ISIRI
5526-3
1st,edition
OCT. 2001

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران
۵۵۲۶-۳
چاپ اول
مهر ماه ۱۳۸۰

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

کابلهای الکتریکی - روشهای آزمون الکتریکی
قسمت سوم - اندازه‌گیری تخلیه جزیی کابلهای اکسترود شده قدرت
روشهای آزمون

Electrical test methods for electric cables - Part 3 : Test methods for partial discharge measurements on lengths extruded power cable

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران :کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵
دفتر مرکزی : تهران - بالاتراز میدان ولی‌عصر، کوچهٔ شهید شهامتی، پلاک ۱۴
صندوق پستی ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵
تلفن مؤسسه در کرج : ۸-۲۸۶۰۳۱ - ۰۲۶۱
تلفن مؤسسه در تهران : ۹-۸۹۰۹۳۰۸
دورنگار : کرج ۲۸۸۱۱۴ - ۰۲۶۱ تهران ۸۸۰۲۲۷۶ - ۰۲۱
بخش فروش – تلفن : ۲۸۷۰۴۵ - ۰۲۶۱ دورنگار : ۲۸۸۷۰۴۵ - ۰۲۶۱
پیام نگار : ISIRI.INFOC@NEDA.NET
بها : ۴۴۰۰ ریال

Headquarter: Institute of Standards and Industrial Research of IRAN
P.O.Box 31585-163 Karaj - IRAN
Central office: NO.14, Shahid Shahamati St., Valiasr Ave. Tehran
P.O.Box: 14155-6139
Tel.(Karaj): 0098 261 286031-8
Tel.(Tehran): 0098 21 8909308-9
Fax(Karaj): 0098 261 288114
Fax(Tehran): 0098 21 8802276
Email: ISIRI.INFOC@NEDA.NET
Price: 4400 Rls

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

بسمه تعالی

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده‌دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی(رسمی) می‌باشد.

تدوین استاندارد در رشته‌های مختلف توسط کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت می‌گیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت‌ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن‌آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمان‌های دولتی باشد.

پیش‌نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها درکمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمان‌های علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌شود نیز پس از طرح و بررسی درکمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می‌گردد. بدین‌ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره «۵» تدوین و درکمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد می‌باشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی استفاده می‌نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید.

همچنین به منظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی‌کنندگان سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و کالیبره‌کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می‌نماید. ترویج سیستم بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می‌باشد.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

کمیسیون استاندارد کابلهای الکتریکی -روشهای آزمون الکتریکی

قسمت سوم -اندازه‌گیری تخلیه جزیی کابلهای اکسترود شده قدرت

رئیس	سمت یا نمایندگی
بانکیان ، محمد اسماعیل (فوق لیسانس مهندسی برق)	بازنشسته وزارت نیرو - مشاور قائم مقام سازمان توانیر
اعضاء	
پورعبداله، محمدباقر (لیسانس مهندسی صنایع)	مدیر فنی شرکت کارخانجات کابل‌سازی تک
صدیقی، مهدی (لیسانس مهندسی برق)	مدیر کیفیت و آموزش سیمکو
غضنفر اهری، محمد حسین (فوق لیسانس مهندسی برق و کنترل)	مدیر امور مهندسی کابل البرز
فرخ تار، هادی (لیسانس مهندسی برق)	مدیر کنترل کیفیت شرکت کارخانجات کابل‌سازی تک

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

محسنی، محمد (لیسانس مهندسی برق قدرت)	مسئول طراحی صنایع کابل کرمان
میر بابائی، ایرج (لیسانس مهندسی الکترونیک و مخابرات)	مدیر مهندسی فروش سیم و کابل ابهر
نورالعیونی، محمد تقی (لیسانس فیزیک کاربردی)	مدیر کنترل کیفیت سیم و کابل خراسان

دبیر

خضرائی، آزیتا (فوق لیسانس مهندسی هسته‌ای)	مؤسسه استانداردو تحقیقات صنعتی ایران

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

فهرست مندرجات

صفحه

پیش گفتار ..... الف

۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۲ مراجع الزامی ۱

۳ اصطلاحات و تعاریف ۲

۴ آزمونهای تخلیه جزیی ۲

۵ راهنمای کاربردی ۱۷

پیوست ۴۴

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

پیش‌گفتار

استاندارد "کابلهای الکتریکی ـ روشهای آزمون الکتریکی، قسمت سوم ـ اندازه‌گیری تخلیه جزیی کابلهای اکسترود شده قدرت ـ روشهای آزمون" که پیش نویس آن توسط کمیسیون‌های فنی مربوط تهیه تدوین شده و در یکصدو شصت و هفتمین کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۷۹/۱۱/۲۴ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند ۱ ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استانداردهای بین‌المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

سری استاندارد های‌ملی شماره ۵۵۲۵ و ۵۵۲۶ جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۱۲ شده و استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۱۲ باطل اعلام میشود.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است :

IEC 885-3 : 1988 ,Electrical test methods for electric cables .Part 3 : Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cable.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

کابلهای الکتریکی - روشهای آزمون الکتریکی

قسمت سوم -اندازه‌گیری تخلیه جزیی کابلهای اکسترود شده قدرت -روشهای آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین دامنه تخلیه جزیی در طول کابل است. این دامنه نباید از میزان مشخص شده در ولتاژ معین با حساسیت ارائه شده بیشتر باشد.

این استاندارد مقررات اساسی اندازه‌گیری تخلیه جزیی را بر روی طولهایی از کابلهای اکسترود شده قدرت تعیین می‌کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد محسوب می‌شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و / یا تجدیدنظر، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهذا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و / یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و / یا تجدیدنظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

- *IEC 270 : 1981 , Partial discharge measuremetns*

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، کلیه اصطلاحات و / یا واژه‌ها با تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ...[۱] بکار می‌رود.

۴ آزمونهای تخلیه جزیی

۴-۱ دستگاه آزمون

۴-۱-۱ تجهیزات

تجهیزات شامل اجزاء زیر می‌باشد :

ـ منبع تغذیه ولتاژ بالا با ظرفیت کیلو ولت ـ آمپر مناسب برای طول کابل تحت آزمون.

ـ ولتمتر برای ولتاژهای بالا.

ـ مدار اندازه‌گیری.

ـ کالیبره کننده مقدار دامنه تخلیه.

ـ مولد پالس مضاعف.

ـ امپدانس انتهایی (که در انتهای کابل نصب می‌شود) یا فرونشاننده موج برگشتی (در صورت لزوم).

سطح نویز کلیه اجزاء فوق باید آنقدر پایین باشند تا حساسیت لازم به دست آید.

فرکانس تغذیه دستگاه آزمون برابر با ۴۹ تا ۶۱ هرتز متناوب با شکل موج تقریباً سینوسی بوده و نسبت مقدار قله به مؤثر آن $\sqrt{2}$ و با رواداری ۷± درصد می‌باشد. موضوعات اصلی در نظر گرفته شده در این استاندارد (کالیبراسیون و تضعیف پالسهای تخلیه جزیی) با استفاده از فرکانسهای مختلف منبع تغذیه تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. با این وجود، مشخصه‌های تخلیه جزیی توسط فرکانس آزمون تحت تأثیر قرارگرفته و در روش اندازه‌گیری این واقعیت را باید در نظر گرفت.

۱ـ این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به‌استاندارد بین المللی *IEC* ۲۷۰ مراجعه شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

۴-۱-۲ ابزار و مدار آزمون

مدار آزمون شامل کابل مورد آزمون، خازن کوپلینگ و مدار اندازه‌گیری است. مدار اندازه‌گیری شامل امپدانس اندازه‌گیری (امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری و واحدهای امپدانسی[1] ورودی که جهت تطبیق با امپدانس کابل انتخاب شده‌اند)، سرهای اتصال دهنده و ابزار اندازه‌گیری است. ابزار اندازه‌گیری یا آشکارساز شامل وسیله تقویت‌کننده مناسب، نوسان نما و ابزار اضافی جهت نمایش وجود تخلیه جزیی و اندازه‌گیری میزان بار ظاهری (در صورت لزوم) می‌باشد.

۴-۱-۳ مولد پالس مضاعف

ویژگی‌های مدار آزمون تخلیه جزیی باید به وسیله مولد پالس مضاعف بررسی شود. این مولد به طور مداوم، دو پالس یکسان (با بار ظاهری مشابه) و به دنبال هم با فاصله زمانی متغیر از ۰/۲ تا ۱۰۰ میکروثانیه تولید می‌کند. زمان صعود پالسها (زمان لازم برای رسیدن پالس از ۱۰ به ۹۰ درصد مقدار قله آن) نباید از ۲۰ نانوثانیه بیشتر شود. زمان بین ۱۰ درصد مقدار پیشانی و دنباله هر پالس نباید از ۱۵۰ نانوثانیه بیشتر شود. پالسها ممکن است توسط فرکانس منبع تغذیه همزمان و هماهنگ شوند[2].

۴-۱-۴ امپدانس انتهایی (امپدانس مشخصه)

یک امپدانس انتهایی برابر با امپدانس مشخصه کابل مورد آزمون را می‌توان به انتهای باز کابل متصل نمود. این امپدانس از انعکاس موج در انتهای کابل جلوگیری می‌کند.

۴-۱-۵ فرونشاننده موج برگشتی

چنانچه آزمون در حالت بدون امپدانس انتهایی انجام شود، برای پرهیز از سوپرپوزیشن[3]، می‌توان از فرونشاننده موج برگشتی استفاده نمود. این فرونشاننده یک کلید الکترونیکی است که در بیشتر موارد قادر به جلوگیری از ورود پالسهای برگشتی از انتهای باز کابل به آشکارساز می‌شود. با این وجود،

1- Input unit

2- Synchronized

3- Superposition

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

چنانچه منبع تخلیه جزیی در نزدیکی سر انتهایی کابل قرار گیرد، سوپرپوزیشن مثبت اجتناب‌ناپذیر است.

۴-۲ تعیین ویژگی‌های مشخصه مدار آزمون

ویژگی‌های مشخصه مدار آزمون باید در همان شرایط کاربرد تعیین شوند. مدارهای آزمونی که معمولاً برای اتصال به سر انتهای کابل تک رشته مورد استفاده قرار می‌گیرند، در شکلهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند. هرگاه دو سر هادی کابل به یکدیگر متصل باشند، از مدارهای آزمون مشابه نیز می‌توان استفاده نمود. در این حالت دو سر انتهایی حفاظ الکتریکی فلزی[1] نیز باید به یکدیگر متصل شوند.

۴-۲-۱ سوپرپوزیشن

چنانچه از امپدانس انتهایی استفاده نشود، لازم است ویژگی‌های مدار آزمون (با در نظر گرفتن سوپرپوزیشن) تعیین شود. مولد پالس مضاعف طبق شکل ۶ متصل شده و نموداری از پالس مضاعف رسم می‌شود (به بند ۴-۵ و شکلهای ۷، ۸ و ۹ مراجعه شود). این بررسی باید حداقل یک بار در سال و همچنین بر حسب درخواست و به هنگام تعمیر یا تعویض اجزاء مهم مدار انجام شود.

۴-۲-۲ امپدانس انتهایی

چنانچه از امپدانس انتهایی استفاده شود (به شکل ۴ مراجعه شود)، مناسب بودن آن برای نوع کابل مورد آزمون باید با استفاده از روش توضیح داده شده در بند ۴-۶ نشان داده شود. این بررسی باید حداقل یک بار در سال و همچنین بر حسب درخواست و به هنگام تعمیر و تعویض اجزاء مهم مدار انجام شود.

۴-۲-۳ فرونشاننده موج برگشتی

هدف از استفاده از این وسیله، دستیابی به نمودار پالس مضاعف نوع یک مطابق شکل ۷ می‌باشد. با استفاده از اعداد نشان داده شده در شکل ۱۰، کارآیی وسیله فرونشاننده موج برگشتی باید حداقل

1- Screen

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

یک بار در سال و همچنین بر حسب درخواست و به هنگام تعمیر یا تعویض اجزاء مهم مدار انجام شود.

۴-۲-۴ بار الکتریکی برای کالیبراسیون

روش کالیبراسیون «انتقال بار» باید بر اساس استاندارد ملی ایران شماره .....[1]، بند ۵-۲-۱ مورد استفاده قرارگیرد. راهنمائی بیشتر در مورد استفاده از کالیبره کننده‌های تخلیه در استاندارد ملی ایران شماره .....[2]، پیوست ۳ ارائه شده است. در این روش، کالیبره کننده مستقیماً به سر انتهایی کابل مورد آزمون متصل می‌شود تا پالسهای جریان کوتاه مدت را با مقدار بار از پیش تعیین شده به کابل مورد آزمون (همانطورکه در بند ۴-۳ توضیح داده شد) اعمال نماید. ارتفاع پالس منتج بر روی نوسان نما باید حداقل ۱۰ میلی‌متر باشد.

قطع خازن کالیبره کننده (پیش از برقدار شدن ترانسفورماتور آزمون ولتاژ بالا) ضروری است، مگر آنکه ولتاژ اسمی این خازن برای استفاده در ولتاژهای آزمون مناسب باشد. بهره تقویت کننده نباید پس از تنظیم اولیه مجدداً تنظیم شود، مگر آنکه وسیله‌ای برای نمایش پیوسته سیگنال کالیبره کننده مناسب در طول آزمون فراهم شده باشد.

یکی از موارد زیر برای این آزمون پیش می‌آید :

الف ـ ولتاژ اسمی خازن کالیبره کننده ممکن است برابر با حداکثر ولتاژ ترانسفورماتور آزمون بوده و بخشی از مدار آزمون را تشکیل دهد. در این حالت پیش از برقدار شدن ترانسفورماتور آزمون ولتاژ بالا، قطع کردن آن لازم نیست.

ب ـ کالیبره کننده ثانویه را می‌توان به مدار اضافه نمود. این کالیبره کننده به ورودی آشکار ساز متصل می‌شود. پیش از قطع شدن کالیبره کننده اولیه و برقدار شدن ترانسفورماتور آزمون ولتاژ بالا (طبق

۱- این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به‌استاندارد بین المللی *IEC* ۲۷۰ مراجعه شود.

۲ - این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی *CIGRE* ۲۱ مراجعه شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

استاندارد ملی ایران شماره .....[1]، بند ۱-۲ از بخش اول پیوست ۳)، دامنه پاسخ پالس ثانویه در برابر کالیبره کننده اولیه از پیش کالیبره می‌شود.

