرار گیرد و شبیه سازی موقعیت انجام پذیرد، این سیگنال ها در

یازده ترکیب مختلف اجراء شده و نتایج در شکل ۱۹ - ۵ نشان داده شده و در پیوست (ج) ارائه شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم موقعیت یاب همانطور که انتظار می رفت درست عمل نموده و یازده موقعیت محاسبه شده با محدوده

خطای $\pm 5\text{cm}$ در هر محور بدست می آید.



شکل ۱۹-۵) نتایج حاصله از الگوریتم مکان یابی با استفاده از داده های آزمایشی (شکل سمت راست) و سیگنال حوزه زمان معرفی شده با سنسور فیبر نوری (شکل سمت چپ). تصویر موقعیت یابی حاصل شده از یازده موقعیت یابی محاسبه شده با محدوده خطای $\pm 5\text{cm}$ مکعب در راستای هر محور بدست آمده است. موقعیت سنسورها در خارج از مکعب خطای تعریف قرار دارند و در تصویر نمایش داده نشده اند.

5-6) روش آشکار سازی تخلیه جزئی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

تکنیک های بسیار زیادی برای آشکار سازی تخلیه جزئی وجود دارد که وابسته به نوع تجهیز سنجش وضعیت کننده می باشد. در این بین همانطور که اشاره کردیم، تکنیکهای آشکار سازی آکوستیکی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. روش آکوستیکی در حقیقت بر این مبنا استوار است که وقتی تخلیه جزئی اتفاق می افتد، یک موج آکوستیکی، در گستره ی فرکانسی فراصوت منتشر می شود لذا می توان آشکار سازی را توسط یک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

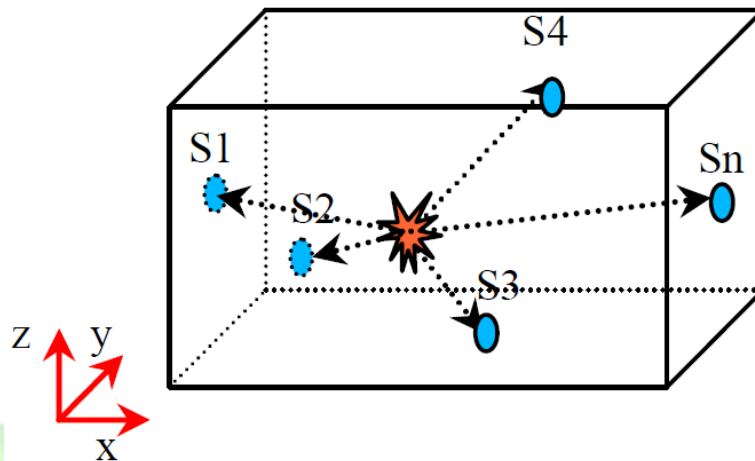
یا چند سنسور روی دیواره ی خارجی و یا داخل مخزن ترانسفورماتور انجام داد. علائم آشکار شده بایستی با پردازش پارامترهای مفیدی برای تشخیص عیب همراه باشد. در میان این پارامترها به عنوان مثال هنگامی که موجی به یک سنسور از طریق مسیرهای مستقیم (بین منبع منتشر کننده و سنسور) ایجاد می شود، لازم است مکان سنسور را تعیین کرد، که این امر برای تخمین نوع ریسک و همچنین مکان تعمیر لازم است.

مکان یابی منبع تخلیه جزئی با استفاده از سیگنال های آکوستیک را می توان از طریق سیستم روابط غیرخطی مدوله کرد، همان طور که از قبل می دانیم حل عددی یک سیستم غیرخطی ساده نیست، و معمولاً وابسته به داشتن دانش عمیق در مورد مسئله می باشد. برای بدست آوردن یک الگوریتم با این قابلیت که همگرایی سریع به جواب داشته باشد، روش نیوتن-رافسون را در این فصل ابتدا معرفی کردیم، ولی با به چالش کشاندن و مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک، که قصد داریم در این بخش مفصلاً به آن پردازیم در نهایت با دلایل کافی، نتیجه خواهیم گرفت که الگوریتم ژنتیک یک روش بسیار بهتر از روش نیوتن-رافسون است. برای اینکار پیشنهاد الگوریتم ژنتیک (GA)^۱ را برای حل سیستم غیر خطی ارائه می کنیم. در این سیستم، روابط حل بهینه ای را تجربه می کنند. مزیت مهم الگوریتم ژنتیک استفاده شده در این حالت، قابلیت بدست آوردن حل روابط بدون تخمین اولیه می باشد که همین امر نقطه ضعف روش های تکرار است. در الگوریتم ژنتیک، سنسور های گسترده ای (حداقل چهار سنسور) می توانند، مورد استفاده قرار گیرند، بدون اینکه نیازی به تغییر الگوریتم ژنتیک داشته باشیم. این امر صورت نمی پذیرد مگر اینکه پارامترهای مورد نیاز الگوریتم ژنتیک را بدست بیاوریم. مشکل مکان یابی در تغییرات اولیه روابط و برخی استراتژی های معرفی شده برای حل رابطه بدین ترتیب است که بایستی این الگوریتم با روش تکرار نیوتن - رافسون مورد مقایسه قرار گیرد.

^۱ Genetic Algorithm.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل مربوط به مکان یابی منبع گسیل سیگنال آکوستیک^۱ در شکل 5-20 نشان داده شده است. سنسورهای زیادی در دیواره مخزن قرار گرفته اند [34]، که هر نقطه اتخاذ شده بعنوان منبع سیستم دکارتی در سه بعد مفروض شده است.



شکل 5-20) شماتیک تبدیل مسئله به یک رابطه.

روابط غیرخطی یک سیستم را می توان با مورد ملاحظه قرار دادن هر سنسور به عنوان مرکز کروی که با منبع گسیل سیگنال آکوستیک فاصله ی شعاعی مشخصی را دارد، بدست آورد. (شکل 5-21) اندازه ی شعاع با پارامتر سرعت انتشار موج آکوستیک v_s در روغن ترانسفورماتور و زمان ΔT در ارتباط است [۸]. بنابراین روابط کروی آنها به صورت زیر نوشته می شود.

$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = r^2$$

رابطه (5-3a)

که (x_{s1}, y_{s1}, z_{s1}) متناسب با سنسور S_1 است هنگامی که سرعت انتشار صوت v_s و زمان رسیدن آن از منبع گسیل سیگنال آکوستیک تا سنسور، ΔT است.

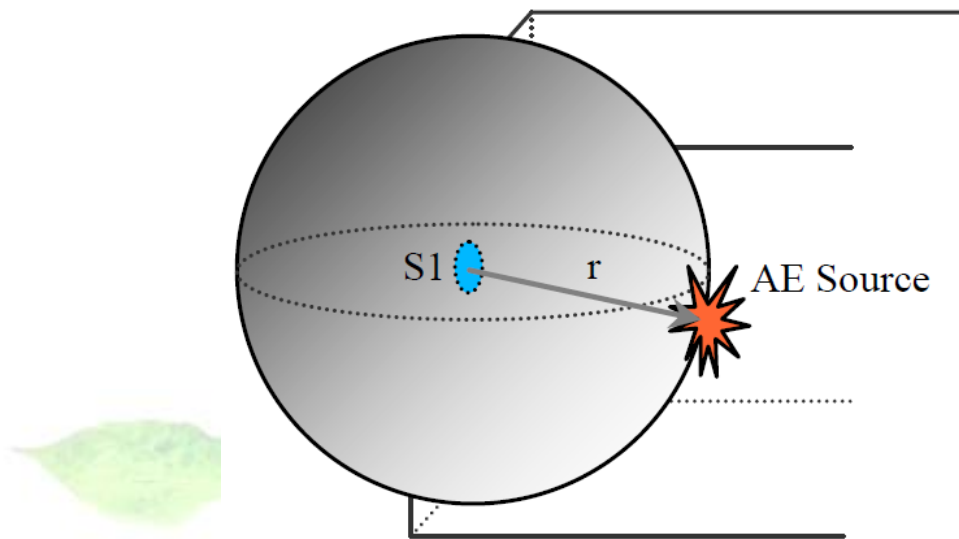
¹ Acoustic Emission.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

می توان برای سنسور S1 رابطه ی بالا را به صورت زیر نوشت :

$$(x - x_{S1})^2 + (y - y_{S1})^2 + (z - z_{S1})^2 = (v_s \cdot \Delta t)^2$$

رابطه (5-3b)



شکل (5-21) سنسور در مرکز کره فرض شده تا یک رابطه از مسئله مکان یابی منبع گسیل

سیگنال آکوستیک بدست آید.

