

به نام آن‌که جان را فکرت آموخت



نشریه داخلی صنعت سیم و کابل
انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
شماره هفتاد و هفتم - زمستان ۱۳۹۸

طرح روی جلد: شهلا احمدیان

- ۳ سخن سردبیر ➔ صاحب امتیاز: انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
مدیر مسئول: نسترن کسرابی
سردبیر و مدیر اجرایی: حسین حق‌بیان
زیر نظر شورای نویسندگان: حسین حق‌بیان، محمدباقر پورعبداله، محمدعلی مساواتی، غلامرضا فلاح نژاد
حروفچینی و صفحه آرایی: شهلا احمدیان
لیتوگرافی و چاپ: فارابی
تلفن: ۸۸۸۰۸۲۳۹
- ۴ شرایط تأیید کابل‌های شبکه ➔ محمد باقر پورعبداله
- ۸ نقطه‌نظرات کارشناسان و مدیران عامل برخی از شرکتهای عضو انجمن در خصوص راه‌کارهای پیشنهادی بمنظور جلوگیری از تولید و عرضه سیم و کابل غیر استاندارد ۸
مریم شفیعی
- ۱۴ تأثیر آب بر روی کابل فیبرنوری ➔ محمدعلی مساواتی
- ۱۹ بررسی کابل‌های فشار قوی و تحلیل تلفات الکتریکی عایق و شیلد در این کابلها ۱۹
حمید اوجاق فقیهی
- ۲۶ کابل زوجی ➔ الهام علایی
- ۳۱ جریان نامی کابل‌های نصب شده در تونل‌های عمیق یا تهویه‌دار ۳۱
رقیه عزیزی
- ۴۰ کابل‌های با غلاف سرب و محیط زیست ۴۰
فرشته اسدسنگابی
- ۴۲ اخبار انجمن ➔
- تلفن: ۸۸۳۲۶۰۶۹ - ۸۸۳۲۴۲۶۳
نمابر: ۸۸۳۴۱۰۴۶
کدپستی: ۱۵۸۱۷۵۶۴۱۳
نشانی انجمن: تهران، خیابان مفتح جنوبی، بعد از مترو طالقانی، خیابان سمیه، کوچه شهید جلیل مژده‌ای، پلاک ۴، طبقه اول، واحد ۲
- صنعت سیم و کابل در ویرایش و اصلاح مطالب آزاد است.
- مسئولیت مطالب بر عهده نویسندگان است.
- استفاده از مطالب مجله با ذکر نام، شماره و تاریخ انتشار مجاز است.
- www.IWCMA.com
info@iwcma.com



مژده ای دل که دگر باره بهار آمده است
خوش خرامیده و با حسن و وقار آمده است
به تو ای باد صبا می دهمت پنهانی
این پیامی است که از دوست به یار آمده است

فرا رسیدن نوروز باستانی را به خوانندگان عزیز فصلنامه تبریک عرض مینماییم
هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران



سخن سردیر

یکی از معضلات دیرینه صنعت سیم و کابل که از بدو تأسیس انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران همواره مورد توجه و مقابله بوده، وجود سیم و کابل غیر استاندارد در مراکز تولید و عرضه است. البته عدم رعایت استاندارد در سایر صنایع نیز به نحوی خودنمایی کرده و می‌کند ولیکن حاصل اینگونه تولیدات ضرری مهلک و تخریبی آنچنانی که استفاده از سیم و کابل غیراستاندارد دارد ببار نمی‌آورد.

جای بسی تأسف است که تولیدکنندگان و فروشندگان این محصولات با آگاهی کامل از تقلبی بودن این تولیدات در این عرصه فعالیت می‌کنند. حاصل این‌گونه تولیدات سودی برای تولیدکننده و فاجعه‌ای را برای مصرف‌کننده به دنبال دارد. عدم برخورد قاطع مسئولین و قابل توجه نبودن جرایم قانونی، راه را برای این قبیل تولیدات علاوه بر آن که مسدود نکرده، شاید به نوعی جرأت را برای انسان‌های سودجو فراهم نموده که به این امر تداوم بخشند.

سابقه آتش‌سوزی‌های حاصله از سیم و کابل غیراستاندارد در آرشیو سازمان آتش‌نشانی و انعکاس آن‌ها در جامعه، متأسفانه نتوانست برای تولیدکننده غیراستاندارد و مصرف‌کننده‌ای که صرفاً به خاطر ارزانی بهای این‌گونه سیم و کابل، مبادرت به خرید می‌نماید، عبرت شود.

سالیان دراز تا به امروز تلاش‌های زیادی برای مقابله با پدیده شوم تولیدات غیراستاندارد، با همکاری سازمان‌های ملی استاندارد و تعزیرات حکومتی ایران صورت گرفته لیکن حاصل رضایت‌بخش نبوده است. شایان ذکر است که متولیان این تولیدات، شناسایی و به مراجع قضایی معرفی گردیدند. با کمال تأسف جرایم به نحوی نبوده که عامل بازدارنده‌ای برای افراد خاطی باشد و آنان را متنبه نماید. در اینجا لازم است دست یاری به سمت کلیه مسئولین و دست‌اندرکارانی که به هر نحو در این امر دخیل هستند دراز نموده تا قبل از آنکه وقوع فاجعه‌ای دیگر، جان و مال مصرف‌کننده را به مخاطره اندازد به هر طریق ممکن گامی مؤثر برداشته و نسبت به ریشه‌کن کردن این مشکل وارد عمل شوند و امید است با نظارت مستمر سازمان‌های ذیربط، در آینده شاهد تولیدات غیراستاندارد و تقلبی نباشیم.

شرایط تأیید کابل‌های شبکه

ترجمه: مهندس محمد باقر پور عبدالله (کارشناس مهندسی صنایع)

در شبکه‌های کابل مسی زوجی، تأییدیه کابل مسی در حالی احراز می‌شود که مجموعه‌ای از آزمون‌ها در انطباق با استانداردهای TIA¹ یا ISO² بر روی کابل انجام شود. این آزمون‌ها با بکارگیری یک وسیله تأییدیه آزمون صورت می‌گیرد و اطلاعات حاصله به صورت "قبول" (Pass) یا "مردود" (Fail) می‌باشد. در حالی که تأییدیه کابل می‌تواند به وسیله مالک شبکه به دست آید ولی اساساً این کار باید با پیمانکاران شبکه مانند Datacom حاصل شود. تأییدیه‌ای نظیر این، مستندی است که باعث تضمین کار پیمانکاران نصب شبکه می‌شود.

لزوم اخذ تأییدیه

پیمانکاران نصب شبکه که به ضرورت نیاز دارند به مالکین شبکه اثبات کنند نصب شبکه به درستی انجام شده و با استانداردهای TIA یا ISO انطباق دارد لازم است برای کار خود تأییدیه دریافت کنند. مالکین شبکه که مایلند قابلیت ساختار شبکه را برای کاربردی خاص (مثلاً انتقال صوت از طریق اینترنت) تضمین کنند از وسیله آزمون خود برای تأییدیه ساختار شبکه استفاده می‌کنند و در برخی مواقع این وسایل آزمون را برای تعیین مشکلات خاص به کار می‌برند. آزمون‌های مربوط به تأییدیه در صورتی که پس از انجام نصب، اختلافی بین پیمانکار نصب و مالک شبکه بروز کند، اقدامی اساسی است.

استانداردها

آزمون‌های عملکردی و رویه‌های انجام آزمون در استاندارد ANSI/TIA/EIA-568-B.1 و استاندارد ISO/IEC 11801 تعیین شده‌اند.

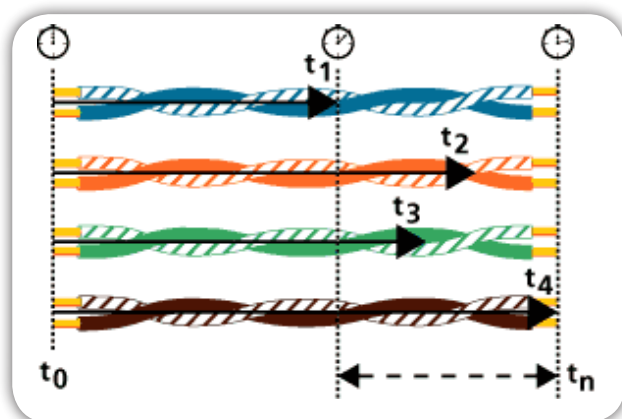
استاندارد TIA شرایط انجام آزمون را در رده‌های³ Cat 3, Cat 5e, Cat 6, Cat 6A و استاندارد ISO این آزمون‌ها را در گروه‌های (FA, F, EA, E, D, Class C) مشخص می‌کند. این استانداردها رویه‌ای را مشخص می‌کنند که مؤید انطباق شرایط نصب با شرایط عملکردی ارایه شده در رده یا گروه تعیین شده است.

ماهیت هر رده یا گروه مقادیر حدی است که در نتایج اندازه‌گیری Pass/Fail و محدوده‌های فرکانسی به دست آمده است: برای کابل‌های Cat 3 و Class C (که دیگر کاربرد ندارند) شرایط انتقال اطلاعات و آزمون در پهنای باند ۱۶MHz تعریف می‌شود. کابل‌های Cat 5e و Class D نیز با پهنای باند ۱۰۰ MHz و Cat 6 و Class E تا ۲۵۰ MHz و Cat 6A و Class EA تا ۵۰۰ MHz و Cat 7 و Class F تا ۶۰۰ MHz و Cat 7A و Class EA برای محدوده فرکانسی ۱۰۰۰ MHz تعریف می‌شوند. این استانداردها همچنین عنوان می‌کنند که داده‌های حاصل از هر نتایج آزمون باید جمع‌آوری و به صورت چاپی یا ذخیره الکترونیکی برای بازرسی‌های آتی ثبت گردد.



آزمون‌ها

پارامتر آزمون	استاندارد TIA-568-B	استاندارد ISO 11801
طرح کابل کشی	قبول / مردود	قبول / مردود
تأخیر در انتقال	قبول / مردود	قبول / مردود
چولگی تأخیر	قبول / مردود	قبول / مردود
طول کابل	قبول / مردود	صرفاً جهت اطلاع
افت برگشتی	قبول / مردود (به جز Cat 3)	قبول / مردود
افت الحاقی	قبول / مردود	قبول / مردود
همشناوبی نزدیک	قبول / مردود	قبول / مردود
همشناوبی نزدیک تجمیعی	قبول / مردود	قبول / مردود
همشناوبی دور هم سطح	قبول / مردود	قبول / مردود
همشناوبی دور هم سطح تجمیعی	قبول / مردود	قبول / مردود
نسبت تضعیف به همشناوبی	قبول / مردود	قبول / مردود
ACR تجمیعی	صرفاً جهت اطلاع	قبول / مردود (به جز Class C)
مقاومت DC حلقه زوج	صرفاً جهت اطلاع	قبول / مردود (به جز Class C)



طرح کابل کشی^۹

آزمون طرح کابل کشی برای تشخیص خطاهای فیزیکی نصب، ترمینال‌بندی مناسب رشته‌های سرکابل، اتصال کوتاه بین سیم‌ها، برقراری اتصال ابتدا به انتهای کابل، سیم‌کشی جابه‌جا^۹ در زوج‌ها، زوج‌های متقاطع؛ سیم‌کشی معکوس زوج‌ها و هرگونه خطای دیگر در کابل کشی انجام می‌گیرد.

تأخیر در انتقال^{۱۰}

آزمون تأخیر در انتقال، مربوط به اندازه‌گیری زمان دریافت سیگنال انتقالی از یک سر کابل به انتهای آن می‌باشد.

طول کابل^{۱۱}

آزمون طول کابل مشخص می‌سازد که طول کابل مسی از منبع سیگنال^{۱۰} به دریافت کننده^{۱۱} از حداکثر فاصله ۱۰۰ متری توصیه شده در شبکه 1000 BASE-T / 100 BASE-TX / 10 BASE-T تجاوز نمی‌کند.

افت الحاقی^{۱۲}

افت الحاقی که به آن تضعیف^{۱۳} نیز گفته می‌شود، به نسبت تلفات شدت سیگنال^{۱۴} در انتهای کابل یک مسیر به سیگنالی که وارد آن شده است، برمی‌گردد. این افت به خاطر مقاومت الکتریکی کابل

چولگی تأخیر^{۱۵}

آزمون چولگی تأخیر، برای پیدا کردن اختلاف در تأخیر انتقال بین سریع‌ترین و کندترین مجموعه زوج‌های کابل است. چولگی مطلوب بین ۲۵ تا ۵۰ نانوثانیه در طول کابل ۱۰۰ متری است. هر چه این چولگی کمتر باشد بهتر است. چولگی کمتر از ۲۵ نانوثانیه عالی است، ولی بین ۴۵ تا ۵۰ نانوثانیه جزء شرایط حدی محسوب می‌شود. (در صورت انتقال در سرعت نور، هر موج الکترونیکی در کابل ۱۰۰ متری در ۱۰۰، ۲۹۹، ۷۹۲، ۴۵۸ یا حدود ۳۳۴ نانوثانیه معکوس می‌شود)

جمع مقادیر NEXT حاصل از ۳ زوجی که بر زوج مورد نظر دیگر اثر گذاشته‌اند. این اثر ترکیبی از NEXT می‌تواند برای سیگنال، اثری حیاتی باشد.

همشنوایی دور هم سطح^{۱۸}

آزمون همشنوایی دور هم سطح (ELFEXT) همشنوایی دور (FEXT) را اندازه‌گیری می‌کند. FEXT بسیار شبیه به NEXT است ولی این همشنوایی در بخش دریافت کننده سیگنال رخ می‌دهد و به خاطر تضعیف در مسیر، سیگنالی که باعث ایجاد همشنوایی می‌شود با دور شدن از منبع سیگنال نقصان می‌یابد. به همین دلیل FEXT در مقایسه با NEXT اثر زیانبار کمتری بر روی سیگنال دارد، اما با این حال هنوز عاملی مهم به شمار می‌رود. اخیراً این عامل از ELFEXT به ACR-F (دور تغییر نام یافته است).

همشنوایی دور هم سطح تجمیعی^{۱۹}

همشنوایی دور هم سطح تجمیعی (PS ELFEXT) عبارت است از مجموع مقادیر FEXT حاصل از ۳ زوجی که بر زوج مورد نظر دیگر اثر گذاشته‌اند منهای تلفات الحاقی کانال انتقال. اخیراً این عامل PS ELFEXT به PSACR-F (دور تجمیعی) تغییر نام یافته است.

نسبت تضعیف به همشنوایی^{۲۰}

نسبت تضعیف به همشنوایی (ACR) اختلاف بین تضعیف سیگنال ایجاد کننده NEXT است که بر حسب واحد dB اندازه‌گیری می‌شود. مقدار ACR نشان می‌دهد که سیگنال تضعیف شده نسبت به همشنوایی در مقصد (دریافت کننده) یک مقدار مخابراتی چقدر قوی‌تر است و به منظور عملکرد مناسب عدد ACR باید دست کم چندین دسی‌بل باشد. در صورتی که ACR به حد کافی بزرگ نباشد، خطاهای مکرر رخ می‌دهد. در بسیاری از حالات حتی بهبود مختصر در ACR می‌تواند کاهش بسیار زیادی را در نرخ خطای بیتی^{۲۱} ایجاد کند. گاهی ممکن است به منظور افزایش میزان ACR، کابل زوجی شیلددار (STP) را جایگزین کابل زوجی بدون شیلد (UTP) کنیم.

نسبت تضعیف به همشنوایی تجمیعی^{۲۲}

نسبت همشنوایی تجمیعی (PS ACR) به روش مشابه ACR محاسبه می‌شود با این تفاوت که در محاسبات به جای NEXT از مقدار PSNEXT استفاده می‌شود.

مسی، تلفات انرژی از طریق عایق کابل و جور نبودن امپدانس حاصله در اتصالات، ایجاد می‌شود. افت الحاقی غالباً برحسب دسی‌بل (dB) بیان می‌شود. افت الحاقی با افزایش فاصله و فرکانس افزایش می‌یابد.

به ازای هر ۳ دسی‌بل از تلفات، توان سیگنال با ضریب ۲ کاهش می‌یابد و دامنه سیگنال نیز با ضریب $\sqrt{2}$ کم می‌شود.

تلفات برگشتی^{۱۵}

تلفات برگشتی، اندازه‌گیری (برحسب dB) مقدار سیگنالی است که به سمت منبع سیگنال برمی‌گردد. این بازتاب سیگنال در اثر اختلاف امپدانس در اتصالات و کابل ایجاد می‌شود و غالباً حاکی از سربندی ضعیف سیم‌های کابل است. هر چه میزان اختلاف امپدانس بیشتر باشد، میزان تلفات برگشتی اندازه‌گیری شده زیادت‌تر خواهد بود. اگر سه زوج سیم در این آزمون با مقادیر فوق‌العاده پذیرفته شوند، ولی زوج چهارم به سختی در آن مورد قبول قرار گیرد این موضوع نشان از چین و چروک و پیچش نامناسب کابل و یا اتصالات بد در تویی اتصالات RJ۴۵ دارد. تلفات برگشتی اغلب در تلفات سیگنال اهمیتی ندارد ولی در عوض باعث نوسان آن می‌شود.

همشنوایی نزدیک^{۱۶}

در سیستم کابلی زوجی، همشنوایی نزدیک (NEXT) مقداری است که اثر ناشی از القاء سیگنال عبوری از یک زوج سیم بر زوج دیگر و ایجاد اختلال در سیگنال درون زوج اخیر را نشان می‌دهد. این عامل میزان اختلاف بین دامنه سیگنال انتقال یافته و دامنه سیگنال القا شده در زوج دیگر کابل بر حسب dB در سر ابتدایی کابل (سر واقع در منبع سیگنال) کابل را بیان می‌کند. هرچه این مقدار بزرگتر باشد مطلوب‌تر است زیرا نشان دهنده آن است که مقدار کمتری سیگنال انتقال یافته در زوج هدف، القاء شده است. NEXT در فاصله ۳۰ متری (حدود ۹۸ فوت) از منبع تزریق یا ایجاد سیگنال اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر بیشتر برای همشنوایی حاکی از عملکرد بهتر کل مدار است. مقادیر کم NEXT در یک شبکه UTP مورد استفاده با استانداردهای سیگنالی قدیمی‌تر (IEEE 80203) و پیش‌تر از آن عملاً زیانبار می‌باشند. میزان بیش از حد همشنوایی می‌تواند مبین سربندی نامناسب در کابل کشی باشد.

