

## سنجش میزان تضعیف شیلد آزمایشگاه کابل فشارقوی

حسین محسنی ، علی گودرزی  
آزمایشگاه فشارقوی دانشگاه تهران

واژه های کلیدی : تخلیه جزئی، کابل فشارقوی، شیلد(سپرسازی)، آزمایشگاه فشارقوی

### چکیده :

از آزمون های مهم در متون استاندارد تجهیزات فشارقوی از جمله کابل های فشارقوی، آزمون تخلیه جزئی<sup>۱</sup> (Pd) به شمار می آید و البته کاربردها و اهداف مفیدی را شامل است از جمله محک کیفیت عایقی، تخمین عمر عایقی، مونیتورینگ وضعیت عایقی، مکان یابی عیب و تحلیل نوع عیب از نوع الگوی تخلیه جزئی<sup>۲</sup> را می توان برشمرد.

سیگنال های تولیدی توسط پالسهای تخلیه جزئی بسیار ضعیف بوده و بعضا نیز ممکن است از دامنه نویز محیط نیز کوچکتر باشد. لذا محیط انجام آزمون می بایست مبرا از هرگونه نویزهای خارجی باشد.

پوشش شیلد(سپرسازی) فلزی که در ساختار قفس فارادی آزمایشگاه فشارقوی نمود می نماید از جمله راهکارهای کاهش و یا حذف اثر منابع نویز تشعشعی خارجی است.

این مقاله روشی عملی و ساده در ارزیابی میزان تضعیف شیلد (سپرسازی) آزمایشگاه کابل فشارقوی را که توسط مولفان بکار گرفته شده به همراه نتایج عملی توصیف می نماید.

### مقدمه

به علت وجود حفره های کوچک در داخل عایق، ضعف در مرز دو عایق مختلف ، درون مسیره های درختی ایجادشده در عایق و لبه های نوک تیز فلزی ممکن است تخلیه های الکتریکی کوچک ومحلی رخ نموده که اثر آن به شکل موجک-های(پالسهای) الکتریکی بسیار کوچک با دامنه در حد میلی ولت و میکروولت سوار شده بر روی ولتاژ فشارقوی دیده می-شود. این فرایند تخلیه جزئی نامیده می شود. استاندارد [۱] IEC60270 تخلیه جزئی را این گونه تعریف نموده است: تخلیه های الکتریکی محلی که فقط به نحو جزئی و کم در عایق بین دو هادی دارای اختلاف پتانسیل رخ نموده و ممکن است نزدیک یا دور از هادی قرار داشته باشد. زمان وقوع تخلیه الکتریکی در حد نانو ثانیه بوده بازه زمانی هر موجک(پالس) چند ده نانو ثانیه می باشد. نشانک ها(سیگنال ها) دارای بسامد(فرکانس) بالا و دامنه بسیار کم هستند، لذا آشکار سازی آنها به راحتی انجام نمی گیرد زیرا ممکن است که نویزهای محیطی با دامنه چندین برابر دامنه پالسها وجود داشته و عمل تمایز بین آنها را مشکل نماید.

<sup>1</sup> Partial Discharge

<sup>2</sup> PD Pattern.

محفظه فلزی یکپارچه که از مواد آهنی ساخته شده باشد، به دلیل هم پتانسیل بودن تمام بدنه از نفوذ میدان الکتریکی خارجی جلوگیری به عمل می آورد لذا تزویج خازنی را از بین می برد و چون زمین تمامی تجهیزات داخل سالن به بدنه قفس وصل می شوند، لذا تزویج خازنی نیز از بین می رود و به دلیل مواد فروالکتریک یا آهنی نیز نفوذ میدان مغناطیسی نیز از بین رفته و لذا تزویج سلفی نیز از بین می رود. به دلیل پیچیده تر بودن پدیده تشعشع در بخش بعدی اثر شیلد بر آن را مرور می نمایم.

شرکت سیم و کابل یزد با همکاری آزمایشگاه فشارقوی دانشگاه تهران جهت انجام آزمون بر روی کابل های فشارقوی اقدام به تاسیس آزمایشگاه فشارقوی نموده است. هدف از این مقاله بررسی میزان اثر تضعیفی ساختار شیلد آزمایشگاه می-باشد که روش انجام گرفته به همراه نتایج ذکر گردیده است.

### سپرسازی (شیلد کردن)

شیلد کردن به جداسازی کامل یک فضا از محیط خارج به منظور جلوگیری از تشعشع میدان الکترومغناطیسی از داخل آن به خارج و یا بالعکس اطلاق می شود و از فنون موثر در مقابله با  $EMI^2$  است. در حالت اول که جلوگیری از انتشار میدان الکترومغناطیسی فضای داخل به محیط خارج مطلوب است، منبع نویز شیلد می شود. عکس این حالت هنگامی است که از انتشار نویز محیط به داخل فضا ممانعت به عمل می آید. در این حالت عنصر حساس شیلد می شود.