با این حال مدت زمانی طول می کشد، که موج آکوستیک به سنسورها برسد و نمی توان مستقیماً آن را بدون شبیه سازی روند آشکار سازی بدست آورد. بنابراین بایستی یک طرح با تعداد زیادی سنسور برای سنجش وضعیت ترانسفورماتور^۱ مورد استفاده قرار داد [36]، در این حالت تنها روش مورد استفاده، سیگنال آکوستیک است. سپس اختلاف زمانی مربوط به سنسور اول از منبع گسیل سیگنال آکوستیک آشکار شده و ثبت می گردد. همان طور که گفته شد، فاکتورهای مجهولی از مسئله در مورد زمان رخداد تخلیه جزئی و آشکار سازی موج آکوستیک توسط نزدیک ترین سنسور و متناسب با آن (x, y, z) موقعیت منبع گسیل سیگنال آکوستیک آشکار شده وجود دارد. بنابراین یک سیستم غیر خطی با رابطه زیر بدست می آید.

۱. هنگامی که یک منبع گسیل سیگنال آکوستیک به عنوان تخلیه جزئی در نظر گرفته شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$(x - x_{S1})^2 + (y - y_{S1})^2 + (z - z_{S1})^2 = (v_s \cdot T)^2$$

رابطه (5-3)

$$(x - x_{S2})^2 + (y - y_{S2})^2 + (z - z_{S2})^2 = [v_s \cdot (T + \tau_2)]^2$$

رابطه (5-4)

$$(x - x_{S3})^2 + (y - y_{S3})^2 + (z - z_{S3})^2 = [v_s \cdot (T + \tau_3)]^2$$

رابطه (5-5)

$$(x - x_{S4})^2 + (y - y_{S4})^2 + (z - z_{S4})^2 = [v_s \cdot (T + \tau_4)]^2$$

رابطه (5-6)

که τ_i اختلاف زمانی مربوط به اولین آشکار سازی می باشد.

5-6-1 روش حل معادله با روش تکرار

یک روش مبتنی بر تکرار اجزای ساده ای دارد، نخست تخمین اولیه که به واسطه ی تجربه از سیستم معادله بدست می آید و مورد ارزیابی می گیرد. اگر تخمین انجام شده رضایت بخش بود در این حالت ادامه ی حل معادله برای خالص کردن جواب به جلو پیش می رود که این یکی از ضعف های الگوریتم تکرار می باشد. یک عیب دیگر روش تکرار، احتمال واگرایی آن می باشد. برخلاف پالایش پیوسته حل معادله، این پروسه می تواند آغاز تولید جواب غلط گردد. انتخاب الگوریتم حاضر در این حالت می تواند جواب نهایی خیلی بدی از معادله را در پی داشته باشد. همگرایی معادله وابستگی زیادی بر کیفیت تخمین اولیه و روش پالایش^۱ دارد.

برای سیستم های غیر خطی، الگوریتم های حذفی، تخمینی از مقدار اولیه را انجام نمی دهند. بنابراین رویه رسیدن به جواب با حرکت به سوی متمرکز کردن ریشه ها می باشد. این تمرکز وابسته به دانش و تجربه ما در مورد

^۱ منظور از روش پالایش روش هایی است که به عنوان مثال در گوس سایدل و یا نیوتون - رافسون برای حل معادلات در نظر می گیرند

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مسئله می باشد. پیشنهاد مرجع [34] در استفاده از روش های تکرار برای تمرکز موقعیت گسیل سیگنال آکوستیک متناسب با آنچه ممکن است موقعیت یابی شود، هماهنگی کاملاً مثبتی را دارد. همانند آنچه که در این مرجع گفته شده می توان $(0; 0; 0; 0)$ را به عنوان تخمین اولیه در نظر گرفت. آغاز تخمین اولیه، آغاز الگوریتم پالایش را در پی دارد. در روش نیوتون - رافسون همان طور که در قبل به این روش اشاره کردیم سیستم روابط غیر خطی را می توان به صورت زیر مورد ملاحظه قرار داد.

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \\ f_3(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned}$$

روابط (5-7)

حل روابط بالا، روابط زیر را نتیجه می دهد:

$$\begin{aligned} x_1^1 &= x_1^0 + h_1 \\ x_2^1 &= x_2^0 + h_2 \\ x_3^1 &= x_3^0 + h_3 \\ &\vdots \\ x_n^1 &= x_n^0 + h_n \end{aligned}$$

روابط (5-8)

که بهترین شاخص تکرار را نشان می دهد، h_i می تواند با حل روابط خطی زیر بدست آید:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} h_1 + \frac{\partial f_1}{\partial x_2} h_2 + \frac{\partial f_1}{\partial x_3} h_3 + \dots + \frac{\partial f_1}{\partial x_n} h_n &= -f_1 \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} h_1 + \frac{\partial f_2}{\partial x_2} h_2 + \frac{\partial f_2}{\partial x_3} h_3 + \dots + \frac{\partial f_2}{\partial x_n} h_n &= -f_2 \\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1} h_1 + \frac{\partial f_3}{\partial x_2} h_2 + \frac{\partial f_3}{\partial x_3} h_3 + \dots + \frac{\partial f_3}{\partial x_n} h_n &= -f_3 \\ &\vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} h_1 + \frac{\partial f_n}{\partial x_2} h_2 + \frac{\partial f_n}{\partial x_3} h_3 + \dots + \frac{\partial f_n}{\partial x_n} h_n &= -f_n \end{aligned}$$

روابط (5-8)

مشتقات جزئی و توابع محاسبه شده برای تخمین متغیرهای X_i به عنوان معیار توقف در نظر گرفته می شوند، جواب می تواند هنگامی رضایت بخش باشد که اختلاف بین دو جواب موفق نهایی از یک تلورانس از پیش تعیین شده کمتر باشد.

2-6-5 معرفی روش حل الگوریتم ژنتیک

حل سیستم روابط غیرخطی را می توان با الگوریتم ژنتیک بدست آورد [37]. بنابراین تعریف مختصری از گستره روابط الگوریتم را در اینجا ارائه می نمایم. علاوه بر اینکه در این الگوریتم نیاز به ثبت دقیق داده ها است. کدبندی مورد استفاده در این الگوریتم نیز در قسمت حقیقی می باشد که ساختار کرموزومی (ژنی) آن به صورت زیر ارائه می شود:

x	y	z	T
---	---	---	---

گفتنی است هر یک از این متغیرها اعداد حقیقی می باشند.

روابط سیستم غیرخطی مورد استفاده برای ساختن معادله سازگاری بوده که با جایگذاری آنچه در معادله ی قسمت (3-5) به معادله ی (6-5) تبدیل می شود، روابط زیر را نتیجه می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$(x - x_{S1})^2 + (y - y_{S1})^2 + (z - z_{S1})^2 - (v_s \cdot T)^2 = f_1$$

رابطه (5-10)

$$(x - x_{S2})^2 + (y - y_{S2})^2 + (z - z_{S2})^2 - [v_s \cdot (T + \tau_2)]^2 = f_2$$

رابطه (5-11)

$$(x - x_{S3})^2 + (y - y_{S3})^2 + (z - z_{S3})^2 - [v_s \cdot (T + \tau_3)]^2 = f_3$$

رابطه (5-12)

$$(x - x_{S4})^2 + (y - y_{S4})^2 + (z - z_{S4})^2 - [v_s \cdot (T + \tau_4)]^2 = f_4$$

رابطه (5-13)

اعمال متغیرهای کروموزومی (ژنی) به رابطه ی (5-10)، (5-13) و بدست آوردن ریشه ی دوم مقادیر f_i

این نتیجه را در پی دارد که مقادیر بایستی کوچک شوند^۱ تا به حل بهینه ی روابط برسیم [38].