مادامیکه ظرفیت خازنی کالیبره کننده در مقایسه با ظرفیت خازنی کابل مورد آزمون (Cx) کوچک باشد، بار تخلیه کالیبراسیون $qcal$ (بر حسب پیکو کولن) از حاصل ضرب دامنه پالس کالیبراسیون ΔU (بر حسب ولت) در ظرفیت خازن کالیبره کننده $Ccal$ (بر حسب پیکوفاراد) بدست می‌آید :

$$qcal = Ccal \times \Delta U$$

مشخصه‌های پالس کالیبره کننده باید با استاندارد ملی ایران شماره .....[1]، بخش ۳ از پیوست ۳ و استاندارد ملی ایران شماره .....[2]، بندهای ۵-۲ و ۵-۳ مطابقت نماید. در مورد کابلهایی با طول زیاد، ظرفیت خازن کالیبره کننده نباید بیشتر از ۱۵۰ پیکوفاراد باشد.

ضریب مقیاس ابزار اندازه گیری (K) عبارت از ضریبی است که باید در میزان قرائت شده از ابزار برای دستیابی به دامنه تخلیه اعمال شده به کابل مورد آزمون در حین کالیبراسیون ضرب شود. این ضریب باید با استاندارد ملی ایران شماره .....[2]، بند ۵-۲ مطابقت نماید.

۵-۲-۴ حساسیت

الف ـ حساسیت مدار آزمون (شامل منبع تغذیه ولتاژ بالا و دستگاههای اندازه گیری) عبارت است از حداقل مقدار پالس تخلیه قابل تشخیص $qmin$ (بر حسب پیکوکولن) که بتوان آن را در صورت وجود نویز زمینه مشاهده نمود. از پالسهای تداخلی منفرد که به طور واضح قابل تشخیص هستند، می‌توان صرف نظر نمود. از آنجائیکه پیکوکولن سنج، منبع سیگنال نشان داده شده را تشخیص نمی‌دهد،

۱- این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی ۲۱ *CIGRE* مراجعه شود.

۲- این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی ۲۷۰ *IEC* مراجعه شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

صفحه نمایش نوسان نما برای نشان دادن سطوح سیگنال نویز ضروری می‌باشد. برای قابل تشخیص بودن پالس تخلیه، دامنه آن باید حداقل دو برابر دامنه نویز ظاهری (hn) باشد. hnمقدار نویز قرائت شده بر روی نوسان نما یا پیکوکولن سنج (در صورتیکه از پیکوکولن سنج هم استفاده شود) است.

بنابراین :

$$qmin = ۲K \times hn$$

که در آن :

K = ضریب مقیاس است.

ب ـ مقادیر حساسیت باید طبق بند ۴-۴ انتخاب شوند.

۴-۳ روشهای اندازه‌گیری

آزمون باید به عنوان آزمون نوعی بر روی نمونه هایی ازکابل با طول کوتاه و به عنوان آزمون معمول[1] بر روی کابل تولید شده (با هر طولی) انجام شود.

انتخاب مدار آزمون به نمونه کابل بستگی دارد. در این حالت با توجه به نمودار پالس مضاعف (رجوع شود به بند ۴-۵)، نمونه کابل را می‌توان به صورت طول کوتاهی ازکابل (رجوع شود به بند ۴-۳-۱) یا طول بلندی ازکابل (رجوع شود به بندهای ۴-۳-۲ ، ۴-۳-۳ و ۴-۳-۴) در نظرگرفت. برای دستیابی به حساسیت مورد نظر (رجوع شود به بند ۴-۲-۵)، در مدار آزمون نباید هیچگونه تخلیه‌ای صورت گیرد. کالیبراسیون لزوماً نباید با منبع تغذیه ولتاژ بالای روشن انجام شود (رجوع شود به بند ۴-۲-۴).

۴-۳-۱ کابلهای کوتاه شامل طولهایی از کابل برای آزمون نوعی

الف ـ مقررات

در مورد کابلهای کوتاه، کابل را می‌توان معادل یک خازن در نظرگرفت. محدودیت طول کابل (در جائیکه این محدودیت قابل قبول نباشد) به مدار آزمون مورد استفاده بستگی دارد. مقدار واقعی با استفاده از نمودار پالس مضاعف توضیح داده شده در بند ۴-۵ تعیین شده و با Lkمشخص می‌شود.

1- Routine test

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

یادآوری - **با وجود این، اگر دو سر کابل بهم متصل شده باشد، کابلهای به طول تا $۲Lk$ همانند کابل با طول کوتاه رفتار می‌کنند (رجوع شود به بند ۴-۲).**

مدارهای آزمونی که به طور معمول استفاده می‌شوند، در شکلهای ۱ ، ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند.

ب - بررسی حساسیت

کالیبره کننده باید به طور موازی با کابل و فقط در انتهای آزاد آن (که به آشکارساز متصل نیست) وصل شود. با استفاده از مقدار بار تخلیه کالیبراسیون ($qcal$) اعمال شده و مقدار انحراف اندازه گیری شده مربوط به آن ($a_۲$)، ضریب مقیاس $k_۲$(بر حسب پیکوکولن بر میلی‌متر) و حساسیت $qmin$(بر حسب پیکوکولن) محاسبه می‌شود.

$$k_۲ = qcal / q_۲$$

$$qmin = ۲k_۲ \times h_n$$

که در آن :

h_n = مقدار انحراف از تداخل زمینه (برحسب میلی‌متر).

پ - روش آزمون

اندازه گیری فقط باید در یکی از دو انتهای کابل انجام شود. با توجه به مقدار انحراف اندازه گیری شده (Aبر حسب میلی‌متر)، دامنه تخلیه (qبر حسب پیکوکولن) برابر است با :

$$q = k_۲ \times A$$

ولتاژها باید طبق بند ۴-۴ انتخاب شوند.

۴-۳-۲ کابلهای بلند مورد آزمون (در حالت بدون امپدانس انتهایی)

الف - مقررات

در مورد کابلهایی با طول بیش از Lk انجام آزمون بدون امپدانس انتهایی می‌تواند امکان‌پذیر باشد، مشروط بر آنکه پدیده‌های سوپرپوزیشن و تضعیف به حساب آید. چنانچه، نمودار پالس مضاعف

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

یکی از حالات زیر باشد (رجوع شود به بند ۴-۵)، انجام آزمون بدون امپدانس انتهایی مجاز می‌باشد:

ـ نوع ۱ (شکل ۷).

- نوع ۲ و ۳ (شکلهای ۸ و ۹)، مشروط بر آنکه طول کابل (L) خارج از محدوده $۲L_۱ \leq L \leq ۲L_۲$ باشد (برای تعیین $L_۱$ و $L_۲$ رجوع شود به بند ۴-۵).

برای کابلهایی با طول واقع در این محدوده، مدار آزمون دیگری باید مورد استفاده قرار گیرد یا روشهای ارائه شده در بندهای ۴-۳-۳ یا ۴-۳-۴ باید در نظر گرفته شود.

مدارهای آزمونی که به طور معمول استفاده می‌شوند، در شکلهای ۱ ، ۲ ، ۳ و ۵ نشان داده شده‌اند.

ب ـ بررسی حساسیت

همانطور که در شکلهای ۱ ، ۲ ، ۳ یا ۵ نشان داده شده، کالیبره کننده باید به طور موازی با کابل به نوبت به هر یک از دو سر کابل وصل شود. کالیبره کننده در ابتدا باید به انتهای آزاد کابل (که به آشکارساز متصل نیست) وصل شده و سپس با همان مقدار تنظیم تقویت کننده و بار تخلیه کالیبراسیون با انتهای دیگر کابل در نزدیکی آشکارساز وصل شود. مقادیر زیر باید یادداشت شوند :

ـ $a_۱$ = مقدار انحراف اندازه‌گیری شده (بر حسب میلی‌متر) ، وقتیکه کالیبره کننده به انتهای کابل در نزدیکی آشکار ساز وصل است.

ـ $a_۲$ = مقدار انحراف اندازه‌گیری شده (بر حسب میلی‌متر) ،وقتیکه کالیبره کننده به انتهای آزادکابل (که به آشکار ساز متصل نیست) وصل است.

ـ $a_۱$ و مقدار بار تخلیه کالیبراسیون $qcal$ (بر حسب پیکوکولن) برای تعیین ضریب مقیاس $K_۱$ (بر (برحسب پیکوکولن بر میلی‌متر) استفاده می‌شوند :

$$K_۱ = qcal / a_۱$$

برای در نظر گرفتن تضعیف، $a_۱$ و $a_۲$ برای تعیین ضریب تصحیح F استفاده می‌شوند. در این حالت داریم :

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

$$F = ۱ \quad ، \quad a_۲ \geq a_۱$$

$$F = \sqrt{\frac{a_۱}{a_۲}} \quad ، \quad a_۲ < a_۱$$

حساسیت $qmin$ (بر حسب پیکوکولن) به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$qmin = ۲k_۱ \times hn \times F$$

پ ـ روش آزمون

اندازه‌گیری باید دوبار و به نوبت با اتصال سر خازن کوپلینگ (سر مخصوص اتصال به ولتاژ بالا) به هر یک از دو انتهای کابل انجام شود. انحراف‌های اندازه‌گیری شده $A_۱$ و $A_۱$ باید تعیین شده و مقدار بزرگتر به عنوان $A\ max$ (بر حسب میلی‌متر) انتخاب شود. با داشتن ضریب مقیاس $K_۱$ (بر حسب پیکوکولن بر میلی‌متر) و ضریب تصحیح F، مقدار بار تخلیه q (بر حسب پیکوکولن (به صورت زیر بدست می‌آید :

$$q = K_۱ \times Amax \times F$$

موقع اندازه‌گیری بیشترین انحراف $Amax$، ولتاژهای مورد استفاده باید طبق بند ۴-۴ انتخاب شوند.

یادآوری ـ تنها اگر، نمودار پالس مضاعف از نوع ۱ بوده (رجوع شود به شکل ۷) و $a_۲ \geq a_۱$ باشد و دو سر کابل بهم متصل گردد، یک اندازه‌گیری برای A (بر حسب میلی‌متر) کافی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲). در این صورت مقدار تخلیه از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$q = K_۱ \times A$$

۴-۳-۳ کابلهای بلند مورد آزمون (در حالت وجود امپدانس انتهایی)

الف ـ مقررات

برای حذف خطاهای ناشی از اثرات سوپرپوزیشن ، کابلهایی با طول بیشتر از L_K را میتوان با

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

امپدانس انتهایی طبق شکل ۴ آزمون نموده . این روش را میتوان با هر آشکار ساز و هر طولی از کابل انجام داد، مشروط بر آنکه امپدانس Z_W با مقررات مشخص شده در بند ۴-۶ مطابقت نماید. مناسب بودن امپدانس برای کابل مورد آزمون باید با استفاده از روش توضیح داده شده در بند ۴-۶ نشان داده شود.

ب - وارسی حساسیت

همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، کالیبره کننده باید بطور موازی با کابل به هر انتهای آن وصل شود. کالیبره کننده در ابتدا باید به انتهای آزاد کابل (که به آشکار ساز متصل نیست) وصل شده و سپس با همان مقدار تنظیم تقویت کننده و با تخلیه کالیبراسیون به انتهای دیگر کابل در نزدیکی آشکار ساز وصل شود.

مقادیر زیر باید یادداشت شوند:

a_1 مقدار انحراف اندازه گیری شده (برحسب میلیمتر)، وقتیکه کالیبر کننده به انتهای کابل در نزدیکی آشکار ساز وصل است. چنانچه روش ارائه شده در ردیف پ - ۲ همین بند کافی باشد ، لزومی به اندازه گیری a_1 نیست.

a_2 مقدار انحراف اندازه گیری شده (برحسب میلیمتر)، وقتیکه کالیبره کننده به انتهای آزاد کابل (که به آشکار ساز متصل نیست) وصل است. سپس ضریب مقیاس K_2 (بر حسب پیکوکولن بر میلیمتر) و حساسیت A_{min} (بر حسب پیکوکولن) بصورت زیر محاسبه میشوند .

$$K_2 = q_{cal} / a_2$$

$$q_{min} = 2K_2 \times h_n$$

پ - روش آزمون

۱ - اگر تعیین مقدار تخلیه با دقت زیاد لازم باشد، سر خازن کوپلینگ (سر مخصوص اتصال به ولتاژ بالا) باید به نوبت به هر یک از دو انتهای کابل متصل شده و انحرافهای A_1 و A_2 (بر حسب میلیمتر)

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

اندازه‌گیری شود. دامنه تخلیه q (برحسب پیکوکولن) از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$q = q_{cal} \times \sqrt{\frac{A_1 \times A_2}{a_1 \times a_2}}$$

۲- هرگاه بررسی درباره اینکه مقدار تخلیه فراتر از مقدار معین‌نرود، کافی باشد . اندازه گیری را میتوان با اتصال سر خازن کوپلینگ (سر مخصوص اتصال به ولتاژ بالا) تنها به یکی از دو انتهای کابل انجام داد. در این حالت، پالس کالیبره کننده تنها به سری ازکابل که به امپدانس انتهایی وصل است (و به آشکار ساز متصل نیست) اعمال می شود (a_2). با توجه به انحراف اندازه گیری شده A_1 (بر حسی میلیمتر) و ضریب مقیاس K_2 (بر حسب پیکوکولن بر میلیمتر)، دامنه تخلیه q (بر حسب پیکوکولن) از رابطه زیر محاسبه می‌شوند :

$$q = K_2 \times A_1$$

هنگام اندازه‌گیری انحراف‌های A_1 و در صورت لزوم A_2 حدود ولتاژ مورد استفاده باید طبق بند ۴-۴ انتخاب شوند.

۴-۳-۴ کابلهای بلند مورد آزمون (همراه با فرونشاننده موج برگشتی)

اتصال فرونشاننده موج برگشتی در شکل ۵ نشان داده شده است.

الف ـ مقررات

هنگام استفاده از فرونشاننده موج برگشتی، نمودار پالس مضاعف باید از نوع ۱ باشد (رجوع شود به شکل ۷).

ب ـ وارسی حساسیت

رجوع شود به بند ۴-۳-۲.

پ ـ روش آزمون

رجوع شود به بند ۴-۳-۲.

۴-۴ حدود مقادیر تخلیه جزیی ولتاژ

حدود مقادیر تخلیه جزیی، حساسیت و ولتاژ باید طبق مقررات استاندارد سیم وکابل مربوطه تعیین

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

شوند.

۵-۴ رسم نمودارهای پالس مضاعف

مولد پالس مضاعف باید به اجزاء مدار اندازه گیری (همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده) متصل شود.

نمودار پالس مضاعف با تغییرات هر یک از اجزاء مدار تحت تاثیر قرار می گیرد. مهم است که نمودار پالس مضاعف تحت شرایط دقیق بکار رفته در آزمون ولتاژ بالا ترسیم شود. بجای کابل قدرت، یک با اهمی قرار می دهیم که اندازه این بار اهمی برابر با حداکثر امپدانس مشخصه کابلهای اکسترود شده است ($R=۵۰$ تا ۶۰ Ω). پالسهای مضاعف در همان نقاط اعمال پالسهای کالیبره کننده برای مولدهای آزمون گوناگون طبق شکلهای ۲،۱ و ۳ اعمال می شوند. شرایط زیر باید برقرار باشد :

الف ـ مولد پالس مضاعف *(I)* باید مقررات بند ۴-۱-۳ را برآورده سازد. پالسها باید با استفاده از نوسان نمای دیگری با محور زمانی کالیبره شده اندازه گیری شوند. دقت لازم ۳± درصد یا ۵۰ نانو ثانیه است (هر کدام که بزرگتر باشد).