قابلیت شیلد معمولاً با کمیت تاثیر شیلد بیان می شود که برابر با نسبت دامنه میدان در نبود شیلد به دامنه میدان در حضور شیلد می باشد. تاثیر شیلد بصورت لگاریتمی و با واحد دسی بل تعریف می شود، این تعریف امکان جمع آثار و بدست آوردن تاثیر کل برای یک شیلد را برای فرایندهای مختلف ممکن می-سازد. تاثیر شیلد علاوه بر خصوصیات شیلد نظیر جنس و ضخامت آن به بسامد نویز و فاصله شیلد تا منبع نویز نیز بستگی دارد. با افزایش ضخامت شیلد و استفاده از جنس مناسب می توان به شیلدهای بسیار موثر و

از طرف دیگر در کابلهای فشارقوی به جهت ساختار خازنی کابل و وجود مواد نیمه هادی، نشانکهای (سیگنال) بسامد بالا به شدت تضعیف می شوند، [۲] حال آنکه شبکه پیچیده سلف و خازنی کابل و امپدانس منبع تغذیه و اتصالات می توانند شبکه ای نوسانی در بسامدهای مختلف ایجاد نموده تا با تقویت نویزها دقت اندازه گیری تخلیه جزئی را کاهش دهند. از این رو ایجاد مکان آزمونی که عاری از نویز باشد ضرورت دارد.

منبع نویز و مسیر تزویج<sup>۱</sup> و وسیله تاثیر پذیر از نویز سه جزئی اصلی در بررسی مسایل نویز می باشند که با حذف هر یک از آنها مشکل برطرف می گردد.

منابع نویز در محیط های صنعتی به طور طبیعی فراوان بوده و امکان حذف آنها وجود ندارد. اما می توان با از بین بردن مسیرهای تزویج از اثرگذاری منابع نویز به تجهیزات حساس پیش گیری به عمل آورد.

مسیر های مختلف تزویج عبارتند از :

۱- تزویج خازنی (میدان الکتریکی)

۲- تزویج سلفی (میدان القایی مغناطیسی)

۳- تزویج مقاومتی (رسانش الکتریکی)

۴- تزویج تشعشی (امواج الکترومغناطیسی)

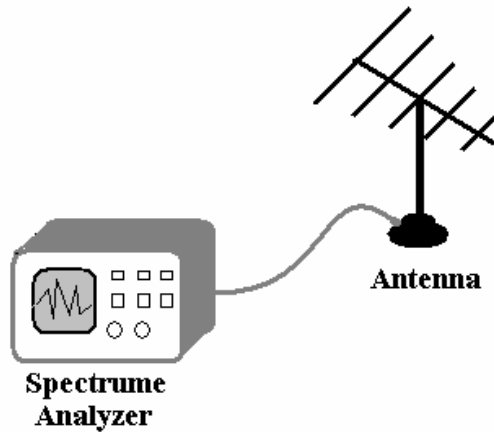
سه قسم اول تزویج های فوق از نوع مداری بوده به این معنا که منبع نویز از طریق خازن، سلف و یا مقاومت پراکندگی با ابزار حساس به نویز در یک مدار قرار گرفته و نشانک (سیگنال) از این طریق منتقل می شود. در نوع چهارم که میدانی می باشد یعنی منبع همچون آنتن فرستنده نویز را تشعشع نموده و ابزار حساسه همچون آنتن گیرنده آن را جذب می نماید.

اولین تدبیر، ایجاد سپرسازی (شیلد نمودن) فلزی می باشد. بطور عادی آزمایشگاه های فشار قوی به دلایل ایمنی و زمین نمودن تجهیزات مجهز به قفس فارادی می باشند که منظور از آن فضای بسته فلزی بوده که تجهیزات فشارقوی و آزمون در آن محصور می باشند، و می توانند در نقش شیلد تجهیزات از منابع نویز خارجی نیز ایفای نقش نمایند. ایجاد

<sup>2</sup> Electromagnetic Interference

<sup>1</sup> Coupling

اهمیت دارد که ساختار و شکل قرار گرفتن تجهیزات دستگاه اندازه گیری یکسان باشد. شکل (۱) بطور شماتیک مدار آزمون را نشان می دهد.