این روابط توابع موضوعی می باشند، که در این الگوریتم مؤلف قصد دارد، توابع موضوعی را برای استریپ

هایی از مقدارهای تنظیم شده بین صفر تا ۱۰ تغییر دهد، که کوچک ترین مقدار تابع موضوعی را به عدد ۱۰

نزدیک کند (یک کروموزوم خوب) تا مقادیر نزدیک به صفر نداشته باشیم (کروموزوم ضعیف) [38].

نظیر آنچه گفته شد الگوریتم برای ماکزیمم مقادیر تنظیمی جستجو می شود. سپس تصمیم داریم تبدیل نمایی

از رابطه را داشته باشیم. بنابراین رابطه زیر را ارائه می کنیم:

$$A = b \cdot e^{-a \cdot f}$$

رابطه (5-14)

که A مقدار تنظیمی، f تابع موضوعی، a , b پارامترهای تابع نمایی هستند. پارامتر b ماکزیمم مقدار تنظیمی

را تعریف می کند. این مقادیر کمتر از صفر برای تابع موضوعی نمی تواند باشد. پارامتر a انحناى منحنی را کنترل

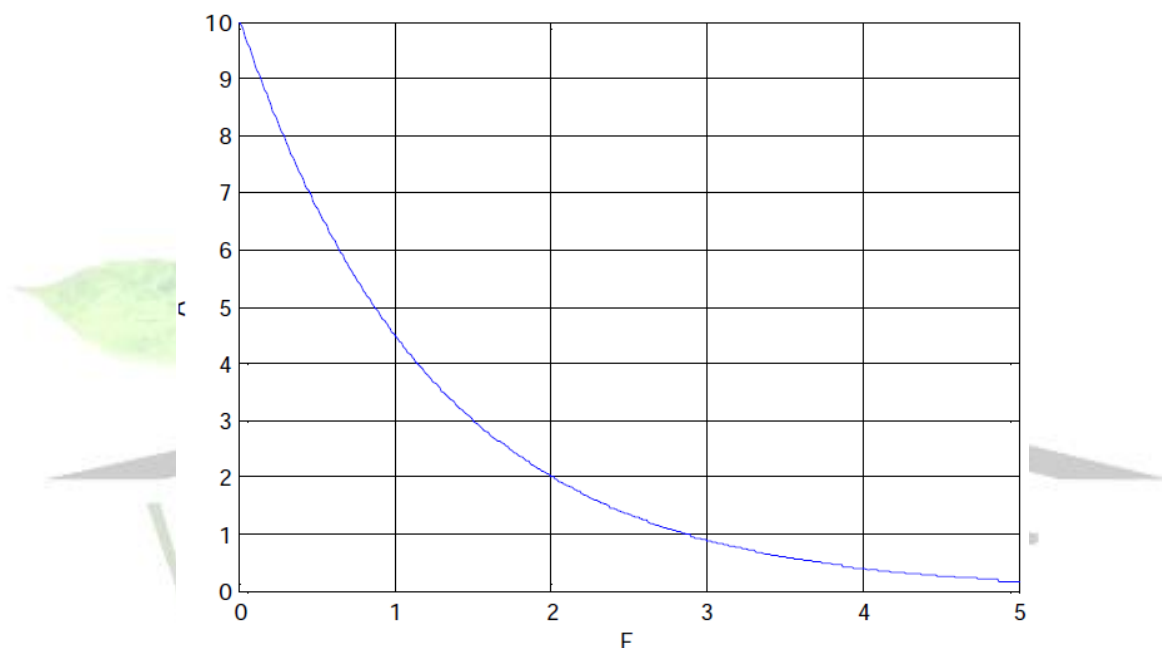
^۱ کاهش تا حد صفر مقدار ایده آل می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می کند بنابراین به عنوان بزرگترین مقدار تنظیمی، مناسب می باشد. این همگرایی در شکل 22-5 نشان داده

شده که:

$$a=0/8 \text{ و } b=10$$



شکل 22-5) تصویر، خطای همگرایی الگوریتم ژنتیک را نمایش می دهد.

نوع انتخاب مورد استفاده شده برای باز ترکیب رولت ویل^۱ می باشد که به صورت انفرادی برای باز تولید اعداد تصادفی انتخاب می شود، اما با توجه به مقدار تنظیمی در بهترین شرایط انتخاب مفیدی خواهد بود. به محض اینکه کدبندی حقیقی مشخص شد، انواع باز ترکیب امکان پذیر مشخص می شوند اما بایستی اعداد حقیقی باشند. در این حالت باز ترکیب BLX_n مورد استفاده قرار می گیرد.

¹ Roulette Wheel.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

3-6-5) شبیه سازی ها و نتایج الگوریتم ژنتیک

برای تست الگوریتم ژنتیک به جهت مکان یابی تخلیه جزئی در روغن معدنی ترانسفورماتور ما ابتدا از داده های شبیه سازی شده ی کامپیوتری استفاده کرده ایم. در مرحله ی بعدی موقعیت تخلیه های جزئی شبیه سازی شده در مخزن پر از روغن به صورت تجربی در یک حالت واقعی مورد آزمایش تجربی قرار می گیرد که بدان اشاره خواهیم کرد:

جدول 2-5) موقعیت سنسورها در نتایج بدست آمده از شبیه سازی.

سنسورها	موقعیت [m]
S _a	(1/8; 1/0; 0/5)
S _b	(3/0; 0/5; 0/5)
S _c	(1/2; 0/5; 1/0)
S _d	(0/9; 1/0; 0/2)

برای شبیه سازی فرض کرده ایم مخزن ساختگی در ابعاد $3^m \times 1^m \times 1^m$ و سنسورها در موقعیت

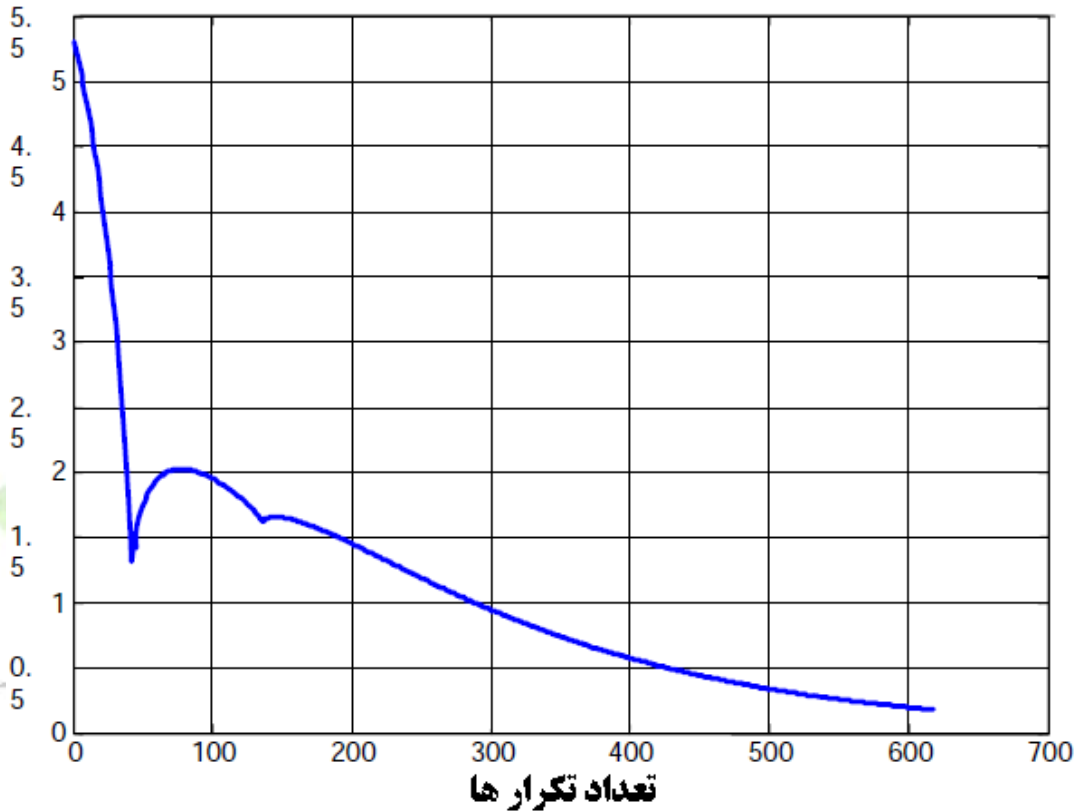
جدول (2-5) قرار دارند، داده های بدست آمده از شبیه سازی در جدول (3-5) ارائه شده که مکان وقوع تخلیه