امپدانس خروجی کلی باید در گستره ۵۰ تا ۶۰ اهم باشد. برای رسیدن به این شرایط، ممکن است اضافه کردن مقاومتهای دیگری بصورت موازی یا سری با خروجی ضروری باشد.

تجربه نشان داده است که نمودار پالس مضاعف را میتوان با استفاده از روشهای زیر بصورت پایدار ایجاد کرد :

ـ ساده‌ترین روش آن است که مولد پالس مضاعف با سیمی به طول حداکثر ۳ متر به موازات خازن ولتاژ بالا (C_K) و امپدانس اندازه گیری (Z_A) وصل شود.

ـ برای اتصالات بلندتر، کابل کواکسیال باید استفاده شود (رجوع شود به شکل ۶). در این حالت وجود دو مقاومت تطبیق دهنده R_1 و R_2 ضروری است تا اطمینان حاصل شود که مدار تطبیق یافته امپدانسی را بعنوان بار اهمی در گستره ۵۰ تا ۶۰ اهم ارائه می‌دهد.

ب ـ خازن (C_K) و سایر اجزاء ولتاژ بالای مدار آزمون باید مشابه بوده و دارای اتصالات یکسان

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

همانند اتصالات بکار رفته در آزمون ولتاژ بالا باشند.

پ ـ در آزمون ولتاژ بالا برای دستیابی به نمودار پالس مضاعف باید از مجموعه تطبیق دهنده یا امپدانس آشکار ساز (Z_A) استفاده شود.

ت ـ پاسخ فرکانسی و بهره تقویت کننده آشکار ساز (D) باید به مقداری باشد که برای آزمون ولتاژ بالا انتخاب شده است. برای اندازه‌گیری دقیق تغییرات در دامنه پالس که بعلت اعوجاج ناشی از سوپرپوزیشن ایجاد می شود، خروجی تقویت کننده آشکار ساز (D) باید بر روی نوسان نمای دیگری (مثلاً نوسان نمای مورد استفاده در ردیف الف) نمایش داده شود.

فاصله زمانی مولد پالس مضاعف باید ۱۰۰ میکرو ثانیه تنظیم شده و میزان انحرافهای آشکار ساز تخلیه جزیی $(A_{۱۰۰})$ نسبت به دو پالس اندازه‌گیری شود. سپس فاصله زمانی ۱۰۰ میکروثانیه باید تا ۰/۲ میکرو ثانیه کاهش یابد. برای مقادیر مختلف فاصله زمانی t بین حداکثر قله های دو پالس اندازه‌گیری می‌شوند، حداکثر انحراف A_t باید اندازه‌گیری شود. توجه خاصی باید به نواحی سوپرپوزیشن مثبت و منفی بعمل آید. سپس مقادیر $\frac{A_t}{A_{۱۰۰}}$ باید بعنوان تابعی از t رسم شده تا نمودار پالس مضاعف (باfاصله زمانی مختلف) حاصل گردد. مثالهایی از نمودارها در شکلها ۷ تا ۹ نشان داده شده‌اند.

در جائیکه مقدار $\frac{A_t}{A_{۱۰۰}}$ در اولین سوپرپوزیشن مثبت برابر با ۱/۴ باشد، مقدار t_k باید از روی نمودار تعیین شود. اگر مقدار $\frac{A_t}{A_{۱۰۰}}$ در تمام نواحی سوپرپوزیشن منفی کمتر یا مساوی ۱/۰ باشد، زمانهای t_1 و t_2 باید تعیین شوند. با در نظر گرفتن خطاهای اندازه گیری از نواحی سوپرپوزیشن منفی با حداکثر دامنه تا ۱۰- درصد میتوان صرف نظر نمود.

طولهای کابل L_k ، L_1 و L_2 مربوط به t_k و t_1 و t_2 باید با استفاده از رابطه زیر محاسبه شوند:

$$L = ۰/۵ \times t \times v$$

v میانگین سرعت انتشار است و مقدار آن برای بیشتر کابلهای اکسترود شده بین ۱۵۰ متر بر

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

میکروثانیه تا ۱۷۰ متر بر میکروثانیه می‌باشد . در صورت نیاز ، سرعت انتشار باید با اعمال پالس کالیبراسیون به کابل فاقد امپدانس انتهایی اندازه گیری شود و تأخیر زمانی بین دوپالس اصلی و برگشتی اندازه گیری شود .

کابلهایی با طول کمتر از L_k را میتوان کابل کوتاه در نظر گرفت . این کابلها میتوانند ۱۰۰ متر یا حتی بلند تر از ۱۰۰۰ متر باشند . طولهایی بین $۲L_۱$ تا $۲L_۲$ را میتوان طولهای ممنوعه در نظر گرفت . برای اندازه گیری این طولها، مدار باید با امپدانس انتهایی (رجوع شود به بند ۴-۳-۳) آزمون شود یا مدار آزمون (مثلا" D و Z_A و C_k) به نحوی اصلاح شود که $L_۱$ و $L_۲$ به مقادیر مناسبتر تغییر یابند و یا میتوان با اتصال دو انتهای کابل به یکدیگر ، مقدار L_k را بطور مؤثری مضاعف نمود.

۴-۶ الزامات امپدانس انتهایی

امپدانس انتهایی Z_W (نشان داده شده در شکل ۴) شامل المانهای RC یا RLC است که بر اساس ارزیابی تجربی انتخاب می‌شوند.

ـ المان RC

اندازه گیری زیر باید برای اثبات مناسب بودن خازن انتهایی (C_W) انجام شود.

المان RC باید بموازات کابل (به انتهایی که به آشکار ساز متصل نیست) وصل شود . جزء خازنی باید اتصال کوتاه شده و جزء اهمی باید به اندازه امپدانس مشخصه کابل مربوطه تنظیم شود . سپس کالیبره کننده باید به انتهایی از کابل که به آشکار ساز متصل نیست، وصل شده و انحراف اندازه گیری شده $a_۲$ باید تعیین شود .

بدون تغییر در تنظیم تقویت کننده،اتصال کوتاه خازن امپدانس انتهایی باید برطرف شود.

برداشتن اتصال کوتاه خازن (C_W)نباید انحراف $a_۲$ را به میزان بیشتر از ۱۵ ± درصد تغییر دهد.

در مورد آشکار سازهای PD با فرکانس قطع کمتر از ۲ مگا هرتز، برآورد منطقی خازن C_W (خازن کوپلینگ ولتاژ بالا Z_W) با استفاده از رابطه زیر انجام می گیرد :

$$C_W \geq ۰/۵ \times \frac{۱}{R_w \times f_m}$$

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

که در آن :

R_W: جزء اهمی امپدانس انتهایی (تقریباً معادل امپدانس مشخصه کابل).

f_m: میانگین فرکانس اندازه گیری آشکارساز(میانگین عددی حد بالا و پائین فرکانس آشکارساز).

در مورد ابزارهای اندازه گیری PD با باند تقویت کنندگی پهن و فرکانس بالای بیشتر از ۲ مگاهرتز همراه انتگرال گیر الکترونیکی ، برآورد C_W را میتوان با استفاده از رابطه زیر انجام داد :

$$C_W \geq \frac{۳T_j}{R_W}$$

که در آن :

T_j : مدت زمان پالس اصلی PD (معمولاً کمتر از ۰/۲ میکرو ثانیه است.)

ـ المان RLC مدار تشدید سری

اندازه گیری برای اثبات مناسب بودن مدار تشدید در فرکانس اندازه گیری مربوطه انجام شود .

پس از برداشتن امپدانس انتهایی، مقاومت اهمی متناظر با امپدانس مشخصه کابل باید بصورت موازی با انتهایی ازکابل که به آشکار ساز متصل نیست، وصل شود. علاوه بر این کالیبره کننده باید به انتهایی ازکابل (که به آشکار ساز متصل نیست) وصل شود و انحراف اندازه گیری شده $a_۲$ باید تعیین گردد.

بدون تغییر در تنظیم تقویت کننده، مقاومت اهمی باید برداشته شده و با امپدانس انتهایی RLC جایگزین شود .

در فرکانس اندازه گیری، جزء اهمی امپدانس انتهایی باید مطابق مقاومت R_W باشد .

با اتصال امپدانس انتهایی، انحراف اندازه گیری شده $a_۲$ نباید بیشتر از ۱۵ ± درصد تغییر کند .

برآورد منطقی مقادیر خازن C_W و سلف L_W با استفاده از روابط زیر انجام می گیرد :

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

$$C_W \geq \frac{\Delta f}{2\pi f_m^2 R_w}$$

$$L_W = \frac{1}{(2\pi f_m)^2 \times C_w}$$

که در آن :

R_w: جزء اهمی امپدانس انتهایی (تقریباً معادل امپدانس مشخصه کابل).

f_m: میانگین فرکانس اندازه گیری آشکارساز(میانگین عددی حد بالا و پائین فرکانس آشکارساز)

Δf: پهنای باند آشکار ساز(تفاضل حد بالا و پائین فرکانس آشکارساز)

۵ راهنمای کاربردی

روشهای پذیرفته شده در روند آزمونهای تخلیه جزیی بر روی طولهایی از کابل قدرت اکسترود شده در بند ۴ توضیح داده شد . این راهنما برای توضیح یا توجیه بعضی از روشها بکار میرود .

۵-۱ اطلاعات زمینه ای [1]

۵-۱-۱ مقدمه

اندازه گیری تخلیه جزیی بعنوان یکی از آزمونهای کنترل کیفیت برای کابل های اکسترود شده در ردیف های ولتاژ متوسط و بالا بکار میرود . حالت عادی باید به گونه ای باشد که هرگاه کابل اکسترود شده تحت تنش های ولتاژی مطابق مشخصات برقدار شد، تخلیه جزیی در آن رخ ندهد. با این وجود هر از گاهی نقص عایقی وجود دارد که موجب تخلیه جزیی می شود . هدف از این آزمون ، شناسائی این نقص ویژه است . الزام اساسی آن است که این روشها امکان اندازه گیری دقیق تخلیه جزیی را در هر کابل بدون توجه به موقعیت در طول آن فراهم آورد .

روشهای اندازه گیری با حساسیت بالا برای تشخیص تخلیه جزیی بکار میرود که به صورت پالسهایی در شدت میدان معین در حفره‌های درون عایق یا نواحی ناقص لایه های نیمه هادی رخ میدهند .

---

1 - Background information

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

روشهای مورد استفاده دراستاندارد ملی ایران شماره .....[1]توضیح داده شده اند . در استاندارد ملی ایران شماره..... [1] ، مشکلاتی نظیر محدودیت در حساسیت (که ناشی از تداخل الکتریکی است) و روشهای رفع کردن [2] آنها ارائه شده است . با این وجود مسائل دیگری در ارتباط با کابلهای با طول بلند وجود دارد که در دامنه کاربرد استاندارد ملی ایران شماره ..... [1]قرار نمی گیرد . چنین مسایلی در این استاندارد ارائه شده اند .

پدیده گزاری الکتریکی در محل تخلیه درون کابل موجب انتشار امواج سیار در دو سر کابل می شود. آشکارساز تخلیه جزیی واقع در یکی از انتهای کابل به هر دو موج زیر پاسخ میدهد :

ـ موجی که مستقیماً دریافت می کند .

ـ موجی که پس از انعکاس در سر دیگر بازتاب می یابد .

ورود این دو موج میتواند منجر به جمع شدن (جمع جبری) دامنه های آنها شده و پاسخ منتج ممکن است از موج اولیه بزرگتر یا کوچکتر باشد . چنانچه پاسخ از موج اولیه بزرگتر باشد، خطای جمع شدن مثبت دامنه ها موجب می شود تا مقدار اندازه گیری شده تخلیه جزیی بیشتر از مقدار واقعی باشد این حالت کار آمدی آزمون را محدود نمی کند . با این وجود چنانچه پاسخ کوچکتر از موج اولیه باشد، مقدار اندازه گیری شده تخلیه جزیی کمتر از مقدار واقعی است . چنین خطای منفی می تواند منجر به عدم تشخیص تخلیه جزیی واقعی شود . خط مشی این استاندارد مجاز دانستن خطاهای مثبت و محدود نمودن خطاهای منفی در حدود پذیرفته شده می باشد .

پاسخ و خطاهای مربوطه با طول کابل و مشخصه های مدار آزمون تعیین می شود . روشهای مورد نیاز برای بحساب آوردن این خطاها و خطاهای ناشی از تضعیف در استاندارد ملی ایران شماره .... [1] در نظر گرفته نشده است . این پدیده ها در استاندارد ملی ایران شماره... [3] ،پیوست ۴ در چند سال

---

۱ – این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به‌استاندارد بین المللی IEC۲۷۰مراجعه شود .

2 - Overcoming

۳ –این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی ۲۱ *CIGRE* مراجعه‌شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

پیش مطرح شده بود، در استاندارد های بین المللی اولیه نیز برای آزمونهای کابل اکسترود شده، استفاده از این استاندارد را به همراه استاندارد ملی ایران شماره ....[1] توصیه کرده اند . با این وجود تجارب کارخانه ای سه نتیجه مهم زیر را نشان داده اند:

الف ـ برخی از روشهای فنی توصیه شده توسط استاندارد ملی ایران شماره....[2] خیلی پیچیده و زمان بر و پرهزینه می‌باشد، خصوصاً برای کابلهای با ولتاژ بالا خیلی پر هزینه است . در نتیجه استاندارد ملی ایران شماره ...[2]می تواند برای آزمونی که در آن تضعیف و پدیده سوپرپوزیشن اتفاق می افتد، جالب باشد اما این آزمون باید به گونه ای انجام شود که حداکثر خطاها تعریف شده باشند و در محدوده قابل مشخص شده در بند ۲ قرار گیرند.

ب ـ شرایط ایجاد کننده خطاهای سوپرپوزیشن مثبت و منفی به کل مدار آزمون بستگی دارد . در آشکار ساز تخلیه جزیی ویژه دارای پاسخ دهنده α یا β و شیوه های عملی سنجش ، نتایج غیرقابل پیش بینی ارائه می شود . لذا این بهترین روش نیست . این استاندارد روشی را بر اساس تعیین ویژگیهای مشخصه مدار کامل آزمون با رسم نمودار پالس مضاعف پیشنهاد میکند . بر اساس این نمودار پالس مضاعف است که اقتصادی ترین روش آزمون باید انتخاب شود .