همشنوایی نزدیک تجمیعی^{۱۷}

همشنوایی نزدیک تجمیعی (P S NEXT) عبارت است از حاصل



7- Propagation Delay

8- Delay Skew

9- Cable Length

10- Transmitter

11- Receiver

12- Insertion Loss

13- Attenuation

14- Loss of signal strength

15- Return Loss

16- Near –End Cross Talk (NEXT)

17- Power Sum NEXT (P S NEXT)

18- The Equal- Level For End Cross Talk (ELFEXT)

19- Power Sum ELFEXT (PS ELFEXT)

20- Attenuation to Crass Talk Ratio (ACR)

21- Bit error rate

22- Power Sum ACR (PS ACR)

23- DC Loop Resistance

24- Power over Ethernet

مقاومت DC حلقه زوج^{۳۳}

مقاومت DC حلقه زوج، مقدار اندازه‌گیری کل مقاومت یک زوج را نشان می‌دهد که دو رشته آن زوج، از یک سر کابل به هم متصل شده باشند. این مقاومت با افزایش طول کابل افزایش می‌یابد. مقاومت DC حلقه زوج، اثر کمتری در مقایسه با تلفات الحاقی بر روی سیگنال می‌گذارد ولی در شبکه اترنت همراه با انتقال برق^{۳۴} نقش مهمی ایفا می‌کند. از طرفی پارامتر امپدانس مشخصه کابل را می‌توان برحسب واحد اهم اندازه‌گیری کرد که این پارامتر مستقل از طول کابل می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها:

- 1- Telecommunication Industry Association
- 2- International Organization for Standardization
- 3- Category
- 4- Class
- 5- Wire Map
- 6- Split Pairs

شرکتر محترم سیم لاکی فارس جناب آقای مهندس شکرریز

بدینوسیله مصیبت وارده را به شما و خانواده محترمتان تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای آن مرحوم، علودرجات و برای سایر بازماندگان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

همکار گرامی جناب آقای مقدم

بدینوسیله درگذشت برادر گرامیتان را به شما و خانواده محترمتان تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای آن مرحوم، علودرجات و برای سایر بازماندگان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

نقطه نظرات کارشناسان و مدیران عامل برخی از شرکتهای عضو انجمن در خصوص راه کارهای پیشنهادی بمنظور جلوگیری از تولید و عرضه سیم و کابل غیر استاندارد

گزارشی از: مریم شفیعی (کارشناس زبان و ادبیات فارسی)

نام و نام خانوادگی: امیدعلی شجاعی

سمت: مدیر تولید

نام شرکت: سیم و کابل ستاره یزد



جلوگیری از تولید و عرضه محصول غیراستاندارد مستلزم کاهش قیمت تمام شده محصول با کیفیت است. در این خصوص هر چند سعی در رفع مشکلات تولیدکنندگان از جمله: تهیه مواد اولیه، واردات و صادرات محصول و ماشین آلات، نقدینگی و ... از طرف مسئولین و دولت لازم است ولی کافی نیست، و دامن زدن به این مهم از جانب تولیدکنندگان، به نوعی فرار از مسئولیت است. لازمه تحقق هدف مذکور، اتخاذ تدابیر مدیریتی از جانب تک تک تولیدکنندگان، در جهت کاهش قیمت محصول باکیفیت است. اجراء آموزش و ترویج فرهنگ کیفیت بهتر همراه با قیمت کمتر مؤثرترین راهکار جلوگیری از تولید و عرضه محصول غیراستاندارد است.



نام و نام خانوادگی: ناصر شریفی

سمت: مدیر بازرگانی

نام شرکت: پیام افشان پیرانشهر



- ۱- نظارت و بررسی مستقیم سازمان استاندارد بر کلیه تولیدکنندگان
- ۲- حمایت های مالی دولت از تولیدکنندگان جهت ارتقاء کیفیت و کاهش هزینه های تولید با کیفیت
- ۳- شناسایی برندهای فاقد کیفیت و مصرفی به مصرف کننده





نام و نام خانوادگی: حمیدرضا دولتی

سمت: مدیر فروش

نام شرکت: کابل متال



- ۱- نظارت مستمر سازمان استاندارد ملی ایران از طریق بازرسیهای سرزده و همکاری با انجمن سیم و کابل
- ۲- اطلاع رسانی و همکاری مستمر انجمن صنفی سیم و کابل با سایر اصناف مصرف کننده سیم و کابل مخصوصاً صنعت ساختمان جهت آگاهی بخشی به پیمانکاران و مصرف کنندگان داخلی
- ۳- تهیه فهرست شرکتهای تولیدی سیم و کابل معتبر و مورد تأیید انجمن و به روز رسانی دائم و درج آن در روزنامه ها و مجلات و ماهنامه و فصلنامه های صنفی جهت آگاهی مصرف کنندگان
- ۴- آگاهی بخشی به مصرف کنندگان عمدتاً خانگی از طریق آگهی های تلویزیونی، مشابه شرکت ملی گاز از خطرات احتمالی بکارگیری سیم و کابل های غیراستاندارد
- ۵- همکاری انجمن صنفی سیم و کابل با سازمان نظام مهندسی ساختمان جهت کنترل دقیق تجهیزات الکتریکی بکاررفته در ساختمانها مخصوصاً سیم و کابل



نام و نام خانوادگی: حسن دمشقی

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: کابل صائب



متأسفانه تولید و توزیع کالاهای غیراستاندارد و بی کیفیت بویژه سیم و کابل در بازار داخلی و حتی صادرات از دیرباز امری عادی و فراگیر شده است و عده زیادی چه تولیدکننده و چه توزیع کننده و اکثر مصرف کننده های آگاه و یا ناآگاه منافع ملی را فدای منافع شخصی خود کرده اند. برای حل این معضل اقتصادی عزم ملی با تصمیم گیری های کلان در سطح مسئولان رده بالای کشور مورد نیاز است ولی از آنجائیکه حل این قبیل معضلات چه در محیط زیست و ترافیک و اقتصاد و ... کار زیاد و هزینه بالایی را می طلبد، لذا متأسفانه شاهد اصلاح آن نیستیم، ولی چه باید کرد؟ اگر در صنعت سیم و کابل بخواهیم راه حل عملی و اورژانسی انجام دهیم، به نظر بنده همکاری ۳ ارگان مهم نظارتی توأم مورد نیاز است.

۱- اداره استاندارد و تعزیرات ۲- اتحادیه صنف الکتریکی ۳- نظام مهندسی

به این صورت که کارشناس اداره استاندارد با همکاری و راهنمایی نماینده اتحادیه صنف الکتریک با در دست داشتن یک وسیله تست ساده میلی اهم متر با مراجعه به مراکز عرضه سیم و کابل (بازار) فقط با تست اهم هادی، یک متر از سیم و کابل مورد مشکوک می توانند در صورت مردود بودن هادی آن کلیه آن کالا را ضبط و توقیف موقت نموده و سپس با تست کامل آن نمونه نسبت به توقیف و تحویل آن به مراکز زیربط طی مراحل قانونی اقدام نمایند و مطمئناً اگر این روش چندین مورد ادامه یابد فروش و عرضه و به تبع آن تولید سیم و کابل غیراستاندارد تقریباً برچیده خواهد شد. ضمناً نظارت مستمر نظام مهندسی در استفاده نکردن از سیم و کابل های غیراستاندارد در پروژه ها توسط پیمانکاران و سازندگان می تواند کمک شایانی در رفع این معضل اساسی ایفا نماید.

نام و نام خانوادگی: محمد باقری

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: خودرو کابل ایرانیان



مصرف کالاهای بی کیفیت توسط مردم و رکود واحدهای تولیدی از تأثیرات و تبعات منفی تولید کالاهای غیراستاندارد در کشور است همچنین تولید محصولات بی کیفیت و غیراستاندارد در کشور موجب ضربه زدن به اقتصاد و کاهش میزان صادرات می شود که باید با ساز و کارهای مناسب مانع آن شد.

سیم و کابل بطور کلی یک محصول گران قیمت می باشد و مهم ترین علت وجود تقاضا برای کالای غیراستاندارد، ارزان تر بودن محصول غیراستاندارد نسبت به محصول استاندارد می باشد چرا که توان خرید مناسب محصول با کیفیت برای مشتری نهایی وجود ندارد.

یکسان بودن قیمت مواد اولیه قابل دسترس برای تولیدکننده محصول بی کیفیت و با کیفیت، عرصه را بر تولیدکنندگان واقعی تنگ می کند که می توان با کنترل هدایت و مسیریابی فروش مواد اولیه از روشهای گوناگون قیمت مواد اولیه برای تولیدکننده غیراستاندارد بالاتر برد تا ایشان توجهی برای تولید نداشته باشند. یکی دیگر از راههای جلوگیری از تولید و عرضه سیم و کابل غیراستاندارد فرهنگ سازی در کشور در زمینه استفاده از محصولات استاندارد و تبعات استفاده از کالای بی کیفیت می باشد که می توان با تبلیغات هدفمند مشتری نهایی را از خطری که استفاده از این محصولات برای ایشان در پی دارد آگاه نمود.

رسانه ملی و سایر رسانه ها باید با اطلاع رسانی مناسب مردم را به سمت استفاده از کالاهای استاندارد ترغیب کنند و در کنار این مهم واگذاری برخی تصدی گری ها به بخش خصوصی که ظرفیت ورود به این حوزه را دارند در دستور کار مسئولان ذیربط قرار گیرد.

اداره کل استاندارد مانند مشوق هایی که در بحث سرمایه گذاری وجود دارد در بحث رعایت استانداردها این مشوق ها را تعریف و اجرایی کند.



نام و نام خانوادگی: صمد یوسفی اصل

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: صنایع برق سیم و کابل نور زنجان



تولیدکنندگان غیراستاندارد را تقریباً می توان در دو بخش گنجانند.

- بخش اول تولیدکنندگان زیرزمینی هستند که بدون استاندارد و مجوزها فعالیت می کنند که نیازمند پیگیری صد در صدی از طریق مراجع قضایی می باشند.
- بخش دوم شامل تولیدکنندگانی هستند، مجوزهای لازم را دارند ولی خارج از استاندارد تولید می کنند. با توجه به اینکه معیار مناسبی برای انتخاب محصول از طرف مصرف کنندگان وجود ندارد، بایستی استاندارد نتایج آزمون شرکت را (نمونه های بازار و تولید) با همکاری انجمن صنفی به صورت رسمی در سایت اعلام نماید تا معیاری برای خریداران سیم و کابل باشد و آگاهی را به آنها انتقال داد.



نام و نام خانوادگی: حسین محمدیان

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: افلاک الکتریک خراسان

با توجه به وفور سیم و کابل‌های غیراستاندارد در بازار، انجمن به عنوان یک تشکل صنفی با همکاری اداره استاندارد و تعزیرات باید به طوری وارد کار شده و عرصه را برای تولیدکنندگان بی کیفیت ناامن نماید و به نظر اینجانب در این راستا چند راهکار باید مد نظر قرار گیرد:

۱- ارتقاء سطح دانش مصرف کنندگان و آگاهی از پیامدهای مصرف سیم و کابل غیر استاندارد در جراید و صدا و سیما در یک بازه زمانی یکساله و مداوم

۲- ارتقاء سطح دانش مهندسين ناظر با همکاری نظام مهندسی و همچنین فروشندگان سیم و کابل با همکاری اتحادیه‌های مربوطه

۳- بالا بردن جریمه‌های مربوطه چه از لحاظ ریالی و چه از لحاظ پلمپ محل تولید به مدت حداقل یکسال

۴- هماهنگی و تعامل تولیدکنندگان استاندارد و دارای برند و ارسال اطلاعات بروز به انجمن راجع به تولیدکنندگان بومی غیراستاندارد هر استان و منطقه و برخورد شدید با ایشان

۵- استفاده از ظرفیت آزمایشگاه‌های همکار جهت بازرسی از بازار و واحدهای تولیدی زیر نظر اداره استاندارد

۶- اعلام اسامی تولیدکنندگان غیراستاندارد در جراید محلی منطقه بطور هفتگی

۷- الصاق برچسب توسط واحدهای عضو انجمن روی محصولات، به عنوان یک واحد استاندارد و مورد تأیید

انجمن صنفی مانند برچسب سیب سلامت روی محصولات غذایی یا محصولات حلال

و در پایان برگزاری جلسات منظم در انجمن با حضور مدیران واحدهای تولیدی و رصد مرتب بازار و اقدامات انجام شده .



نام و نام خانوادگی: کمال کافی

سمت: مدیر فنی

نام شرکت: رسانا کابل

یکی از مهم‌ترین عوامل اطمینان از استفاده سیم و کابل غیراستاندارد در همه پروژه‌های ساختمانی الزام نظام مهندسی در کنترل و تست تمامی کابل‌های مورد استفاده در پروژه‌ها است. همانطور که میلگرد مورد استفاده کاملاً نمونه‌گیری شده و به هیچ وجه حتی به معتبر بودن برند اکتفا نمی‌شود.

نظام مهندسی یکی از مهم‌ترین بازوهای کنترل نهایی مصرف است.



نام و نام خانوادگی: امیر فولادی

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: صنایع شایان سیمکان

امروزه توزیع و استفاده از سیم و کابل غیراستاندارد به اندازه‌ای رایج شده است که احتمال آن می‌رود در آینده‌ای نزدیک مرجع تشخیص و مقایسه با سایر برندها بشوند و تنها علتی که امکان حضور در بازار را برای این برندها مهیا کرده است علامت استاندارد است.



از علامت استاندارد به گونه‌ای تعبیر شده است که با رعایت حداقل‌ها امکان اخذ و درج علامت استاندارد بر روی محصولات وجود دارد و این به منزله تهدید است این تهدیدها زمانی پررنگ‌تر خواهد شد که محصول با حداقل رعایت الزامات استاندارد تولید و بعضاً در حین تولید فاقد مؤلفه‌های استاندارد می‌شود. تازه این بهترین و خوش بینانه‌ترین تصور است. آنهایی که نمونه قابل قبول تولید می‌کنند پس از اخذ علامت استاندارد کلیه تولیدات خود را غیراستاندارد تولید کرده و روانه بازار می‌کنند این دیگر از دزدی بی‌شرمانه‌تر است. اما از آنجا که هر قانونی با نظارت مجری و قوانین سخت قضایی می‌تواند عامل بازدارنده باشد، بر این اساس پیشنهاد می‌گردد کارگروهی متشکل از یک نفر عضو انجمن، نماینده حقوقی استاندارد و نماینده صنعت، معدن و تجارت، ضمن تدوین دستورالعمل برای اجرا نمودن و پیگیری کالای تقلبی و برخورد قضایی قابل ملاحظه با عوامل مختلف (تولیدکننده، توزیع‌کننده) به نحوی که باز دارنده باشد مانند ابطال جواز کسب، پروانه تولید و ... تشکیل گردد.

از طرفی دیگر شایسته است با تبلیغات مؤثر و مشارکت شرکت‌های تولیدکننده معتبر در سطح بازار یا سایت انجمن و مکاتبه با مصرف‌کنندگان معتبر مانند (نظام مهندسی، شرکت‌های توزیع برق، اداره استاندارد، شهرداریها و ...) تبلیغ شود که تولیدکنندگانی اجازه توزیع دارند که نام ایشان در سایت مشترک انجمن و استاندارد و صنعت، معدن و تجارت درج شده باشد با توافقی که بین انجمن و تولیدکننده عقد می‌گردد حتی ضمانت لازم برای مصرف کابل به مصرف‌کننده نیز داده می‌شود. از طرفی دیگر انجمن مجاز باشد نتایج آزمون‌های سیم و کابل‌های نمونه برداشت شده از طرف استاندارد را در آن سایت برای اطلاع عموم درج نماید یا اینکه طی مکاتبه با نظام مهندسی و آتش‌نشانی اعلام شود در صورتیکه سیم و کابل استفاده شده در ساختمان‌ها از برندی غیر از برند مورد تأیید انجمن باشد غیر قابل قبول و تأیید نخواهد شد.

نام و نام خانوادگی: محمدباقر پورعبداله

سمت: کارشناس صنعت سیم و کابل



- ۱- آموزش همگانی در خصوص معیارهای سیم و کابل و آگاهی در مورد زیانهای استفاده از سیم و کابل فاقد کیفیت
- ۲- نظارت سازمان استاندارد بر واحدهای تولیدی به عنوان تنها مرجع متولی کیفیت دارای اهرمهای قانونی نظیر اعلام جرم واحدهای متخلف
- ۳- پخش اعلامیه‌های وسیع و اعلام اسامی و مارکهای متقلب در رسانه‌های عمومی
- ۴- جلوگیری از تولید هادی‌های CCA و CCAM که در سیم و کابل‌های برق به وفور در حال حاضر استفاده می‌شود و هیچ استنادی از آن پشتیبانی نمی‌کند.
- ۵- شناسایی و جلوگیری از فعالیت فروشندگان عرضه کننده سیم و کابل غیراستاندارد



نام و نام خانوادگی: حسین معتمد رسا

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: رسانا کابل

- بهترین راهکار در زمینه جلوگیری از تولید و عرضه سیم و کابل غیراستاندارد :
- ۱- اطلاع رسانی درست و هدفمند برای مصرف کننده نهایی و دادن اطلاعات در خصوص عواقب و نتایج استفاده از سیم و کابل غیراستاندارد
 - ۲- کنترل منظم و دقیق مراکز توزیع این نوع سیم و کابل هاست که باید فارغ از اداره کل استاندارد بوده و فقط با همکاری انجمن صنفی و سازمان تعزیرات باشد. چون تا وقتی که این گونه مراکز، خریدار این نوع سیم و کابل نباشند، هیچ تولیدکننده ای قادر به تولید و فروش نخواهد بود.
 - ۳- درخواست از سازمان نظام مهندسی جهت تست کابل کشی ساختمان های نوساز و ارائه تأییدیه توسط مراکز معتبر که این تأییدیه برای این مراکز تعهدآور باشد و در قبال آن مسئول باشند.



نام و نام خانوادگی: فرهاد خسروی

سمت: مدیر فروش

نام شرکت: پارسان کابل



- مذاکره و گفتگو با اعضاء در جلسات مختلف
- انتخاب چند بازرس و نظارت به تولیدکنندگان
- همکاری تولیدکنندگان جهت جمع آوری تولیدکنندگان غیراستاندارد



نام و نام خانوادگی: سعید ملاسمانی

سمت: مدیر عامل

نام شرکت: سیم و کابل کاوه تک

- عدم پذیرش شرکتهای تولیدکننده محصولات غیراستاندارد در انجمن
- برخورد سنگین قانونی با تولیدکننده غیراستاندارد
- اجبار به پلمپ و جریمه واحدهای توزیع کننده محصول غیراستاندارد توسط اصناف برای مدت زمان طولانی و اطلاع رسانی به عموم توسط نصب بنر در فروشگاه متخلف



تأثیر آب بر روی کابل فیبر نوری

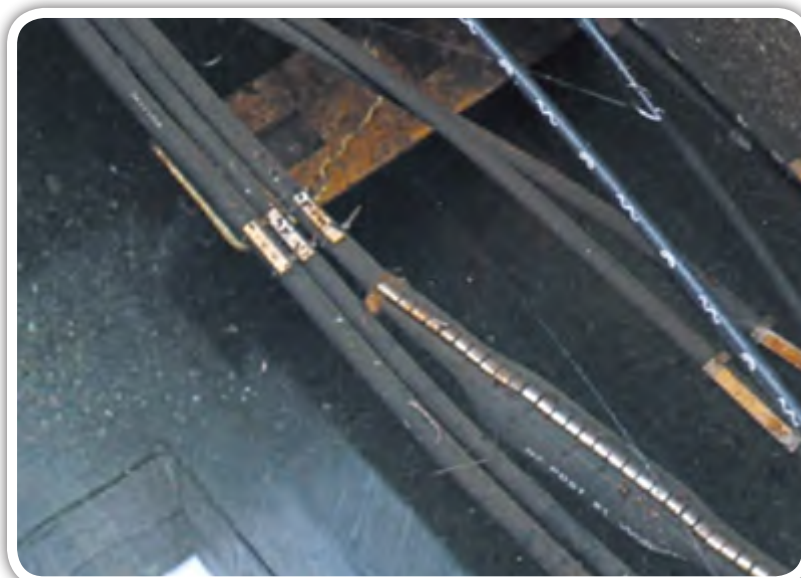
ترجمه: مهندس محمد علی مساواتی (کارشناس برق و الکترونیک / کارشناس ارشد صنایع)

کابل‌های فیبر نوری عمدتاً در کانال‌ها و مجراهایی نصب می‌شوند که آب‌بندی نشده‌اند. فیبرها باید به گونه‌ای مؤثر از رطوبت و آب محافظت شوند تا اعتبار عملکردی آنها تضمین شود. در این مقاله، اثر آب بر روی کابل‌ها و فیبرها شرح داده می‌شود، مروری بر روش‌های تست و استانداردهای فعلی نموده و همچنین به جنبه‌هایی که باید هنگام انتخاب کابل فیبر نوری مناسب در نظر گرفت؛ اشاره می‌گردد.