جزئی را در موقعیت (0/7؛ 0/1؛ 0/3) با سرعت صوت $1400^{m/s}$ در روغن معدنی ترانسفورماتور، ارائه می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کند. منشاء مختصات سیستم در یک گوشه از مخزن قرار گرفته اند مقادیر τ_i و موقعیت سنسورها در الگوریتم

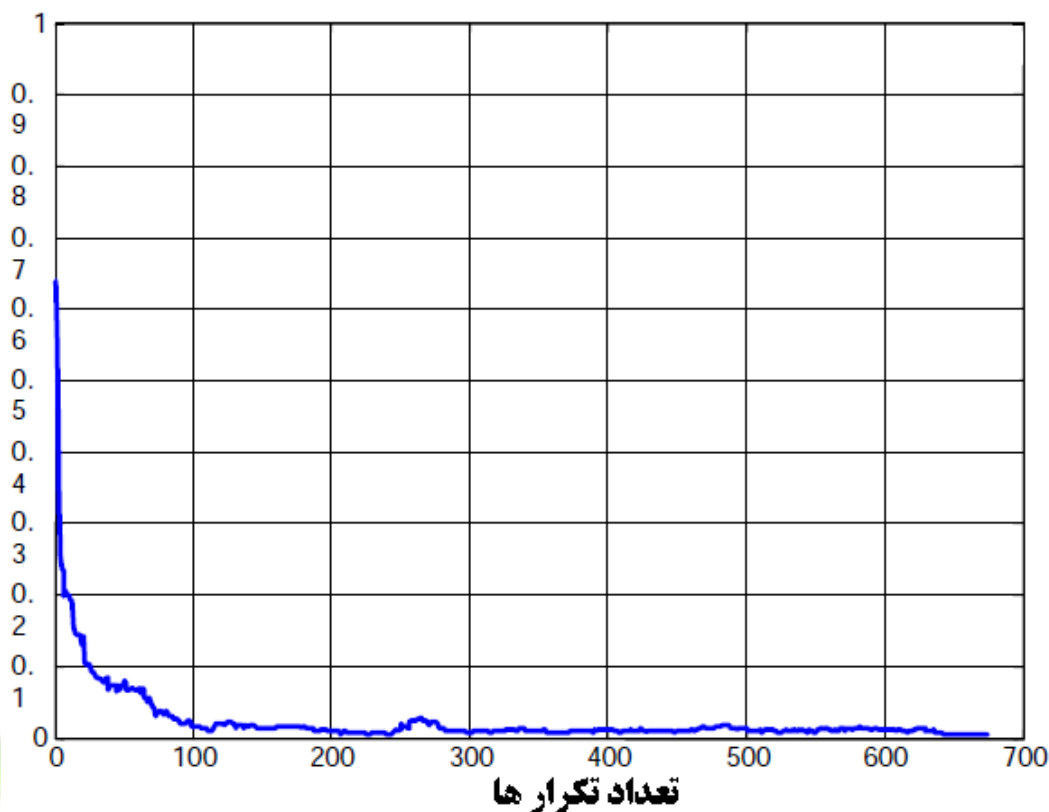
ژنتیک برای مکان یابی تخلیه جزئی اعمال شده است و نتیجه ی آن در جدول (5-5) نشان داده شده است.^۱



شکل (5-23) تصویر، همگرایی روش تکرار را نمایش می دهد.

^۱ . آمده است (5-4) پارامترهای مورد استفاده برای الگوریتم ژنتیک در جدول

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (5-24) تصویر، همگرایی روش الگوریتم ژنتیک را نمایش می دهد.

به جهت مقایسه نمودن دو روش نیوتن رافسون و الگوریتم ژنتیک، روش تکرار نیوتن - رافسون برای حل

سیستم یک رابطه ی غیرخطی اجرا شد که بعد از ۶۱۸ بار تکرار و با استفاده از (۰/۲ ؛ ۰/۰۰۰۵)

(۰/۱ ؛ ۰/۰۱) به عنوان تخمین اولیه، جدول (5-6) را نتیجه داد.

جدول (5-3) نتایج شبیه سازی

S_c, S_d, S_a, S_b	سنسورهایی که به ترتیب سیگنال را دریافت کرده اند
0/735 ms	زمان T بین PD اتفاق افتاده و اولین آشکار سازی
0/116 ms	τ_1
0/522 ms	τ_2

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$1/219 \text{ ms}$	τ_3
--------------------	----------

تصاویر منحنی همگرایی برای الگوریتم روش تکرار نیوتن در شکل (5-23) و روش الگوریتم ژنتیک در شکل (5-24) آمده است.

در این تصاویر منحنی در عرض محور مختصات جهش ناگهانی را برای مینیمم شدن برداشته که آن به خاطر اضافه شدن نتایج ریشه ی دوم توابع f_1, f_2, f_3, f_4 از رابطه ی (5-6) به رابطه ی (5-9) بوده است، به راحتی می توان پی برد که همگرایی الگوریتم ژنتیک بسیار سریع تر از الگوریتم روش تکرار می باشد هرچند زمان حل رابطه بستگی به میزان دقت بالای درخواستی دارد.

جدول (5-4) نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک

۱۲۰	تعداد جمعیت
۱۲۵۰	ماکزیمم تعداد تولید
0/98	احتمال باز ترکیب
0/050	احتمال جهش

جدول (5-5) مقایسه نتایج بدست آمده واقعی با نتایج الگوریتم ژنتیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مقادیر دقیق			
x [m]	y [m]	z [m]	T [ms]
0/30	0/10	0/70	0/735
مقادیر بدست آمده از الگوریتم ژنتیک			
x [m]	y [m]	z [m]	T [ms]
0/300	0/100	0/700	0/7353

جدول (5-6) مقایسه نتایج بدست آمده واقعی با نتایج روش نیوتن - رافسون

مقادیر دقیق			
x [m]	y [m]	z [m]	T [ms]
0/30	0/10	0/70	0/735
مقادیر بدست آمده از روش نیوتن - رافسون			
x [m]	y [m]	z [m]	T [ms]
0/301	0/10	0/699	0/7352

5-6-4) نتیجه گیری

حل روابط برای مکان یابی منشاء تخلیه جزئی در روغن معدنی ترانسفورماتور با استفاده از تکنیک های

گسیل سیگنال آکوستیک و الگوریتم ژنتیک همان طور که در نتایج نشان داده شد، کاملاً قانع کننده است. مزیت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسیار بزرگ این روش در عدم نیاز به تخمین اولیه مثل روشهای تکرار می باشد. اگرچه مهم است ما یک یا چند

تخمین اولیه برای الگوریتم ژنتیک فراهم کنیم تا سرعت دستیابی به نتایج را افزایش دهیم.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

جمع بندی

مقدمه

آشکار سازی و مکان یابی تخلیه جزئی در ترانسفورماتورهای فشار قوی یک ابزار ضروری در سنجش وضعیت سلامتی الکتریکی عایق و تنش های الکتریکی است. اگر آسیب عایقی تشدید گردد تجهیز بایستی یک خرابی فاجعه انگیز را تجربه کند، که نه تنها باعث قطع بدون برنامه برق می گردد، بلکه تجهیز گرانبه ترانسفورماتور را نیز از دست می دهیم. همچنین محیط پیرامون، سلامتی و ایمنی پرسنل مربوط با ترانسفورماتور را نیز به خطر می اندازیم. تخلیه جزئی یکی از نشانه های شکست عایقی است، گسترده گی خطاها در عایق باعث عبور جریان الکتریکی از نقطه ضعیف عایقی می شود و به مرور زمان باعث تلفات در انرژی و هم از پاشیدگی عایق می گردد. بعلاوه آسیب عایقی ناشی از تخلیه جزئیها به مراتب بدتر از سایر آسیب ها است، چرا که بر اثر این حادثه هم تنش الکتریکی و هم تنش مکانیکی بیشتری را به خاطر ماهیت ذاتی تخلیه جزئی بر عایق و شکاف عایقی وارد می سازیم. بنابراین وجود آشکار سازی و مکان یابی دقیق برای ترانسهای قدرت ضروری است تا حفاظت و نگهداری تجهیز از لحاظ مدت زمان تشخیص عیب و تعمیر آن محدود و کاهش یابد.