شکل (۱)

در شکل (۲-الف) طیف فرکانسی بین ۹۳۵ kHz تا ۱,۱۳۵ MHz در داخل سالن تولید ترسیم شده است و هدف از این بازه کوچک اندازه گیری فرکانس ۱,۰۳۵ MHz که بزرگترین دامنه را داشته و مربوط به فرکانس رادیوی محلی می باشد و چون پهنای باند دستگاه های اندازه گیری تخلیه جزئی پهنای باند ۲۰ kHz تا ۲ MHz می باشد لذا طیف مورد نظر حائز اهمیت است. دامنه این طیف همانطور که در گوشه سمت راست شکل نشان داده شده است برابر ۵۵,۳۳۹ dBuV می باشد. در شکل (۲-ب) نیز طیف فرکانسی بین ۹۳۵ kHz تا ۱,۱۳۵ MHz در داخل سالن آزمایشگاه فشارقوی نشان داده شده است و مقایسه آن با شکل الف میزان اثر شیلد آزمایشگاه را نشان می دهد. در اینجا ملاحظه می گردد که طیف مربوط به فرکانس رادیوی محلی کاملاً محو شده است و در حد ۹,۵ dBuV می باشد که میزان تضعیف آزمایشگاه فشارقوی نسبت به بیرون آزمایشگاه که خط تولید است برابر ۴۵,۸۳۹-۹,۵=۳۵,۳۳۹ dB تضعیف می باشد.

در شکل ج طیف فرکانسی بین ۱۰۰ kHz تا ۵ MHz در داخل سالن آزمایشگاه فشارقوی ترسیم شده است تا منابع دیگر نویز برای دستگاه اندازه گیری Pd شناسایی شود. در

قوی رسید. این در حالیست که شیلد کاملاً بسته باشد و هیچ شکاف، سوراخ یا بریدگی نداشته باشد. ولی در عمل وجود اینها موجب کاهش نسبتاً زیادی در تاثیر شیلد می شود بطوریکه غالباً اینها تعیین کننده تاثیر شیلد می شوند.

مطابق با، تعریف شیلد با رابطه زیر بیان می شود:

$$S = 20 \log \frac{W_1}{W_2} \quad (1)$$

که در آن  $W_1$  شدت میدان در نبود شیلد و  $W_2$  شدت میدان پس از عبور از شیلد می باشند.

هنگام برخورد موج الکترومغناطیسی به صفحه مقداری از آن منعکس می شود و بقیه به داخل صفحه نفوذ می کند و در حین عبور مقداری از آن جذب می شود. هنگام خروج موج از صفحه مجدداً مقداری از آن به داخل فلز منعکس می شود و بقیه آن خارج می شود.

### اندازه گیری میزان تضعیف شیلد:

هدف از انجام این آزمایش، اندازه گیری میزان تضعیف امواج الکترومغناطیسی توسط بدنه آزمایشگاه می باشد، علاوه بر آن اندازه گیری و مشاهده طیف امواج الکترومغناطیسی نفوذی در داخل آزمایشگاه جهت تعیین منابع نویز می باشد.

روش به کارگرفته شده که در عین سادگی از کارایی خوبی برخوردار می باشد بدین شرح است که از طریق اتصال یک آنتن با شکل و بهره<sup>۱</sup> دلخواه به یک دستگاه طیف نگار شکل موج طیف ها را در بازه فرکانسی دلخواه می توان مشاهده و ثبت نمود. این کار در داخل محل آزمایشگاه و محوطه سالن تولید و خارج کارخانه انجام می گیرد. با در نظر گرفتن دامنه بزرگترین طیف که معمولاً بسامد فرستنده رادیوی محلی می باشد برای مکان های مختلف دامنه آن بر حسب دسی بل ثبت می گردد و تفاضل آنها میزان تضعیف هر مکان نسبت به مکان دیگر را نشان می دهد.

از آنجا که نتایج نهایی بطور مقایسه ای و نسبی با هم سنجیده می شوند، بهره و شکل آنتن خیلی مهم نبوده ولی

<sup>۱</sup> Gain

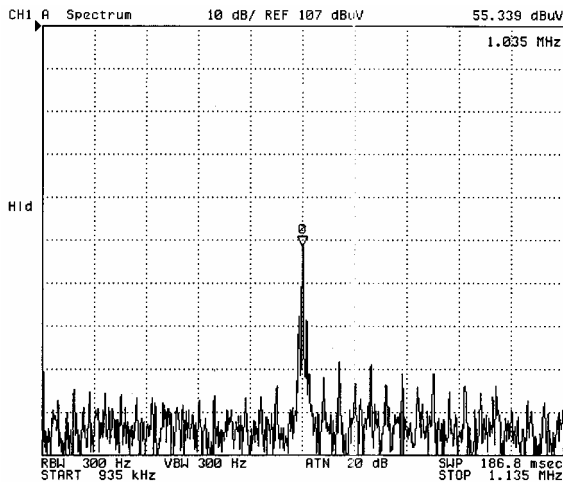
مراجع:

