

به نام آن که جان را فکرت آموخت



طرح روی جلد: شهلا احمدیان



نشریه داخلی صنعت سیم و کابل
انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
شماره هفتاد و هشتم - بهار ۱۳۹۹

- | | | |
|----|--|---|
| ۲ | سختن سردبیر | صاحب امتیاز: انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
مدیر مسئول: نسترن کسرابی
سردبیر و مدیر اجرایی: حسین حق بیان
زیر نظر شورای نویسندگان: حسین حق بیان، محمدباقر پورعبداله، محمدعلی مساواتی، غلامرضا فلاح نژاد
حروفچینی و صفحه آرایی: شهلا احمدیان
لیتوگرافی و چاپ: فارابی
تلفن: ۸۸۸۰۸۲۳۹ |
| ۳ | مس ویروس کرونا را از بین می برد
محمد باقر پورعبداله | نظارت فنی: سید جلال امینی
نشانی انجمن: تهران، خیابان مفتاح جنوبی، بعد از مترو طالقانی، خیابان سمیه، کوچه شهید جلیل مؤدبی، پلاک ۴، طبقه اول، واحد ۲
کدپستی: ۱۵۸۱۷۵۶۴۱۳
تلفن: ۸۸۳۲۶۰۶۹ - ۸۸۳۲۴۲۶۳
نمبر: ۸۸۳۴۱۰۴۶ |
| ۶ | تقویت سیستم های حفاظتی با مبدل های فیبر نوری
محمدعلی مساواتی | - 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. |
| ۱۰ | مقایسه مزایا و معایب آزمون های ولتاژ AC و DC در کابل های فشار قوی
حمید اوجاقی فقیهی | www.IWCMA.com
info@iwcma.com |
| ۱۵ | مقایسه انتشار دود کابل های تکمیل شده و اجزای کابل ها
امیدعلی شجاعی | |
| ۲۴ | فناوری کوانتک
سیدمحمد سیدقیاسی، سهیلا داوری | |
| ۳۲ | اثرات فرکانس و دما بر مقاومت کابل
زهرا سعیدی | |
| ۳۶ | فناوری کابل های ابر رسانا و روند توسعه آن
سید سجاد میراکبری | |
| ۳۹ | اخبار انجمن | |

سخن سردیگر

سال جهش تولید را صنعتگران به گونه‌ای آغاز کردند که زلزله‌ای موسوم به کرونا، نیروی کار و محیط تولید را در شرایط نامطلوبی قرار داد و صنعتگر با این چالش جدید و با مدد از اجرای پروتکل وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و رعایت بهداشت فردی و توجه و تأکید ارتقای این شاخص توانست تا آرامش نسبی و دلگرمی و کاهش نگرانی از ابتلا به بیماری، به بخش تولید روحیه جدیدی القا نماید و از نیروی کار به عنوان سرمایه اصلی حمایت نماید.

در شرایط ناشی از ویروس کرونا و تحریم‌های ناجوانمردانه مسیر تولید باید در جهتی قرار گیرد که بر مشکلات غلبه و زنجیره تولید تا مصرف حال و روز خوبی را سپری کند.

برابر اظهار مسئولین اقتصاد، ایران در دو سال گذشته عملاً بدون نفت اداره شد و این امر بدون تلاش تولیدکنندگان، فعالان اقتصادی و کارآفرینان کشور میسر نبوده و به جرأت باید گفت کارآفرینان به عنوان خط مقدم نبرد در مقابله با تحریم‌ها هستند.

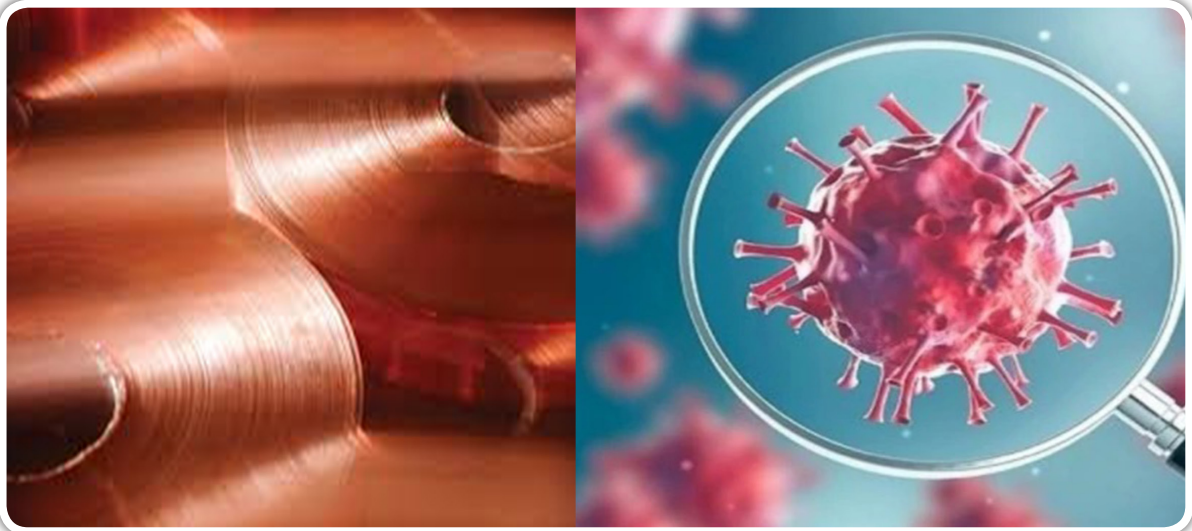
از آنجاییکه شرایط به گونه‌ای پیش آمده که فروش نفت با مسایلی روبروست بناچار در این وضعیت، صادرات و تسخیر بازارهای جدید اصلی‌ترین راه‌کاری است که باید برای حفظ ظرفیت تولید در دستور کار قرار گیرد از این رو دولتمردان نگاه ویژه‌ای به توسعه صادرات غیرنفتی دارند. نباید فراموش کرد که صادرکننده بعد از اینکه زحمت بازاریابی محصولاتش را متقبل می‌شود با دست‌اندازی‌هایی برای صادرات روبروست که مانع تلاشش می‌شوند. لذا باید مسیر را چنان هموار نمود تا به دور از هرگونه دغدغه‌ای صادرات به سهولت انجام پذیرد.

پس اگر به دنبال جهش تولید هستیم باید به صادرات غیرنفتی توجه خاص شود و برای این منظور لازم است جهت دلگرمی تولیدکنندگان بسته حمایتی صادراتی با هدف تشویق صادرکنندگان تدوین و به طور مستمر اجرا گردد. شایان ذکر است که نباید از مدیریتی شایسته نسبت به جلوگیری از واردات کالاهای مشابه ساخت داخل غافل بود.



مس ویروس کرونا را از بین می‌برد

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



بردن مس برای مقاصد سلامتی به دوران مصر باستان برمی‌گردد و امروزه هنوز دانشمندان در پی درک منافع سودمند فلز مس می‌باشند. در اینجا می‌خواهیم در این خصوص اطلاعات ویژه‌ای را در اختیار شما قرار دهیم.

مس فلزی میکروب کش است

مس دارای خواص ضد میکروبی است، به این معنی که میکروارگانیسم‌هایی چون باکتری‌ها و ویروس‌ها را نابود می‌کند. با این وجود این میکروارگانیسم‌ها برای اینکه از بین بروند، لازم است در تماس با مس قرار بگیرند. این مقوله را «نابودی تماسی» می‌نامند.

با توجه به مقالات منتشر شده از سوی دکتر Edward Bilsky، رئیس آکادمی علوم سلامت دانشگاه Pacific north west،

مس با طرق مختلف می‌تواند میکروب‌ها را از بین ببرد.

- مس غشا و سلول باکتری‌ها را نابود می‌کند یون‌های مس به غشاء سلولی آسیب می‌رساند و به عبارتی دیگر باعث «در هم پیچیدن» آن می‌شود و از این طریق باعث تخریب DNA یا RNA میکروب می‌گردد.

آیا مس میکروب کش است؟

جواب این سؤال آری است. مس می‌تواند ویروس Covid 19 را طی ۴ ساعت از پا در بیاورد.