این پایان نامه یک سیستم آشکار سازی و مکان یابی آکوستیکی را ارائه نمود که شامل آرایه های سنسور آکوستیک فیبر نوری بر پایه تداخل سنجی خارجی بیرونی استوار بود. سنسورهای مورد استفاده از لحاظ شیمیایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

و الکتریکی بر کارکرد اصلی ترانسفورماتور بی تأثیر هستند و این قابلیت را دارند که در داخل ترانسفورماتور بدون تغییر در عملکرد ترانسفورماتور کار کنند. این قابلیت تاکنون در تجهیزات تجاری آشکار سازی تخلیه جزئی ایجاد نشده است، همین امر به سنسورها این امکان را می دهد تا اندازه گیری سیگنال را با دامنه بزرگتری داشته باشند و همچنین از مزاحمت و وجود خطاهای ناشی از مسیرهای چند گانه مصون گردند که این امر ناشی از تغییر سرعت آکوستیک پالس عبوری از مسیرهای مختلف در ترانسفورماتور است.

۱-۶) نتایج

نتایج آزمایشات تجربی و آزمایشات شبیه سازی، ارائه شد تا عملکرد سیستم آشکار سازی و مکان یابی تخلیه جزئی را با پارامترهای مخصوصی مورد تأیید قرار دهیم. گام اول پروژه این بود که سنسور فیبر نوری قابلیت آشکار سازی سیگنال آکوستیک تخلیه جزئی را داشته باشد. قبل از آن، تحقیقات در مورد تخلیه جزئی درباره مرکز فرکانس یک پالس آکوستیکی تخلیه جزئی که در محدوده فرکانسی 100 KHz تا 300 KHz تغییر می کرد نشان داده شد. با استفاده از داده های آزمایشات تجربی و آزمایشات شبیه سازی پاسخ فرکانسی یک سنسور فیبر نوری بیرونی با ضخامت دیافراگم $150 \mu\text{m}$ و گستره فرکانسی 150 KHz ، بصورت یکنواخت تعیین حدود شد و این موضوع مطابق با مرکز فرکانس پالس آکوستیک تخلیه جزئی بود.

همین که اثبات شد که سنسور می تواند سیگنال آکوستیکی تخلیه جزئی را آشکار سازی کند، طراحی سیستم مکان یابی انجام گردید، الگوریتم استفاده شده در این سیستم بر مبنای حل روابط گستره هیپربولیکی بود که وابسته به اختلاف زمانی ورود یک سیگنال آکوستیک در دو سنسور و در یک آرایه بود. اگر چهار سنسور استفاده شود و سرعت آکوستیکی را ثابت فرض کنیم، بنابراین روابط می تواند به جواب برسد، بدون اینکه هیچگونه خطای ذاتی در حل روابط ناشی از الگوریتم داشته باشیم. بنابراین تنها عامل بوجود آورنده خطا در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم موقعیت یابی، که باعث محدود شدن دقت می گردد، اندازه گیری اختلاف زمانی و مکان سنسورها می باشد. برای به حداقل رساندن خطای اختلاف زمانی، هم کانولوشن و هم فیلتر بالا گذر را. برای الگوریتم اختلاف زمانی مورد ملاحظه قرار دادیم، اما روش کانولوشن ثابت کرد که در حضور نویز بسیار قوی تر از روش فیلترینگ عمل می کند.

برای محدود ساختن قابل قبول مشخصه سیگنال برای اینکه موقعیت یابی با قابلیت اطمینان بالایی داشته باشیم، باید بهم فشردگی پارامترهای مختلف سیگنال روی خطای اختلاف زمانی مورد ارزیابی قرار می گرفت. نخست شکل سیگنال بایستی بهینه می گردید تا بازتابش بهتری از مشخصه های داده آزمایش را بوسیله ترکیب نمودن یک لبه بالا رونده نمایی داشته باشیم. سپس نسبت نویز به سیگنال، اختلاف زمانی و فرکانس سیگنال تغییر می کرد. نسبت نویز به سیگنال، بیشترین تاثیر را روی دقت محاسبات اختلاف زمانی می گذارد. نتایج این مطالعه برای تخمین دقت مکان یابی متناسب با پارامترهای سیگنال بدست آمده، تخمین زده می شد.

اولین آزمایش کامل از کدنویسی مکان یابی شامل استفاده از سیگنالهای شبیه سازی شده با نسبت نویز به سیگنال متغیر به جهت تعیین حدود، اگر مرز خطا $\pm 5^{\text{cm}}$ در راستای هر محور باشد را می توان بدست آورد.

بنابراین در هدف دستیابی به دقت مناسب با نسبت نویز به سیگنال، سیگنال اولیه ایی که توان بزرگتر یا مساوی 14^{dB} دارد، قابل دسترسی است. گام نهایی در معتبرسازی سیستم موقعیت یابی آزمایش اختلاف زمانی دریافت سیگنال و کد نویسی موقعیت یابی با استفاده از داده های آزمایش تجربی بود. برای سیگنالهایی که نسبت نویز به سیگنال مناسبی داشتند، مرز خطا محاسبه شد و سیستم موقعیت یابی بر مبنای سنسور آکوستیک فیبر نوری بیرونی معتبر سازی گردید.

2-6) ویژگی های پایان نامه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هدف نهایی این پروژه طراحی و ارائه سیستم مکان یابی و آشکار سازی برای تجهیزات قدرت تجاری است. کار ارائه شده در این رساله معرف مطالعات اولیه لازم برای دسترسی به هدفمان و تعیین حدود و امکان سنجی آن می باشد. قبل از اینکه این سیستم در این موضوع ارائه شود، مطالعات اضافی دیگری نیز لازم خواهد بود. در درجه نخست بررسی بیشتر در مورد خود پدیده تخلیه جزئی. همانطور که در فصل سوم گفته شد موافقت کلی در منابع مورد استفاده درباره پالسهای آکوستیکی تخلیه جزئی وجود ندارد که شامل محتوای فرکانسی و مدت پالس می باشد. این ابهام مشکل بزرگی را در بهینه سازی مشخصه های سنسور برای آشکار سازی پدیده تخلیه جزئی بوجود می آورد.

نکته دوم، در مورد مطالعه بیشتر در پاسخ فرکانسی می باشد. آزمایش پاسخ فرکانسی گزارش شده در فصل سوم، بر مبنای سیگنال با برخورد معمولی روی دیافراگم سنسور است. با این حال در ترانسفورماتورهای قدرت هیچ تضمینی وجود ندارد که موجهای آکوستیکی برخورد عمود با سطح سنسور داشته باشند.

در حقیقت در آزمایش مکان یابی آزمایشگاه، تشریح شده در فصل پنجم سنسور محدود به تلاقی عمود با سیگنال فرض شده، بود. یک آنالیز المان نامحدود^۱ دیافراگم، هنگامی فراخوانی شده، که یک سیال چسبناک در یک طرف، مقدار درونی را در داخل عملکرد سنسور ایجاد می کند و می تواند در افزایش حساسیت ویژگی های طراحی مورد استفاده قرار گیرد. بعلاوه شناخت ابعاد مختلف پاسخ فرکانسی اجازه ساخت مؤثر آرایه های سنسور را برای محاسبات تفکیک آنها فراهم می سازد مدل آنالیز المان نامحدود، همچنین بایستی در محیط آزمایشگاه معتبر سازی گردد که بسیار شبیه به پاسخ فرکانسی های ارائه شده در این پایان نامه است.