وضعیت فیبرهای استاندارد سینگل-مود

سال‌هاست که بیشتر تولیدکنندگان کابل و فیبر، کابل‌های سینگل-مود خود را مطابق استاندارد کیفیت G.652.D, OS2 یا B1.3 (تعریف شده در EN 60793-2-50:2008) تولید می‌کنند. این حقیقت که چندین استاندارد مختلف برای فیبرهای سینگل-مود وجود دارد به علت دخیل بودن گروه‌های استانداردسازی بین‌المللی در این حوزه است. اتحادیه بین‌المللی ارتباطات یا ITU، یک آژانس تخصصی سازمان ملل است که در کنار دیگر کارها، استانداردهای ارتباطات جهانی را تعیین می‌کند. IEC (کمیسون بین‌المللی الکتروتکنیک) و همتای

اروپایی آن CENELEC (کمیته اروپایی هنجارسازی الکتروتکنیک) استانداردهایی برای کاربردهای خصوصی تنظیم کرده‌اند. استاندارد G.652 توسط ITU تنظیم شد. IEC/CENELEC این نوع فیبرها را به عنوان "OS1" و "OS2" در استانداردهای مربوط به کابل کشی عمومی و کاربری عام، ISO/IEC 11801 و DIN EN 51073 جا داده است. مقادیر تضعیف در اینجا از آنچه که در اسناد IEC و CENELEC وجود دارد و در این استاندارد (60793-2-50) معرفی شده، بالاتر است. پارامترهای IEC 60793-2-50 مشابه پارامترهای استاندارد ITU G.652.D است.



شکل ۱. شرایط حاد: این کانال کاملاً زیر آب قرار دارد



جدول ۱. مقایسهٔ مقادیر تضعیف انواع فیبرهای SM

	ITU-T G652A	ITU-T G652B	ITU-T G652C	ITU-T G652D	فیبرهای معمول
تضعیف 1310 nm	≤ 0.5 dB/km	≤ 0.4 dB/km	≤ 0.4 dB/km	≤ 0.4 dB/km	0.34 dB/km
تضعیف 1383 nm	---	---	≤ 0.4 dB/km*	≤ 0.4 dB/km*	0.34 dB/km*
تضعیف 1550 nm	≤ 0.4 dB/km	≤ 0.35 dB/km	≤ 0.3 dB/km	≤ 0.3 dB/km	0.22 dB/km
تضعیف 1625 nm	---	≤ 0.4 dB/km	≤ 0.4 dB/km	≤ 0.4 dB/km	0.24 dB/km
PMD	≤ 0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	≤ 0.2 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	≤ 0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	≤ 0.2 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	0.05 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

*مقادیر تضعیف پس از قرارگیری در معرض هیدروژن مطابق با ITU-T G652 (برای شبکه های پهن باند و شهری).

فیبرها با قلهٔ تضعیف کاهش یافته

OS1 و OS2، به عنوان فیبرهای مطابق با EN 60793-2-50:2008 و تحت کد B1.3 یا B6_a شناخته می شوند. این به آن معناست که هر دو فیبر OS1 و OS2 دارای قلهٔ تضعیف کاهش یافته در ۱۳۸۳ نانومتر دارند. آنها عموماً به عنوان "قله آب کم" و "قله آب صفر" معرفی می شوند. مطابق با استاندارد EN 50173-1 تنها تفاوت بین فیبرهای نوع OS1 و OS2، تضعیف حداکثری آنها در طول موج های ۱۳۱۰، ۱۳۸۳ و ۱۵۵۰ نانومتر است، برای فیبرهای نوع OS1 تضعیف حداکثری ۱.۰ dB/km و برای OS2، ۰.۴ dB/km است (برای تمام طول موج های ذکر شده).

بر اساس دانش عمومی، یون های OH مسئول افزایش تضعیف در فیبرهای نوری هستند، که بیشترین اثر را در ۱۳۸۳ نانومتر (طول موج رزونانس آب، در منحنی تغییرات به صورت قله دیده می شود) از خود نشان می دهد. در اولین فیبرهای سینگل-مود عرضه شده (G.652.A و G.652-B)، دلیل این که چرا بازه طول موج اطراف ۱۳۸۳ نانومتر نمی توانست برای انتقال استفاده شود همین قلهٔ تضعیف بود. اکنون برای یک دهه است، فیبرهای سینگل-مود (SM) فقط با کیفیت G.652.D تولید می شوند. در استانداردهای IEC نیز هردو فیبر SM،

جدول ۲. الزامات عملکرد برای فیبرهای SM، مطابق با DIN EN 50173-1:2011 (کابل کشی ساختمان با کاربرد معمولی)

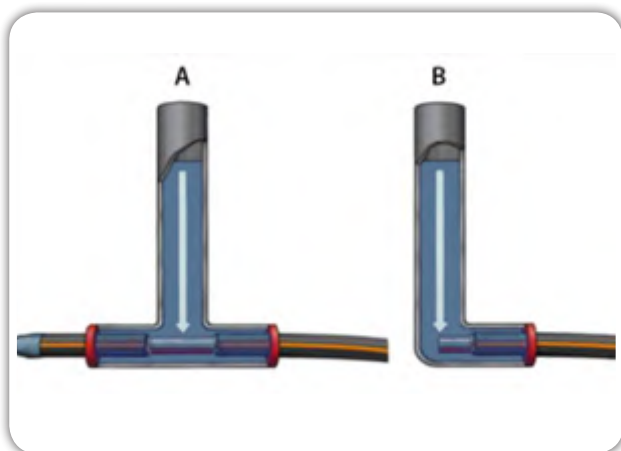
طول موج	بیشترین تضعیف OS1	بیشترین تضعیف OS2
1310 nm	1.0 dB/km	0.4 dB/km
1383 nm	1.0 dB/km	0.4 dB/km
1550 nm	1.0 dB/km	0.4 dB/km

استانداردهای تأثیر آب

و یا حداقل نگه داشتن آن در حد مینیمم؛ فضاهای خالی در ساختار کابل، با ژله نفتی که ژلی مشابه وازلین است، پر می‌شود. با این حال، این راه حل دارای دو اشکال است: مادهٔ پرکننده به شدت قابل اشتعال است و نصب‌کننده مجبور است این ژل را دوباره از روی عناصر کابل بزداید؛ پروسه‌ای وقت‌گیر که نیازمند پاک‌کننده‌های مخصوصی است که در انتها باید به عنوان زباله‌های خطرناک دفع شوند.

تولیدکنندگان نوآور کابل روش متفاوتی را برای برآورده کردن نیازمندی‌های ضدآب بودن طولی ایجاد کرده‌اند. امروزه تولیدکنندگان، در ساختار کابل از نخ و نوار قابل تورم جاذب رطوبت استفاده می‌کنند. اگر کابل آسیب ببیند، این مواد هر آبی را که نفوذ کرده باشد جذب کرده متورم شده و محل آسیب را می‌بندند. برخلاف پرکردن با ژله نفتی، مواد قابل تورم در انتشار آتش شرکت نمی‌کنند. به عنوان نکتهٔ آخر، با توجه به خشک بودن این مواد نیازی به تمیز کردن آنها به هنگام نصب کابل نیست.

معمولاً تولیدکنندگان کابل قابلیت ضدآب بودن طولی کابل‌های نوری فضای باز یا Outdoor خود را در استاندارد IEC 60794-1-2-F5، با روش B آزمایش می‌کنند، که شبیه‌سازی کنندهٔ شرایط سخت‌تری است. در حالی که روش A نفوذ آب به درون یک کابل آسیب دیده را توصیف می‌کند، روش B رفتار کابل را هنگامی می‌سنجد که آب قادر به نفوذ به یک انتهای باز باشد که توسط درپوش انتهایی بسته نشده است. معیار اصلی که توسط استاندارد تعیین شده این است که گسترش آب در کابل نباید از سه متر در ۲۴ ساعت فراتر رود.



شکل ۲. آزمایش آب‌بندی بودن مطابق با استاندارد IEC 60794-1-2-F5 روش A و B

دو استاندارد مرتبط با اثر آب بر روی فیبرهای نوری موجود است. استاندارد IEC 60793-1-50 روش اندازه‌گیری و رویه آزمایش "حرارت مرطوب" را پوشش می‌دهد. استاندارد IEC 60793-1-53 "غوطه‌وری در آب" را پوشش می‌دهد. در آزمایش اول، فیبرها در معرض عمل حرارت مرطوب قرار دارند ($+85^{\circ}\text{C}$)، رطوبت نسبی محیطی ۸۵٪ در آزمایش دوم، فیبرها در آب با دمای کنترل شده ($+23^{\circ}\text{C}$) غوطه‌ور می‌شوند. هردو آزمایش ۳۰ روز به طول می‌انجامد، که در این مدت، افزایش تضعیف در هیچ‌کدام نباید از حد معینی فراتر رود. اثر دفع کنندهٔ محافظت اولیه، برای مثال، میزان اثر پوشش فیبر در برابر نفوذ آب، نیز آزموده می‌شود.

فیبرهای در معرض خطر

اگر یک کابل فیبرنوری آسیب دیده یا بدون سرپوش‌های انتهایی نگهداری شود، مهم است که آب نتواند بدون مقاومت به درون کابل نفوذ کند. ورود آب به درون یک کابل نوری ذاتاً ناراحت کننده نیست، زیرا لایه‌های مختلف که عمدتاً از پلی‌اتیلن تشکیل شده‌اند، مقاوم در مقابل آب هستند و تیوب‌های پر شده از ژله همراه با پوشش اولیه و غلاف فیبر، درجهٔ بالایی از محافظت را به مرکز فیبر ارائه می‌دهند. در نتیجه ویژگی‌های انتقال یک فیبرنوری، به خوبی حفظ می‌شود.

به هر حال اگر آب بتواند وارد مفصل یا جعبه اتصال شود، در اینجا فیبرها، فقط پوشش اولیهٔ خود و همچنین پوشش نقطه اتصال را برای محافظت دارند و آسیب به فیبر نباید غیرمحمول شمرده شود، بخصوص اگر پوشش فیبر مطابق کیفیت قید شده در استانداردهای ذکر شده در بالا نباشد.

اگر آب به درون متریال فیبرنوری (SiO_2) وارد شود، افزایش غیرقابل برگشت در تضعیف رخ می‌دهد. مولکول‌های آب همچنین وارد ترک‌های خیلی ریز فیبرها شده، آنها را بزرگتر کرده و به طور چشمگیری عمر فیبر را کاهش می‌دهند.

آب‌بندی طولی کابل

با توجه به تأثیر احتمالی که رطوبت می‌تواند بر روی فیبرها داشته باشد، جای تعجب نیست که ضدآب بودن طولی، یکی از مهمترین پارامترهای محیطی برای کابل‌های نوری است. مطابق با IEC 60794-1-2 F5 یک کابل در صورتی از نظر طولی، مقاوم در مقابل آب در نظر گرفته می‌شود که آب فقط قادر به نفوذ در یک طول مشخص در هسته کابل باشد.

سال‌ها پیش، برای حفاظت کابل‌ها از نفوذ آب ناشی از اثر مویینگی،



فقدان استاندارد برای آببندی جانبی

مشخصات فنی قراردادی معمولاً الزام می‌کنند که کابل فیبرنوری از نظر جانبی نیز به خوبی طولی، مقاوم در مقابل نفوذ آب باشد. با این حال، پارامتر "ضد آب بودن جانبی" که به نفوذ آب یا رطوبت به درون کابل‌های سالم اشاره می‌کند، در هیچ استاندارد قرار نمی‌گیرد و در نتیجه هیچ روش آزمایش مرتبطی با آن وجود ندارد. دلیل این امر آن است که، احتمال کمی برای نفوذ آب یا رطوبت به کل تشکیلات کابل وجود دارد. مثلاً غلاف کابل، مواد جاذب، دسته‌های پلی‌اتیلن، ژل پرکننده دسته‌ها، پوشش اولیه و غلاف فیبر. علاوه بر این، نفوذ آب از طریق مواد واسط، همواره یک پروسه انتشار بسیار طولانی است. برای آزمودن، باید به مدت چندین سال و تحت شرایط معین کابل در معرض عملکرد آب اطراف قرار بگیرد تا بتوان نتایج معنی‌دار بدست آورد.

تنها استثناء، روش آزمایش F10 برای کابل زیرآبی است که شرایط تأثیرگذار بر روی یک کابل در بستر دریا را شبیه‌سازی می‌کند. با این حال، این روش کاملاً غیرمرتبط با شرایط موجود در سیستم‌های کانالی است، چراکه فشار آب بسیار متفاوت است.

کابل یونیورسال برای نصب زیرزمینی

کابل‌های فضای باز با یک روکش HDPE (پلی اتیلن با چگالی بالا) برای دفن کردن مستقیم، به طور مثال در محیط‌های مرطوب بسیار مناسب‌اند. این ماده سازنده روکش، بسیار نفوذناپذیر بوده و در نتیجه انتشار معمول آب از خاک و از میان روکش به میزان

حداقل است.

از طرف دیگر، روکش‌های کابل یونیورسال از پایه پلی‌اتیلن ساخته شده و حاوی افزودنی‌های معدنی هستند. پلی‌اتیلن بسیار قابل احتراق ولی بدون هالوژن است و هنگام آتش گرفتن هیچ گونه ماده سمی (خورنده) آزاد نمی‌کند. افزودنی‌ها، رفتار کابل‌های یونیورسال را از طریق تقویت ویژگی‌های ضدشعله، دود کم و خود خاموشی، مربوط به ماده روکش، بهبود می‌بخشند. استفاده از روکش FRNC/LSZH (ضدشعله، غیرخورنده، کم دود، بدون هالوژن) مبتنی بر این واقعیت است که کابل‌های یونیورسال عمدتاً

با توجه به کاربردها، درون ساختمان‌ها نیز استفاده شوند. افزودنی‌های موجود در مواد روکش می‌تواند میزان نفوذ آب را در یک کابل یونیورسال افزایش دهند، اگرچه نفوذ تا مرکز فیبر، غیرممکن است (به علت ساختار کابل، خصوصاً به سبب عناصر قابل تورم در کابل) و اگر آب تا پوشش اولیه نیز نفوذ کند، همچنان باید وارد حفاظ اولیه فیبر شود؛ که اثربخشی آن با آزمون hydrogen ageing، در هنگام ساخت فیبر آزمایش می‌شود. با این حال آسیب طولانی مدت به فیبر نمی‌تواند غیرممکن شمرده شود. بنابراین برخی از سازندگان کابل، عبارت "مناسب دفن مستقیم" را از برگه‌های اطلاعات مربوط به کابل‌های یونیورسال خود (فیبر نوری یونیورسال) حذف می‌کنند.

البته شما می‌توانید یک کابل یونیورسال را در زمین خشک نصب کنید. اما چه کسی می‌تواند تضمین بدهد که درجه رطوبت در منطقه و به تبع آن انتشار آب در کابل، افزایش نمی‌یابد؟



شکل ۳. کابل‌های نوری فضای باز به دلیل وجود ترکیبی از غلاف HDPE، عناصر قابل تورم و تیوب‌های پر شده از ژل "تقریباً ضد آب" هستند.

نصب در کانال

برای حفظ ایمنی، یک کابل یونیورسال هیچگاه نباید در شرایطی نصب شود که احتمال ورود آب به درون یک کانال یا مجرا و به تبع آن تماس طولانی مدت با آب، باشد، در عوض باید یک کابل Outdoor با روکش HDPE استفاده شود. ورود آب می تواند به سرعت اتفاق بیفتد.

در برخی کشورها که خیلی از کانال ها از اجزای بتنی از پیش آماده ساخته می شوند، عمدتاً سوئیس و گاهاً دانمارک، فنلاند، بریتانیا و ایتالیا، ورود آب ممکن است همراه با افزایش بالای مقدار pH باشد. روکش های HDPE در اینجا به عنوان سدهایی مؤثر در برابر مقادیر بالای pH عمل می کنند. کابل های فیبرنوری فضای باز از آنجا که ترکیب روکش HDPE، عناصر قابل تورم و رشته های پر شده با ژل، بهترین محافظت را در برابر تماس با آب ارائه می دهند ضد آب طولی و "ضد آب جانبی تقریبی" هستند.

کابل های نوری فضای باز به همراه یک روکش استیل کروگیت شده با نوار آلومینیوم، به طور کامل نسبت به آب خارجی مقاوم اند، زیرا به گونه ای نادر، محکم بسته شده اند. اینجا نیز هرگونه تأثیر منفی ناشی از رطوبت درون کابل، از طریق مواد قابل تورم و تیوب های پر شده با ژل، غیرمحتمل می شود. با این حال، نصب کننده باید در هنگام قراردادن کابل های با عنصر فلزی، تدارکات لازم برای زمین کردن الکتریکی آنها را انجام دهد.

نتیجه گیری

کابل های فیبرنوری یونیورسال برای نصب در فضای درون و بیرون مناسب هستند. با این حال، به دلایل ایمنی، پیشنهاد می شود که کابل های یونیورسال را مستقیم در زمین دفن نکنید و یا در کانال - البته به استثنای سیستم های کانالی کابل خشک - قرار ندهید. ترجیح بر این است که کابل های نوری فضای باز که دارای روکش HDPE هستند با توجه به اینکه ضد آب طولی می باشند و تا حدودی "ضد آب جانبی" نیز تلقی می گردند، برای دفن مستقیم و یا در سیستم های مجرای کابلی استفاده شوند که در معرض خطر نفوذ آب هستند یا در آنها آب ساکن دائمی وجود دارد.

منبع

WHITE PAPER: www.cabling.datwyler.com © 2014

Datwyler Cabling Solutions

آزمودن برای سهولت نصب در فضای باز

در ادامه این سؤال که، آیا کابل های یونیورسال برای دفن و نصب در سیستم های کانالی مناسبند یا خیر؟ باید توجه کرد که قطعاً

نظرخواهی

اعضای هیئت تحریریه نشریه به منظور ارتقاء سطح کیفی مطالب مندرج در نشریه به آگاهی از نظریات و پیشنهادهای مخاطبین محترم نیاز دارند. بنابراین از خوانندگان عزیز تقاضا می شود با ارایه نقطه نظرات، پیشنهادهای و انتقادهای خود، ما را در این زمینه یاری فرمایند. دریافت پیشنهادها کتبی، راهگشای ما در تدوین مطالب مورد نظر شما در شماره های آینده نشریه خواهد بود.



بررسی کابلهای فشار قوی و تحلیل تلفات الکتریکی عایق و شیلد در این کابلها

گردآوری و تألیف: مهندس حمید اوجاق فقیهی (کارشناس ارشد برق - قدرت)

مقدمه

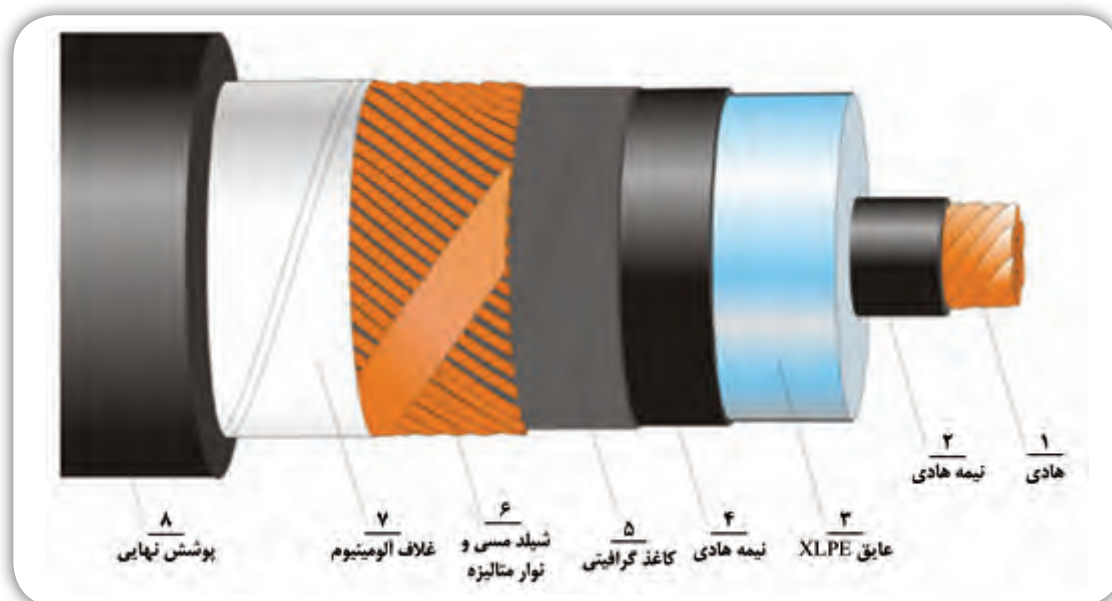
به علت زیاد بودن میزان توان انتقالی از خطوط انتقال هوایی و از سمتی طویل بودن اینگونه خطوط، نصب این خطوط در زیر زمین نیازمند سرمایه گذاری بسیار زیادی می باشد و استفاده از خطوط زیر زمینی یا کابل فشار قوی فقط در مناطق پر جمعیت شهری با توجه به قیمت زمین توجیه پذیر می باشد.