- مس می‌تواند ویروس‌ها را از بین ببرد و این کار را با از هم گسیختن لایه‌های محافظ میکروارگانیسم‌ها و مداخله در فرآیند مرگبار آنها به خوبی انجام می‌دهد.
 - مطالعات جدید حاکی از آن است که ویروس SARS-COV-2 ویروسی که مبنای شیوع ویروس فراگیر کرونا است، پس از طی ۴ ساعت قرارگیری بر روی سطح مسی دیگر امکان سرایت ندارد در حالی که می‌تواند روی سطوح پلاستیکی به مدت ۷۲ ساعت دوام بیاورد.
 - مس کاربردهای فراوانی در بیمارستانها و سایر مکان‌هایی که احتمال انتشار میکروب‌ها در آنجا زیاد است دارد.
- در حالی که ممکن است تصور کنید پاک کردن سطوح با دستمال یا اسپری کردن مواد ضد عفونی کننده برای از بین بردن میکروب‌ها ضروری است، اما در واقع فلزی وجود دارد که می‌تواند در سطوح تماس باعث نابودی میکروب‌ها شود بدون اینکه نیازی به تمیز کردن آن سطوح باشد.
- ممکن است بسیار تعجب‌آور باشد ولی جالب است بدانید به کار

این ویروس دیگر کارساز نیست در مقایسه با سطوح پلاستیکی که ویروس کرونا می‌تواند پس از طی ۷۲ ساعت همچنان پابرجا باشد.

کاربردهای مس ضد میکروب

یکی از کاربردهای اساسی مس در بیمارستان‌هاست. هرچند که چنین کاربردی هنوز گستردگی پیدا نکرده است. در تحقیقاتی مشابه آنچه قبلاً ذکر شد، محققان، سطوح میکروبی در اتاق‌های بیمارستان نظیر ریل‌های تخت‌خواب، کلیدهای تلفن و زنگ، دسته‌های صندلی، میز سینی، دکمه‌های ورود را شناسایی کرده و آنها را با قطعات مسی جایگزین کردند.

نتایج خیره‌کننده‌ای به دست آمد، در مقایسه با اتاق‌هایی که از قطعات معمول غیرمسی استفاده کرده بودند کاهش ۸۳ درصدی در میزان باکتری موجود بر روی سطوح مسی واقع در اتاق‌ها مشاهده شد. علاوه بر این میزان سرایت در بیماران نیز به ۵۸ درصد کاهش یافت.

از نقطه نظر تکنیکی می‌توان مس را در موارد مشابه در منزل نیز به کار گرفت. اما طبق نظرات دکتر جانسون، نکته مهم در کاربرد محصولات مسی در منزل آن است که باید مرتباً از اکسید شدن آن جلوگیری کرد زیرا اکسیداسیون مس باعث تغییر رنگ مس براق اولیه به سبز آبی به مرور زمان می‌شود.

یکی از راه‌کارهای جلوگیری از اکسیداسیون مس پوشش‌دهی آن است که در این صورت خواص ضد میکروبی مس از دست خواهد رفت. دانشمندان اظهار می‌دارند مس حتی در حالت اکسید شده سبز رنگ هم خواص ضد میکروبی خود را حفظ می‌کند اما دقیقاً به چگونگی عملکرد این مکانیسم پی نبرده‌اند.

بر اساس تحقیقات اخیر، ضعف بکارگیری مس در موارد ضد میکروبی این است که خصوصاً به سبب اینکه ویروس‌ها هوازی هستند، این فلز با وجود عملکرد خوبی که در برابر باکتری‌ها دارد در برابر ویروس‌ها چندان نابودکننده نیست. در مقابله با ویروس‌ها باید اقدامات بیشتری صورت پذیرد زیرا ویروس‌ها از نظر علمی ارگانیسم‌های زنده به حساب نمی‌آیند. ویروس‌ها حامل سرایت هستند و همانند موجودات زنده نیستند و به طریق اولی ماندگارترند. دکتر Bilsky می‌گوید: «ویروس‌ها از این جهت که سلول نیستند متفاوتند ولی در عوض به سلول‌های سالم حمله می‌کنند تا امکان تکثیرشان فراهم گردد. ویروس می‌تواند در اثر تماس مستقیم با جهاز تنفسی فوقانی و چشم‌ها به سلول‌های سالم نفوذ کند، که در این حالت کاربرد مس در جلوگیری از انتشار ویروس تا حد زیادی غیر مؤثر خواهد بود».

• مس تنش اکسایشی در سلول‌های باکتریایی ایجاد می‌کند و این امر سبب ایجاد پراکسید هیدروژن می‌شود که می‌تواند سلول را از بین ببرد.

• مس در پروتئین‌هایی که نقش مهمی در زنده نگهداشتن سلول‌های باکتری دارند اثر گذار است.

مکانیسم دقیق چگونگی مداخله مس در پروتئین‌های موجود در سلول‌های باکتری هنوز کاملاً مشخص نشده است ولی فرضیه موجود در ارتباط با میل ترکیبی ضعیف مس در واکنش‌ها است که حاکی از این واقعیت می‌باشد که مس فلزی پایدار است.

پدیده‌ای به نام mis-metalation در مس وجود دارد که بنا به اظهارات دکتر مایکل جانسون معاون بیولوژی ایمنی در کالج داروی دانشگاه آریزونا به ویژگی قابلیت جایگزینی کامل فلز مورد نظر با فلز دیگر می‌گردد. مس با برخی از فلزات دیگر در برخی از سایر پروتئین‌های موجود در باکتری قابل جایگزینی است و به این ترتیب باعث توقف عملکرد آن پروتئین‌ها می‌شود.

زمانی که توقف عملکرد پروتئین صورت می‌گیرد، واکنش زنجیره نابودی باکتری‌ها آغاز می‌شود. با بلوکه شدن عملکرد پروتئین، توقف در مسیر عملکردی پروتئین بروز می‌کند. با بلوکه شدن عملکرد زنجیره پروتئین، شاهد بلوکه شدن عملکرد میکروارگانیسم خواهیم بود و به این ترتیب در میکروارگانیسم پدیده‌ای همچون غرق شدن در آب رخ می‌دهد.

مس ویروس‌ها و باکتری‌ها را از بین می‌برد

مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که مس قادر است بسیاری از انواع میکروب‌ها را به صورت تماس با خود از بین ببرد. بر اساس بررسی منتشره در مجله:

Health Environment Research and Design Journal

برخی از میکروب‌های متداول که از بین رفتن آنها توسط مس به اثبات رسیده عبارتند از:

• MRSA

• E. Coli

• Influenza A

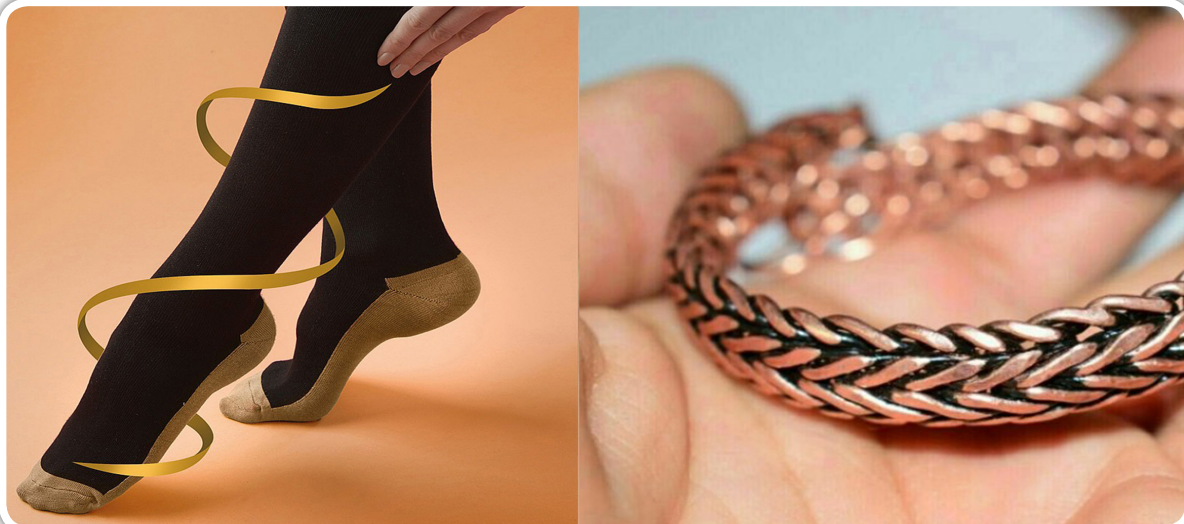
• NoroVirus

تحقیقات کاملاً جدید انتشار یافته در مجله تحقیقات New England Journal of Medicine حاکی از آن است که مس می‌تواند در برابر ویروس SARS-Cov-2، یعنی ویروسی که باعث ایجاد ویروس کرونا گردید مؤثر واقع شود. این بررسی نشان می‌دهد که پس از چهار ساعت قرارگیری بر روی سطوح مسی،