نکته سوم، تحقیقات بیشتری در مورد تأثیر انسداد مسیر انتشار موج آکوستیک در داخل مخزن ترانسفورماتور بایستی انجام گیرد. چرا که با توجه به ماهیت ناهمگن مخزن، این موضوع بسیار مهم است که بدانیم چگونه یک سیگنال هنگام عبور از روغن معدنی ترانسفورماتور در یک تجهیز فشار قوی تضعیف و یا تجزیه به چند مؤلفه می گردد.

^۱ Finite element analysis (FEA).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نتایج مطالعه این نوع تحقیق و بررسی می تواند در تعیین مکان سنسور در مخزن ترانسفورماتور و وابستگی آن به پاسخ فرکانسی مورد استفاده قرار گیرد. یک طراحی مؤثر از پیکربندی سنسور برای پوشش بهتر سیگنال در داخل مخزن ترانس، می تواند تعداد سنسورها را نیز کاهش دهد.

مطالعه نهایی دوم جلوگیری از وجود نویز در حین نمونه برداری است که لازم است، قبل از اینکه تجهیز دچار یک تخلیه جزئی با گستره بزرگتر گردد، از وقوع نویز به جهت کاهش خطا جلوگیری کنیم. همچنین تحقیقات در مورد جلوگیری از دخالت نویز مخصوصا در این تکنیک ضروری است که نسبت سیگنال به نویز مربوطه در سیگنال اندازه گیری تخلیه جزئی بهبود یابد. در این صورت است که به سمت ایده آل شدن این اندازه گیری قدم بر می داریم و دقت سیستم موقعیت یاب را می توانیم افزایش دهیم. همانطور که در فصل پنجم توضیح داده شد تبدیل ویولت^۱ ترانسفورماتورها در گذشته برای نویز زدایی سیگنال تخلیه جزئی مورد استفاده قرار می گرفتند. نکته آخر در مورد مطالعه بیشتر در آزمایش کل سیستم در دنیای واقعی ترانسفورماتور قدرت است، دقت درست سیستم و همچنین بهبود بهتر و بهینه سازی، می تواند کارکرد سیستم را تحت شرایط واقعی بهبود بخشد. داده های بدست آمده از چنین آزمایشاتی این اجازه را به شرکت های سازنده ترانسفورماتور می دهد که از این داده ها در ساخت و عایق بندی ترانسفورماتور قدرت استفاده کنند.

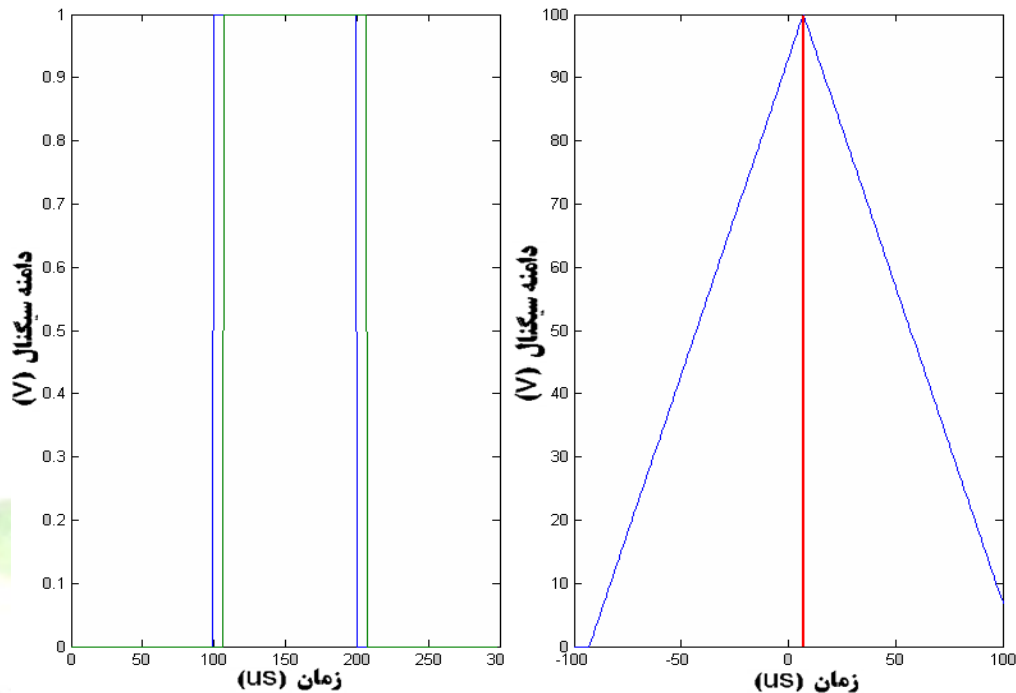
پیوست الف (همبستگی و اختلاف زمانی دریافت سیگنال

در فصل پنجم، بخش ۲-۵، بیان شد که اختلاف زمانی بین دو سیگنال با استفاده از پیدا کردن مقدار پیک منحنی همبستگی بدست می آید. یک شبیه سازی با استفاده از دو پالس مربعی اجراء شد تا این نقاط تعیین گردند. پالسهای مربعی با استفاده از آرایه های صفرها و یک ها که جابجایی هفت واحد زمانی داشتند بوجود

^۱ Wavelet. Transform.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آمد. وقتی که دو سیگنال کانالو (ضرب پیچشی) می شوند^۱ پیک حاصله از کانولوشن در هفت واحد زمانی رخ می دهد. سیگنالهای پالس مربعی و پیک کانولوشن در شکل ۱-الف نمایش داده شده است.



شکل ۱-الف) دو آفست موج مربعی (چپ) و منحنی کانولوشن آنها (راست). مقدار پیک منحنی کانولوشن در هفت واحد زمانی، که مقدار عرض پالس آن همانند مقدار عرض پالس دو موج مربعی یکسان است.

وقتی که نویز سفید به عنوان نویز به دو موج مربعی اضافه می شود، پیک کانولوشن تغییر می کند. نتایج کانالوش

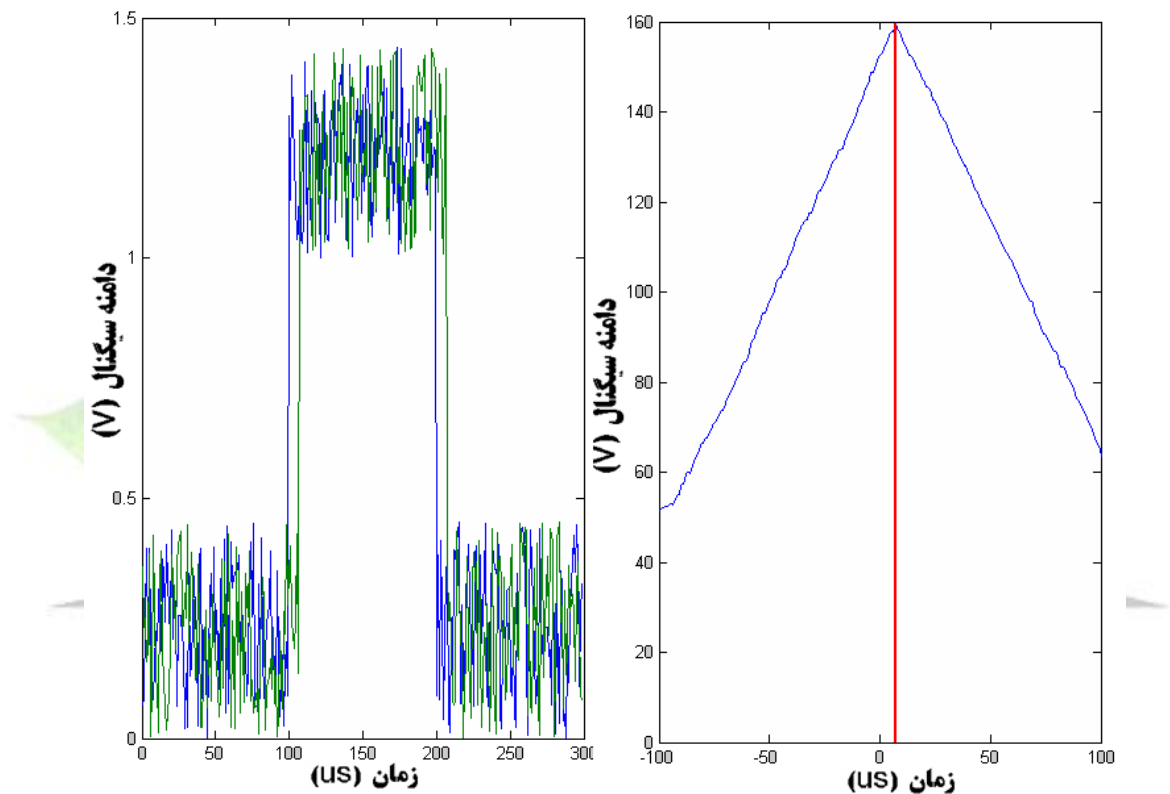
در نویز موج مربعی در تصویر ۲-الف نمایش داده شده است که کانولوشن در حضور نویز هنوز یک اختلاف