پ ـ از استاندارد ملی ایران شماره.....[2] چنین برداشت می شود که همواره پاسخ دهنده α یا شرایط سوپرپوزیشن مثبت ترجیح دارد . تجربه نشان داده است به اقتصادی ترین مدار آزمون ، مداری است که کابل را بتوان در آن بقدر کافی کوتاه در نظر گرفت تا بعنوان یک خازن منفرد مورد آزمون قرار گیرد . شرایطی ممکن است پیش آید که در آن طولهای مورد آزمون بصورت کوتاه با پاسخ β در نظر گرفته شوند. و مدار پاسخ α در آنها مطرح نباشد . با ارزیابی نمودارهای پالس مضاعف مربوطه، میتوان بیان کرد که پاسخ β ترجیح دارد .

لذا این استاندارد مکمل استاندارد ملی ایران شماره ....[1] بوده و به خصوص در ارتباط با مسائل

---

۱ ـ این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی ۲۷۰ *ICE* مراجعه‌شود.

۲ ـ این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی ۲۱ *CIGRE* مراجعه‌شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

آزمونهای تخلیه در مورد کابلهای قدرت میباشد. موضوع اصلی آن ، تعیین اقتصادی ترین روش آزمون برای طول خاصی از کابل بر اساس نمودار پالس مضاعف است . این روش کالیبراسیون ، امکان تعیین خطاها را بعنوان تابعی از طول کابل فراهم می آورد و روشهای محدود نمودن این خطاها را در محدوده قابل قبول ارائه می‌کند .

از آنجائیکه انجام آزمون با طول کوتاه کابل اقتصادی ترین روش است، اولین مسئله که باید در نظر گرفته شود آن است که برای یک مدار آزمون خاص طول کوتاه یا بلند کدام است . بسته به مدار آزمون طول کوتاه کابل ممکن است از ۱۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شود . در مورد کابلهایی با طول بلند باید یا یک امپدانس مشخصه به یکی از سرهای انتهایی کابل متصل نموده که این امراز انعکاس پالسها جلوگیری میکند و عامل خطا را از بین میبرد یا اجازه داد هر دو پالس آشکار شوند و پالسهای انعکاس یافته بصورت الکترونیکی کاهش داده شود .

هر دو روش جلوگیری باکاهش دامنه به بررسی های خاص نیاز دارد تا اثر بخشی آنها را نشان دهد. در نهایت اقتصادی ترین روش برای کابلهای بلند، آزمون آنها بدون جلوگیری از انعکاس یا فرونشانی پالسهای انعکاسی است . با این وجود برای برخی از مدارهای آزمون، خطاها بسیارکوچک بوده و این روش برای آزمون طولهای خاصی از کابل قابل قبول نیست . در این موارد، آزمون باامپدانس مشخصه یا با یک فرونشاننده و یا تغییر مدار به مدار آزمون دیگری با نمودار پالس مضاعف متفاوت و مناسبتر ضروری میباشد .

۲-۱-۵ تضعیف سوپرپوزیشن

انتقال بار مربوط به تخلیه جزیی در قسمتی از طول کابل بلند، دو موج سیار ایجاد میکند که این موجهای سیار به سوی دو سر کابل منتشر می شوند. امواج، در حین انتقال بار تولید شده و در نتیجه مدت زمان انتشار آنها کوتاه است. هر موج در بردارنده نیمی از مقدار بار تخلیه بوده که با سرعت v به هر یک از دو سر کابل منتشر می‌شود. v بطور تقریبی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$v = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon}}$$

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

که در آن :

C : سرعت نور .

ε : گذردهی نسبی دی الکتریکی است .

واحد ورودی آشکارساز Z_A (که در شکلهای ۱ تا ۳ نشان داده شده) به گونه ای انتخاب میشود تا با امپدانس مشخصه کابل تطبیق داشته باشد.

از پالسهای منعکس شده در انتهای کابل (که به آشکار ساز متصل است) صرف نظر میشود. پدیدهای انعکاسی در ارتباط با انعکاس تکی در انتهای کابل (که به آشکارساز متصل نیست) است. برای مکان تخلیه جزیی در انتهای بازکابل دقیقاً یک پالس وجود دارد که حاوی کل بار است (رجوع شود به شکل ۱۱). در این حالت خاص، پدیده های انعکاس و سوپرپوزیشن تاثیرگذار نمی باشد. موقعیت مکانی تخلیه جزیی در طول کابل و گونگی اتصال آشکارساز به انتهای دیگر، قبل و بعد از پدیده انعکاس در قسمت الف و ب شکل ۱۲ نشان داده شده است . انتهای بازکابل (که به شکل آشکار ساز متصل نیست)، موج به هنگام ورود انعکاس می یابد و با تأخیر زمانی t هم جهت با موج منعکس نشده حرکت می‌کند. با افزایش فاصله منبع تخلیه جزیی از انتهای کابل (که به آشکار ساز متصل نیست)، تأخیر زمانی t افزایش می یابد .

مدار اندازه‌گیری، این امواج را به پالس ولتاژ معادل آن تبدیل می کند . در مورد پالس تخلیه،پاسخ مدار اندازه گیری با ولتاژ قله یا مقدار بار متناسب بوده و ضریب تناسب به گستره فرکانس و سایر پارامترهای مدار وابسته است . چنانچه پالس در زمانی به مدار اندازه گیری برسد که وسیله اندازه‌گیری در حال پاسخ دهی به پالس قبلی باشد، پالس ولتاژ حاصل از جمع جبری پاسخهای به دو پالس با تاخیر زمانی t است. به دلیل این دو سوپرپوزیشن ، نتیجه اندازه‌گیری متناسباً اصلاح شده و خطایی متناسب با پالس تخلیه جزیی نمایان میشود. این همان خطای سوپرپوزیشن است که در ارتباط با تاخیر زمانی t (یعنی موقعیت تخلیه جزیی در طول کابل) و مشخصه مدار اندازه‌گیری بوده و می‌تواند باعث افزایش یا کاهش تخلیه جزیی شود. این ویژگی مثبت و منفی در شکلهای ۱۳ و ۱۴

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

نشان داده شده است .

اندازه‌گیری صحیح کابل تنها با شناخت دقیق تاثیر پدیده های انعکاس و سوپرپوزیشن امکان پذیر است.

اثر خطاهای سوپرپوزیشن را میتوان با اعمال پالسهای کالیبراسیون در نقاط مختلف طول کابل برای تولید پاسخهایی همانند موارد نشان داده شده در شکلهای ۱۳ و ۱۴ یا با شبیه سازی دو پالس متوالی که در همان جهت با تاخیر زمانی ثابت t حرکت می کنند ، نشان داد . روش دوم را میتوان به سهولت و با اعمال دوپالس متوالی (با شکلی شبیه پالسهای تخلیه جزیی) به مدار اندازه گیری انجام داد. این مسئله در شکل ۶ نشان داده شده است . با تغییر تأخیر زمانی t بین این پالسها، کلیه مکانهای ممکنی که در آنها تخلیه جزیی در طول کابل رخ می‌دهد، در نظر گرفته می‌شود. با رسم نمودار دامنه ولتاژ آشکار ساز برحسب تأخیر زمانی t بین پالسهای مضاعف، نمودار پالس مضاعف بدست می آید (بعنوان مثال در شکلهای ۷ ، ۸ و ۹). این روند ویژگیهای مشخصه مدار آزمون را تشریح کرده و بعنوان پایه ای برای انتخاب روش آزمون مناسب در هر طولی از کابل بکار می‌رود.

اثر مهم دیگری که در نتیجه اندازه گیری تاثیر می گذارد، تضعیف است که به طول کابل، ساختمان و پاسخ فرکانسی مدار اندازه گیری بستگی دارد. تضعیف را میتوان با استفاده از معادله زیر برآورد نمود:

$$a(x) = a_{۱} . exp\,(-\delta x)$$

که در آن :

a = مقدار اندازه گیری شده در x است .

$a_{۱}$ = مقدار اندازه گیری شده در $x = ۰$

x = مکان منبع تخلیه جزیی(رجوع شود به شکل ۱۳)

δ = ثابتی است که به ساختمان کابل و فرکانسهای آشکارساز بستگی دارد.

تأثیر تضعیف به تنهایی بصورت خط پر و اثرات سوپرپوزیشن و بازتاب اضافی بصورت خط چین در شکل ۱۳ نشان داده شده است . با کالیبراسیون هر دو انتهای کابل و بکارگیری معادله فوق، خطای

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

تضعیف را میتوان محاسبه کرد وتصحیحات را انجام داد . در بند ۴-۳-۲ ، این تصحیح با اعمال صریح تصحیح F بدست می آید که از روی کالیبراسیون دو انتهای کابل و با توجه به معادله تضعیف تعیین می‌گردد. با بهره گیری از این ضریب اطمینان حاصل میشود که خطا از ۳۰ درصد تجاوز نمی کند. در شکلهای ۱۴ - الف و ۱۴ - ب ، دو مثال نمونه همراه با اثرات سوپرپوزیشن و تضعیف نشان داده شده است، مورد اخیر در فاصله ۶۰۰ یا ۶۴۰ متری انتهای کابل رخ می دهد. چنانچه کابل دارای طول کمتر از این مقدار باشد، در تمام مکانها پدیده سوپرپوزیشن مشاهده خواهد شد. در مورد طولهای بلندتر (مانند حالتی که طول کابل ۲۰۰۰ متر باشد)، خطاهای سوپرپوزیشن به مکانهای تخلیه جزیی در ۶۴۰ متری انتهای کابل در شکل ۱۴ - الف و در ۶۰۰ متری انتهای کابل در شکل ۱۴- ب محدود می‌شود. در مورد هر دو مثال یاد شده یا بطورکلی چنانچه تنها کالیبراسیون در سری از کابل انجام شود که به آشکار متصل نیست ، طولهای کوتاه با $L \leq L_k$ تعریف می‌شوند که در اینحالت خطاکمتر از منهای ۳۰ درصد است ، طولی بعنوان L_k تعریف می شود که در آن خطا ها در طول ۴۴۰ متری (بعنوان مثال در شکل ۱۴-الف) و در ۱۹۰ متری (بعنوان مثال در شکل ۱۴- ب) به ۳۰ درصد میرسد. برای طولهای کوتاه $L \leq L_k$ ، روش آزمون ساده ای در بند ۴-۳-۱ ارائه شده است .

برای طولهای بزرگتر $L > L_k$ ، دو حالت زیر باید بطور دقیق از هم مجزا شوند:

الف - فقط سوپرپوزیشن مثبت (رجوع شود به شکل ۱۴-الف)

اندازه‌گیری صحیح برای تمام کابلها بدون درنظرگرفتن طول آنها با انجام آزمون از هر یک از دو انتهای کابل (A_1 و A_2) و انتخاب مقدار بزرگتر اندازه گیری شده (A_{max}) امکان پذیر است (رجوع شود به بند ۴-۳-۲،ردیف پ).خطاهای منفی ($A_x / A_0 < 1$) در اثر تضعیف ایجاد می شوند . در هیچ حالتی، خطاهای منفی در اثر سوپرپوزیشن افزایش نمی یابند . در بعضی موارد، زمانیکه تضعیف خیلی بزرگ است،تصحیح ممکن است لازم باشد (رجوع شود به بند ۴-۳-۲، ردیف ب و بند ۵-۲-۲-۲) .

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

ب - سوپرپوزیشن مثبت و منفی (رجوع شود به شکل ۱۴- ب)

در مورد سوپرپوزیشن منفی نشان داده شده در شکل ۱۴ - ب بین $L_1=۲۲۰m$ و $L_2=۶۰۰m$، تصحیح امکان پذیر نیست . با بکارگیری روش فوق الذکر ، کلیه طولهای بلند تر از $۲L_1=۴۴۰m$ وکوتاهتر از $۲L_2=۱۲۰۰m$ برای این آرایش از مدار آزمون ، ممنوعه تشخیص داده می شود . در این حالت،بعضی روشهای آزمون دیگر باید در نظر گرفته شوند مدار آزمون با ویژگیهای مشخصه مختلف (از جمله فرکانس آشکارساز،دستگاه ورودی،خازن کوپلینگ) را میتوان استفاده نمود . برای حذف سوپرپوزیشن و بدست آوردن نتایج نشان داده شده با نقاط x در شکل ۱۴ ، از امپدانس مشخصه انتهایی با دستگاه الکترونیکی (فرونشاننده موجب بازیابی) میتوان استفاده نمود. کلیه طولهای دیگر خارج از گسترهٔ "ممنوعه " را میتوان با استفاده از روش مشخص شده در ردیف الف اندازه گیری نمود.

۲-۵ روشها و پارامترها

۱-۲-۵ تعیین ویژگیهای مشخصه مدار آزمون (رجوع شود به بند ۴-۲)

۱-۱-۲-۵ سوپرپوزیشن (رجوع شود به بندهای ۴-۲-۱ و ۴-۵)

همانطورکه پیش از این توضیح داده شد، مدار آزمون را میتوان با سرعت و به آسانی برای خطاهای سوپرپوزیشن از روی نمودارهای ترسیمی پالس مضاعف بدست آمده که با بکارگیری مولد پالس مضاعف تولید می شوند، ارزیابی نمود. نمودار پالس مضاعف با تغییر هر جزیی در مدار تحت تاثیر قرار می گیرد . بنابراین مهم است که این نمودار در شرایط دقیق آزمون ولتاژ بالا (همانطورکه در شکلهای ۱ تا ۳ داده شده است) بدست آید، اما در اینحالت کابل باید با یک مقاومت R معادل حداکثر امپدانس مشخصه ممکن کابل تعویض شود. مدار آزمون شامل بار اهمی (R) به همراه اجزاء ولتاژ بالا، خازنها، آشکارساز، دستگاه ورودی ، تقویت کننده آشکار ساز با اعمال دوپالس با تاخیر زمانی متغیر به بار ارزیابی می شود.

پالسهای مضاعف در همان نقاط (همانطورکه در پالسهای کالیبراسیون با مدارهای آزمون مختلف در

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

شکلهای ۱ تا ۳ نشان داده شده) اعمال می شوند . باید توجه نمود که در مورد مدارهای نشان داده شده در شکلهای ۲ و ۳ ، مولد پالس مضاعف در صورت مجزا شدن هر دو ترمینال از زمین قادر به کار باشد.

امپدانس مشخصه کابلهای ولتاژ بالای اکسترود شده درگسترهٔ ۱۰ تا ۶۰ اهم قرار می گیرند. بدترین حالت برای اثرات سوپرپوزیشن ، مقدار ۶۰اهم می باشد . بنابراین تطبیق امپدانس بارکلی به این مقدار مهم می باشد.