در این ولتاژها با تجهیزات ولتاژ پایین کاملاً متفاوتند. در سالهای ابتدایی و آغازین بهره گیری از انرژی، انتقال توان الکتریکی با همان ولتاژ مورد نیاز مصرف کننده ها انجام می گرفت. در آن زمان هیچ راه حل ممکن برای افزایش ولتاژ DC وجود نداشت. اولین خط سراسری انتقال برای جابجایی مقادیر بالای انرژی الکتریکی در ایالات متحده بین نیروگاه هیدروالکتریک در آبشار نیاگارا و بافالو در نیویورک به وجود آمد. اولین خط انتقال ۳۸۰ کیلوولت در سال ۱۹۵۷ ساخته شد. در سال ۱۹۶۷ اولین خط انتقال ولتاژ بسیار بالای ۷۳۵ کیلوولت ساخته شد.

در سطوح ولتاژی مختلف، نوع و تعداد لایه های تشکیل دهنده کابل متفاوت بوده و هر کدام نقش خاصی دارند. در این قسمت با توجه به تصویر بعد با لایه های تشکیل دهنده یک کابل فشار قوی آشنا می شویم.

از دیگر دلایلی که استفاده از کابل های فشار قوی را توجیه پذیر می نماید، افزایش قابلیت اطمینان شبکه در نقاط حساس مانند پست های انرژی اتمی، نقاط مرزی و مراکز نظامی می باشد. امروزه خطوط انتقال فشار قوی در بیشتر نقاط با ولتاژ بالاتر از ۱۱۰ کیلوولت بهره برداری می شوند و ولتاژهای کمتر، نظیر ۳۳ یا ۶۶ کیلوولت به ندرت و در صورت نیاز برای تغذیه بارهای روشنایی در مسیرهای طولانی مورد استفاده قرار می گیرند. ولتاژهای کمتر از ۳۳ کیلوولت هم معمولاً برای توزیع انرژی الکتریکی در درون شبکه شهری مورد استفاده قرار می گیرند. در حقیقت با نزدیک شدن به آخرین لایه مصرف که مشترکین می باشند، ولتاژ رو به کاهش می رود. ولتاژهای بیشتر از ۲۳۰ کیلوولت با نام "ولتاژهای بسیار بالا" (Extra High Voltage) یاد می شود زیرا بیشتر تجهیزات مورد نیاز



تا به امروز میسر نبوده است. بعد از لایه نیمه هادی، لایه بعدی نوار نیمه هادی بوده که با دستگاه نوار زن به صورت شعاعی در روی لایه نیمه هادی اکستروود شده پیچیده می شود. در حقیقت این نوار نیمه هادی نقش لایه زیرین برای لایه پلی اتیلن خواهد بود. لایه سوم در کلیه کابل های فشار قوی، عایق پلی اتیلن کراسلینک شده بوده که مهمترین لایه اکستروود شده در یک کابل فشار قوی می باشد. جنس عایق از نوع پلی اتیلن با اتصالات عرضی می باشد. پلی اتیلن مورد استفاده در چنین کابل هایی از نوع فوق تمیز یا همان Super Clean XLPE بوده و وجود هر گونه ناخالصی در این سطح و لثاژ پذیرفته نمی باشد. عایق XLPE تزریق شده می بایست ساختار کریستالی کاملاً یکنواخت داشته و عاری از هر گونه ناخالصی باشد. تزریق این لایه توسط اکستروودر مخصوصی در خطوط معروف به نام CCV انجام شده و کنترل کیفیت در نقاط متعدد در خط CCV نیز اعمال می شود چرا که ناخالصی در این عایق در چنین سطح و لثاژی منجر به شکست عایقی حین کار شده و کابل دچار قطعی و ترکیدگی خواهد شد. روش تولید پلی اتیلن با اتصالات عرضی برای چنین کابلی با استفاده از فناوری هایی همچون پراکسید، فناوری سیلانی، فناوری اشعه و بیم الکترونی در خطوط ولکانیزاسیون پیوسته می باشد.

اکستروود کردن همزمان لایه های نیمه هادی داخلی (هادی) عایق پلی اتیلن کراسلینک و لایه نیمه هادی داخلی با استفاده از دستگاه اکستروودر (CCV, VCV) انجام می شود و عملیات کراسلینک

ساختار کابل تولید شده در سطح فشار قوی شامل لایه های متعدد و با مواد عایقی متفاوت بوده و هر لایه وظیفه ای خاص بر عهده خواهد داشت. نمونه صنعتی تولید شده دارای ساختاری به صورت هادی مسی یا آلومینیوم، نوار نیمه هادی ضد آب، عایق پلی اتیلن با اتصالات عرضی یا کراسلینک شده (XLPE)، نیمه هادی اکستروود شده، نوار نیمه هادی ضد آب یا کاغذ گرافیتی، سیم شیلد مسی با وظیفه حفاظت الکتریکی، نوار نیمه هادی ضد آب، روکش قلع در صورت نیاز برای حفاظت از خوردگی مواد شیمیایی، سیم و یا نوار آرمور آلومینیومی و در نهایت غلاف پی وی سی خارجی کابل می باشد. در هنگام تاییدن هادی های مسی یا آلومینیومی برای ایجاد هادی ضد آب به صورت عرضی نخ یارن در بین سیم های هادی تابیده شده استفاده می گردد و با این کار هادی ضد آب تولید می گردد. خاصیت ضد آب بودن به این صورت است که این نخ در هنگام آسیب دیدگی روکش با جذب رطوبت باعث تورم ناحیه آسیب دیده شده و علاوه بر ممانعت از ورود آب به دیگر قسمت های کابل مورد نظر، تعمیرات کابل را راحت تر نمایان می سازد. در لایه های بعد از هادی، اولین لایه نیمه هادی اکستروود شده روی هادی قرار خواهد گرفت. دلیل این کار کنترل میدان الکتریکی حاصل از ولتاژ فشار قوی به صورت مرحله به مرحله می باشد. میدان الکتریکی در چنین کابل هایی باید به صورت مرحله به مرحله و به تدریج کنترل شده و امکان صفر شدن میدان با یک مرحله عایق کاری و خنثی نمودن این میدان با هیچ ماده ای



زمینه کابل‌های فشار قوی هستند. در شرایط نرمال بهره برداری کابل‌های فشار قوی، دمای کاری عایق پلی‌اتیلن کراسلینک شده ۹۰ درجه سانتی‌گراد بوده و مقدار مجاز ضریب تلفات عایقی بر طبق استاندارد IEC-60287 معادل ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شده است. همچنین امروزه، میزان میدان الکتریکی روی عایق کابل‌های الکتریکی بین ۶ kV/mm تا ۱۴ kV/mm می‌باشد و میزان این استرس نباید به بیش از ۳۰ kV/mm حتی در شرایط خطا و حالات گذرای سیستم قدرت برسد. مقادیر تلفات دی‌الکتریک (P) از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$P = C \times W \times U^2 \times \tan \delta$$

پارامترهای مورد استفاده در فرمول فوق به صورت زیر تعریف می‌شوند:

C ظرفیت خازنی بین لایه عایق و هادی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_{max} [\mu F] = \frac{t [s] 10^9}{3 \cdot U [V]}$$

و در آن U ولتاژ خط و t مدت زمان اعمال ولتاژ می‌باشد.

W: معادل $2\pi f$ در کنترل و سیستم‌های برق (f فرکانس کاری) می‌باشد.

فرکانس زاویه‌ای با واحد رادیان بر ثانیه (rad/s) نمایش داده می‌شوند. پارامتری است که میزان یا نرخ تغییر (جابه‌جایی) زاویه‌ای بر حسب رادیان را در سیستم‌های دوار (چرخشی) توصیف می‌کند. همچنین در امواج متناوب سینوسی شکل (sinusoidal) میزان تغییر فاز را مشخص می‌کند.

U_0^2 : ولتاژ بین هادی فاز و زمین به توان دوم است.

$\tan \Delta$: شاخص تلفات عایقی می‌باشد

مشخصه تلفات دی‌الکتریک، شرح اصلی دیواره عایقی ما بین زمین و ساختار هادیها می‌باشد. این دستورالعمل مطابق استاندارد IEC 894 بوده و در مواردی هم از پروسه‌های کنترلی شرکت SIEMENS استفاده شده است. در ولتاژ متناوب در صورتی که خازن هیچ گونه تلفات انرژی نداشته باشد، جریان خازن ۹۰ درجه جلوتر از ولتاژ دو سر آن است. اگر با اتصال خازن به ولتاژ متناوب انرژی تلف شود، جریان و ولتاژ کمتر از ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند. متمم زاویه بین جریان و ولتاژ خازن را با δ نمایش می‌دهند و تانژانت این زاویه را ضریب تلفات عایقی می‌خوانند.

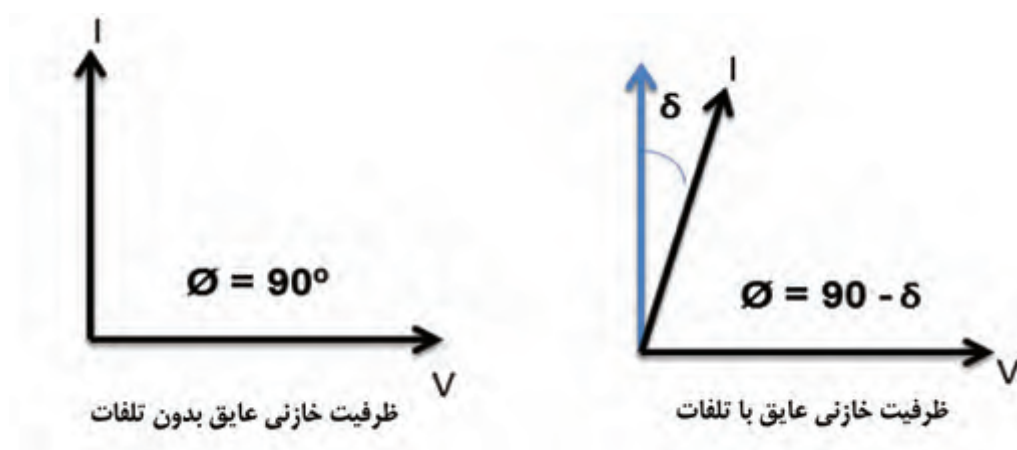
کردن پلی‌اتیلن با استفاده از روش پراکسید و بخار آب (داخل لوله ولکانیزاسیون) صورت می‌گیرد. خط اکسترودر ذکر شده جهت عایق نمودن هادیهای مسی، روکش نمودن هادی‌های عایق شده در کابل‌های برق و کنترل و روکش نمودن هادی‌های مسی در کابل‌های جوش با کامپاند لاستیک یا سیلیکون می‌باشد. این خط به طول ۱۲۰ متر شامل قسمتهای پی آف (Pay off)، کاپستن ورودی، آکومولاتور (انبارش)، اکسترودر، لوله ولکانیزاسیون (پخت لاستیک)، اندسیل (end seal)، کانالهای خنک کننده، کاپستن خروجی، تیک آپ (Take) دروازه دوبل و دستگاه جت پریتر می‌باشد.

در لایه‌های بعدی با توجه به اهمیت ذکر شده برای کنترل میدان الکتریکی، یک لایه نیمه هادی پلیمری روی عایق کراسلینک شده اکسترودر شده و یک نوار ضد آب نیمه هادی روی آن قرار می‌گیرد. این نوار هر دو خاصیت عایق‌بندی و خاصیت لایه زیر شیلد مسی اسکرین را برعهده خواهد داشت. هادی اسکرین با مقاطع متفاوت خواهد بود و با توجه به اینکه در سطح ولتاژ فشار قوی، با عبور جریان، ولتاژی روی غلاف خارجی کابل القا می‌شود، این ولتاژ باید به فواصل مناسب زمین گردد. کاربرد دیگر این لایه سیمی محافظت در برابر اتصال کوتاه بوده و در بازه‌های زمانی ۱، ۵ و ۳ ثانیه تحمل اتصال کوتاه را خواهد داشت. در انتخاب جریان اتصال کوتاه سیم اسکرین، هر چه سطح مقطع کلی اسکرین بالاتر انتخاب شود، تحمل جریان اتصال کوتاه هم به تبع آن بیشتر خواهد شد. بعد از لایه اسکرین مجدداً نیاز به یک لایه خواهیم بود تا بتواند لایه زیرین آرمور باشد. در صنایع نفت و گاز و در بسیاری از مکان‌هایی که احتمال وجود نیروهای فیزیکی و مکانیکی روی کابل وجود دارد، از آرمور یا غلاف فلزی استفاده خواهد شد. ساختار آرمور می‌تواند از نوع نوار یا سیم آلومینیومی بوده تا ولتاژ در آن القا نگردد و در کابل‌های فشار قوی برای جلوگیری از به وجود آمدن عدم یکنواختی از لحاظ شکل غلاف خارجی کابل و ایجاد غلاف خارجی یک دست، یک نوار پلی استر به صورت مارپیچی و با فاصله معین روی سیم‌های آرمور پیچیده می‌شود. بعد از آرمور بلافاصله غلاف خارجی کابل توسط دستگاه اکسترودر روی آن اکسترودر می‌گردد. بسته به کاربرد کابل فشار قوی، محل نصب، دمای کاری محیط نصب، میزان خوردگی مواد اطراف کابل و بسیاری از پارامترهای فنی دیگر، روکش می‌تواند از موادی همچون PVC یا HDPE باشد.

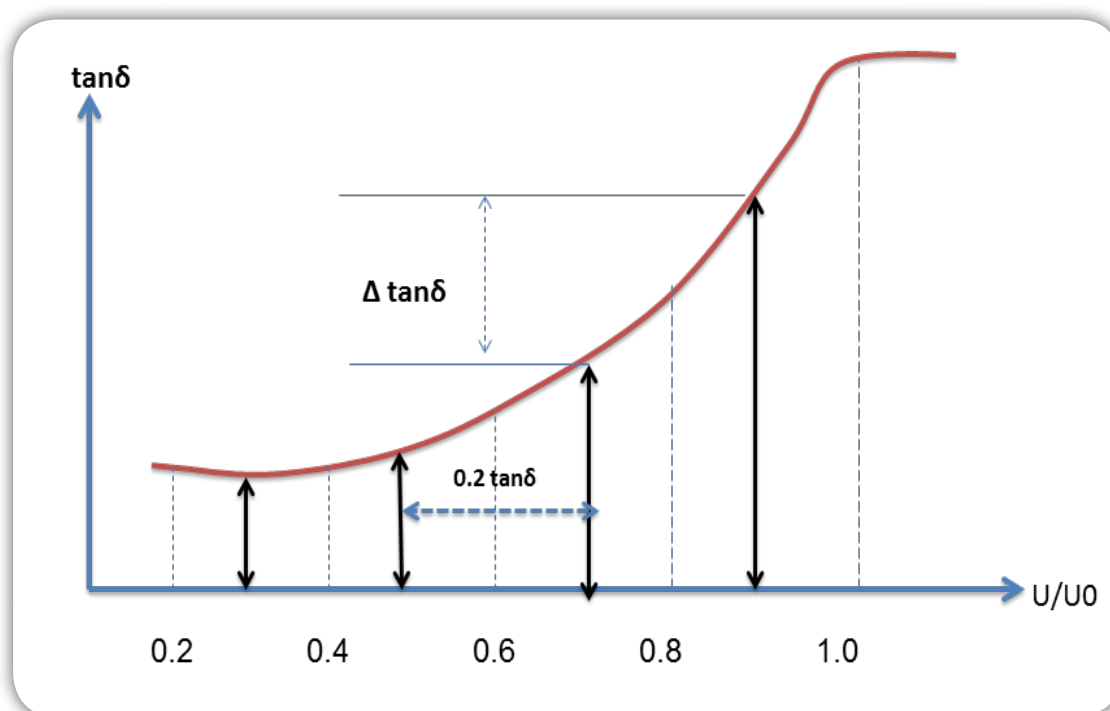
تلفات عایقی در کابل‌های فشار قوی

IEC 60267, IEC 60502, IEC 60840 استانداردهای معتبر در

- فازورهای ولتاژ و جریان خازن بدون تلفات عایقی و با تلفات عایقی در شکل زیر آمده است:



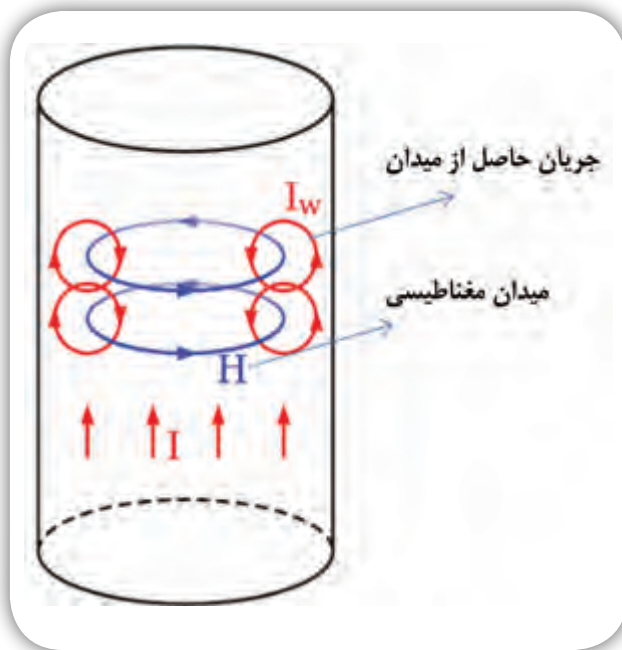
هدف از تانژانت این زاویه ($\tan \delta$) تعیین تلفات تانژانت می‌باشد. تلفات تانژانت معمولاً در طول طیف وسیعی از ولتاژ در بازه‌های $0.2 \times U_0$ اندازه‌گیری می‌شود. مطابق شکل زیر:



منحنی $\tan \delta$ به نسبت U/U_0



می‌شود. به شکلی که به جای یک خط انتقال، از چند خط برای انتقال همان انرژی استفاده می‌گردد.