اثربخش نیستند. خوشبختانه، بررسی‌های بیشتری در حال انجام است تا در آینده به درک صحیح‌تری از خواص ضد میکروبی مس و راه‌های مؤثرتر استفاده از آن در زندگی روزمره و حفظ سلامت خود دست یابیم.

از دیگر ضعف‌های قابل اشاره مس این است که برخی اظهارات غیر مستدل ممکن است ذهن مخاطبین را منحرف کند. برخی از شرکت‌ها سعی در بازاریابی وسایل تزئینی (مثلاً دستبند) ساخته شده از مس و یا جوراب‌های در هم تنیده با مس به عنوان محافظ در برابر میکروب، دارند ولی لازم است بدانید که این وسایل



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 می‌شود با ارایه نقطه نظرات، پیشنهادهای و انتقادهای خود، ما را در این زمینه یاری فرمایند. دریافت پشنهادهای کتبی، راهگشای ما در تدوین مطالب مورد نظر شما در شماره‌های آینده نشریه خواهد بود.

تقویت سیستم‌های حفاظتی با مبدل‌های فیبر نوری

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

سیستم plug and play مدرن، سهولت نصب و دردسر کمتری را برای شما فراهم می‌کند. در واقع، می‌توان اثبات نمود که پیوند این تکنولوژی با کاربری‌های در "شرایط بحرانی"، یک ترکیب رویایی است.

در واقع، هیچ‌گاه پیاده‌سازی این تعداد مزیت در استفاده از سیستم‌های امنیتی به این اندازه آسان نبوده است. در حقیقت، تنوع گسترده‌ای از محصولات در حال عرضه برای تنوع گسترده‌ای از انواع سیگنال هستند؛ و به شما این امکان را می‌دهد که با سرعت و سهولت اطلاعات خود را ارسال کرده و از آنها حفاظت کنید.

این محصولات دقیقاً چه کاری انجام می‌دهند؟

به بیان آسان، این مبدل‌ها یک سیگنال مسی را دریافت کرده، آن سیگنال مسی را به نور تبدیل کرده و سیگنال نوری را در طول کابل فیبر نوری منتقل می‌کنند. آنگاه یک دستگاه متناظر

در حالی که مس ثابت کرده که برای استفاده در سیستم‌های حفاظتی در گذشته کافی بوده است، در فضای آگاه به حساسیت‌های روز، با تصور اینکه هیچ گونه نگرانی راجع به اصابت صاعقه یا تداخلات الکترومغناطیسی و فرکانس‌های رادیویی، نداشته باشید شاید ارتقا به فیبرنوری منطقی باشد. این به مفهوم سیم‌کشی طولانی‌تر برای شما همراه با قابلیت ارسال حجم بیشتری از اطلاعات به مسافت‌های طولانی‌تر است. اگر به این موضوع، غیرقابل نفوذ و قابلیت اطمینان ۹۹/۹ درصدی واسط را اضافه کنید، نمی‌توانید فیبرهای نوری را مورد بررسی و توجه جدی قرار ندهید. همچنین، در نظر داشته باشید که این یک واسط واقعی و آزموده شده است که در دهه‌های گذشته و در زمان جنگ سرد، به اندازه کافی توسط دولت و ارتش امتحان شده است.

خوشبختانه، امروزه هزینه‌های پیاده‌سازی این تکنولوژی به اندازه اواخر دهه ۵۰ میلادی، گران نیست و اکنون قیمت کابل نوری از قیمت کابل‌های مسی بسیار کمتر است. افزون بر این، طراحی





۳. حذف EMI/RFI: استفاده از کابل فیبرنوری و دستگاه‌های مناسب، از ورود نویزهای خارجی یا تداخل به تجهیزات مسی شما، جلوگیری می‌کنند.

۴. حفاظت در مقابل صاعقه: این دستگاه‌های فیبرنوری، از ولتاژهای گذرا و اصابت صاعقه که می‌تواند به تجهیزات شما آسیب بزنند ایزوله می‌باشند.

کاربرد این محصولات در حوزه حفاظت - دوربین مدار بسته

شما نمی‌خواهید سیستم دوربین مدار بسته به علت صاعقه و یا تداخلات غیرمنتظره دیگر، دچار وقفه شود. خواه دوربین‌های CCTV آنالوگ را نصب کنید یا دوربین‌های امنیتی با پروتکل اینترنتی یا IP، تنوعی از محصولات فیبرنوری در خدمت شما خواهند بود. بسته به نصب دوربین، نوعی از مبدل‌های CCTV وجود دارند که می‌توانند در یک پیکربندی نقطه به نقطه قرار گیرند؛ و مبدل‌های CCTV دیگری که می‌توانند سیگنال‌های دوربینی متعددی را، جهت انتقال در یک لینک فیبرنوری، با یکدیگر ترکیب کنند.

برای دوربین‌های CCTV آنالوگ، محصولات به همراه تنوعی از گزینه‌ها مانند اطلاعات برگشتی در حرکت چپ و راست (Pan)، بالا و پایین (Tilt) و بزرگنمایی (Zoom) و نیز اطلاعات دوطرفه، و قابلیت‌های صوتی یک طرف و یا دوجته و سیگنال‌هایی ارائه می‌شوند.

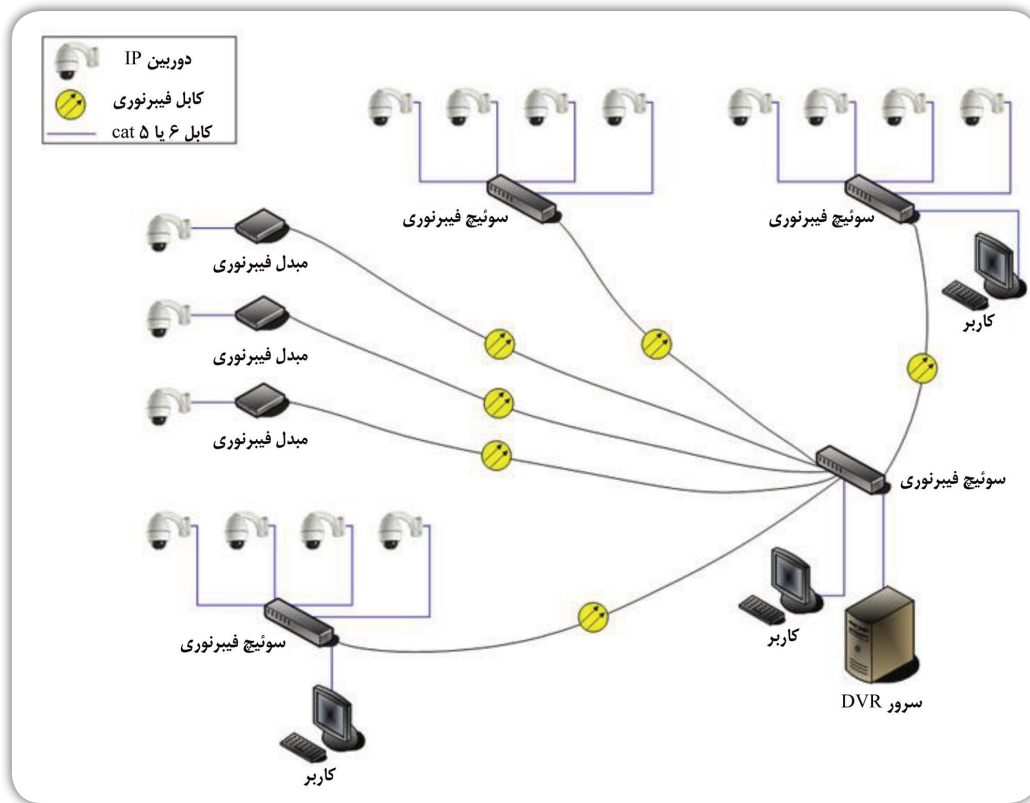
قرار گرفته در انتهای دیگر کابل، سیگنال نوری را دوباره به سیگنال مسی تبدیل می‌کند.