از آنجائیکه امپدانس خروجی متداول در مولدهای پالس مضاعف درگستره ۵۰ تا ۶۰ اهم می باشد ،ساده ترین روش ترجیحی برای دستیابی به نمودار پالس مضاعف، استفاده از چنین مولدی و اتصال خروجی آن بطور مستقیم به سرخازن ولتاژ بالای C_k و امپدانس دستگاه ورودی Z_A (با اتصالهای با طول کوتاه بدون حفاظ) می باشد . این اتصالات باید تا حدامکان کوتاه باشند . تجربه نشان داده که حداکثر سه متر قابل قبول است . در این حالت امپدانس داخلی مولد بعنوان بار R عمل میکند.چنانچه امپدانس خروجی ۵۰ تا ۶۰ اهم نباشد ، مقاومتهای دیگری باید بطور سری (برای مقادیر کمتر) یا موازی (برای مقادیر بیشتر) با ترمینالهای مولد متصل شوند. در مورد اتصالات بلند تر، یک کابل سیگنال کواکسیال باید بین مولد و C_k و Z_A بکارگرفته شود (رجوع به شکل ۶). قسمت بدون حفاظ اتصالات بین کابل سیگنال و C_k و Z_A باید دوباره تا حد امکان کوتاه و کمتر از سه متر نگهداشته شود . برای جلوگیری از هرگونه بازتاب در کابل کواکسیال ، انتهای آن باید با امپدانس مشخصه خودش (R_1) بسته شود. معمولاً کابل ۵۰ تا ۶۰ اهم باید همراه با مولد ۵۰ تا ۶۰ اهم استفاده شود . در غیر اینصورت ، برای انطباق امپدانس خروجی کلی مولد با کابل سیگنال به مقاومتهای خارجی دیگری در خروجی مولد نیاز میباشد.

از آنجائیکه مقدار امپدانس کلی کابل سیگنال به همراه R_1 نصف ۵۰ تا ۶۰ اهم می باشد ، ضروری است مقاومت دیگری (R_2) با مقاومت R_1 سری شده تا اطمینان حاصل گردد که سیستم تطبیق یافته؛ امپدانسی درگسترهٔ ۵۰ تا ۶۰ اهم‌را بعنوان مقاومت بار ارائه میدهد .

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

مولد پالس مضاعف باید دوپالس بافاصله زمانی متغییر بین ۰/۲ تا ۱۰۰ میکروثانیه با حداکثر زمان افزایش دامنه پالس ۲۰ نانوثانیه (بین ۱۰ تا ۹۰ درصد مقدار قله) ایجاد کند. مورد اخیر باید اطمینان ایجاد کند که شرایط گذرای پدید آمده توسط پالسهای تخلیه جزیی و پالسهای مضاعف دارای اجزاء فرکانسی مشابه در گسترهٔ پهنای باند فرکانسی آشکار ساز می باشند . برای تعیین پاسخ مناسب در مورد پالسهای بافاصله زمانی کوتاهتر (۰/۲= امیکروثانیه) ، کل زمان پالس (که بین ۱۰ درصد مقدار پیشانی و دنباله پالس محاسبه میشود) نباید از ۱۵۰ نانو ثانیه بیشتر شود . در آشکارسازهای تخلیه جزیی با فاصله زمانی ۱۰۰ میکروثانیه، هیچگونه سوپرپوزیشنی مشاهده نمی شود و بنابراین مقدار بدست آمده بر روی آشکارساز بعنوان مبنای محاسبه مورد استفاده قرار می گیرد.

در فاصله ۰/۲ میکروثانیه ، پالسها روی هم سوار شده و مقدار دامنه آنها دو برابر مقدار مبنا میشود. برخی استاندارد ها، گسترهٔ کالیبراسیون را بین یک تا ۱۰۰ میکروثانیه محدود میکنند . این یک محدودیت غیرضروری می باشد . شمار زیادی مولد پالس مضاعف در بازار وجود دارند که گستره ۰/۲ میکروثانیه را پوشش میدهند . اثر مضاعف سازی این مولدها را میتوان بطور دقیق ارزیابی و انتخاب نمود .

چنانچه با استفاده از صفحه نمایش نوسان نمای آشکار ساز بتوان نمودار پالس مضاعف را رسم نمود، بهتر است یک نوسان نمای جداگانه با محور زمانی قابل تنظیم بکار برده شود تا دو پالس را بطور دقیق و با دامنه کالیبره شده نمایش دهد . زمانیکه قرائت مستقیم از برخی مولدهای پالس مضاعف دقیق نباشد ، با یک چنین نوسان نمایی نیز نیاز پیدا خواهد شد تا تاخیر زمانی را اندازه گیری نمائیم. نمودارهای نمونه ای در شکلهای ۸،۷ و ۹ نشان داده است و میتوانند با توجه به شکل ۱۴ ملاحظه شوند . با استفاده از رابطه زیر میتوان این فاصله زمانی را به طول تبدیل نمود :

$$L = \frac{۱}{۲} t \times V$$

از چنین محاسباتی تعریف طولهای مهم L_K ،$L_۱$ و$L_۲$ امکان پذیر میباشد .

۲-۱-۲-۵ امپدانس انتهایی (رجوع شود به بندهای ۴-۲-۲ و ۴-۶)

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

چنانچه کابل به امپدانس انتهایی ولتاژ بالا (معادل امپدانس مشخصه کابل ولتاژ بالا) مجهز شود، از خطاهای مربوط به سوپرپوزیشن نمی‌توان اجتناب نمود. مهم است که مقاومت بکار رفته دارای مقدار صحیح باشد و به همین دلیل، کنترل منظم امپدانس انتهایی برای حصول اطمینان از مؤثر بودن آن برای کابل تحت آزمون ضروری است. معمولاً امپدانس انتهایی شامل اجزاء ولتاژ پائینی است که با خازن ولتاژ بالا به طور سری قرارگرفته‌اند. باید توجه نمود که خازن ولتاژ بالا ترکیب راکتیوی ایجاد نکند و بدین ترتیب اثر بخشی امپدانس انتهایی را خنثی نسازد. فرمول مناسبی در بند ۴-۶ ارائه شده است. برای صرفه‌جویی اقتصادی بهتر است مقدار ظرفیت خازنهای ولتاژ بالا تا حد امکان کم نگهداشته شود و در راستای حفظ خطاهای کلی در محدوده ۳۰ درصد، تغییر در اندازه‌گیری a_2 با خازن و یا بدون آن به میزان ۱۵ ± درصد مجاز است.

با این وجود مقررات امپدانس انتهایی در کابلهای ولتاژ بالاگران تمام می‌شود و استفاده از خازنهای گران قیمت ضروری است. این هزینه‌ها و زمان بری برای تطبیق مقدار مقاومت ممکن است باعث شود برخی سازمانها به انتخاب روشهای دیگر روی آورند.

۵-۲-۱-۳ فرونشاننده‌های موج برگشتی (رجوع شود به بند ۴-۲-۳)

مدت زیادی نیست که فرونشاننده‌های الکترونیکی مؤثر در بازار در دسترس قرار گرفته‌اند. بنابراین استفاده از آنها کاملاً گسترده نشده و تجربه کار با آنها محدود است. هر چند دلیلی بر مؤثر نبودن این روش فنی وجود ندارد.

۵-۲-۱-۴ بار کالیبراسیون (رجوع شود به بند ۴-۲-۴)

روش انتقال بار کالیبراسیون توصیه می‌شود و سابقه آن در استاندارد ملی ایران شماره[1] توضیح داده شده است.

بهره آشکار سازهای تجاری باید خطی باشد و بنا به بند ۴-۲-۴ کالیبراسیون باید در همان بهره تنظیم شده انجام شود. این امر از خطاهای غیر خطی جلوگیری می‌کند. به علاوه برخی از

---

۱ - این استاندارد در دست بررسی و تدوین است و تا تدوین آن به استاندارد بین المللی IEC ۲۷۰ مراجعه شود.

آشکارسازها دارای شکل موجی هستند که وابسته به بهره می‌باشند و چون این شکل موج است که تعیین کننده اثر سوپرپوزیشن است، بدین جهت برای جلوگیری از خطاهای ناشی از شکل موج میزان بهره لازم از پیش تعیین می‌شود.

۵-۱-۲-۵ حساسیت (رجوع شود به بند ۴-۲-۵)

اندازه‌گیری‌های تخلیه بر روی کابلها اغلب در محدوده حساسیت قابل حصول در محیط کارخانه کابل سازی انجام می‌شود. این محدوده معمولاً با توجه به تداخل عوامل خارجی تعیین می‌شود. به ندرت حالتی پیش می‌آید که بتوان از پیکوکولن سنج استفاده نمود. صفحه نمایش نوسان نما می‌تواند تا حدودی امکان تشخیص سیگنال نویز را از سیگنال تخلیه فراهم سازد.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

۵-۲-۲ روشهای اندازه‌گیری (رجوع شود به بند ۴-۳)

۵-۲-۲-۱ کابلهای با طول کوتاه $L < Lk$ (رجوع شود به بند ۴-۳-۱)

الف ـ مقررات

چنانچه موج متحرک در مدت زمان تخلیه در داخل حفره‌ها به دو انتهای کابل برسد، در آن صورت کابلهای خیلی کوتاه (تا حداکثر ۲۰ متر) مشابه خازن عمل می‌کنند. در این صورت هیچگونه خطای سوپرپوزیشنی وجود نخواهد داشت. با این وجود مقدار تخمینی میزان تخلیه چندان دقیق نمی‌باشد. این طور به نظر می‌رسد که برخی خطاهای سوپرپوزیشن را بتوان بدون چشم پوشی از خطاهای متداول‌تر، در حد رواداری مجاز قرار داد. این بدان معناست که برای تعریف یک طول کوتاه (همانطور که گفته شد) کابل مانند یک خازن رفتار می‌کند و این محدودیت طول کابل غیر قابل توجیه است. چنین در نظر گرفته می‌شود که خطای سوپرپوزیشن تا حداکثر ۳۰ درصد قابل قبول می‌باشد. باید تأکید شود که این تعریف توافقی است که بر اساس آن کابلهارا بتوان به عنوان کابلهای با طول کوتاه بدون پیچیدگی های بیشتر آزمون نمود. با وجود این با قبول این مطلب، آزمون طولهای تا حداکثر ۱۰۰۰ متر طبق این روش امکان‌پذیر می‌باشد. مقدار واقعی به مدار آزمون بستگی دارد. این مقدار از روی نمودار پالس مضاعف تعیین می‌شود.

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

طولهای کوتاه کابل آنهایی هستند که در قسمتهای انتهایی سمت راست ردیف الف و ب در نمودار شکل ۱۴ یا قسمت سمت چپ نمودار شکلهای ۷، ۸ و ۹ می‌باشند. در ناحیه سوپرپوزیشن مثبت، طول کوتاه $L = Lk$ در جائی تعریف می‌شود که موج ولتاژ (ناشی از سوپرپوزیشن از سری‌های موج بازتابی واصلی) به ۷۰ درصد مقدار a_2 (a_2 از اثر یک تخلیه در سر انتهایی کابل که به آشکارساز متصل نیست، بدست می‌آید) برسد. یعنی $At / A_{100} = 1/4$ در شکلهای ۷، ۸ و ۹. با این وجود، طولهای تا حداکثر $2Lk$ به عنوان طولهای کوتاه رفتار می‌کنند، زمانیکه دو انتهای کابل بهم متصل شده باشد. $a_2 \geq a_1$ باشد (رجوع شود به شکل ۱۵).

ب ـ وارسی حساسیت

برای مقاصد کالیبراسیون، کالیبره کننده به سر انتهایی کابل‌که به آشکارساز وصل نیست، متصل می‌شود، این کار هر تضعیفی را جبران می‌کند و خطای سوپرپوزیشن را به میزان کمتر از ۳۰ درصد محدود نگهمیدارد.

۲-۲-۲-۵ کابلهای با طول بلند ($L > Lk$) بدون امپدانس انتهایی (رجوع شود به بند ۴-۳-۲)

الف ـ مقررات

در مورد کابلهای با طول بلند تراز Lk، خطا در حالت کلی بیشتر از ۳۰ درصد می‌باشد. چنانچه مدار آزمون، آشکار ساز و طول کابل در ناحیه سوپرپوزیشن مثبت آزمون شوند (رجوع شود به شکل ۷)، میزان خطای ناشی از سوپرپوزیشن بین صفر تا ۷۰۰ درصد خواهد بود. با آشکارسازی هر یک از دو سر کابل به نوبت (همانطور که در شکل ۱۶ نشان داده شده) می‌توان اطمینان حاصل نمود که خطاهای سوپرپوزیشن بالاتر از حد مورد انتظار می‌باشند. کاهش در دامنه سیگنال اصلی تنها با تضعیف امکان‌پذیر است و این مقدار کاهش را می‌توان با استفاده از ضریب تصحیح F در معادله کالیبراسیون محاسبه و مقدار خطا را به کمتر از ۳۰ درصد رساند.

با این وجود، در نواحی سوپرپوزیشن منفی دامنه مقدار تخلیه کمتر از حد مورد انتظار بوده و اندازه آن را نمی‌توان محاسبه نمود. هر چند در برخی از استانداردها سوپرپوزیشن منفی ۱۵ درصد را

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

می‌پذیرند، امکانات زیاد برای اجتناب از این شرایط با تغییر مدار آزمون یا پاسخ (تنظیم) تقویت کننده وجود دارد. بنابراین در مورد نواحی که ممکن است سوپرپوزیشن منفی رخ دهد، نیازی به انجام هیچ آزمونی نمی‌باشد. در جائیکه سوپرپوزیشن منفی با هر ترکیبی از مدار آزمون و تقویت کننده بتواند رخ دهد، توصیه می‌شود تا طولهای کابل مربوط به سوپرپوزیشن منفی آزمون نشوند. طولهای مربوط به زمان t_1 و t_2 در شکلهای ۸ و ۹، به طوریکه $2L_1 < L < 2L_2$ نشان داده می‌شوند و در اینجا $A_t / A_{100} < 1$ برای مدار آزمون ممنوع می‌باشد.

چنانچه دو سر انتهایی کابل بهم متصل شوند، شرایط زیر باید برقرار باشد :

ـ نمودار پالس مضاعف باید از نوع ۱ باشد (رجوع شود به شکل ۷).

- $a_2 \geq a_1$ و سپس حداکثر خطای ناشی از تضعیف همواره باید کمتر از ۳۰ درصد باشد (رجوع شود به شکل ۱۵).