اثر جریانهای گردابی در کابل‌های فشار قوی

جریان الکتریکی متناوب در کابلها، در داخل و اطراف هادی، یک میدان مغناطیسی متناوب ایجاد می‌کند. اگر شدت جریان در هادی تغییر کند، میدان مغناطیسی نیز تغییر می‌کند. طبق قانون لنز، تغییر در میدان مغناطیسی سبب ایجاد میدان الکتریکی می‌شود. این میدان الکتریکی، با تغییر شدت جریان در هادی مخالفت می‌کند که نیروی ضد محرکه الکتریکی (Counter Electromotive Force) نام دارد. این نیرو در مرکز هادی بیشترین مقدار خود را دارد و به الکترون‌های هدایتی واقع در مرکز، نیرویی به سمت سطح هادی وارد می‌کند. جریان اصلی و جریان گردابی ناشی از تغییر میدان در مرکز هادی یکدیگر را خنثی می‌کنند و به دلیل اثر پوستی نیرویی در جهت سطح هادی به الکترون‌ها وارد می‌شود. هرچه به سمت داخل هادی حرکت کنیم، چگالی جریان (J)، نسبت به مقدار آن در سطح هادی (J_S) به صورت نمایی کاهش می‌یابد. رابطه بین این دو پارامتر به صورت زیر است:

$$J = J_S \times e^{-(1+j)\delta} d/\delta$$

که در آن δ عمق نفوذ و d فاصله از سطح هادی می‌باشد.

دلتای: $\tan \delta (\Delta \tan \delta)$ از حداکثر اختلاف بین تلفات تانژانت اندازه‌گیری شده، در دو بازه پشت سر هم تعیین می‌شود، فواصل ولتاژ اعمالی معمولاً 0.2 ولتاژ نامی می‌باشد بزرگی دلتای تانژانت توسط افزایش ولتاژ رخ می‌دهد که اغلب نشان دهنده وجود فضای خالی در عایق می‌باشد.

با افزایش ولتاژ، علت زیاد شدن تلفات عایقی وجود تخلیه جزئی درون حفره‌های موجود در ساختار عایقی است که به عنوان افت بحرانی فضاهای خالی شناخته می‌شود. ممکن است تلفات غیرخطی رسانا در ساختار عایق وجود داشته باشد که نتیجه آن بیشتر شدن تلفات تانژانت با افزایش ولتاژ می‌باشد. تلفات تانژانت اندازه‌گیری شده برای مشخص شدن تلفات در عایق می‌باشد.

تلفات شیلد در کابل‌های فشار قوی

تلفات در کابل‌های فشار قوی همچنین به عوامل متفاوت دیگری بستگی داشته و یکی از مهمترین این عوامل، سیم شیلد (اسکرین) کابل می‌باشد که نوعی حفاظت الکتریکی در کابل فشار قوی را بر عهده دارد. وجود سیم شیلد طبق استاندارد در کلیه کابل‌های فشار قوی اجباری بوده، با افزایش طول مسیر در کابل فشار قوی، تلفات شیلد افزایش پیدا کرده و موجب افزایش دمای کاری کابل، کاهش ظرفیت انتقال توان الکتریکی در کابل مورد نظر خواهد شد. با بررسی دقیق این موضوع توسط کمیته‌های تحقیقاتی فشار قوی در شورای بین‌المللی شبکه‌های فشار قوی تلفات در سیم شیلد به دلیل دو نوع جریان به شرح ذیل ایجاد می‌گردد.

۱- جریان‌های گردابی (اثر پوستی) در کابلها

۲- جریان‌های القایی در سیم شیلد

جریان‌های گردابی

جریان گردابی در سطح پوشش فلزی هادی رخ داده و با توجه به ساختار کابل فشار قوی و عایق‌های استفاده شده مانند پلی‌اتیلن کراسلینک شده یا همان XLPE در ساختار کابل، این جریان ناچیز می‌باشد. اثر پوستی موجب عدم یکنواختی چگالی جریان در مقطع سیم می‌گردد. هرچه فرکانس جریان بیشتر باشد، اثر پوستی بروز بیشتری یافته و جریان‌های مخالف و مکرر ایجاد شده موسوم به جریان‌های گردابی در مرکز سیم بیشتر می‌شوند. به همین دلیل اثر پوستی در فرکانس‌های بالا منجر به بالا رفتن مقاومت در برابر عبور جریان می‌گردد. برای کاهش اثر پوستی در خطوط انتقال نیرو، از بانَدل (bundle) کردن یا گروه‌بندی خطوط استفاده

اثر پوستی ناشی از جریان‌های گردشی منجر به خنثی شدن جریان در مرکز سیم و افزایش آن در پوسته می‌شود در شکل زیر این تأثیر به وضوح نمایان است:



$$X_m = w \times 0.2 \times \ln \left(\frac{2s}{dm} \right) \times 10^{-3}$$

پارامترهای فوق به صورت زیر تعریف می‌شوند:

X_m : راکتانس متقابل شیلد

D_m : متوسط شعاع غلاف خارجی

I : جریان کابل

R_s : مقاومت اهم در کیلومتر غلاف

برای آزاد سازی ظرفیت خطوط کابلی مورد نظر و همچنین از بین بردن این ولتاژ القایی یا کاهش آن، تنها راه حل عملی استفاده از سیستم‌های اتصال شیلد به زمین بوده و به صورت‌های زیر انجام می‌پذیرد:

۱- سیستم اتصال سیم شیلد به زمین از یک انتهای کابل

۲- سیستم اتصال سیم شیلد به زمین از دو انتهای کابل

۳- سیستم اتصال شیلد به صورت متقاطع به همراه اتصال زمین

جریان‌های القایی در سیم شیلد

جریان القایی در سیم شیلد در سطح ولتاژ فشار قوی قابل چشم پوشی نبوده و در حقیقت با عبور جریان متناوب از یک هادی، میدان مغناطیسی متغیری در اطراف هادی ایجاد می‌نماید. نتیجه این میدان مغناطیسی متغیر با زمان، القای ولتاژ در طول سیم شیلد بوده و ایجاد ولتاژ نامطلوبی در هر دو انتهای کابل مورد نظر می‌باشد. ولتاژ القا شده در سیم شیلد به اندازه‌ای می‌باشد که اگر سیم شیلد مورد نظر در این مواقع زمین نگردد، با هر گونه تماس افراد، ایجاد شوک الکتریکی و خطر مرگ، تهدید جدی به شمار می‌آید. میزان تلفات حاصل شده از این دو جریان به ترتیب از فرمول‌های زیر بدست می‌آید. I_e و I_c به ترتیب جریان‌های گردابی و جریان القایی می‌باشند:

$$I_c = \frac{3I^2 W^2 \left(\frac{dm}{2s} \right)^2}{R_s} \times 10^{-8}$$

$$I_e = \frac{I^2 X_m^2 R_s}{R_s^2 + X_m^2}$$



قابلیت نصب در زیرزمین (دفنی) و یا به صورت هوایی را دارند.



اتصال شیلد به لینک باکس از طریق مفصلهای کابل

محدودکننده‌های ولتاژ شیلد (SVL) از اجزای مهم و حساس حفاظت خطوط انتقال کابلی می‌باشند و دقت در انتخاب و تعیین مشخصات آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عدم تناسب مشخصات SVL با ویژگیهای خط می‌تواند منجر به عملکرد ناصحیح و یا حتی آسیب دیدن آن گردد. به علت وجود پیچیدگی در روشهای مختلف اتصال و همبندی شیلد کابلها در خطوط انتقال تحلیل وقوع اضافه ولتاژ در شیلد و همچنین انتخاب صحیح SVL نیازمند مطالعات دقیقی می‌باشد. این روشها در راستای کاهش جریان چرخشی و حذف تلفات ناشی از آن به کار گرفته می‌شوند. در روش کراس‌باندینگ که متداول‌ترین نوع همبندی در خطوط طولانی می‌باشد هر بخش از خط کابلی به سه قسمت مساوی تقسیم می‌گردد که شیلد کابلها در دو نوبت بین فازها جابه‌جا می‌شوند.

مراجع

- [1]- Boukezzi, L., & Boubakeur, A. (2018). Effect of Thermal Aging on the Electrical Characteristics of XLPE for HV Cables. Transactions on Electrical and Electronic Materials, 1-8.
- [2]- Montanari, G. C., Seri, P., Lei, X., Ye, H., Zhuang, Q., Morshuis, P., ... & Vaughan, A. (2018) Next generation polymeric high voltage direct current cables—A quantum leap needed. IEEE Electrical Insulation Magazine, 34(2), 24-31.
- [3] IEC 62067
- [4] IEC 60502
- [5] IEC 60840

شیلد کابل لازم است به زمین متصل گردد اگر سیستم زمین در سمت کنترلر و در سمت ترانس‌میتور یا کنترلر یکسان نباشد ضروری است اتصال زمین فقط در یک سمت انجام گیرد در غیر اینصورت به دلیل هم‌پتانسیل نبودن دو طرف جریان گردشی از شیلد عبور خواهد کرد که سبب افزایش تلفات خواهد شد.

بنابراین شیلد باید سراسر عایق را بپوشاند و در هیچ جای آن گسستگی وجود نداشته باشد شیلد و نقطه اتصال آن به مفصل باید با یک شیوه مناسب طوری که تحت فشار نباشد، باید نصب شود. در مفصل‌های عایق باید شیلد طوری نصب شود که اتصال ولتاژ در سراسر شیلد فلزی برقرار باشد. شیلد روی کابل باید در یک یا چند نقطه (هرجا که امکان پذیر باشد) به زمین متصل باشد. اتصال سیم اعطاف‌پذیر زمین و یا زنجیر با مقاومت کم به شیلد، کارایی آن را تضمین می‌کند.

تجهیز مورد نظر و قابل استفاده در این موارد لینک باکس (جعبه اتصال) می‌باشد. لذا در فواصل مشخص سیم شیلد کابلها به صورت جداگانه از مفصل‌های فشار قوی خارج می‌گردد. با خروج این سیم‌ها یا به صورت ارت مستقیم در داخل محفظه لینک باکس بدون SVL و یا به صورت ضربدری (کراس باندینگ) در داخل محفظه لینک باکس همراه با SVL متصل می‌شود تا از افزایش ولتاژ در سیم شیلد کابلها جلوگیری شود. لینک باکس‌ها بسته به نوع طراحی و ولتاژ روی کابل، دارای برفگیرها با ولتاژ خاص می‌باشند.



نحوه کراس باندینگ SVLها درون لینک باکس

در صورتیکه بخواهیم شیلد کابلها بدون برفگیر و به صورت مستقیم به ارت متصل شود و یا شیلد کابلها در نقطه‌ای کور شود از قطعه‌ای همانند لینک باکس استفاده می‌کنیم و اگر بدون برفگیر باشد از ارت باکس استفاده می‌کنیم. از ارت باکس بیشتر در هنگام اتصال شیلد کابلها به ارت در نقطه سرکابل استفاده می‌شود. ارت باکسها

کابل زوجی

ترجمه: الهام علایی (کارشناس مهندسی فروش)

کابل زوجی چیست؟

زوج تابیده ساده‌ترین وسیله انتقال، شامل یک یا چند مولد الکتریکی است که به طور منظم به هم تابیده شده‌اند. این نوع کابل برای انتقال سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال مناسب است. کابل‌های زوجی می‌توانند دارای حفاظ یا روکش فلزی باشند که کاملاً آن‌ها احاطه کرده است و یا می‌توانند حفاظ نداشته باشند. همچنین می‌توانند اسکرین‌دار باشند که در این مورد یک نوار فلزی بدور مولد تابیده شده است.

بحث‌های فراوانی پیرامون مزایا و معایب حفاظ این کابل‌ها وجود دارد. به طور ساده می‌توان گفت یک کابل حفاظ‌دار برای محافظت کردن از انتقال سیگنال‌ها بهتر است. عیب حفاظ این است که نیاز به ارت دار کردن تمام تجهیزات از پشتیبانی فیزیکی تا ترمینال دارد. این امر نیاز به حمل و نگهداری صحیح رشته‌های متصل به زمین دارد. به عبارت دیگر یک شبکه حفاظ دار باید بسیار با کیفیت باشد در غیر اینصورت ممکن است از یک شبکه بدون حفاظ ارزان، بدتر عمل کند.

کابل‌های فلزی به طور خاص برای انتقال اطلاعات در مسافت‌های کوتاه مناسب هستند. اگر طول سیم کوتاه باشد، یعنی چند صد متر یا چند کیلومتر، با مقداری خطای قابل قبول، می‌توان به سرعت چندین مگابایت بر ثانیه دست یافت. در مسافت‌های کوتاه می‌توان بدون مشکل به سرعت ده‌ها مگابایت بر ثانیه رسید. در مسافت‌های بسیار کوتاه حتی سرعت صدها مگابایت بر ثانیه هم امکان پذیر است. در مسافت حدود صد متر می‌توان قابلیت عبوردهی را تا چندین

گیگابایت بر ثانیه افزایش داد.

استانداردسازی در زمینه کابل توسط گروه بین‌المللی مثل ISO/ IEC/ JTC1/ SC 25/ WG3 و سازمان‌های بین‌المللی مانند TIA (اتحادیه صنایع مخابراتی) و EIA (اتحادیه صنایع الکترونیکی) در ایالات متحده انجام می‌شود. طبقه‌بندی اصلی این کابل‌ها به شرح ذیل است:

- 1) Category 3 (10 BaseT)
- 2) Category 4 (10 BaseT and Token-Ring 16 Mbit / s)
- 3) Category 5 (10 BaseT, Token-Ring 16 Mbit/s and 100 Mbit/s TPDDI)
- 4) Category 5e (Type R evolved to a 100 MHz bandwidth)
- 5) Category 6 (for a 200 MHz bandwidth)
- 6) Category 7 (for a bandwidth of 600 MHz)

کابل‌های زوجی را می‌توان بر اساس هم‌نشوایی آن‌ها مقایسه کرد. یعنی بر اساس تلفات انرژی سیگنال به علت مجاورت با یک مدار دیگر و تضعیف آن.

یک کابل زوجی شامل دو سیم مسی است که حدود یک میلی‌متر قطر دارد.

• این دو سیم به طور جداگانه عایق شده و به شکل مارپیچ به دور هم تابیده شده‌اند.

• پلی‌اتیلن، پلی‌وینیل کلراید، رزین فلوئورپلیمر و تفلون از جمله مواردی هستند که برای عایق از آنها استفاده می‌شود.





با این کار هر سیم به منبع نویز برای نیمی از زمان نزدیکتر و برای نیمه دیگر دورتر می‌شود. یعنی در یک پیچ یک سیم به منبع نویز نزدیکتر و دیگری دورتر است. در پیچ بعدی عکس این موضوع صحیح است.

با این کار، هیچ دگرگونی در گیرنده ایجاد نمی‌شود زیرا سیگنال‌های ناخواسته از بین می‌روند.

یکی از خواص مهم کابل‌های زوجی سائز آنهاست. سائز، معیاری برای قطر هادی‌هاست. هر چه قطر سیم بیشتر باشد مقاومت آن کمتر است و در نتیجه قدرت سیگنال در مسافت مورد نظر بیشتر بوده و عملکرد کابل بهتر است.

پهنای باند مؤثر کابل‌های زوجی به چندین عامل از جمله قطر هادی، طول مدار و فواصل تقویت‌کننده‌ها بستگی دارد.

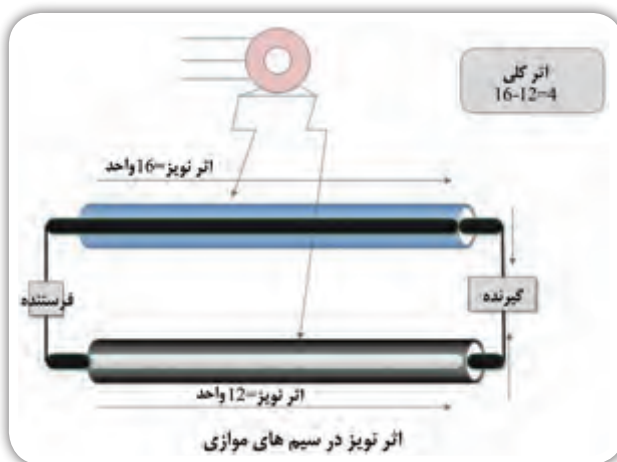
از کابل‌های زوجی می‌توان برای انتقال سیگنال‌های دیجیتال و آنالوگ استفاده کرد. محدوده فرکانس کابل‌های زوجی بین ۱۰۰ هرتز تا ۵ مگاهرتز است.

متداول‌ترین کاربرد کابل‌های زوجی کابل is in برای سیستم تلفن است.

کابل‌های زوجی محدودیت فاصله دارند، با افزایش مسافت بین عناصر شبکه، تضعیف سیگنال بیشتر می‌شود و کیفیت فرکانس مورد نظر کاهش می‌یابد.

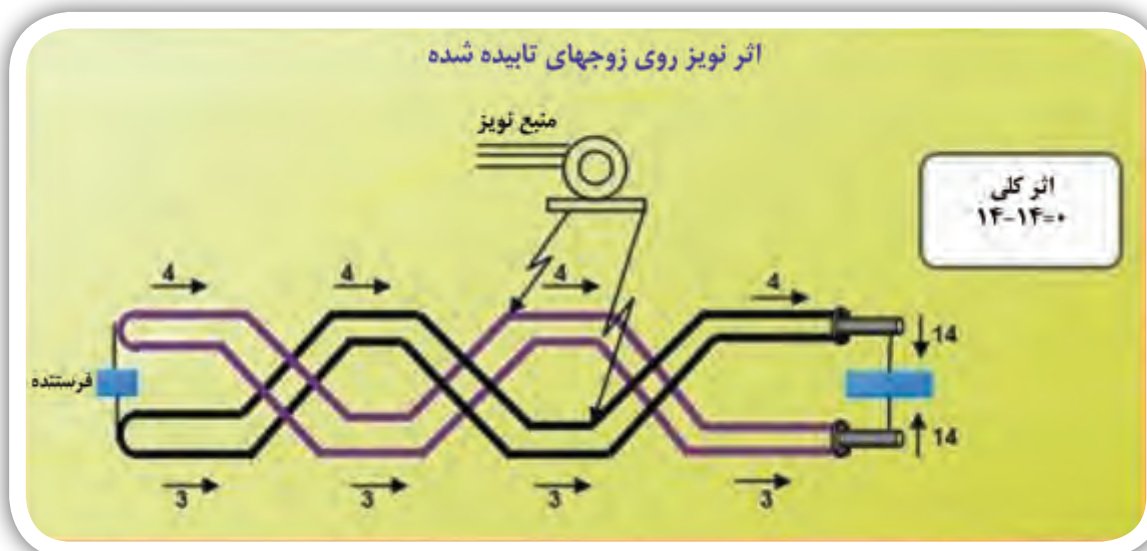
کابل‌های زوجی وسیله ناامنی برای انتقال هستند. قراردادن اتصال‌های میانی فیزیکی بر روی کابل‌های زوجی بدون عایق، امر نسبتاً ساده‌ای است.

• منظور از تابیدن سیم‌ها، کاهش تداخل الکتریکی زوج‌های مشابه در اطراف است. عملکرد سیم با افزایش تعداد پیچش در طول واحد، بهبود می‌یابد. اگر دو سیم موازی هم باشند آنگاه تداخل الکترومغناطیسی که از دستگاه‌های دیگر همانند موتور ایجاد می‌شود می‌تواند باعث به وجود آمدن نویز یا تداخل روی سیمی شود که به منبع نویز نزدیکتر است. این موضوع منجر به ایجاد ولتاژ بالاتر در یک سیم نسبت به سیم دیگر می‌شود.



مشکل قبل به خودی خود منجر به ایجاد بار نامتعادل در سیگنال و شکل‌گیری سیگنال آسیب دیده می‌شود و باعث ایجاد دگرگونی در گیرنده می‌شود.

اگر دو سیم به هم تابیده شوند آنگاه اثر تراکمی تداخل بر روی هر دو سیم یکسان خواهد بود.



طبقه‌بندی‌های متفاوتی برای کابل‌های UTP وجود دارد. جدول زیر دسته‌های UTP، تعداد زوج‌ها در هر کدام و انواع هر یک از کابل‌ها و کاربرد آنها را نشان می‌دهد.