به طور مثال، اگر یک سیگنال اترنت (شبکه محلی کابل) گرفته شده و تبدیل شود؛ آنچه در انتهای دیگر لینک دریافت خواهد شد، یک سیگنال اترنت است. همین موضوع برای سیگنال‌های انتقال اطلاعات مثل RS-۴۸۵، RS-۲۳۲ یا RS-۴۲۲ و همچنین سیگنال‌های CCTV (دوربین مدار بسته) نیز صدق می‌کند. این دستگاه‌ها عموماً به صورت زوج و به صورت یک مبدل قرار گرفته در هر دو انتهای لینک شما، کار می‌کنند.

مزایای انتخاب این راه حل

۱. افزایش مسافت سیگنال: قابلیت مسافت دستگاه‌های مسی استاندارد، از جمله آن‌هایی که از کابل هم محور یا زوج پیچ خورده استفاده می‌کنند، به طور کلی در مقیاس فوت اندازه‌گیری شده و نسبتاً محدود است. دستگاه‌های مس به فیبر می‌توانند سیگنال‌های اطلاعات شما را بسته به دستگاه و نوع کابل مورد استفاده، تا ۱۱۰ کیلومتر انتقال دهند. (مولتی مود برای مسافت‌های کوتاه‌تر و سینگل مود برای مسافت‌های طولانی‌تر)
۲. مولتی پلکس کردن اطلاعات: از آنجایی که کابل فیبر نوری، پهنای باند بزرگ‌تری را ارائه می‌کند، دستگاه‌های مبدل به شما اجازه می‌دهند تا سیگنال‌های اطلاعات متعدد را با هم ترکیب کرده و چند برابر کنید و آنها را از طریق تنها یک لینک فیبر نوری، انتقال دهید.





و ساختمان اصلی هستند که چندین هزار کیلومتر از آن فاصله دارد. در گذشته، شما باید برای هر سه سیگنال سیم و کابل کشی می‌نمودید و احتمالاً جهت انتقال در چنین فاصله طولانی‌ای، باید سیگنال‌ها را هم تقویت می‌کردید.

با این وجود، با محصولات مبدل فیبرنوری، شما قادر هستید تمام این سیگنال‌ها را در یک لینک ترکیب کرده و آن‌ها را در تمام مسیر انتقال دهید. این راه حل به شما این امکان را می‌دهد تا از کابل و تجهیزات کمتری استفاده کنید، که این موضوع، نقاط احتمالی خرابی در سیستم را کاهش می‌دهد.

ارتباطات داده‌ای و تلفن

مودم‌ها برای پروتکل‌های اطلاعات مثل RS-۴۸۵، RS-۲۳۲ و RS-۴۲۲ و همچنین برای خطوط تلفن، در دسترس هستند. از مودم‌های اطلاعاتی ممکن است در برقراری ارتباط بین یک دستگاه امنیتی دور و پنل کنترل و یا هنگام برقراری ارتباط بین یک پنل کنترلی اصلی و یک پنل کنترلی ثانویه و با فاصله استفاده شود. مودم‌های تلفن برای مخابره‌های درون ساختمانی و مدارهای تماس تلفنی نقطه به نقطه، عالی هستند.

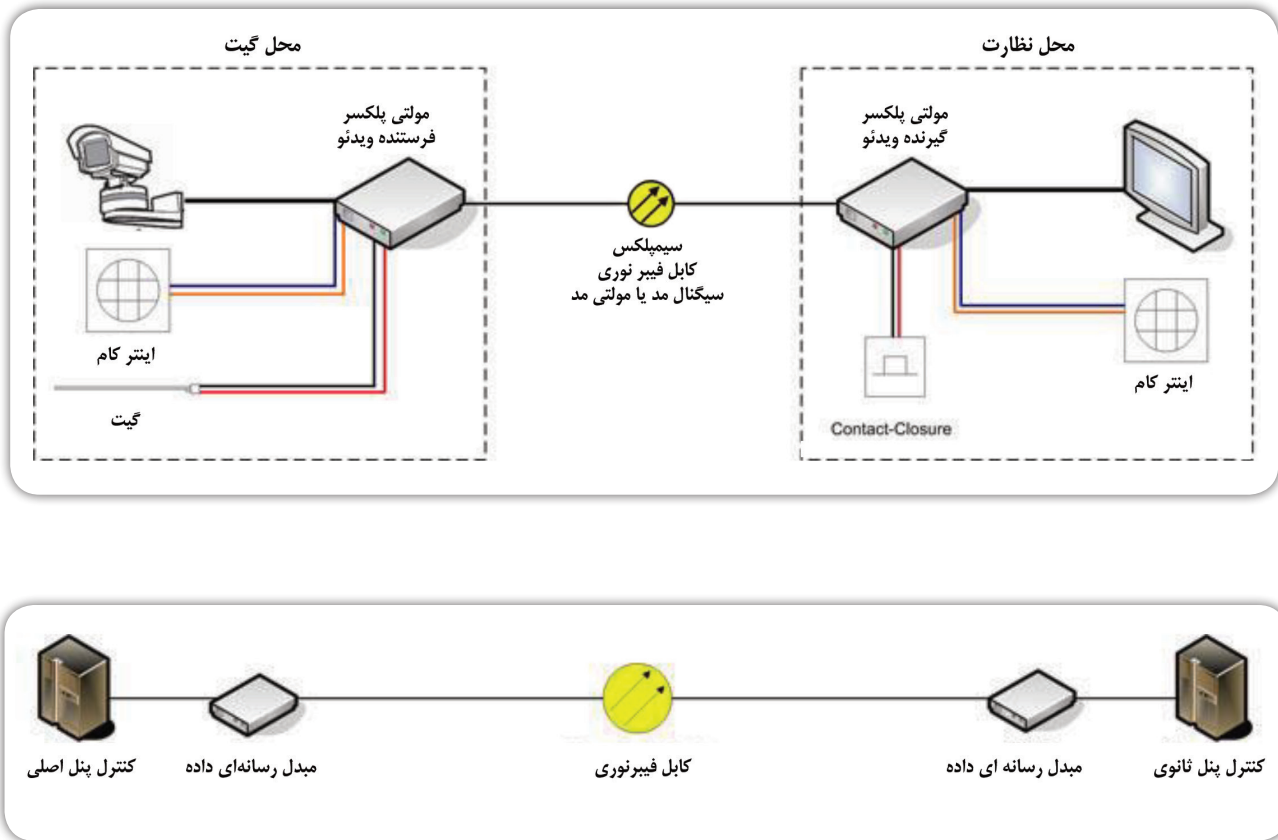
برای دوربین‌های IP، دستگاه‌های فیبری می‌توانند در یک پیکربندی نقطه به نقطه قرار بگیرند، و یا می‌توان از یک سوئیچ نوری شبکه استفاده کرد تا سیگنال‌های دوربین‌های متعدد را جهت وارد کردنشان به شبکه ترکیب کند.

به علاوه، این دستگاه‌ها همراه با PoE (Power over Ethernet) در دسترس هستند تا برق دوربین IP را فراهم کنند. این قابلیت زمانی که باید دوربین‌ها در مکانی قرار گیرند که فاقد سیم‌کشی برق است بسیار کارآمد خواهد بود.