ب ـ وارسی حساسیت

خطاهای تضعیف ممکن است با استفاده از رابطه ارائه شده در بند ۴-۳-۲ - ب برای ضریب تصحیح F محاسبه شود. بدون هیچ تضعیفی، مقدار اندازه‌گیری شده با اعمال ولتاژ در سری از کابل که به آشکارساز متصل نیست (a_2) برابر با $2 \times a_1$ خواهد شد، در حالیکه همراه با تضعیف، a_2 کمتر از $2 \times a_1$ می‌گردد. معیار مورد قبول باید به گونه‌ای باشد تا خطا از ۳۰ درصد فراتر نرود. همانطورکه در شکل ۱۶ نشان داده شده است، چنانچه اندازه‌گیری‌ها از هر سر کابل به نوبت انجام شده و مقدار بیشتر در نظر گرفته شود، خطای تضعیف در مرکز کابل به بیشترین مقدار می‌رسد. بنابراین معیار آن است که مقدار اندازه‌گیری شده معادل $a\ (X = \frac{1}{2}L) \geq 0/7\, a_1$ باشد (a_1 مقدار اندازه‌گیری شده ناشی از تخلیه در نزدیکترین سر انتهایی به آشکارساز است) تضعیف از قانون نمایی پیروی می‌کند، یعنی :

$$a(X) = a_1 \exp(-\delta X)$$

چنانچه مقدار a_2 همراه با سوپرپوزیشن از تخلیه در سر انتهایی کابل که به آشکارساز متصل نیست

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

(X=L) اندازه گیری شود، مقدار بدون سوپرپوزیشن $\frac{a_2}{2}$ می باشد .(همانطورکه در شکل ۱۳ نشان داده شده است).

$$a\ (X = L) = \frac{a_2}{2} = a_1 exp\ (-\delta L)$$

یا

$$\delta = L_n\ (\frac{2a_1}{a_2})$$

$$\sqrt{\frac{a_1 \cdot a_2}{2}} \geq 0/7\, a_1$$

یا

$$a_2 \geq 0/98\, a_1$$

چنانچه $a_2 \geq a_1$ باشد، این تضعیف خطای بیشتر از ۳۰ درصد را بوجود نمی‌آورد. در مورد کابلی با طول بلندتر (که در آن $a_2 < a_1$ است)، محاسبه مقداری برای ضریب تصحیح F در معادله کالیبراسیون الزامی است.

$$F \cdot a\ (X = \frac{1}{2} L) \geq 0/7\, a_1$$

$$F \cdot \sqrt{\frac{a_1 \cdot a_2}{2}} \geq 0/7\, a_1$$

یا

$$F = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}}$$

پ ـ روش آزمون

در مورد طولهای $L > L_k$ در بند ۴-۳-۲ لازم است تا آزمون تخلیه ابتدا در یک سر و سپس در سر

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

دیگر کابل انجام شود. دلایل این امر را می‌توان به وضوح در شکلهای ۱۷ ، ۱۸ ، ۱۹ و ۲۰ مشاهده نمود. چنانچه اندازه‌گیری تنها در یک سر انجام شده و طول کابل $L > L_k$ باشد (۳۳۰ متر در این مثال)، میزان دامنه تخلیه در ناحیه سوپرپوزیشن منفی بین L_1 و L_2 (همانند شکل ۱۷) می‌تواند کمتر از حد مورد انتظار باشد. با این وجود با آزمون سر دیگر کابل و در نظرگرفتن مقدار بیشتر میزان دامنه تخلیه به عنوان مقدار واقعی، از خطای منفی می‌تواند جلوگیری شود (رجوع شود به منحنی نشان داده شده به صورت ـــ در شکل ۱۸). همانطورکه در شکل ۱۹ نشان داده شده است، این اندازه‌گیری در مورد طولهای بین $2L_1$ و $2L_2$ (طولهای ممنوعه $2L_1 \leq L \leq 2L_2$) انجام نمی‌شود. از خطاهای منفی ناشی از تخلیه در مرکز کابل نمی‌توان جلوگیری نمود و این به خاطر وجود ناحیه ممنوعه می‌باشد. در مورد طولهای $L \leq 2L_1$ تنها سوپرپوزیشن مثبت رخ می‌دهد (شکل ۲۰).

۳-۲-۲-۵ کابلهای با طول بلند آزمون شده با امپدانس انتهایی (رجوع شود به بند ۴-۳-۳).

ب ـ وارسی حساسیت

در مورد کابلی که با دقت به امپدانس مشخصه صحیحی متصل شده باشد، منحنی مربوط به نقطه X در شکل ۱۴ بدست می‌آید. چنانچه کالیبره کننده در سری از کابل که با آشکارساز متصل نیست، وصل شود، پاسخ (a_2) کمتر از a_1 می‌باشد. چنانچه تنها از a_2 برای مقاصد کالیبراسیون استفاده شود، مقادیر تخلیه جزیی نزدیکتر به آشکارساز بیش از مقدار واقعی برآورد می‌شوند. با بهبود روزافزون کیفیت کابلها، امکان مشاهده تخلیه جزیی در ولتاژهای مشخص شده کابل به ندرت اتفاق می‌افتد. بنابراین کافی است تا آزمون بدون تخلیه جزیی بودن را با حساسیتی که منتج از مقدار a_2 است، انجام دهیم.

چنانچه تخلیه‌های جزیی مشاهده شوند، برای تعیین تا حد امکان دقیق سطح واقعی ،کالیبراسیون از هر دو سر کابل باید انجام شوند. در این حالت روش بکار رفته برای ضریب تصحیح F(رجوع شود به بند ۴-۳-۲- ب) مجاز نمی‌باشد، زیرا خطای ممکن ۱۵ ± درصد برای امپدانس انتهایی باید در نظر

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

گرفته شود.

تخلیه مقدار دامنه q در مکان X می‌تواند پاسخ A_1 را ایجاد کند. ارتباط تضعیف با طول کابل یک رابطه نمایی به شکل زیر می‌باشد یعنی :

$$A_1 = E \cdot q \cdot exp\ (-50\ x)$$

که در آن :

E = مقدار ثابت تجهیزات است.

در صورتیکه آشکار ساز به سر دیگر کابل متصل شود، پاسخ A_2 برابر خواهد بود با :

$$A_2 = E \cdot q \cdot exp\ (-8\ (L - x))$$

چنانچه مقدار بار کالیبراسیون $qcal$ در $x = 0$ و $x = L$ برای پاسخهای a_1 و a_2 بکار رود، داریم :

$$a_1 = E \cdot qcal$$

$$a_2 = E \cdot qcal \cdot exp\ (-50\ L)$$

$$A_1 A_2 = E^2 \cdot q^2 \cdot exp\ (-50\ L)$$

$$a_1 a_2 = E^2 \cdot q^2 cal \cdot exp\ (-50\ L)$$

$$q = qcal \cdot \sqrt{\frac{A_1 A_2}{a_1 a_2}}$$

۳-۵ فهرست نمادها

W = منبع تغذیه

V = نشانگر ولتاژ

Z = امپدانس / فیلتر

Z_A = واحد ورودی

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

ZW = امپدانس انتهایی

CX = کابل قدرت

CK = خازن کوپلینگ

D = آشکارساز

$Ccal$ = کالیبره کننده

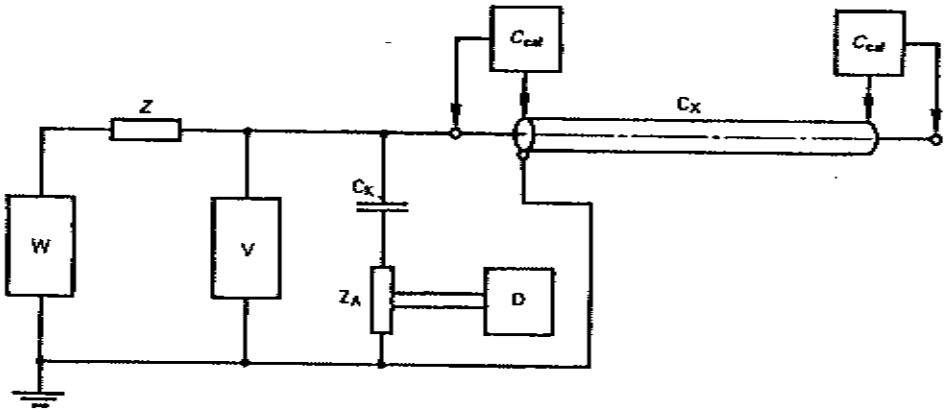
RS = فرونشاننده موج بازگشتی

I = مولد پالس مضاعف

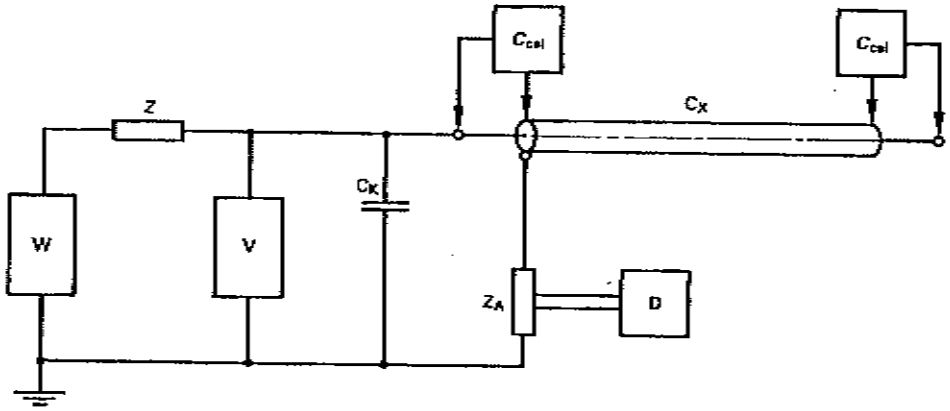
M = کابل کواکسیال تکی

R_1R_2 = مقاومتهای تطبیق دهنده

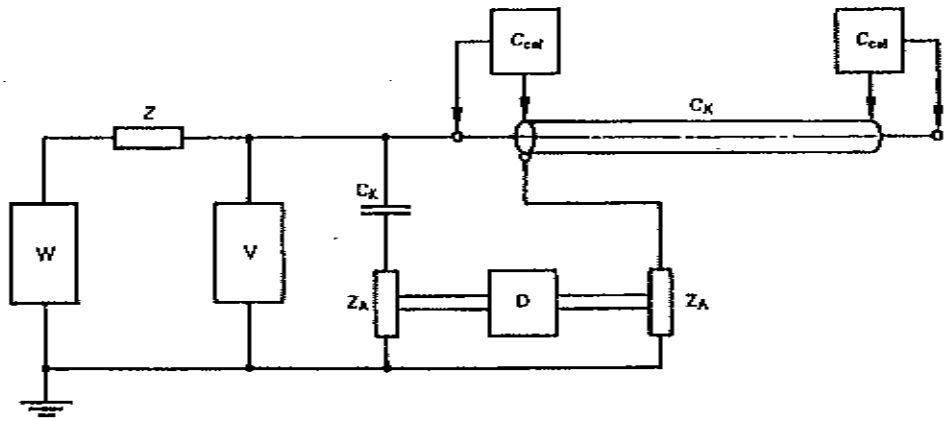
sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com



شکل ۱- واحد ورودی Z_A که با خازن کوپلینگ (Ck) به طور سری قرار گرفته‌اند.

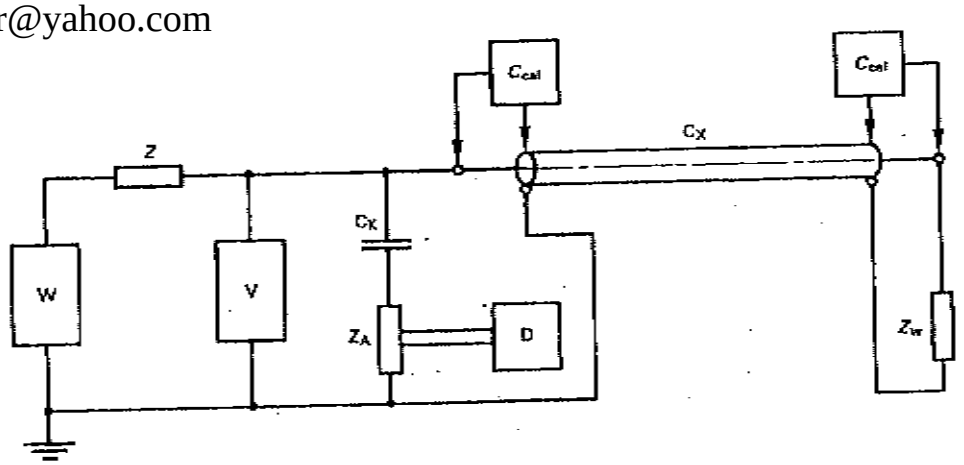


شکل ۲- واحد ورودی Z_A که با کابل (Cx) به طور سری متصل شده‌اند.

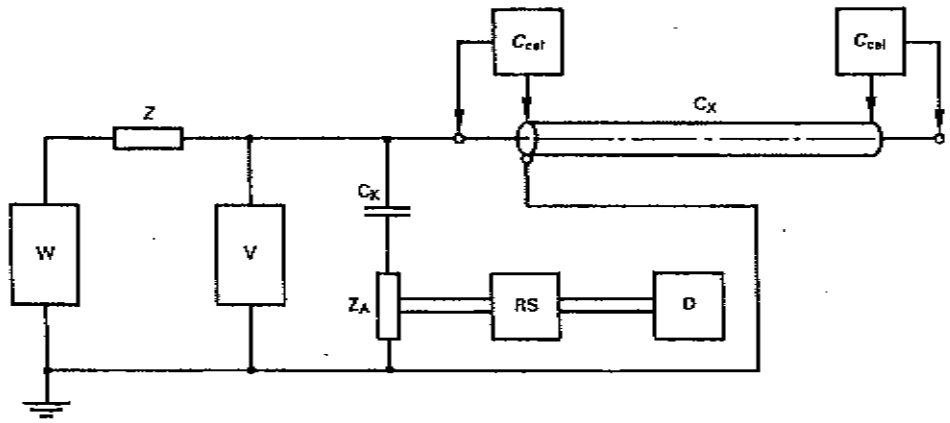


شکل ۳- مدار پل

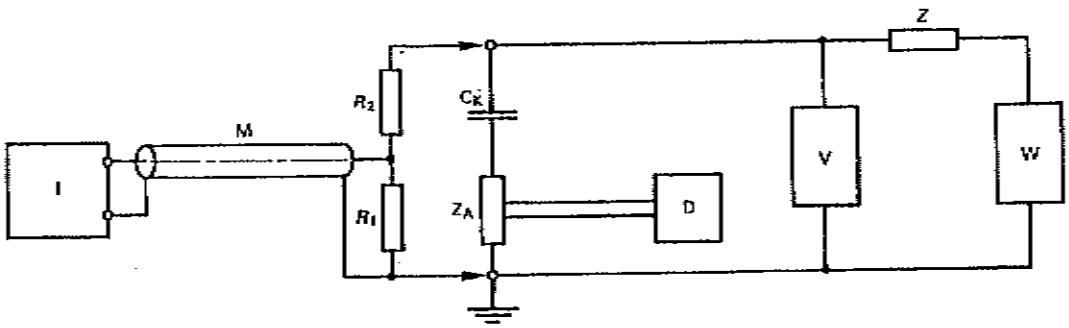
sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com



شکل ۴- اتصال امپدانس انتهایی (Z_W)



شکل ۵- اتصال فرونشاننده موج بازگشتی (R_S)