کابل‌های زوجی حفاظ دار (STP):

کابل‌های STP از سیم‌های مسی تشکیل شده که به هم تابیده شده‌اند. زوج‌ها در یک فویل یا بافت پوشیده شده‌اند و در نهایت روکش PVC آنها را می‌پوشاند. این فویل یا بافت از نفوذ نویزهای الکترومغناطیسی جلوگیری کرده و از هم‌نشوایی جلوگیری می‌کنند.

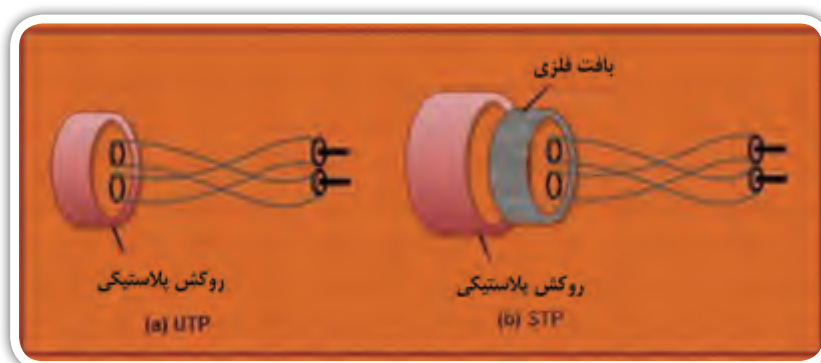
انواع کابل‌های زوجی:

دو نوع کابل زوجی وجود دارد:
کابل زوجی بدون حفاظ (UTP)
کابل زوجی حفاظ دار (STP)

کابل زوجی بدون حفاظ (UTP):

این کابل شامل سیم‌های مسی رنگی است اما فاقد فویل، یا بافت به عنوان مانعی در برابر محافظت از تداخل است. سیم‌های هر کابل تعداد تاب‌های متفاوتی در هر متر دارند تا بتوان از القا جلوگیری کرد.

نوع	تعداد زوج‌ها	میزان انتقال	کاربرد
Category 1	۱	درجه صدا	مورد استفاده در صنایع مخابراتی برای انتقال داده‌ها در مسافت بالا مناسب نیست. (مورد استفاده در مسافت‌های کوتاه)
Category 2	۲	۴ مگا بایت بر ثانیه	جهت انتقال صوت و داده
Category 3	۴	۱۰ مگا بایت بر ثانیه	نیازمند سه تاب در هر فوت برای شبکه‌های مبنای ۱۰ جهت انتقال صوت برای مخابرات
Category 4	۴	۱۶ مگا بایت بر ثانیه	نیازمند سه تاب در هر فوت شبکه‌های IBM token ring
Category 5	۴	۱۰۰ مگا بایت بر ثانیه	برای اترنت و شبکه‌های Base - X ۱۰۰
Category 6	۴	۱۰۰ مگا بایت بر ثانیه و بالاتر	برای اترنت و شبکه‌های Base - X ۱۰۰





علت تابیده شدن سیم ها:

تابیدن سیم ها اثر نويز يا تداخل خارجي را کاهش مي دهد. تعداد تاب ها در هر واحد از طول، تعيين كننده كيفيت كابل است. هر چه تعداد تاب ها بيشتر باشد يعني كيفيت بهتري دارد.

مزايای STP نسبت به UTP:

- STP در مقايسه با UTP كمتر در معرض نويز قرار مي گيرد و در نتيجه تداخل سيگنال و همشنوايي مي يابد.

معایب STP:

- بايد به طور صحيح به زمين متصل شود (ارت شود)
- گرانتز از UTP است.
- ترمينال كردن آن سخت است.

مزايای كابل های زوجی:

- سيگنال های آنالوگ و ديگيتال را انتقال مي دهند.
- اجرائی آن نسبتاً ساده است.
- ارزاترين وسيله انتقال داده برای مسافت های کوتاه هستند.
- اگر قسمتی از كابل زوجی آسیب ببيند، تمام شبکه تحت تأثیر قرار نمی گيرد.

معایب كابل های زوجی:

- امنيت کمی در برابر نويز دارند و در نتيجه اعوجاج سيگنال در آنها بيشتر است.
- تضعيف سيگنال در آنها بالاست.
- پهنای باند آنها در مقايسه با رسانه های ديگر پايين است. در مسافت صد متری تا ۱۰ مگا بایت بر ثانيه را در يك شبکه T-Base 10 پشتيبانی می کنند.
- امنيت بسيار پايینی دارند و نسبتاً به راحتی دچار اتصال میانی می شوند.
- به علت ضخامت پايين، به راحتی خراب می شوند.

کاربرد كابل های زوجی:

- برخی از کاربرد كابل های زوجی به قرار زیر است:
- در خطوط تلفن برای انتقال صدا و كانال های داده
- در شبکه محلی
- در خطوط DSL (ADSL)
- در شبکه های محلی (LAN) مانند شبکه های T-Base 10 و T-Base 100
- در ISDN (شبکه ديگيتالی خدمات مجتمع)

توجه:

دسته های يك و دو در اصل برای انتقال صوت با نرخ داده پايين استفاده می شوند. برای اتصال يك كابل چهار زوج از يك رابط تلفن RG-45 ماژولار استفاده می شود. كابل های STP برای اولين بار توسط شركت IBM معرفی شدند.

خواص عمومی كابل های زوجی:

سايز، معیاری برای اندازه گیری قطر هادی هاست. هر چه قطر سيم بيشتر شود، مقاومت آن كمتر بوده و در نتيجه قدرت سيگنال در طول مسافت مورد نظر بيشتر شده كارایی وسيله بالاتر می رود. سيم های ضخيم همچنين در برابر خرابی مقاومت بالاتری دارند. عدد سايز به حالت معكوس است. به عبارت ديگر، هر چه عدد سايز بزرگتر باشد، ضخامت هادی كمتر است.

ساختار:

در يك كابل تك زوجی، سيم های زوج شده توسط روكشی از پلی اتيلن، پلی وينيل كلرايد يا تفلون احاطه شده اند. معمولاً چند زوج را برای کاهش هزينه مربوط به اتصال چندین دستگاه (مانند PBX) الكترونيك - تبادل انشعابات خصوصی - يا دستگاه های تلفن KTS، ترمينال های مودم) در يك ايستگاه کاری واحد، به گونه ای خاص دسته بندی می کنند.

پهنای باند:

ظرفيت مؤثر كابل های زوجی به عوامل متعددی از جمله سايز هادی، طول مدار و فاصله تقويت كننده ها بستگی دارد. بايد دقت داشت كه کاربرد پهنای باند بالا (فرکانس بالا) ممكن است منجر به ايجاد تداخل با سيگنال های ديگر در زوج های ديگر كه در مجاورت هم قرار دارند، بشود.

سطح خطا:

كيفيت سيگنال هميشه مهم است، به ويژه نسبت به انتقال داده ها، كابل های زوجی در معرض اثرات تداخل های خارجي هستند. زیرا سيم دارای عايق نازك آنها همانند يك آنتن عمل می كند و در نتيجه چنين سيگنال هایی ناخواسته ای را جذب می كند. از منابع بالقوه تداخل الكترومغناطیسی (EMI) می توان موتورهای الكتريکی، فرستنده های رادیویی و جعبه های لامپ های فلورسنت را نام برد. با افزايش فرکانس انتقال، سطح خطای مس به طور قابل ملاحظه ای بالا می رود و سيگنال تقريباً به اندازه جذر فرکانس، تضعيف می شود.

مسافت:

UTP بسیار پایین است. در کاربردهای مسافت بالا و ظرفیت بالا مانند ترابری بین سازمانی، هزینه‌ها نسبتاً بالاست. زیرا نیاز به گودبرداری یا چاله کنی و اتصال چندین کابل زوجی بسیار بلند وجود دارد. علاوه بر آن صرف نظر از بهبودهای مربوط به فن‌آوری‌ها، ظرفیت و ویژگی‌های عملکردی دیگر UTP دچار محدودیت است. از این رو، مطلوبیت فن‌آوری‌های جایگزین مانند مایکروویو و کابل‌های فیبرنوری رو به افزایش است.

کاربرد:

هزینه پایین کابل UTP از جمله توسعه روش‌های بهبود عملکرد آن، کاربرد آن را در سیستم‌های توزیع خط سیر کوتاه و کاربردهای سیمی داخلی افزایش داده است. از جمله کاربردهای کنونی و متداوم می‌توان به حلقه محلی، سیم و کابل داخلی و ترمینال به LAN اشاره کرد. به طور کلی، کابل UTP دگر در سیستم‌های دوربرد یا خارج از سیستم‌های انتقال مینا کاربرد ندارد.

کابل‌های زوجی محدودیت طول دارند. با افزایش فاصله بین اجزای شبکه، تضعیف (تلفات سیگنال) افزایش می‌یابد و در یک فرکانس خاص کیفیت سیگنال کاهش می‌یابد. با افزایش پهنای باند، فرکانس کاربر افزایش می‌یابد، تضعیف بیشتر مورد قرار می‌گیرد و تقویت کننده‌ها باید نزدیکتر به هم قرار گیرند.

امنیت:

کابل‌های زوجی ذاتاً وسیله ناامنی برای انتقال هستند. ایجاد تداخل میانی بر روی کابل‌های UTP کار نسبتاً ساده‌ای است. به علاوه انرژی بازتاب شده با استفاده از آنتن یا سیم پیچ القایی به راحتی قابل ردیابی است، بدون اینکه نیاز به ایجاد اتصال میانی وجود داشته باشد.

هزینه:

هزینه‌های تأمین، نصب و راه‌اندازی دست کم در سیم‌کشی داخلی

بازرگانی فلزات غیر آهنی

(نیکل، قلع، سرب، روی، مس، آلومینیوم و انواع مسترالوی)

تلفکس: ۲۲۰۲۳۵۸۱ - ۲۲۶۵۸۴۱۸ - ۲۲۶۵۸۳۸۰





جریان نامی کابل‌های نصب شده در تونل‌های عمیق یا تهویه‌دار

ترجمه: مهندس رقیه عزیزی (کارشناس ارشدشیمی)

چکیده

سری استانداردهای IEC 60287 روش‌هایی را برای محاسبه جریان نامی مجاز کابل‌ها فراهم می‌کند. این مقاله به کار فعلی انجام شده در کارگروه ۱۹ (WG 19) کمیته فنی ۲۰ استاندارد IEC (IEC TC 20)، با هدف گسترش دامنه این استانداردها، برای گروه‌های کابل‌های نصب شده در تونل‌های عمیق یا تهویه‌دار می‌پردازد.

مقدمه

استانداردهای IEC 60287-1-1 [1] و IEC 60287-2-1 [2] برای محاسبه جریان نامی یک مدار کابل نصب شده در هوای راکد با دمای معین را نشان می‌دهند. استاندارد IEC 60287-2-2 [3] برای سطح کابل‌ها در تونل‌ها مشروط بر اینکه برخی از گروه‌های همگن کابل‌ها گسترش یابد، ارایه داده می‌شود. که می‌توان از همان محاسبات قبلی استفاده کرد، هرچند، مقاومت دمای خارجی تونل به ملاحظات ویژه‌ای نیاز دارد. این مقاله به کارهای انجام شده توسط کارگروه ۱۹ (WG19) کمیته فنی ۲۰ از IEC که قصد دارند دامنه این استانداردها را برای کابل‌های نصب شده در تونل‌های عمیق تهویه‌دار افزایش دهند می‌پردازد.

استانداردهای IEC تأثیر انتقال حرارت توسط تابش و وزش را با یک ضریب ترکیب می‌کند، ولی به منظور درستی مدل‌سازی اثر حرکت هوا در داخل تونل، انتقال حرارت وزشی و تابشی باید به طور جداگانه عمل شود. لذا، ابتدا IEC روشی برای رتبه‌بندی کابل‌های نصب شده در هوای راکد را مورد تفکر و بررسی قرار می‌دهد و مدل‌سازی انتقال حرارت با تابش را مد نظر قرار می‌دهد. به ویژه، انتقال گرمای تابشی برای گروهی از کابل‌ها با طراحی‌های مختلف با توجه به تأثیر تلفات دی‌الکتریک پیشنهاد شده است. در مرحله بعد، یک روش محاسبه سطح برای کابل‌ها در تونل‌های تهویه‌دار، بر اساس یک رویکرد تحلیلی ارایه شده است، که در اصل توسط CIGRE گسترش یافته و در [۴،۵] Electra منتشر شده است. در آخر، برای تونل‌های عمیق، عمق معادل غیرواقعی، برای بهینه‌سازی

سطح کابل، با در نظر گرفتن ثبات حرارتی خاک، بدون انجام تحلیل و بررسی ناپایدار معرفی شد.

نمونه اصلی برای کابل‌های نصب در هوا

مطابق با استاندارد IEC 60287، محاسبه کابل‌های نصب شده در هوا، به از دست دادن حرارت کلی یک کابل W_t که وابسته به افزایش درجه حرارت سطح آن θ_s که بالاتر از دمای محیط θ_a است ارتباط برقرار می‌کند طبق فرمول زیر:

$$W_t = \pi \cdot D_c \cdot h \cdot (\theta_s - \theta_a) q \quad [1]$$

که D_c قطر کابل، h یک ضریب اتلاف حرارت وابسته به نصب و q یک ثابت، برابر با ۱/۲۵ تنظیم شده است. معمولاً مقاومت حرارتی T_4 محیط اطراف کابل از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$T_4 = \frac{W_t}{\pi \cdot D_c \cdot h \cdot \Delta \theta_s} \quad [2]$$

به طوری که مقاومت حرارتی T_4 برای کابل در هوا عبارت است از:

$$T_4 = \frac{1}{\pi \cdot D_c \cdot h \cdot \Delta \theta_s^{0.25}} \quad \Delta \theta_s = \theta_s - \theta_{gr} \quad [3]$$

ضریب اتلاف حرارت h به عنوان تابعی از قطر کابل به صورت زیر داده شده است:

$$W_t = n \cdot [W_c \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d] \quad [7]$$

$$W_c = R \cdot I^2 \quad [8]$$

R مقاومت هادی در دمای θ_c است.

برای نصب‌هایی که شامل چندین مدار هستند ضریب اتلاف گرما در IEC 60287-2-2 تعریف شده است که از مقدار یک مدار واحد داده شده در IEC 60287-2-1 برگرفته است.

این روش مبتنی بر مدل‌سازی انتقال حرارت از طریق تابش و همرفت است، با استفاده از قانون حرارتی اهم، افت دما و مقدار حرارت را از طریق یک مقاومت حرارتی با فرضیات زیر مرتبط می‌کند:

- ساختمان کلیه کابل‌ها در تونل یکسان است. این بدان معنی است که درجه حرارت سطح کابل‌ها مشابه هستند؛ و بنابراین تشعشع انتقال حرارت بین کابل‌ها ممکن است نادیده گرفته شود.
- دمای دیواره‌های تونل θ_t نزدیک به درجه حرارت دمای هوا در تونل θ_a است.
- هوا در تونل راکد است، به طوری که همبستگی انتقال‌های وزشی را می‌توان از طریق تجربه و شناخت خوب بررسی نمود.

$$h = \frac{Z}{D_g^g} + F \quad [4]$$

که Z ، E ، g ، ثابت‌هایی هستند که مقادیر آنها به نوع نصب بستگی دارد.

از آنجا که T_d تابعی از θ_s است، باید یک روند تکرار شونده با در نظر گرفتن افت دمای بین هادی کابل(ها) و سطح آن انجام گیرد:

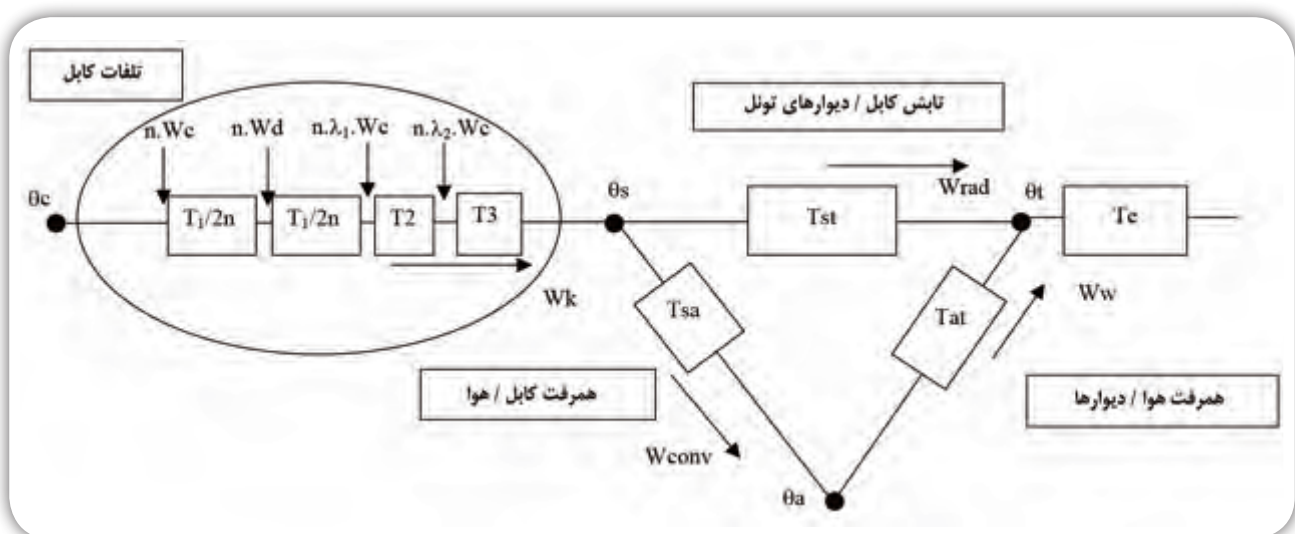
$$\theta_c - \theta_s = n \cdot W_d \cdot [T_d - T_{int}] + W_t \cdot T_{int} \quad [5]$$

θ_c دمای هادی (ها)، n تعداد هادی‌ها، W_d نشان دهنده تلفات دی‌الکتریک در هر هادی و T_d و T_{int} معادل مقاومت حرارتی اظهار شده انتقال تلفات دی‌الکتریک و تلفات ژول در کابل استفاده می‌شوند، به ترتیب عبارتند از:

$$T_d = \frac{T_1}{2 \cdot n} + T_2 + T_3 \quad [6]$$

$$T_{int} = \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \cdot \left[\frac{T_1}{n} + (1 + \lambda_1) T_2 + (1 + \lambda_1 + \lambda_2) T_3 \right]$$

جریان مجاز I از W_t به شرح زیر بدست می‌آید:

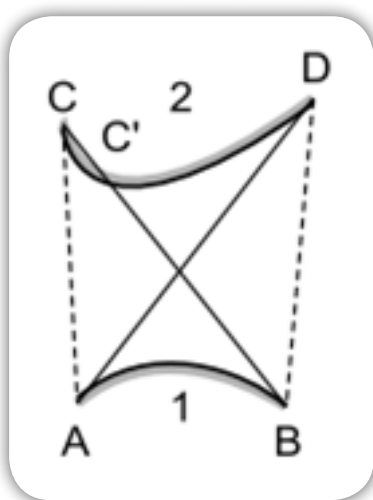


شکل ۱. نمونه انتقال حرارت - کابل‌ها در هوای راکد



جدول ۱. مقاومت‌های حرارتی تابشی

$T_{st} = \frac{1}{\pi D_s h_{rad}}$	$h_{rad} = K_r \cdot \varepsilon_s \cdot \sigma \cdot [(\theta_s + 273)^2 + (\theta_w + 273)^2] \cdot [(\theta_s + 273) + (\theta_w + 273)]$	$K_r \approx \frac{F_{sw}}{(1 - \varepsilon_s) F_{sw} + \varepsilon_s}$
$T_{oj} = \frac{1}{\pi D_{oj} h_{oj}}$	$h_{oj} = F_{oj} \cdot \varepsilon_s \cdot \sigma \cdot [(\theta_{oj} + 273)^2 + (\theta_{aj} + 273)^2] \cdot [(\theta_{oj} + 273) + (\theta_{aj} + 273)]$	
$F_{12} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left\{ \pi + [c^2 - (r+1)^2]^{0.5} - [c^2 - (r-1)^2]^{0.5} + (r-1) \cos^{-1} \left(\frac{r-1}{c} \right) - (r+1) \cos^{-1} \left(\frac{r+1}{c} \right) \right\}$	$r = \frac{D_{e2}}{D_{e1}}$	$c = 2 \cdot \frac{S}{D_{e1}}$



شکل ۲. محاسبه سطح تابش متقابل

طول نوار داخلی:

$$L_{int} = AD + BC$$

که C' نقطه تقاطع BC با سطح CD می باشد.