کنترل دسترسی

کنترل تردد در قالب دستگاه‌های کارت خوان، صفحه کلیدها، دستگاه‌های مخابره داخل ساختمان یا اینترنت‌کام و سیگنال‌های contact-closure، نیازمند قابلیت اطمینان سیگنال بسیار بالایی است. همه این سیگنال‌ها می‌توانند از قابلیت اطمینان و امنیت تکنولوژی فیبرنوری بهره‌مند شوند. مثال بسیار خوب این موضوع، نصب یک گیت ورودی محیط تحت حفاظت است.

در نظر بگیرید که شما یک دوربین CCTV در گیت، یک سیستم مخابره ای دوجبهته، و یک contact-closure بر روی خود گیت دارید، و همه این سیگنال‌ها، نیازمند برقراری ارتباط بین گیت



شبکه سازی

رسانه و سوییچ های شبکه با قابلیت فیبر نوری، می توانند در هر نوع سیستم امنیتی که شما عموماً در آن جا از سیم مسی استفاده میکنید، نصب شوند. این نوع محصولات با سرعت بالایی در حال دگرگونی هستند تا تنوع گسترده ای از راه حل ها را برای نیازمندی های امنیتی شما فراهم کنند. دستگاه های با قابلیت انتقال توان بر روی اترنت، اکنون در دستگاه های مبدل یا سوییچ در دسترس هستند. مودم های صنعتی برای مناطق با دمای بسیار بالا یا برای سیستم های ناهموارتر نیز در دسترس هستند. نصب کننده های سیستم های امنیتی که با یکپارچه سازی آنها به دنبال ارتباطات ایمن تر و با انعطاف پذیری بیشتر در نصب هستند، باید به پیاده سازی تکنولوژی فیبرنوری در سیستم های خود در آینده، توجه ویژه ای نشان دهند.

منبع:

- Boost Your Security Applications with Fiber Optic Converters
Greg Massott, Product Specialist

سیستم های شبکه سازی به طور متداول از محصولات مبدل فیبرنوری استفاده می کنند. این محصولات برای اتصال تجهیزات شبکه سازی در یک ساختمان بزرگ یا یک محوطه دانشگاهی، ایده آل هستند. دستگاه هایی در دسترس هستند که از اترنت، اترنت سریع و سرعت های گیگابیت حمایت می کنند. سوییچ های فیبر نوری قابلیت های خاص خود را به همراه دارند. این دستگاه ها قادر هستند بر ترافیک عبوری از خود نظارت کرده و داده ها را به مقصد مناسب هدایت کنند یا آنها را از مقاصد منع شده باز دارند. این نظارت، به سوییچ امکان کنترل و پیشگیری از برخورد اطلاعات را داده و سبب افزایش کارایی شبکه می شود. از سوییچ ها می توان به عنوان یک دستگاه نقطه به نقطه و یا به عنوان یک موتی پلکسر جهت پردازش سیگنال های چندگانه، استفاده کرد.

امروز، اترنت یا شبکه های IP برای مصارف خیلی بیشتری نسبت به برقراری ارتباط میان رایانه ها و سرورهای داده یا جست و جو در اینترنت، استفاده می شوند. از آنها برای کنترل سیستم های برق متناوب، روشنایی، تلفن ها و حفاظتی استفاده می شود. مبدل های

مقایسه مزایا و معایب آزمون‌های ولتاژ AC و DC در کابل‌های فشار قوی

ترجمه: مهندس حمید اوجاق فقیهی (کارشناس ارشد برق - قدرت)

مقدمه

استاندارد IEC 60502 آزمون‌های انجام شده روی کابل‌ها پس از تولید را به سه دسته اساسی تقسیم‌بندی می‌کند:

آزمون‌های عادی: آزمون‌هایی که سازنده کابل روی تمام کابل‌های تولید شده انجام می‌دهد تا بررسی نماید محصول مطابق با مشخصات فنی تولید شده است یا خیر.

آزمون‌های نمونه‌گیری: آزمون‌هایی که سازنده کابل بر روی نمونه‌گیری‌های انجام شده از کابل در فرکانس مشخص انجام می‌دهد تا تأیید کند که محصول نهایی با مشخصات لازم استاندارد مطابقت دارد یا خیر.

آزمون‌های نوعی: آزمون‌هایی که سازنده کابل پیش از ارایه به مشتری بر روی کابل انجام می‌دهد تا مطابقت آن را با اهداف مصرفی مد نظر مشتری تأیید نماید. از جمله این آزمون‌ها آزمون مقاومت دی الکتریک یا ولتاژ بالا می‌باشد.

آزمون ولتاژ

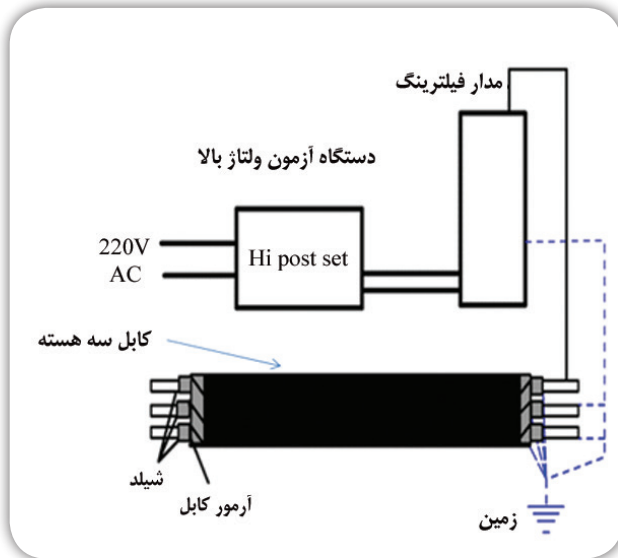
آزمون ولتاژ بر طبق استاندارد کابل‌های قدرت، باید در دمای محیط و با بهره‌گیری از ولتاژ متناوب AC در فرکانس شبکه یا ولتاژ مستقیم به انتخاب سازنده انجام شود. برای اعمال ولتاژ، هادی‌ها را می‌توان به طور مناسبی به هم وصل کرد تا کل زمان آزمون محدود شود، به شرط آن که ترتیب اتصالات این اطمینان را بدهد که ولتاژ آزمون حداقل به مدت ۵ دقیقه بدون این که وقفه‌ای پیش آید بین هر هادی و هادی دیگر و در صورت وجود لایه‌های فلزی بین هر هادی و لایه‌های فلزی اعمال می‌شود بر طبق استاندارد ISIRI 3569-1 مقدار ولتاژ آزمون با فرکانس شبکه باید برابر با $2.5U_0 + 2 \text{ kV}$ باشد. مقادیر ولتاژهای آزمون تک فاز برای ولتاژهای اسمی استاندارد در جدول زیر آمده است:

ولتاژ اسمی U_0 (KV)	۰/۶	۱/۸
ولتاژ آزمون (KV)	۳/۵	۶/۵

آزمون فشار قوی

این آزمون مشابه دستگاه میگر برای آزمون عایقی هادی الکتریکی است ولی در ولتاژهای بالاتر کاربرد دارد. Hi Pot برای تعیین کیفیت عایق‌های الکتریکی برای عبور معمول ولتاژهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس به طور کلی این آزمون به منظور تشخیص قدرت عایقی بین قسمت‌های حامل جریان و غیر حامل جریان بکار می‌رود و همچنین برای بررسی شرایط عایق در اثر فشاری که به صورت تصادفی و ناخواسته به تابلوها، دستگاه یا تجهیزات وارد می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آزمون با اعمال یک ولتاژ بالا به هادی‌ها و متعلقات کابل‌ها انجام می‌گیرد و میزان جریان ناشی بین عایق اندازه‌گیری می‌شود. یعنی با اعمال یک ولتاژ بالاتر از ولتاژ نامی هادی‌ها به مدار اصلی کابل‌ها انجام می‌گیرد و اگر با این وجود شکست الکتریکی که باعث جریان ناشی بزرگی می‌باشد اتفاق نیفتد و بتواند آن را تحمل کند در این صورت هادی مورد آزمون در شرایط کار نرمال بدون هیچ مشکلی راه‌اندازی می‌گردد. این آزمون هم چنین بر روی کابل‌های با ولتاژ خیلی بالا و با سبهارها انجام می‌گیرد. ضمناً این روش برای تعیین اشتباهاتی که توسط نفرات در خط تولید، مشکلات طراحی و نیز همچنین فضای نامناسب بین قطعات صورت می‌گیرد مناسب است و همچنین عیوبی مانند ضخامت کم عایق، سوراخ بودن کابل، پیچش (تاب) ناکافی سیم (هادی کابل)، له شدگی کابل و... را نیز تشخیص دهد.