^۱ در MATLAB (conv()) با استفاده از تابع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

زمانی با هفت واحد زمانی را تولید می کند. این موضوع نشان می دهد که کانالوشن را می توان بعنوان تعیین

کننده اختلاف زمانی بین دو سیگنال نویز دار مورد استفاده قرار داد.



شکل ۲- الف) کانولوشن دو موج مربعی نویز دار. هر کدام از سیگنالها یک نسبت نویز به

سیگنال با توان 7^{dB} دارند و پیک حاصله از کانولوشن

در هفت واحد زمانی اتفاق افتاده که مقدار

صحیحی از تفکیک زمانی

می باشد.

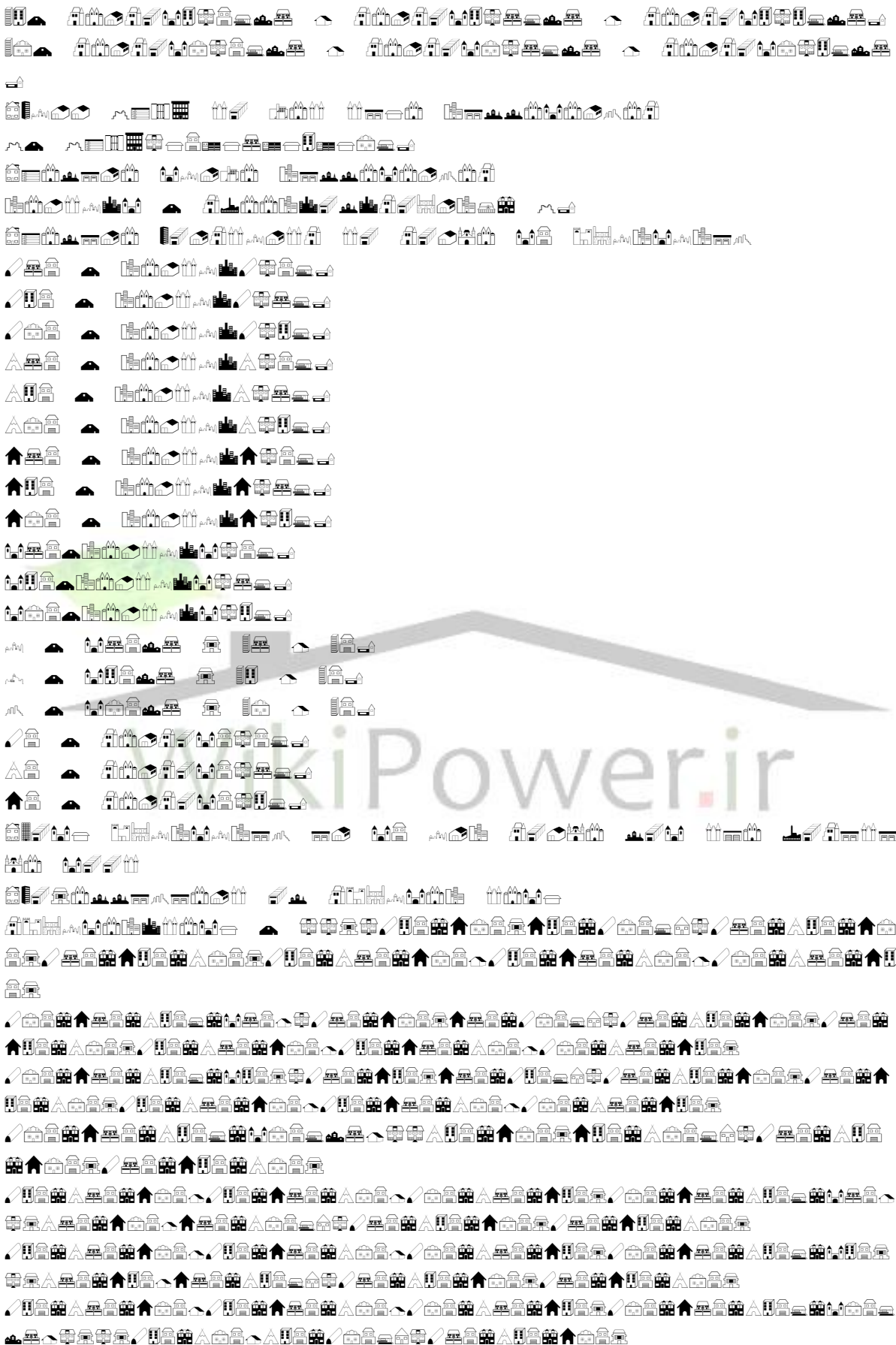
پیوست ب) کدنویسی متلب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱- (ب) نرم افزار مکان یاب