طول نوار خارجی:

$$L_{ext} = AC + BD$$

سطح تابش متقابل A_m بر واحد طول محوری برابر است به نصف اختلاف طول داخلی و خارجی نوارها، یعنی:

$$A_m = \frac{L_{int} - L_{ext}}{2} = \frac{AD + BC - AC - BD}{2} \quad [۱۰]$$

در واقعیت، انتقال حرارت از سطح کابل همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، متشکل از چندین مؤلفه است. با اشاره به این شکل، T_{st} انتقال گرمای تابشی بین سطح کابل و دیواره‌های تونل را نشان می‌دهد، T_{sa} و T_{at} به ترتیب نشان دهنده انتقال گرمای همرفتی از سطح کابل به هوا در تونل و از هوا به دیواره تونل می‌باشند.

مقاومت حرارتی T_4 ترکیبی از مقاومت‌های حرارتی انتقال حرارت از طریق تابش و همرفت از سطح کابل است. مقاومت حرارتی نشان‌دهنده انتقال حرارت بین هوا و دیوار تونل است که ناچیز فرض می‌شود.

انتقال حرارت تابشی

در عبارت مقاومت حرارتی T_{st} ارایه شده در جدول ۱، σ ثابت استفان-بولتزمن است. ε_s انتشار سطح کابل، K_r ثابت نحوه تابش است، که بستگی به فاکتور دید F_{sw} تعریف شده به عنوان یک بخش از پرتویی که از کابل در نظر گرفته شده ساطع می‌شود و توسط دیواره‌های تونل ممانعت می‌شود دارد.

$$K_r = (1 + \sigma_s / \varepsilon_s + 1 / F_{sw} + A_s \sigma_w / A_w \varepsilon_w)^{-1} \quad [۹]$$

که در آن ε_w انتشارپذیری سطح داخلی دیوار است. A_s و A_w که سطح کابل و سطح دیوار را نشان می‌دهد، σ_s و σ_w به ترتیب بازتاب سطح خارجی کابل و سطح داخلی دیوار را نشان می‌دهد.

هنگامی که چندین کابل وجود داشته باشند، سطح تابشی متقابل بین آنها باید از سطح تابش سطح داخلی تونل جدا شود. سطح تابش مؤثر به دیوارهای تونل به شرح زیر به روش استفاده شده در هتل‌ها از نوارهای ممتد بدست می‌آیند.

نوارهای الاستیک تصور می‌شوند که در اطراف دو سطوح مقعر اختیاری کشیده شده‌اند (شکل ۲ را ببینید).

$\Delta\theta_c^*$ چه کابل تنها باشد یا بخشی از یک گروه باشد در نتیجه، W_{t0} و W_{tn} به عنوان تلفات برای به ترتیب، کابل به تنهایی یا بخشی از گروه تعریف می‌شود، ما داریم:

$$\frac{W_{t0}}{W_{tn}} = \frac{T_{int} + T_{4n}}{T_{int} + T_{40}} \quad [12]$$

نسبت k_0 از دمای سطح کابل ناشی از درجه حرارت رسانا به دلیل تلفات ژول فقط در اجزای فلزی معرفی شده، یعنی تلفات دی‌الکتریک نادیده گرفته شده است، ما می‌توانیم معادله [12] را به صورت زیر بنویسیم:

$$\frac{W_{t0}}{W_{tn}} = [1 - k_0] + k_0 \cdot \frac{T_{4n}}{T_{40}} \quad k_0 = \frac{T_{40}}{T_{int} + T_{40}}$$

از رابطه [2] و تعریف T_4 داریم:

$$\frac{T_{4n}}{T_{40}} = \frac{h_0}{h_n} \cdot \frac{\Delta\theta_{s0}^{0.25}}{\Delta\theta_n^{0.25}} \quad \frac{\Delta\theta_{s0}}{\Delta\theta_{sn}} = \frac{W_{t0}}{W_{tn}} \cdot \frac{T_{40}}{T_{4n}} = \frac{1 - k_0}{T_{4n}} + k_0$$

پیدا شده است که T_{4n} / T_{40} یک راه حل است

$$\frac{T_{4n}}{T_{40}} = \frac{h_0}{h_n} \cdot \left[\frac{1 - k_0}{\frac{T_{4n}}{T_{40}}} + k_0 \right]^{0.25}$$

عامل کاهش یافته از نسبت داده شده در زیر مشتق گرفته شده است، اگر تلفات دی‌الکتریک که نسبت به تلفات کل اندک است از فرمول IEC کاهش یابد، خواهیم داشت:

$$\frac{I_{tn}^2}{I_{t0}^2} = \frac{W_{tn} - nW_d}{W_{t0} - nW_d} = \frac{\frac{W_{tn}}{W_{t0}} - \frac{nW_d}{W_{t0}}}{1 - \frac{nW_d}{W_{t0}}} \approx \frac{W_{tn}}{W_{t0}}$$

کابل‌هایی با طرح‌های مختلف

اگر کابل‌هایی با طرح‌های مختلف وجود دارند، انتقال حرارت تابشی بین کابل‌ها باید در نظر گرفته شود [10]. این با محاسبه مقاومت‌های حرارتی اولیه مربوط به ضریب دید بین کابل‌ها حاصل می‌شود.

معادلات اساسی به شرح زیر است:

$$\begin{aligned} \theta_{ci}^* &= \theta_{ci} = W_{ci} \cdot J_{int,ci} \\ \theta_{ci} &= \theta_{ci} = \left[W_{ci} - \sum_{j \neq i} W_{ij} \right] T_{int,ci} \\ \theta_{ci} &= \theta_{ci} = W_{ij} \cdot T_{ij} \end{aligned} \quad [13]$$

استفاده از معادله [10] می‌تواند کاملاً سنگین تمام شود. در عمل، از آنجا که اندازه تونل در مقایسه با سطح کابل بزرگتر است، و همچنین ε_s و F_{sw} نزدیک به یک هستند، ممکن است بیان زیر که در [7] آمده است استفاده شود:

$$K_r \approx 1 - \varepsilon_s \cdot (1 - F_{sw}) \quad [11]$$

K_r و F_{sw} مربوطه (برای $\varepsilon_s = 0.9$) در جدول ۲ برای تأسیسات شرح داده شده در استاندارد IEC 60287-2-1 آورده شده است.

جدول ۲. ثابت دید و ثابت نحوه تابش

K_r	F_{sw}	نصب
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	کابل تکی
۰/۸۳۳	۰/۸۱۸	۲ کابل در تماس با هم
۰/۹۲۷	۰/۹۱۹	۲ کابل با فاصله D_e ۲
۰/۶۶۰	۰/۶۳۶	۳ کابل در تماس با هم - کابل میانی
۰/۸۵۲	۰/۸۳۸	۳ کابل با فاصله D_e ۲- کابل میانی
۰/۶۷۶	۰/۶۵۲	سه پره

در جدول ۱ فرمول مقاومت حرارتی T_{ij} انتقال تابش بین دو کابل آورده شده است [۸،۹]، که مورد استفاده است برای هنگامی که کابل‌های مجاز با طرح‌های مختلف یا در تونل‌های تهویه‌دار جستجو می‌شود.

گروه کابل‌ها

کابل‌هایی با همان طراحی

استاندارد IEC 60287-2-2 روش محاسبه در IEC 60287-2-1 برای برخی از گروه‌های همگن کابل‌ها را گسترش می‌دهد. فرمول‌ها اثر تلفات دی‌الکتریک را در نظر نمی‌گیرند. تحولات زیرروش استاندارد را با در نظر گرفتن این تلفات گسترش می‌دهد. اجازه داده می‌شود θ_c و $\Delta\theta_c^*$ به صورت زیر تعریف شوند:

$$\theta_c^* = \theta_c - nW_d [T_d - T_{int}] \quad \Delta\theta_c^* = \theta_c^* - \theta_a$$

با استفاده از روابط [5] و [2]، $\Delta\theta_c^*$ به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\Delta\theta_c^* = W_{ci} [T_{int} + T_d]$$

برای دمای هوای داده شده θ_a و حداکثر درجه حرارت مجاز هادی θ_c ، به عنوان T_d و T_{int} فقط به پارامترهای داخلی کابل بستگی دارد،



پس از تعیین دمای سطح، دمای مجاز کابل i با استفاده از معادله اول در [۱۳] بدست می‌آید، و بدین ترتیب، آمپر را از روابط [۷] و [۸] بدست می‌آوریم. از آنجا که مقاومت حرارتی تابشی بین کابل‌ها به درجه حرارت سطح کابل‌ها بستگی دارد، یک روند تکرار شونده نیاز می‌باشد.

در جدول زیر نمونه نتایج ۲ کابل ۳ رشته‌ای مختلف ارایه شده است، کابل‌هایی که به صورت افقی با فاصله مساوی برابر با ۱/۷۵ قطر متوسط نصب شده‌اند.

نتایج در جدول ۳ فرضیات موجود در IEC 60287-2-2 را برای فاصله بین کابل‌ها تأیید می‌کند، همانطور که در جدول ۱ این استاندارد، آورده شده است اثرات مجاورت حرارتی ناچیز است.

مقاومت حرارتی بین سطح کابل و دیواره‌های تونل است، که نمایانگر ترکیبی از مقاومت حرارتی تابشی و همرفتی است، T_{st} و T_{as} به ترتیب با تعاریف قبلی در جدول ۱ هستند. T_{as} به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$T_{as} = \frac{1}{\pi \cdot D_a \cdot h_{conv}} \quad [14]$$

$$h_{conv} = h \cdot (\theta_a - \theta_a)^{0.25} - h_{rad_0}$$

که h ضریب اتلاف گرمای سراسری داده شده در IEC 60287 و h_{rad_0} ضریب انتقال حرارت تابشی کابل جدا شده است. جایگزین کردن W_{ij} و W_i در معادله دوم فرمول [۱۳]، از اول و سوم به ترتیب، منجر به مجموعه‌ای از معادلات مربوط به ارتباط دمای سطح کابل‌ها می‌شود:

$$\theta_{si} \cdot \left\{ \frac{1}{T_{ext_i}} + \frac{1}{T_{int_i}} + \sum_{j \neq i} \frac{1}{T_{ij}} \right\} - \sum_{j \neq i} \frac{\theta_{sj}}{T_{ij}} = \frac{\theta_a}{T_{ext_i}} + \frac{\theta_{ci}^*}{T_{int_i}}$$

جدول ۳. نمونه نتایج ۲ کابل مختلف نصب شده در یک تونل

کابل ۳ رشته نوع SA	۲۴۰ mm ² مسی (۶۳ kV)	۵۰ mm ² آلومینیومی (۲۰ kV)
قطر خارجی (mm)	۹۴/۳	۵۳/۶
T_{int} (K.m/W)	۰/۱۸۹	۰/۲۴۰
هر کابل تکی		
T_{ext} (K.m/W)	۰/۲۹۳	۰/۴۷۵
دمای سطح (°C)	۶۶/۵	۶۹/۹
آمپر IEC(A)	۶۳۷/۶	۱۸۶/۲
$S = 1.75 * (De1 + De2) / 2$		
T_{ext} (K.m/W)	۰/۲۹۳	۰/۴۹۲
دمای سطح (°C)	۶۸/۱	۶۸/۱
آمپر (A)	۶۳۳/۹	۱۸۲/۲
$S = ۱۰۰۰۰۰ m$		
T_{ext} (K.m/W)	۰/۲۸۶	۰/۴۶۰
دمای سطح (°C)	۶۶/۲	۶۹/۴
آمپر (A)	۶۳۸/۳	۱۸۶/۴

$$T_{sa} = \frac{1}{\pi \cdot k_f \cdot K_p \cdot R_s^{0.65}} \quad \text{با} \quad Re = \frac{V \cdot D_s}{\nu}$$

V سرعت توده هوای، ν ویسکوزیته حرکتی و k_f هدایت حرارتی هوا است. K_p ثابت تعیین شده به صورت تجربی است که با مقادیر مندرج در جدول ۴ که از مرجع [۱۱] گرفته شده است، مشخص می‌شود.

جدول ۴. ثابت تجربی برای کابل‌ها / انتقال هوا

K_p	ترتیب قرارگیری کابل
۰/۱۳۰	کابل تک رشته
۰/۱۱۵	۳ کابل فاصله دار افقی (فاصله < ۲ برابر قطر)
۰/۰۸۶	۳ کابل بدون فاصله افقی
۰/۱۱۵	۳ کابل فاصله دار عمودی (فاصله < ۲ برابر قطر)
۰/۰۸۶	۳ کابل بدون فاصله عمودی (فاصله >= ۲ برابر قطر)
۰/۰۷۰	۳ کابل بدون فاصله سه پره

انتقال همرفتی بین هوا و دیوارها

همبستگی Dittus-Boelter در توافق با کارهای کیتاگوا، در فرمول مقاومت حرارتی T_{at} استفاده می‌شود.

انتقال همرفتی بین کابل‌ها و هوا

فرمول زیر برای مقاومت حرارتی T_{sa} در صورتی که تعداد Re بزرگتر از ۲۰۰۰ باشد اعمال می‌شود.

اگر فاصله بین کابل‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، این روش کاملاً صحیح است به طوری که مجاورت، منجر به اختلال قابل توجه در انتقال همرفت نشود.

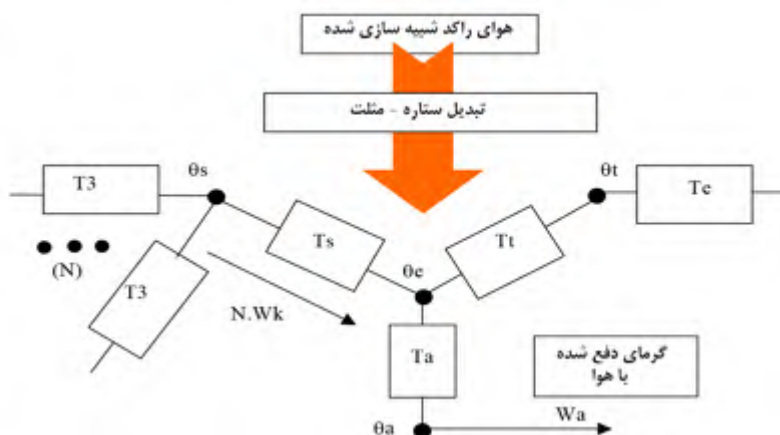
اگر اینگونه نباشد، پیشنهاد می‌شود مقاومت حرارتی همرفتی را با استفاده از ضریب اتلاف سراسری h در [۱۴] تعیین کنید، مقدار IEC برای کابل محکم شده به یک دیوار است.

تونل‌های تهویه‌دار

در مورد تونل‌های تهویه‌دار مطبوع، مطابق مدل‌های مشابه هنوز هوا اعمال می‌شود، اما ضریب انتقال حرارت همرفتی باتوجه به تأثیر حرکت هوا محاسبه می‌شود. علاوه بر این، گرمای خارج شده توسط هوای جاری باید در معادلات تعادل انرژی در نظر گرفته شود.

شکل ۳ یک مدل انتقال حرارت ارائه می‌دهد و با استفاده از تبدیل ستاره-مثلث مجموعه معادلات مربوطه حاصل از نمودار اولیه را ارائه می‌دهد، محور تونل عمود بر سطح صفحه (مختصات z) فرض می‌شود.

$$\begin{aligned} \theta_s - \theta_e &= T_s \cdot N \cdot W_k \\ \theta_e - \theta_t &= T_t \cdot (N \cdot W_k - W_a) \\ \theta_t - \theta_0 &= T_e \cdot (N \cdot W_k - W_a) \\ \theta_a - \theta_e &= -T_a \cdot W_a \\ W_a &= C_{av} \cdot \frac{\partial \theta_a}{\partial z} \end{aligned}$$



شکل ۳. مدل انتقال حرارت در یک تونل تهویه‌دار



ممکن است در طول مسیر تونل در نظر گرفته شود و با استفاده از دمای هوا در خروجی تونل محاسبه شود. با این فرض، حل مجموعه‌ای از معادلات تعادل گرمایی واضح است و درجه حرارت سطح کابل‌ها، هوا و دیواره تونل به راحتی به عنوان تابعی از تلفات کابل‌ها بدست می‌آیند.

با توجه به گرمای حاصل از کابل‌ها، فرض می‌شود که در طول مسیر کابل ثابت است، که برای بیشینه دمای مجاز هسته محاسبه می‌شود، و منجر به تخمین ظرفیت حمل جریان مجاز می‌شود. محاسبه جریان مجاز از فرمول زیر که مشابه فرمول کلاسیک برای محاسبه کابل است:

$$I = \left[\frac{\theta_{\max} - [\theta_0 + \Delta\theta_0] - W_d \left[\frac{T_i}{2} + n(T_2 + T_3 + T_{4t}) \right]}{R \left[T_i + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_{4t}) \right]} \right]^{1/2}$$

با:

$$\Delta\theta_0 = [\theta_a(0) - \theta_0] \frac{T_i + T_e}{T_a + T_i + T_e} \cdot e^{-L/\tau}$$

$$T_{4t} = N \cdot \left[T_s + (T_i + T_e) \left(1 - \frac{T_i + T_e}{T_a + T_i + T_e} \cdot e^{-L/\tau} \right) \right]$$

$$\tau = (T_a + T_i + T_e) \cdot C_{av}$$

توزیع دما

دمای هوا $\theta_a(L)$ در خروجی تونل به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$\theta_a(L) = \theta_a(0) + [\theta_0 + (T_i + T_e)NW_k - \theta_a(0)] \left[1 - e^{-\frac{L}{\tau}} \right]$$

دمای سطح کابل و دمای دیواره تونل در خروجی تونل از دمای هوا بدست می‌آیند:

$$\theta_s(L) = \theta_a(L) + T_a \cdot W_a(L) + T_s \cdot NW_k$$

$$\theta_t(L) = \theta_a(L) + T_a \cdot W_a(L) - T_s \cdot [NW_k - W_a(L)]$$

که $W_a(L)$ گرمای خارج شده از هوا در خروجی تونل است، که به صورت زیر است:

$$W_a(L) = \frac{(T_i + T_e)NW_k - [\theta_a(L) - \theta_0]}{T_a + T_i + T_e}$$

این امر در صورتی رخ می‌دهد که جریان هوا متلاطم باشد، یعنی اگر تعداد Re بزرگتر از ۲۵۰۰ باشد، اگر تعداد Re کوچکتر از ۲۵۰۰ باشد این مقاومت حرارتی ناچیز تلقی می‌شود.

$$T_{at} = \frac{1}{\pi \cdot k_t \cdot 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}}$$

با

$$Pr = C_{pair} \cdot \frac{\nu}{k_t} \quad Re = \frac{V \cdot D_t}{\nu}$$

C_{pair} گرمای ویژه هوا در واحد حجم است.

این فرمول ناهموازی‌های دیوار را در نظر نمی‌گیرد.

انتقال حرارت رسانا در محیط اطراف تونل

مقاومت حرارتی Te برای تونل‌های کم‌عمق مدور به شرح زیر است:

$$T_e = \frac{\rho}{2\pi} \ln[u + \sqrt{u^2 - 1}] \quad u = \frac{2L}{D_t} \quad [15]$$

که ρ مقاومت حرارتی خاک، L عمق محور تونل و D_t قطر تونل است.