می‌توان گفت آزمون Hi Pot و یا آزمون فشار قوی، در واقع یک روش اندازه‌گیری نیست بلکه پروسه‌ای است که طی آن مقاوم بودن عایق در برابر ولتاژ بالا مشخص می‌شود و در کارخانجات پس از آزمون‌هایی مانند: عیب‌یابی، رطوبت و... انجام می‌شود تا مشخص کند هیچ گونه خرابی در محصول تولیدی وجود نداشته باشد. ولتاژ مورد استفاده در آزمایش Hi Pot بسته به نیاز تعیین شده می‌تواند AC یا DC باشد. هر دو مزایا و معایب خود را دارند.

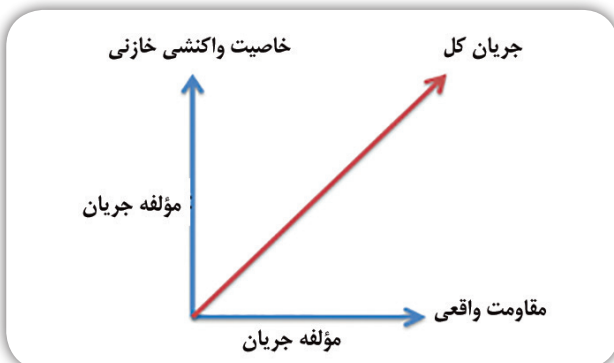


شکل ۲. آزمون ولتاژ در کابل سه فاز

آزمون AC:

روش AC آزمون Hi Pot به دو روش زیر صورت می‌گیرد:

- ۱ - به مدت ۵ دقیقه ولتاژی معادل ولتاژ خط (فاز به فاز) بین یکی از هادی‌ها و شیلد و دیگر هادی‌ها اعمال می‌شود.
 - ۲ - ولتاژی برابر با ولتاژ نامی، به مدت ۲۴ ساعت و همانند شرایط بهره‌برداری به کابل اعمال می‌گردد.
- با آزمایش AC، معمولاً مدت زمان رمپ لازم نیست (به جز با دستگاه‌های حساس) آزمایش AC همچنین از مزایای بررسی هر دو قطب ولتاژ و عدم نیاز به تخلیه پس از اتمام آزمایش بهره می‌برد. با این حال، آزمایش AC دارای معایبی است. آزمایش AC باید تأثیر جریان واقعی و واکنش‌پذیری را در نظر بگیرد. هنگامی که یک ولتاژ AC را اعمال می‌کنیم، جریانی واقعی دیده شده برابر است با ولتاژ تقسیم بر امپدانس. امپدانس با این وجود مقادیر پیچیده‌ای دارد زیرا شامل هر دو مؤلفه مقاومت (واقعی) و خازنی (واکنشی) است.



شکل ۳. نمودار جریان واقعی و جریان واکنش‌پذیری در آزمون AC



شکل ۱. تجهیزات آزمون Hi Pot

مزایای آزمون DC

این آزمون با یک سطح جریان بسیار کوچک، مصرف توان و خطر کمتر برای کاربر انجام می‌گیرد. جریان نشستی اندازه‌گیری شده، تصویر واقعی‌تری از جریان واقعی است. برای آزمون برخی از مدارها که در آنها از دیود، خازن و ... استفاده می‌شود، فقط از این روش می‌توان استفاده کرد.

مزایای آزمون AC

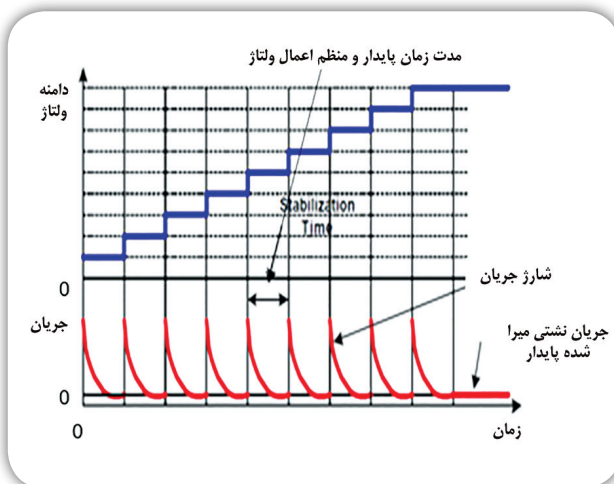
به علت تغییر مرتب پلاریته شکل موج ولتاژ اعمالی، نیازی به افزایش آهسته ولتاژ نیست. پس از اتمام آزمون نیازی به تخلیه الکتریکی کابل نیست. این آزمون در هر دو پلاریته می‌تواند به عایق استرس اعمال نماید.

مشخصه آزمون‌های AC و DC

در آزمون DC توسط دستگاه Hi Pot یک ولتاژ DC معادل چهار برابر ولتاژ نامی فاز، به مدت ۱۵ دقیقه به کابل اعمال می‌گردد. در صورت سلامت کابل، میزان جریان نشستی بیشینه نباید از ۵ میلی‌آمپر بیشتر شود.

برای یک کابل سه Core مطابق شکل ۲ عمل می‌شود. (دو تا از Core ها، اسکرین و آرمور کابل به هم وصل شده و زمین می‌شوند). این عمل در مراحل بعد برای بقیه Core ها نیز بکار می‌رود. ولتاژ فوق را باید به تدریج اعمال نمود (حدود دو دقیقه).

مدت زمان رمپ: با آزمایش AC، ولتاژ بالا معمولاً مستقیماً به کابل اعمال می‌شود بدون افزایش تدریجی پله‌ای که در آزمون DC استفاده می‌شود. این رویکرد، می‌تواند باعث آسیب در مدار الکتریکی کابل شود. به همین دلیل و به دلیل جلوگیری از تنش یکباره در سطح کابل از رمپینگ الکترونیکی ولتاژ استفاده می‌شود تا در طی یک دوره زمانی، ولتاژ را از صفر به مقدار آزمون برسانند. در آزمون DC ولتاژ در مراحل تدریجی اعمال می‌شود، که معمولاً آن را ramping می‌نامند و بعد از هر افزایش مدت زمانی را مکث می‌کنند تا ظرفیت کابل و اتصالات قادر به جذب بار و ثبات نسبی (تثبیت جریان تخلیه و شارژ) باشد. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، پس از هر بار افزایش ولتاژ، جریان به شدت افزایش می‌یابد و سپس به یک مقدار پایدار و تثبیت شده کاهش می‌یابد. زمان لازم برای تخلیه جریان شارژ پس از هر مرحله، زمان تثبیت نامیده می‌شود. پس از گذشت زمان که تثبیت جریان اتفاق می‌افتد، جریان نشستی عایق نشان داده می‌شود. اگر مراحل اعمال ولتاژ خیلی بزرگ باشد، افزایش شدید و شارژ بالای جریان در هر پله یا مرحله ممکن است از حد فراتر رود، و این امر سبب تأخیر در زمان تخلیه و تثبیت جریان شارژ شود و ممکن است به مدار الکتریکی کابل آسیب بزند. از این رو، میزان ولتاژ و مدت زمان اعمال در هر پله یا مراحل باید به دقت با مشخصات فنی و ساختمانی و کاربردی کابل مطابقت داشته باشد.