- [۱]- IEC 60270; "Partial discharge measurements".
- [۲]- S.A. Boggs, A. Pathak, P. Walker, " Partial Discharge XXII : High Frequency Attenuation in shielded Dielectric Power Cable and Implications Thereof for PD location", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol.12, January/February 1996, pp.9-16
- [۳]- Smith D.C., "High Frequency Measurements and noise in Electronic Circuit"; 1st edition, IEEE Press, U.S.A, 1995
- [۴]- Kunkel, M. and Kunkel, G. ; "Comparison between transfer impedance and shielding effectiveness testing "; IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1992

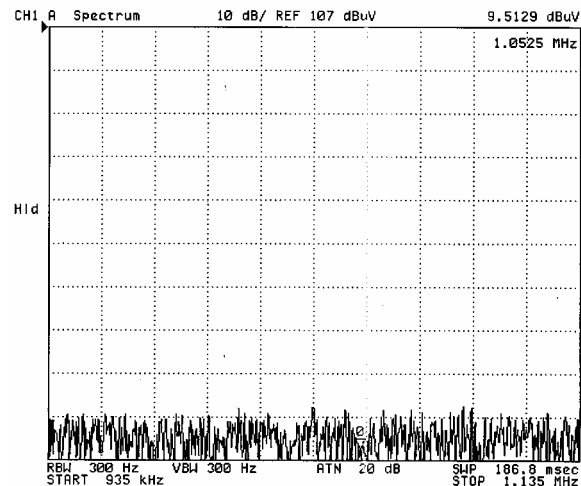
شکل (۲-د) نیز طیف فرکانسی بین ۱۰ Hz تا ۱۰ MHz. در ۵۰۰ سالن آزمایشگاه فشارقوی رسم گردیده است که تنها در محدوده فرکانس شبکه و هارمونیک سوم آن طیف با دامنه قابل ملاحظه می باشد که مربوط به سیستم روشنایی و سایر وسایل برقی داخل آزمایشگاه می باشد.

تقدیر و تشکر:

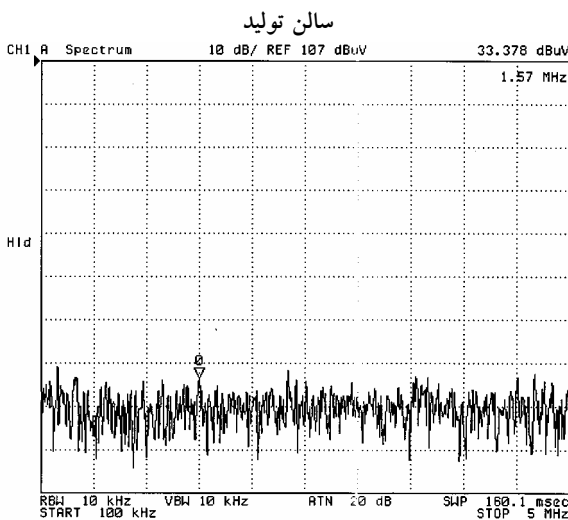
بدینوسیله از مدیر عامل محترم شرکت سیم و کابل حاج آقای علی بیگی و مهندس علی بیگی، مهندس خلیلی و آقای بارزان زندی و سایر پرسنل محترم آن شرکت که در انجام پروژه همکاری نمودند تقدیر و تشکر می گردد.



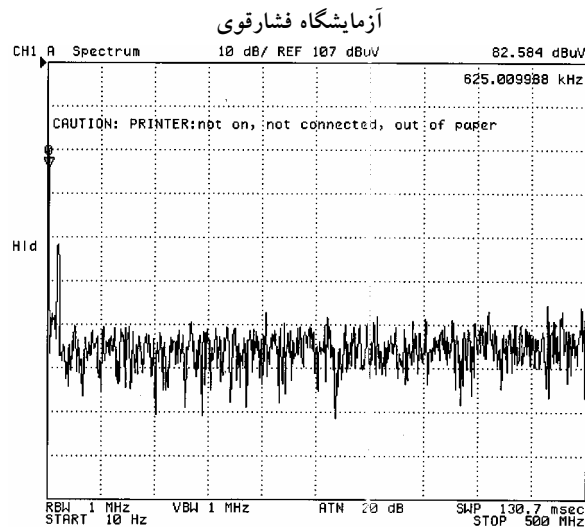
الف- طیف فرکانسی بین ۹۳۵ kHz تا ۱,۱۳۵ MHz در داخل



ب- طیف فرکانسی بین ۹۳۵ kHz تا ۱,۱۳۵ MHz در داخل سالن



ج- طیف فرکانسی بین ۱۰۰ kHz تا ۵ MHz در داخل سالن  
آزمایشگاه فشارقوی



د- طیف فرکانسی بین ۱۰ Hz تا ۵۰۰ MHz در داخل سالن  
آزمایشگاه فشارقوی

شکل (۲): شکل موج های ثبت شده از طیف فرکانس نویز در آزمایشگاه و در سالن خط تولید