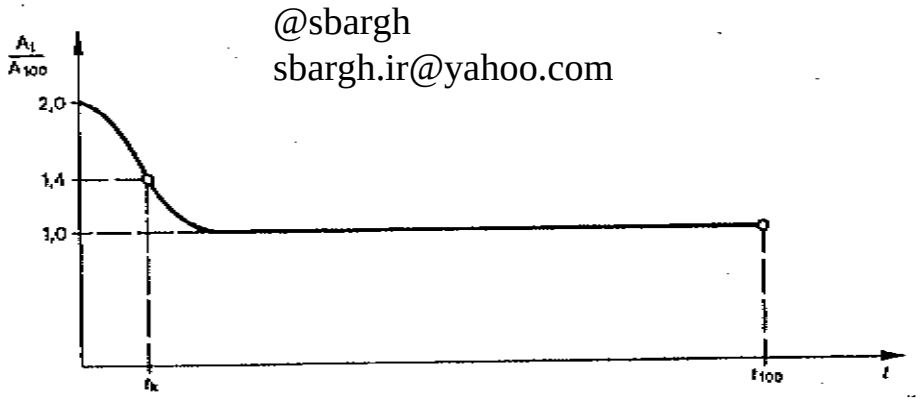


R_1 = مقاومت تطبیق دهنده با مقداری متناظر با امپدانس مشخصه کابل کواکسیال تکی M

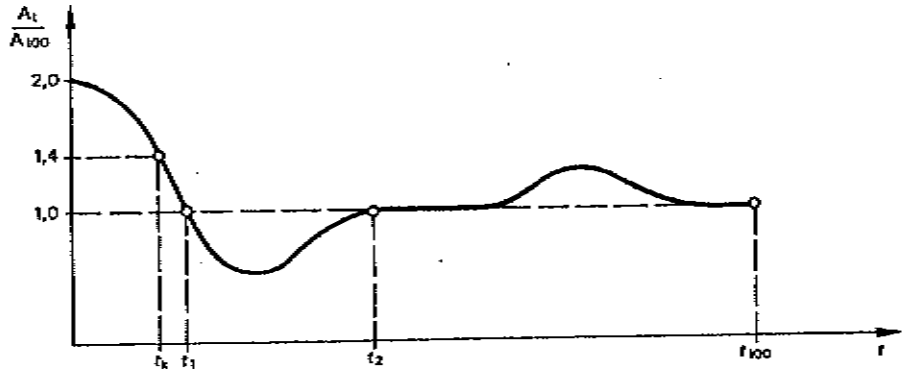
R_2 = مقاومت تطبیق دهنده با مقداری معادل (۶۰Ω تا $۵۰ \sim R$ مقاومت بار) $R_2 = R - \frac{R_1}{2}$

شکل ۶- اتصال لوله پالس مضاعف به مدار اندازه‌گیری شکل ۱

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

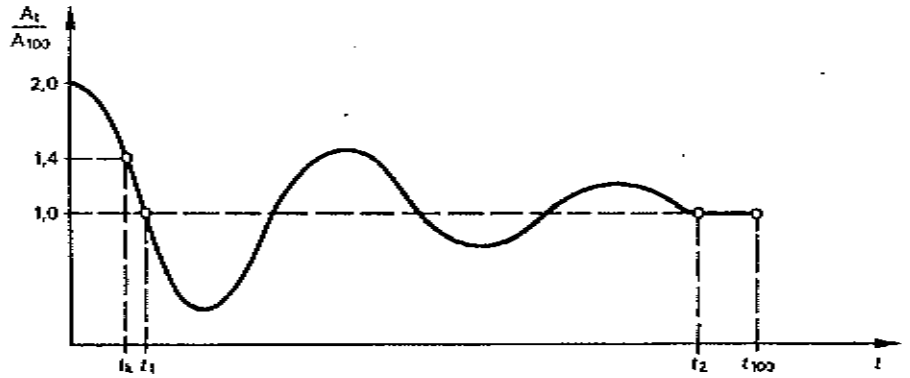


شکل ۷- نمودار پالس مضاعف نوع (۱) بدون سوپرپوزیش منفی

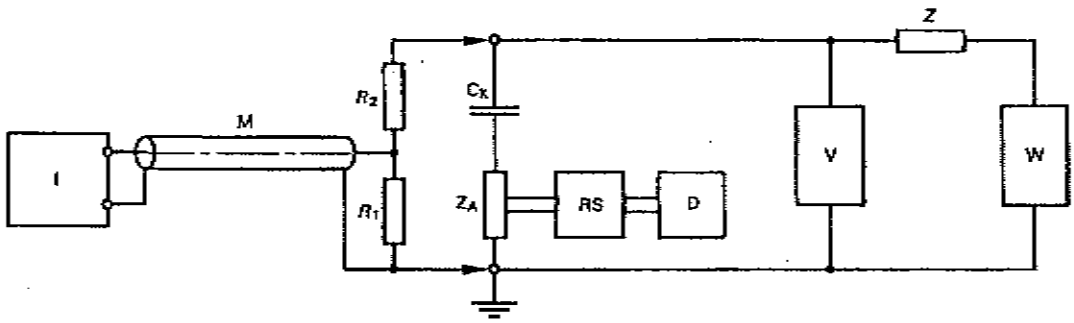


شکل ۸- نمودار پالس مضاعف نوع (۲) با سوپرپوزیش منفی بین t_1 و t_2

تاثیر سوپرپوزیش مثبت بین t_2 و t_{100} ناچیز می‌باشد.

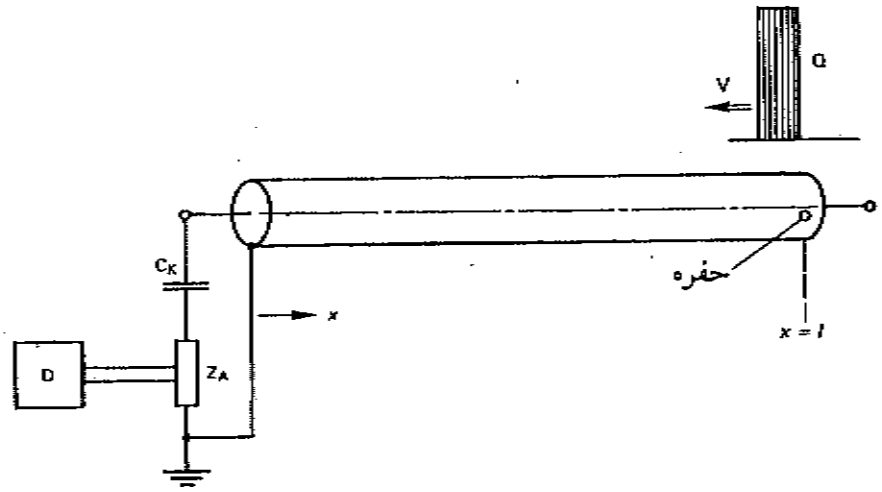


شکل ۹- نمودار پالس مضاعف نوع (۳) با سوپرپوزیش مثبت و منفی بین t_1 و t_2

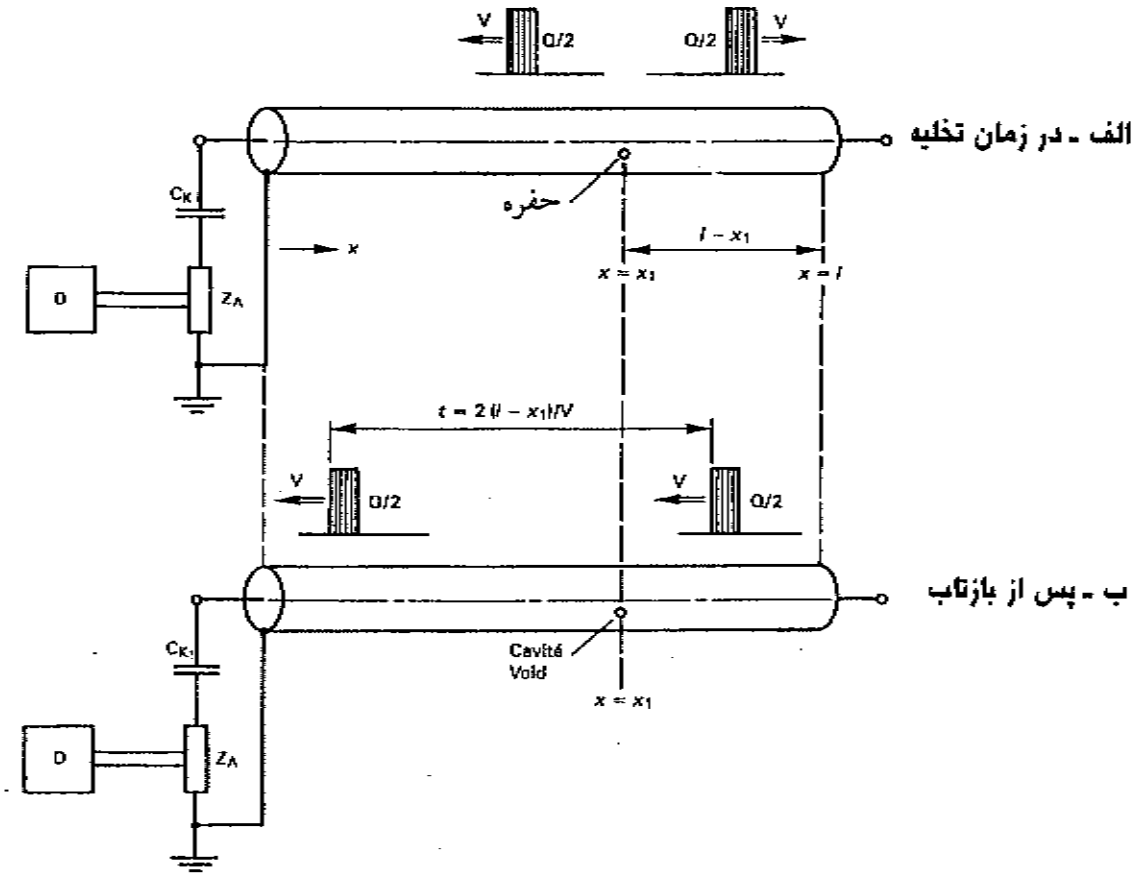


شکل ۱۰- اتصال مولد پالس مضاعف برای مدار آزمون شکل ۵ با فرونشاننده موج بازگشتی

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

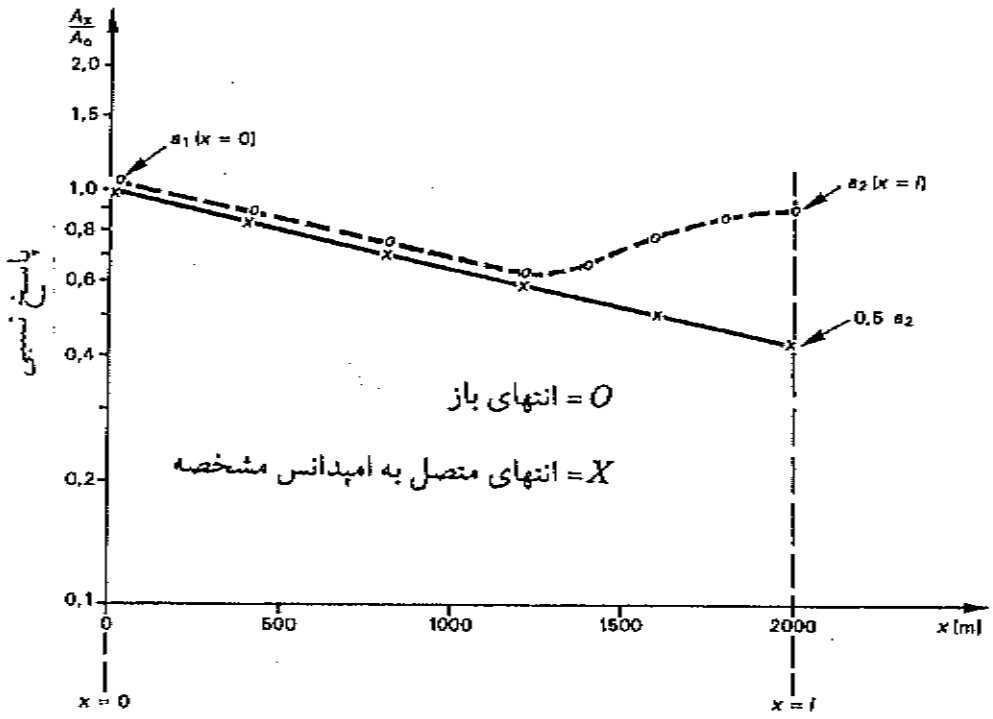


شکل ۱۱- مکان دقیق تخلیه در سری از کابل که به آشکارساز متصل نیست $(X = L)$



شکل ۱۲- مکان تخلیه در فاصله $X = X_1$ **امواج متحرک**

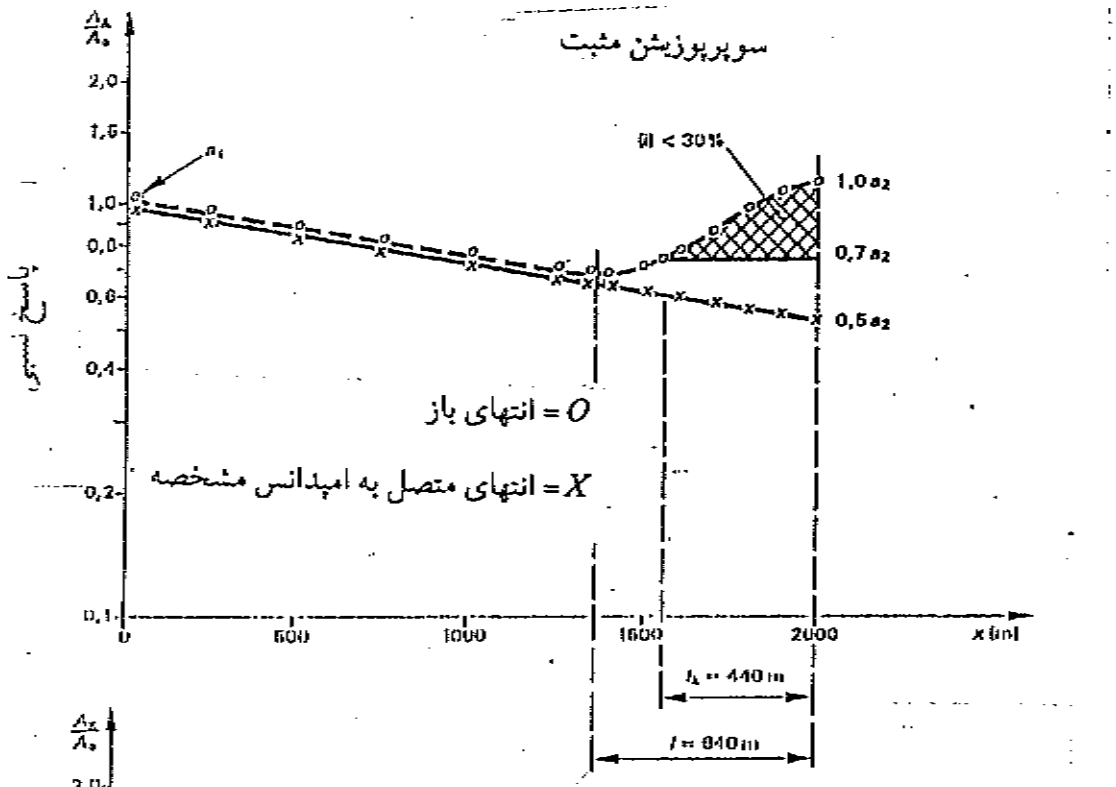
sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com