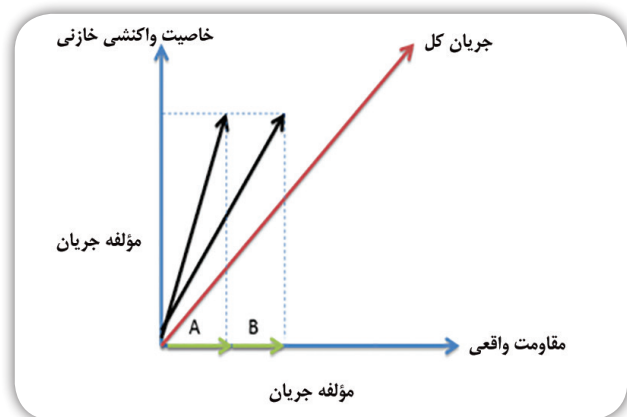
شکل ۵. نمودار شارژ جریان در آزمون ولتاژ DC

قوس الکتریکی و جرقه:

در آزمون استرس عایق‌های فشار قوی هیچگونه قوس یا جرقه‌ای نباید رخ دهد. اگر این اتفاق بیافتد، عایق در حال از بین رفتن

از آنجا که این دو مؤلفه جریان AC به صورت دو پارامتر جدا از هم هستند، به صورت پیچیده‌ای با هم ترکیب می‌شوند تا جریان کل را تشکیل دهند، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است. از آنجا که بزرگی دو مؤلفه می‌توانند از یکدیگر متفاوت باشند، نسبت جریان محصول با مقادیر زیادی از ظرفیت خازنی می‌تواند بدون اینکه توسط آزمایش تشخیص داده شود، به میزان قابل توجهی افزایش یابد.

همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، گاهی اوقات افزایش ۱۰۰٪ در جریان نشست باعث می‌شود جریان بسیار ناچیزی در حد (۱٪) در جریان کل افزایش به وجود بیاید و این در صورتی اتفاق می‌افتد که جریان کل دارای یک مؤلفه واکنشی بالا باشد. بنابراین در هنگام آزمون باید بتوان تغییر در جریان کل در یک کابل با ظرفیت خازنی بالا را تشخیص داد. آزمایش AC در سطح ولتاژ بالا نیز ممکن است برخی از عایق‌ها را تخریب کند. برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی، بیشتر تولیدکنندگان سعی می‌کنند از میزان ولتاژ مورد نیاز و مدت زمان اعمال این ولتاژ تجاوز نکنند و از تعداد آزمایش‌های انجام شده بر روی یک محصول معین استفاده کنند.



شکل ۴. نمودار آزمون AC هنگامی که کابل در ظرفیت خازنی بالا می‌باشد

$$\frac{RealB}{RealA} = \frac{200}{100} \rightarrow 100\% \text{ Chnge}$$

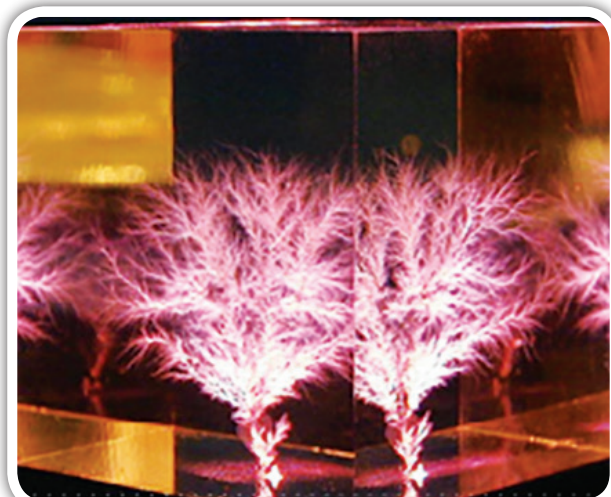
تغییر ۱۰۰ درصد در جریان نشست واقعی

$$\frac{TotalB}{TotalA} = \frac{101}{100} \rightarrow 1\% \text{ Chnge}$$

تغییر ۱ درصد در جریان کل



مطالعات موردی و پژوهشهایی در جهان انجام شد و به وجود پدیده درخت الکتریکی که موجب تضعیف محیط عایقی کابل می شود، پی برده شد. درخت الکتریکی یک پدیده پیش از شکست عایقی در عایقهای الکتریکی است و در حقیقت این پدیده یک روند مخرب است که در اثر تخلیه جزیی روی می دهد و در درون عایق الکتریکی تحت تنش به شکل شاخه های یک درخت پیشرفت می نماید. لازم به ذکر است که درختی شدن عایق یک روند رایج و منبع بروز خطاهای الکتریکی در کابلها می باشد. در شکل ۷ نمایی از یک پدیده درخت الکتریکی قابل مشاهده است.



شکل ۷. پدیده درخت الکتریکی در مرور زمان بر روی عایق

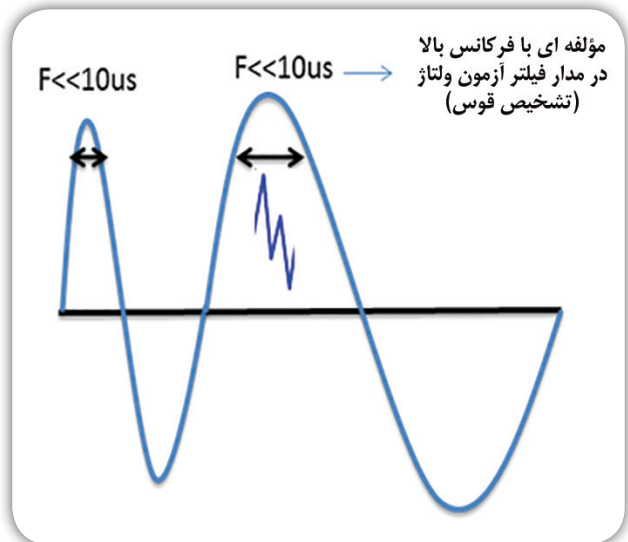
در محل ایجاد درخت الکتریکی عایق به شکل غیر قابل بازگشتی آسیب می بیند و در نتیجه وقوع شکست عایقی کاملاً محتمل و تنها تابعی از زمان خواهد بود.

اگر عایق کابل یکنواخت و همگن باشد توزیع شدت میدان الکتریکی در آن نیز یکنواخت خواهد بود. در صورتیکه عایق به صورت یکنواخت و همگن تولید نگردد نقاط آسیب پذیری روی سطح آن وجود خواهد داشت که در صورت اعمال ولتاژ بالا (آزمون Hi pot) و ایجاد تنش الکتریکی بزرگ به شدت آسیب دیده و به مرور زمان باعث شکست الکتریکی خواهد شد. به خصوص در هنگام آزمون DC که تنش الکتریکی بدون تغییر پلاریته و به صورت مستقیم به این نقاط ناهمگن اثر می کند و باعث تجمع بارهای الکتریکی اضافی در اطراف قسمت آسیب دیده می شود. این امر همچنین باعث می شود تا در اطراف نقاط با بارهای الکتریکی اضافی حرارت بیش از حد عایق را شاهد باشیم. که در بحث عیب یابی کابلها از این افزایش

است. بنابراین، یک آزمایش خوب باید قبل از بروز صدمه واقعی، وجود هر قوس را تشخیص دهد. قوس الکتریکی با تغییرات بسیار سریع در ولتاژ و جریان مشخص می شود. به دلیل این تغییرات سریع، قوس الکتریکی را می توان شناسایی کرد. این کار با استفاده از یک مدار فیلتر الکتریکی در تستر انجام می شود.

مدار فیلترینگ برای تشخیص قوس الکتریکی

این مدار بطور مداوم جریان جاری شده در کابل را کنترل می کند (که ممکن است AC یا DC باشد) و بزرگی و زمان انحراف از مقادیر عادی را بررسی می کند. اگر یک مؤلفه فرکانس بالا پیدا شود که بیش از مدت زمان مشخص باقی بماند، که ممکن است به اندازه ۱۰ میکرو ثانیه باشد، مدار این مؤلفه را به عنوان یک قوس تفسیر می کند و بلافاصله هشدار می دهد و آزمایش را خاتمه می دهد. قوسهایی که کمتر از ۱۰ میکروثانیه دارند، مضر نیستند. معمولاً می توان سطح آشکارسازی قوس را تنظیم کرد تا از خرابی کاذب قوس ناشی از تأثیرات محیطی مانند نویز برقی جلوگیری شود. Arcing می تواند ابزاری با ارزش برای ارزیابی عملکرد عایق و موانع دی الکتریک در یک محصول باشد. در حال حاضر هیچ استاندارد وجود ندارد که نیاز به استفاده از قوس در تعیین ایمنی یک محصول داشته باشد.