برای یک تونل مربع، عبارتی که توسط گلدنبرگ برای فرورفتگی مربع مدفون شده و توسط Symm (۱۹۶۹) گزارش شده است، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این عبارت است:

$$T_e = \frac{\rho}{2\pi} \ln \left(3.388 \frac{L}{a} \right)$$

a ارتفاع و عرض یک تونل مربع است،

گرمای دفع شده با هوا

گرمای دفع شده توسط هوا به تغییرات دمای هوا ارتباط پیدا می‌کند با توجه به:

$$W_a = C_{av} \cdot \frac{\partial \theta_a}{\partial z} \quad C_{av} = C_{pair} \cdot V \cdot At$$

که A_t سطح مقطع تونل است.

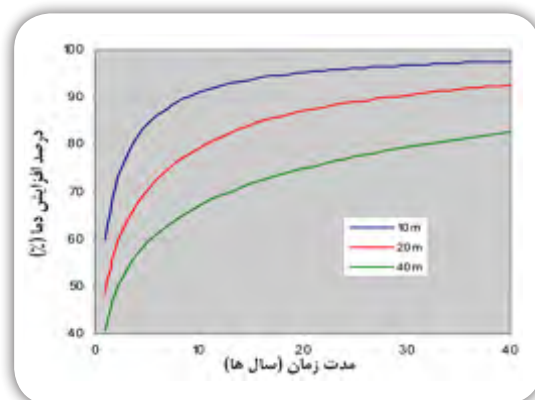
جریان مجاز

آثار CIGRE نشان می‌دهد که برای تأسیسات معمولی، خواص هوا

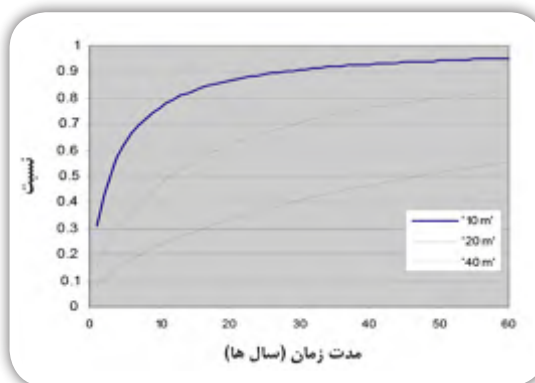
تونل‌های عمیق

تلفات کابل‌های نصب شده در یک تونل در محیط اطراف خود پراکنده شده و منجر به افزایش دما در دیواره تونل می‌شوند. به دلیل ناپایداری حرارتی خاک، مدت زمان طولانی برای رسیدن به حالت پایدار لازم است. با در نظر گرفتن یک تونل مدور (قطر ۲ متر) و با فرض درجه حرارت ثابت، شکل ۴ تغییر تدریجی دمای دیواره تونل با گذشت زمان، به مقدار حالت پایدار جریان، برای ۳ عمق (۱۰، ۲۰، ۴۰ متر) نشان می‌دهد.

دما در ابتدا به سرعت افزایش می‌یابد اما پس از آن رشد بسیار کندی دارد. استفاده از الگوریتم محاسبه حالت پایدار استاندارد امپدانس بسیار اندک را به همراه داشت. یک رویکرد مناسب‌تر برای استفاده از الگوریتم آنالیز گذرا و به طور تکراری آن است که با چه مقدار جریان در پایان دوره مطالعه به دمای مطلوب می‌توان رسید.



شکل ۴. افزایش دمای دیواره تونل



شکل ۵. عمق معادل برای تونل‌های عمیق

فرمول برای مقاومت حرارتی خارجی حالت پایدار در بالا به عنوان رابطه [۹] ارائه شده است. مقاومت حرارتی گذرا محیط تونل با یک معادله استاندارد با استفاده از انتگرال نمایی بیان شده در [۱۲] محاسبه شد.

$$T_4(t) = \frac{P}{4\pi} \left[-Ei \left(-\frac{D_i^2}{16t\delta} \right) + Ei \left(-\frac{L^2}{t\delta} \right) \right]$$

که در آن δ ضریب نفوذگرایی خاک، ρ مقاومت حرارتی خاک است، D_i قطر تونل است و L عمق آن، به خط مرکزی تونل. می‌توان یک عمق معادل فرضی [۱۳] از مدار کابل را تعریف کرد که با استفاده از الگوریتم حالت پایدار، همان مقدار جریان را به همان مقدار می‌دهد که از آنالیز گذرا بدست آمده است. (شکل ۵ را ببینید).

$$L_T = \frac{D}{2} \cdot \cosh \left\{ \frac{1}{2} \cdot Ei \left(\frac{D^2}{16L\delta} \right) + Ei \left(\frac{L^2}{L\delta} \right) \right\}$$

نتیجه

از آنجا که تعداد تونل‌های کابل در دهه گذشته افزایش پیدا کرده است، WG 19 از IEC TC20 کار جدیدی را با هدف گسترش دامنه روش‌های کنونی محاسبه کابل، در سری استاندارد IEC 60287 آغاز کرد.

این مقاله به طور خلاصه برخی از این آثار را نشان می‌دهد. از آنجا که سیستم‌های توزیع و انتقال ممکن است در یک تونل نصب شوند، برای بهره‌مندی کامل از تجهیزات گران قیمت، محاسبه گروه‌های کابل‌ها، با طرح‌های مختلف، مورد بررسی قرار می‌گیرد. موضوعات اصلی استاندارد مورد بحث به زودی ارائه می‌شود، که مربوط به محاسبه کابل‌ها در تونل‌های تهویه‌دار می‌باشند. در نهایت، همانطور که مشخص شد، برای تونل‌های عمیق، استفاده از الگوریتم محاسبه حالت پایدار استاندارد که امپدانس‌های بسیار کوچک دارند ارائه می‌دهد، برای بهینه‌سازی محاسبه کابل، عمق معادل فرضی، با در نظر گرفتن اینرسی حرارتی خاک، بدون آنالیز گذرا معرفی شده است.

منابع

1- IEC 60287-1-1، "کابل‌های برق- محاسبه جریان مجاز قسمت ۱-۱ معادلات جریان مجاز (ضریب بار ۱۰۰٪ و محاسبه تلفات - عمومی)"



8- F.P. Incropera - D.P. De Witt، WWW، McGraw-Hill

کتاب انتقال حرارت [ویرایش سوم]

9- W.M. Rohsenow - J.P. Hartnett - Y.I. Cho - کتاب انتقال

حرارت - چاپ سوم - McGraw-Hill صفحه ۷۸۳

10- J.A. Pilgrim، D.J. Swaffield، P.L. Lewin، و دیگران،

"محاسبه مدارهای کابل مستقل در تونل‌های تهویه دار"، IEE

ترانس. در زمان تحویل برق، جلد ۲۵ شماره ۴، اکتبر ۲۰۱۰

11- Weedy - El Zayyat "انتقال حرارت از کابل‌ها در تونل‌ها و

چاه‌ها"، IEEE Con Paper C72 506-4

12- IEC 60853-2، "محاسبه تناوب و جریان اضطراری نامی

کابل‌ها - قسمت ۲: تناوب نامی کابل‌های بالاتر از ۳۰/۱۸ (۳۶)

کیلوولت و رتبه‌بندی جریان اضطراری نامی برای کابل‌های تمام

ولتاژها"

13- E. Dorison، G.J. Anders، F. Lesur، "محاسبات آمپر

مربوط به کابل‌های نصب شده در عمیق"، IEEE Trans. در

منبع تغذیه، TPWD، جلد ۲۵، شماره ۲، آوریل ۲۰۱۰

2-1- IEC 60287-2، "کابل‌های برق - محاسبه جریان مجاز

قسمت ۱-۲ مقاومت حرارتی - محاسبه مقاومت حرارتی"

3- IEC 60287-2-2، "کابل‌های برق - محاسبه جریان مجاز -

قسمت ۲-۲ مقاومت حرارتی - الف روش محاسبه ضرایب کاهش

برای گروه کابل‌ها در هوای آزاد، محافظت شده در برابر اشعه

خورشیدی"

4- CIGRE، (1992a)، "محاسبه دما در کابل تونل‌های تهویه دار

- قسمت ۱"، الکتر، شماره ۱۴۴۳

5- CIGRE، (1992b)، "محاسبه دما در کابل تونل‌های تهویه دار -

قسمت ۲"، الکتر، شماره ۱۴۴۴

6- G.J. Anders، "محاسبه کابل‌های قدرت برق - محاسبات

آمپر برای انتقال، توزیع و کاربردهای صنعتی" (۱۹۹۷) انتشارات

IEEE، نیویورک چاپ دوم به طور مشترک بین انتشارات IEEE

و McGraw-Hill، (۱۹۹۸) نیویورک

7- P.Slaninka، ۱۹۶۹، "مقاومت حرارتی خارجی کابل‌های قدرت

نصب شده در هوای"، روند IEE جلد ۱۱۶ شماره ۹، سپتامبر ۱۹۶۹

شرکت محترم شهاب جم جناب آقای مهندس پیوندی

بدینوسیله درگذشت مادر گرامیتان را به شما و خانواده محترم تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای آن مرحومه، علودرجات و برای سایر بازماندگان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

شرکت محترم سیم و کابل دورود جناب آقای مهندس یاراحمدی

بدینوسیله درگذشت همسر گرامیتان را به شما و خانواده محترم تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای آن مرحومه، علودرجات و برای سایر بازماندگان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

کابل‌های با غلاف سرب و محیط زیست

ترجمه: مهندس فرشته اسدسنگابی (کارشناس برق - الکترونیک)

اگر سرب به طور صحیح و در کاربردهای خاص، به عنوان ماده یکپارچه، مورد استفاده قرار گیرد تأثیر منفی بر محیط زیست نمی‌گذارد.

آیا کابل‌های قدرت ولتاژ بالا (HV) با روکش سرب، باعث تخریب محیط زیست و مشکلات سلامتی می‌شوند؟ جواب خیر! این پاسخ وزارت نیروی هند به ادعای کنفدراسیون صنایع هند (CII) برای ممنوعیت استفاده از خدمات برق و انتقال هند از کابل‌های قدرت ولتاژ بالای حاوی سرب و اتخاذ گزینه‌های "سبز" است. مقامات بیانیه‌ای منتشر کردند که استفاده از سرب در کابل ولتاژ بالا ممنوع نخواهد شد زیرا هیچ تهدیدی وجود ندارد و استفاده از سرب بهترین راه حل است.

HFSAB، به عنوان تولیدکننده پیشرو در سطح بین‌المللی اکسترودهای سرب افقی، می‌تواند اطمینان حاصل نماید که استفاده از کابل‌های با روکش سرب با توجه به بیش از ۱۰۰ سال فعالیت مرتبط در این زمینه بدون تهدید بوده و ایمنی محیط زیست به اثبات رسیده و مستند شده است.

ویژگی‌های سرب

سرب در برابر خوردگی، میکروارگانیزم‌ها، گازها، اسیدها و هیدروکربن‌ها بسیار مقاوم است. سرب ۹۵٪ قابل بازیافت است و در زندگی روزمره از باتری‌های وسایل نقلیه و پشتیبانی از دکل‌های تلفن همراه گرفته تا ذخیره انرژی مزارع خورشیدی و بادی و در بیمارستان‌ها بخش اشعه ایکس و اسکن از این ماده استفاده می‌شود.

روکش سرب کابل‌های HV و EHV، کابل‌های زیردریایی، کابل‌های پمپ ESP و کابل‌های مورد استفاده در صنعت پتروشیمی به راحتی و با اطمینان در اکسترودر مدرن سرب تولید می‌شود. روکش مانند یک لوله فلزی همگن و انعطاف‌پذیر رفتار می‌کند و باعث انعطاف‌پذیری خوبی در کابل می‌شود. نیازی به استفاده از سرب به طور ضخیم نیست زیرا رشد دانه خزشی را می‌توان با فنون بکار رفته در تولید کنترل کرد.

در مقایسه با سایر مواد مانع رطوبت، سرب سنگین است و در مقایسه با آلومینیوم، سرب ماده‌ای نسبتاً گران است. اما ملاحظات هزینه مربوط به کابل‌ها فقط شامل هزینه مواد نمی‌شود، بلکه کل هزینه‌های عمر یک کابل نصب شده را دربرمی‌گیرد.

یک مانع رطوبت شعاعی فلزی (روکش) ضروری است

بسیاری از انواع کابل‌ها از جمله (ولتاژ بالا) HV (ولتاژ فوق‌العاده بالا) EHV و کابل‌های زیر دریایی به محافظت در برابر نفوذ رطوبت نیاز دارند. یک مانع فلزی پیوسته در اطراف قسمت بیرونی کابل، تنها راه جلوگیری از نفوذ رطوبت یا بخار رطوبت، در تمام اشکال آن، از جمله نمک‌ها مانند سولفیدها، آلاینده‌ها، هیدروکربن‌ها و گازها می‌باشد. این فلز همچنین باید بتواند خصوصیات فیزیکی خود را برای عمر مورد انتظار کابل حفظ کند، باید بخشی از کابل را برای جلوگیری از مسیر جریان خطا تشکیل دهد و محافظت مکانیکی برای کابل در برابر حشرات، حشرات موزی، میکروارگانیزم‌ها و سایر آسیب‌های مکانیکی محدود فراهم کند.

و نکته آخر اینکه، مانع فلزی باید انعطاف‌پذیری کابل را هم برای نصب و هم برای عملکرد سرویس‌هایی مانند انبساط حرارتی فراهم کند. انواع مختلفی از ساختمان روکش وجود دارند، از جمله آنها سرب به طور پیوسته اکستروده شده است. سرب رایج‌ترین ماده غلاف است زیرا تعادل خوبی را در مورد تمام الزاماتی که قبلاً ذکر شده فراهم می‌کند.



نمونه‌ای از خوردگی کابل روکش شده با آلومینیوم از خاورمیانه

اگر سرب آزاد شود، انتقال در خاک کاملاً محدود خواهد بود زیرا واکنش جذب و رسوب باعث می‌شود که سرب در خاک کم تحرک شود. علاوه بر این، قرار گرفتن در معرض عموم مردم محدود خواهد بود به این دلیل که هر گونه سرب آزاد شده از PILC در عمق پایه خاک در مجاورت PILC به دام می‌افتد. بنابراین، خطرات بالقوه برای سلامتی انسان و محیط زیست بسیار کم در نظر گرفته می‌شود.

گزارشی که توسط مؤسسه تحقیقات انرژی الکتریکی (EPRI) منتشر شده است، اثبات می‌کند که حتی کابل‌های روکش سرب بدون پوشش پلاستیکی که به طور مستقیم در خاک دفن شده‌اند هیچ خطری برای محیط زیست و مردم ندارند. امروزه تمام کابل‌های با روکش سرب در یک روکش پلاستیکی بیرونی پوشانده شده‌اند. بنابراین، هرگونه آلودگی به خاک و غیره بعید است. نتیجه این که اگر سرب به طور صحیح و در کاربردهای خاص، به عنوان ماده یکپارچه، استفاده شود، محیط زیست را آلوده نمی‌کند.

منبع

Wire & Cable Technology (NOVEMBER/DECEMBER 2019)

همچنین لازم به ذکر است که آلومینیوم می‌تواند دچار خوردگی شود (به عکس فوق مراجعه کنید). آنالیز میزان خرابی خوردگی از ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۷، نشان داده است که میزان خرابی برای کابل‌های با روکش آلومینیوم اکستروژده شده بیش از ۶/۳ برابر بیشتر از کابل‌های با روکش سرب است. بنابراین عمر روکش‌های کابل ساخته شده از سرب، بیش از شش برابر روکش‌های کابل ساخته شده از آلومینیوم است.

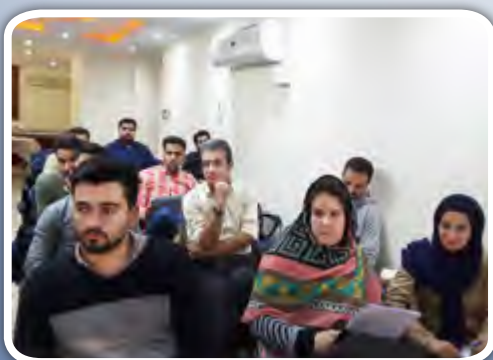
ملاحظات زیست محیطی

سرب ماده‌ای سمی است. با این وجود، اگر به طور صحیح و در کاربردهای خاص استفاده شود، محیط زیست را آلوده نمی‌کند. علاوه بر این روکش پلی‌اتیلن در خارج از کابل از تماس مستقیم بین روکش سربی و محیط اطراف جلوگیری می‌کند. پیش از سال ۱۹۶۰، اکثر کابل‌های PILC (عایق کاغذ، پوشیده شده از سرب) در ایالات متحده با یک روکش سرب بدون پوشش پلاستیکی نصب می‌شدند، و کابل‌های بدون روکش تا دهه ۱۹۷۰ رایج بودند. خوردگی روکش سرب به دلیل تشکیل غشاهای غیرفعال روی سطح سرب متداول است، اما معمولاً شدید نیست.

اخبار انجمن

مقایسات بین آزمایشگاهی و تضمین کنترل کیفیت داخلی

در پی برگزاری دوره‌ها و سمینارهای آموزشی و به منظور ارتقاء سطح دانش فنی اعضای خود انجمن مبادرت به تشکیل دوره آموزشی با عنوان "مقایسات بین آزمایشگاهی و تضمین کنترل کیفیت داخلی" نمود. این دوره در روز چهارشنبه مورخ ۹۸/۹/۲۷ توسط سرکار خانم مهندس فرهادی با حضور تعدادی از اعضا در محل انجمن برگزار گردید. پس از ارزیابی اوراق نظرسنجی مشخص شد اکثریت شرکت‌کنندگان این دوره را مفید و بهره‌ور ارزیابی نمودند.



تولید و تست کابل‌های شبکه



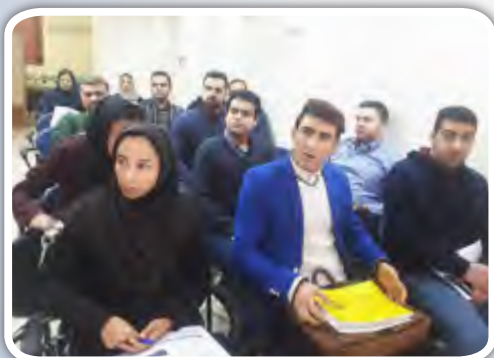
دوره آموزشی "تولید و تست کابل‌های شبکه" در تاریخ ۹۸/۱۰/۲۵ توسط جناب مهندس کافی و با حضور تعدادی از اعضا در محل انجمن تشکیل شد، با توجه به بررسی اوراق نظرسنجی، اکثریت شرکت‌کنندگان این دوره را مفید ارزیابی نموده و خواهان استمرار آن شدند.



آشنایی با هادهای آلومینیومی در خطوط انتقال و توزیع (سیم‌های ACSR)



دوره آموزشی "آشنایی با هادی‌های آلومینیومی در خطوط انتقال و توزیع (سیم‌های ACSR)" در تاریخ ۹۸/۱۱/۲۹ توسط جناب مهندس مستوفی و با حضور تعدادی از اعضا در محل انجمن تشکیل شد، با توجه به بررسی اوراق نظرسنجی اکثریت شرکت‌کنندگان این دوره را مفید دانستند.



علاوه بر شرکت‌های نامبرده در فصلنامه‌های قبلی، شرکت‌هایی که موفق به دریافت لوح افتخار و یا گواهینامه شده‌اند به شرح زیر معرفی می‌شوند:

ردیف	نام شرکت	مدیریت	لوح افتخار	گواهینامه
۱	کابل باختر	سالار فخری	واحد برتر گروه صنایع الکترونیک در جشنواره تولید ملی افتخار ملی، سال ۱۳۹۸	