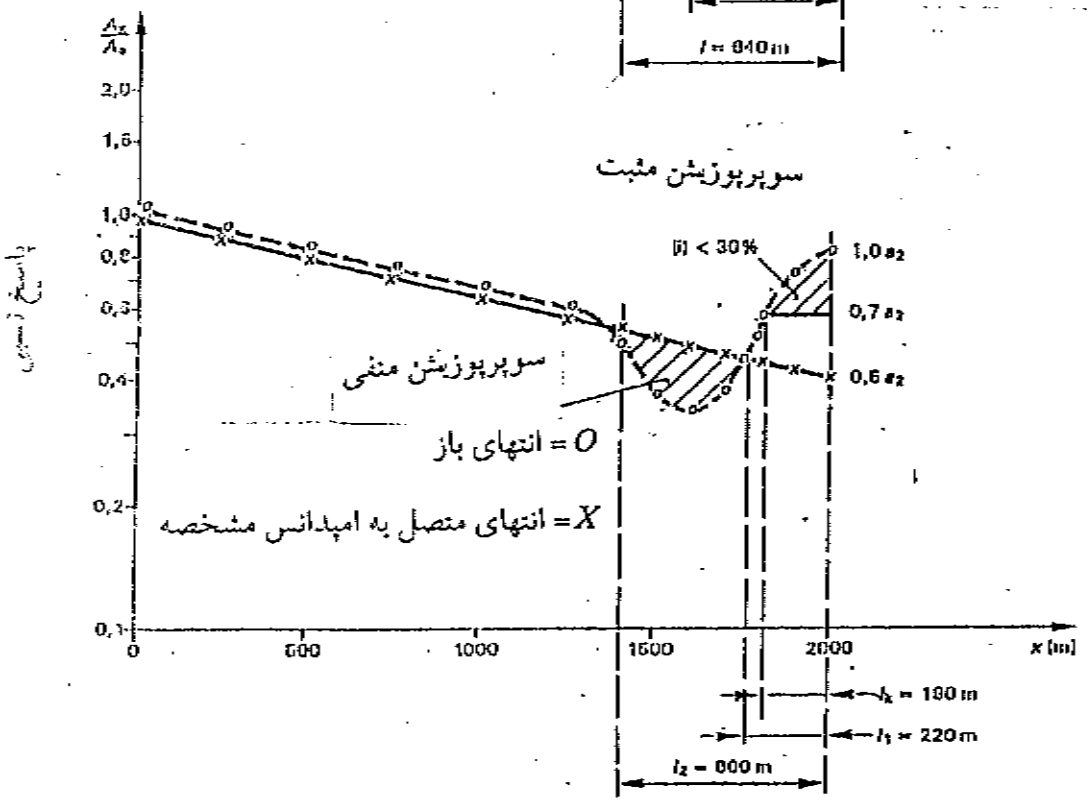
شکل ۱۳- تضعیف پالسهای آشکارساز تخلیه در طول کابل

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

الف -

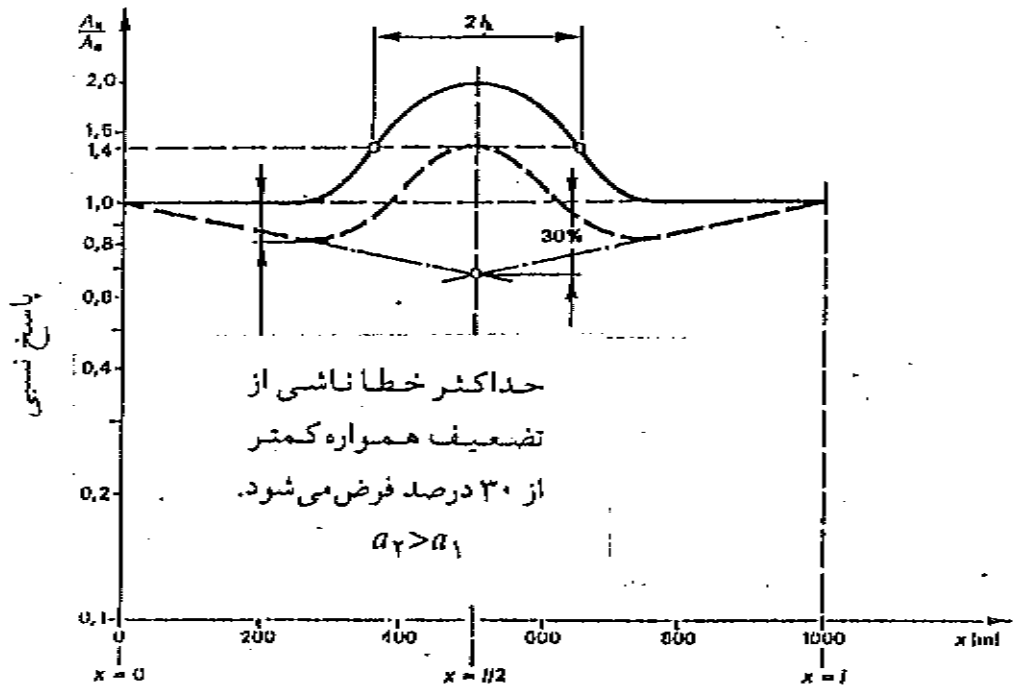


ب -

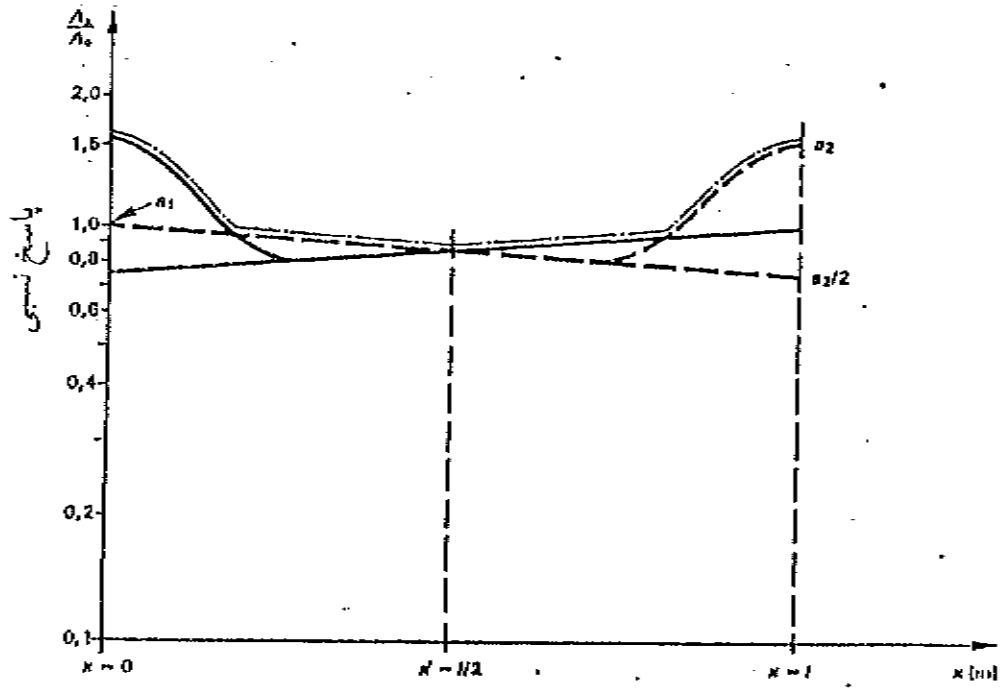


شکل ۱۴- سوپرپوزیشن و تضعیف پالسهای آشکارساز تخلیه

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

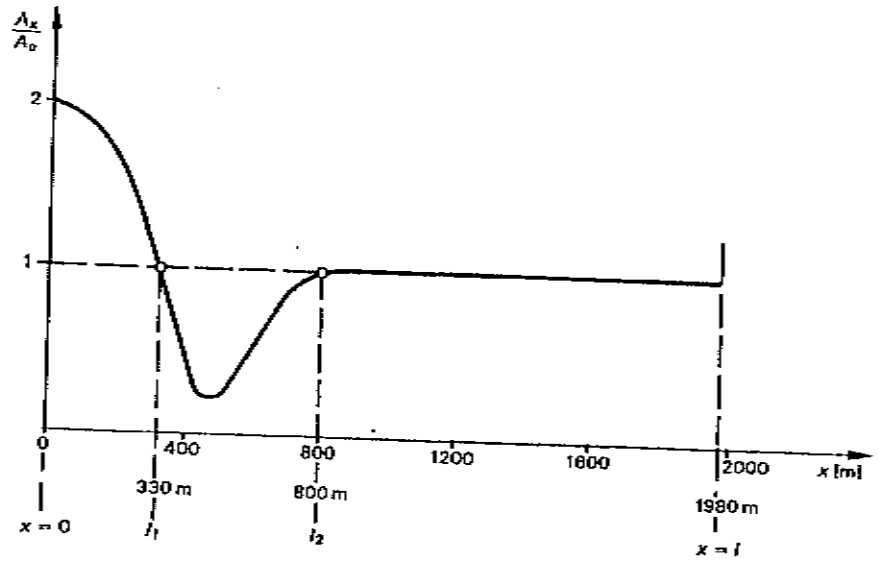


شکل ۱۵- حداکثر خطای تضعیف (در حالیکه دو سر کابل بهم متصل شده‌اند).

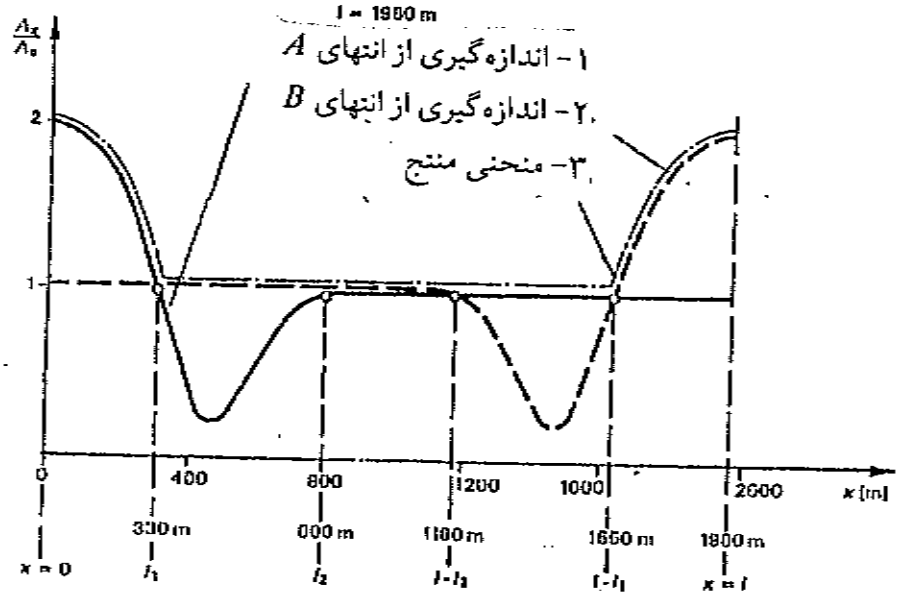


شکل ۱۶- حداکثر خطای تضعیف در مرکز کابل (چنانچه اندازه‌گیری‌ها از هر دو سر انجام شوند).

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

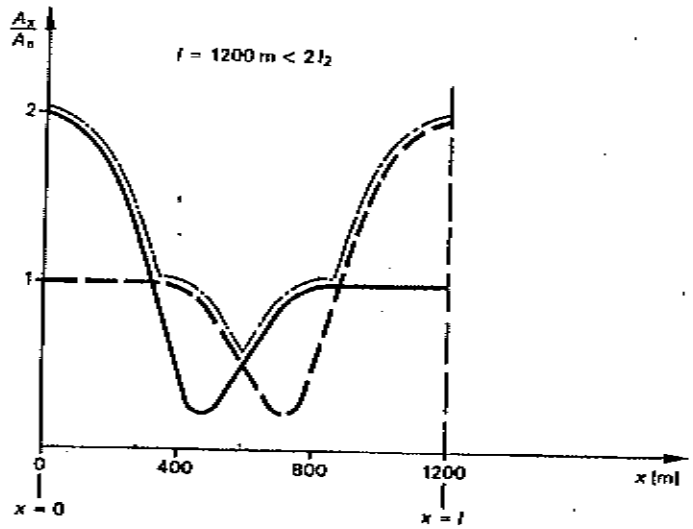


شکل ۱۷- نمودار پالس مضاعف نوع ۲ . سوپرپوزیشن منفی بین L_1 و L_2 (طول ممنوعه)

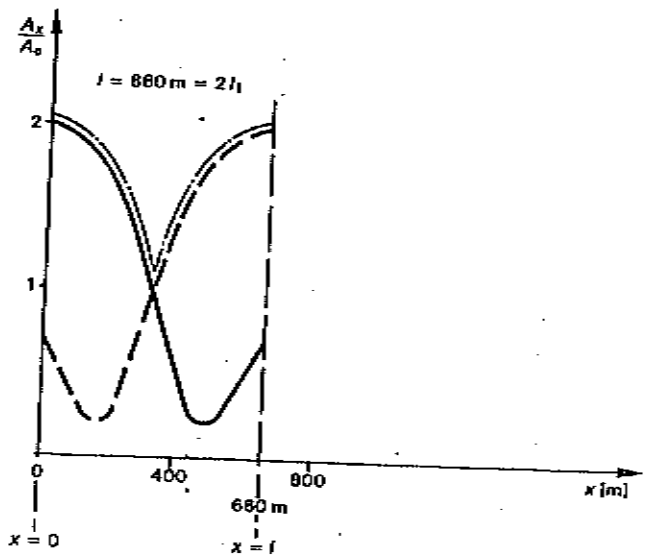


شکل ۱۸- اندازه‌گیری از هر دو سر کابل جهت اجتناب از تولید خطای منفی

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com



شکل ۱۹- سوپرپوزیشن منفی برای $۲L_۱ < L < ۲L_۲$



شکل ۲۰- تنها سوپرپوزیشن مثبت برای $L < ۲L_۲$

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com

پیوست

مراجع اطلاعاتی

(اطلاعاتی)

استفاده از مرجع زیر تنها برای اطلاعات بیشتر توصیه می‌شود :

- *CIGRE 21:1968 , Partial discharge measurements for power cables.*

sbargh.ir
@sbargh
sbargh.ir@yahoo.com