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



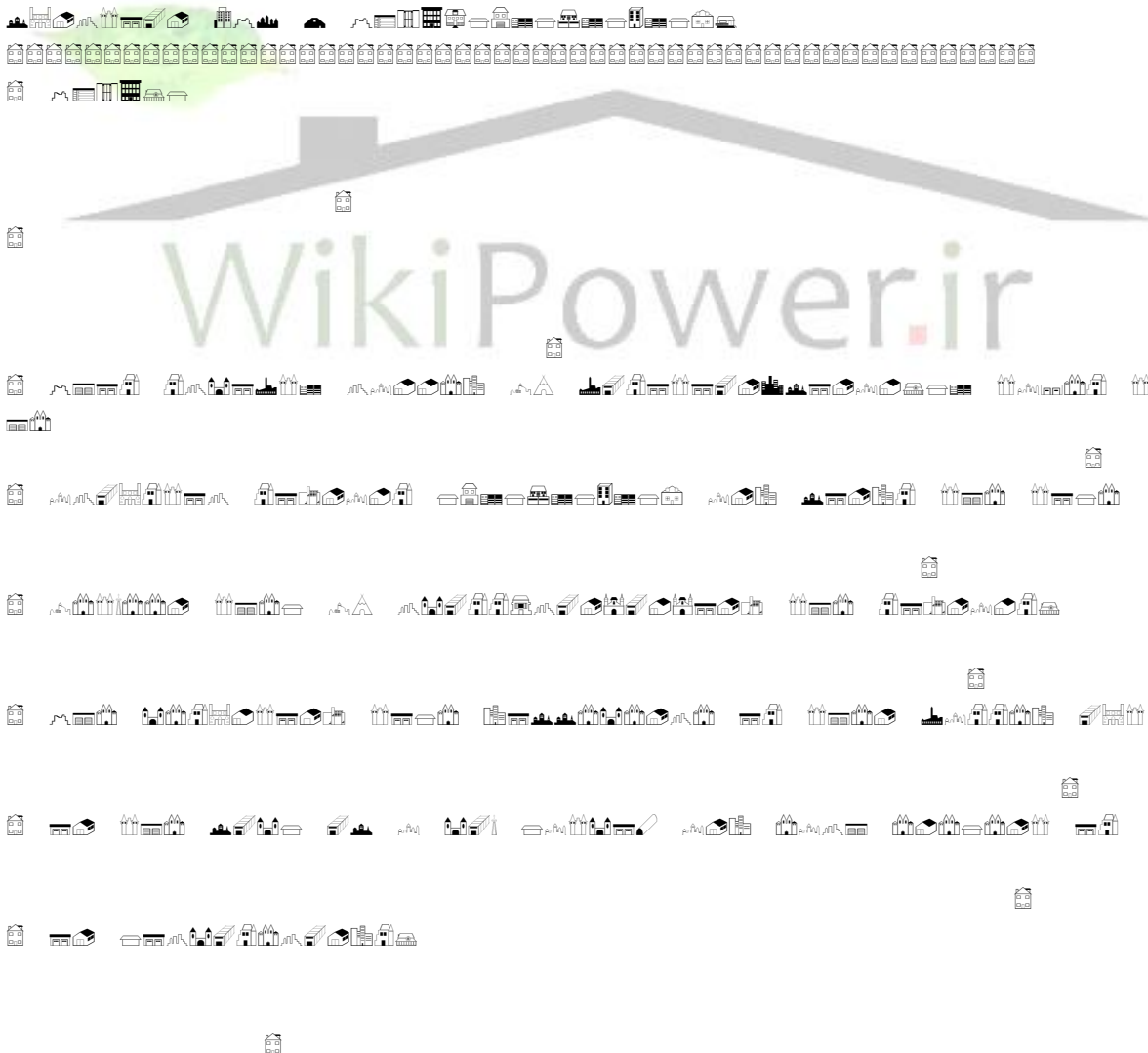
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



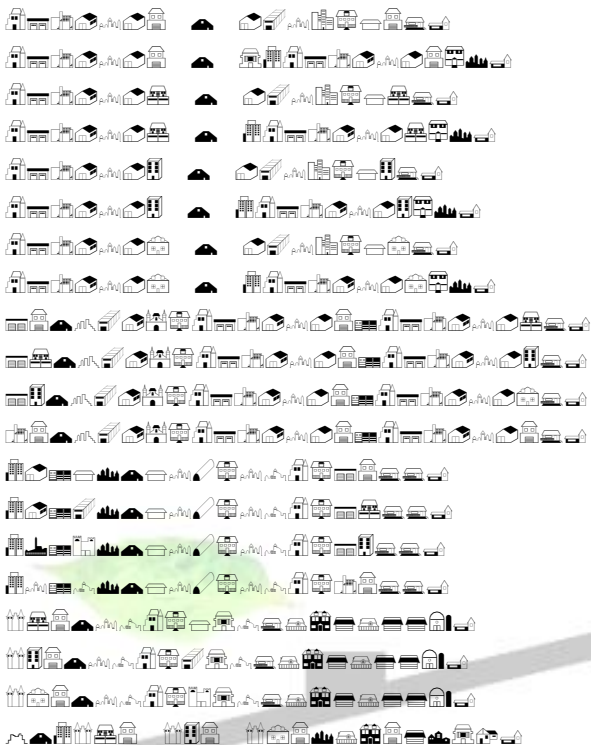
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



۲- (ب) نرم افزار TDOA



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



WikiPower.ir

پیوست ج) نتایج موقعیت یابی

داده های تجربی آنالیز شده در این پایان نامه مکان یابی زیر را نتیجه داده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول 1-ج) نقاط داده های شکل (5-19)

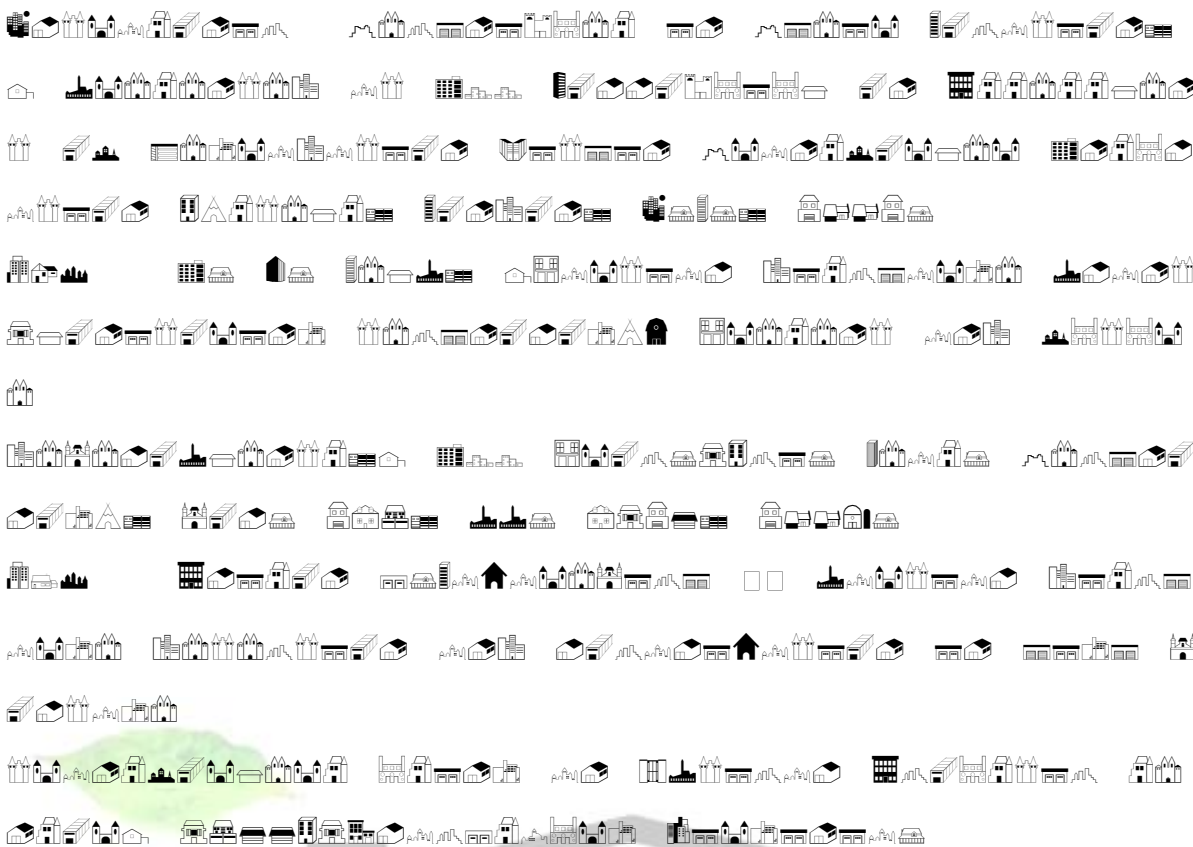
مختصات z^{cm}	مختصات y^{cm}	مختصات x^{cm}	
15	1/4	-1/1	منبع
11/7160	0/3693	-2/0033	مجموعه داده ۱
10/3269	1/1372	-1/5085	مجموعه داده ۲
11/7732	-1/8405	-3/8780	مجموعه داده ۳
11/9919	1/3625	-2/0604	مجموعه داده ۴
11/9645	-2/3759	-3/1961	مجموعه داده ۵
11/5515	-2/6163	-2/6997	مجموعه داده ۶
11/1975	-2/0773	-3/2479	مجموعه داده ۷
10/4796	0/5795	-1/3463	مجموعه داده ۸
10/8387	1/1147	-1/7406	مجموعه داده ۹
11/3237	-2/1659	-3/3434	مجموعه داده ۱۰
10/8570	-2/3275	-2/8103	مجموعه داده ۱۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع و مآخذ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



[8] دکتر حسین محسنی - مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی - دانشگاه تهران - چاپ سوم - ۱۳۸۶



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