شکل ۶. نمودار فرکانسی مدار فیلتر تستر Hi pot

پدیده درخت الکتریکی

بروز عیب زودرس در کابلها موجب شد تا در سطح جهانی به مطالعه و بررسی دلایل پیری عایقها در کابلها پرداخته شود.

مؤثر ۲۵ ولت مشابه است. مقدار کمی شکل موج RMS در برق AC در نقطه Peak شکل موج سینوسی به مراتب بیشتر است. در حقیقت بین ولتاژ پیک اندازه گیری شده و مقدار RMS رابطه زیر وجود دارد $V_{rms} = \frac{V_{peak}}{\sqrt{2}}$ از آنجا این آزمون همواره با خطر همراه است، قبل از انجام آزمون لازم است برای ایمنی بیشتر شخص و تجهیزات تدابیری اندیشیده شود. و برای انجام آزمون طبق دستورالعمل کارخانه سازنده آن دستگاه خاص عمل گردد.

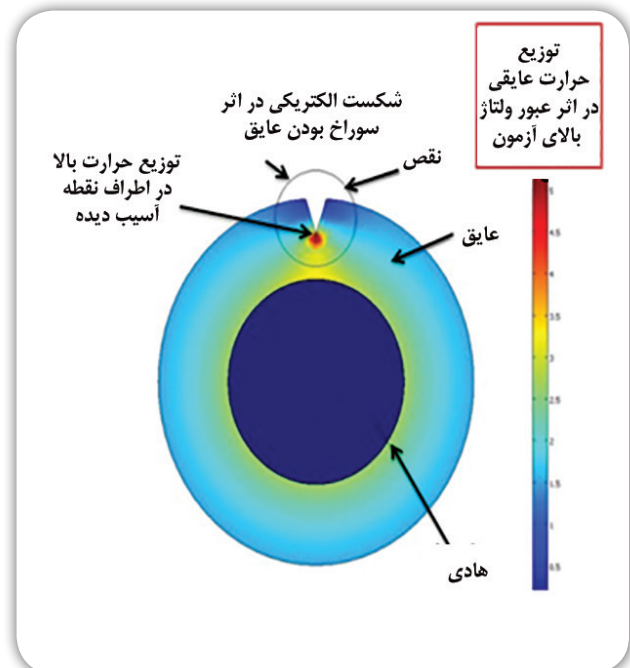
منبع:

1. ISISRI 3569-1
- 2- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um = 7,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)
- 3-Prof. Kalkner, R. Bach , Research and Development, Annual Report 1992, TU Berlin High Voltage Institute
- 4-REASERCH OF AC/DC HI POT TEST CHOROMA

پی نوشت:

1. Routin test
2. Sample tests
3. Type tests
4. High Potential
5. Arcing and spark
6. Defect
7. Root Mean Squared

حرارت حول نقاط آسیب دیده استفاده می شود. (حرارت بالا حول نقطه آسیب دیده باعث عدم تطابق امپدانس گردیده و محل عیب با این روش تشخیص داده می شود).



شکل ۸. توزیع حرارتی عایق در اثر آزمون Hi Pot با وجود آسیب (سوراخ) روی عایق

همانطور که در شکل فوق پیداست توزیع حرارتی عایق در نقطه آسیب دیده که با قسمت نارنجی مشخص شده است از نقاط دیگر عایق بیشتر است. در این نقطه آسیب دیده در اثر عبور ولتاژ بالای آزمون، شکست دی الکتریکی اتفاق افتاده است. بنابراین از مدل حرارتی عایق در آزمون Hi pot می توان برای بررسی برخی عیوب موجود در کابل استفاده کرد.

تفاوت بین شکل موج های AC

تفاوت بین شکل موج های AC و DC ما را مجبور به اعمال روشهای متفاوت برای انجام آزمون می کند. اصول انجام آزمون با روشهای فوق یکسان است و کفایت کاربر رابطه بین شکل موج DC و معادل AC آنرا محاسبه کند. شکل موج AC غالباً به صورت مقدار مؤثر (RMS) بیان می شود. توسط این مقدار مؤثر AC، مقدار انرژی مؤثر مشابهی مانند شکل موج شکل موج DC در یک ولتاژ مشابه فراهم می شود. به عنوان مثال مقدار انرژی مؤثر یک منبع ۲۵ ولت DC و یک منبع ولتاژ AC با مقدار ولتاژ



مقایسه انتشار دود کابل‌های تکمیل شده و اجزای کابل‌ها

ترجمه: مهندس امیدعلی شجاعی (کارشناسی ارشد برق - الکترونیک)

چکیده

به منظور تعیین انتشار دود کابل‌ها، روش‌های مختلف ارزیابی وجود دارد. بعضی از استانداردها روش آزمون دود را برای کل کابل و برخی دیگر برای ارزیابی مواد، عنوان می‌کنند. آزمایشات دود معمولاً برای اندازه‌گیری محو شدن نور ناشی از دود طراحی شده‌اند زیرا این امر باعث کاهش دید می‌شود. بیشتر آزمایش‌های دود از رابطه خطی معکوس، برای اهمیت بین دید و غلظت دود استفاده می‌کنند.

محفظه دود مطابق با ASTM D 2843 برای ارزیابی میزان دانسیته دود مواد پلیمری و مواد تشکیل دهنده کابل، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشاهدات مربوط به میزان جذب داخل محفظه (مکعب شکل) با ترسیم منحنی میزان انتشار دود نسبت به زمان، برای مدت زمان آزمون، ۴ دقیقه انجام می‌شود.

ابزار آزمون سه‌متری بر طبق استاندارد IEC 61034 برای اندازه‌گیری چگالی دود کابل‌های برقی مرسوم شده است. مشاهدات مربوط به میزان انتقال داخل محفظه (مکعب شکل) با ترسیم منحنی عبور نور نسبت به زمان، برای مدت زمان آزمون ۴۰ دقیقه انجام می‌شود. حداقل عبور در طول آزمایش پارامتری است که برای ارزیابی کابل استفاده می‌شود. این آزمون، مناسب‌ترین روش برای ارزیابی میزان کم دود بودن مواد مورد استفاده در کاربردهایی که بالقوه دارای خطرات بالایی هستند، می‌باشد. کابل‌ها بر اساس نوع غلاف بیرونی مورد استفاده در ساخت کابل طبقه‌بندی می‌شوند و انواع مختلف کابل‌ها عبارتند از: مقاوم در برابر شعله (FR)^۱، کم دود مقاوم در برابر شعله (FRLS)^۲ و بدون هالوژن و بازدارنده شعله (HFFR)^۳.

خاصیت کم دود بودن فقط برای غلاف بیرونی کابل متمرکز بود زیرا غلاف بیرونی پوشش محافظ کابل است و در ابتدا در معرض آتش قرار دارد. از این رو تولید کنندگان به دیگر اجزای قابل احتراق مانند پرکننده‌های داخلی غلاف، برای انتشار دود اهمیت زیادی نمی‌دهند. لذا تلاش شده است تا نتایج دود برای یک کابل تکمیل شده و اجزای مجزای کابل مقایسه شود.

کلید واژه‌ها

غلظت دود، کابل‌ها، موادها، عبور، جذب

مقدمه

اندازه‌گیری غلظت دود نتیجه مهمی در ارزیابی عملکرد سوختن کابل‌ها دارد زیرا مربوط به خارج کردن افراد و رسیدن آتش‌نشانی است. از آزمون غلظت دود برای اندازه‌گیری میزان دود تولید شده از مولد به روشی ساده و مستقیم در شرایط مشخص استفاده می‌شود. میزان کاهش دید در اثر دود ناشی از احتراق می‌تواند

به میزان قابل توجهی تحت تأثیر تغییرات کمیت و شکل ماده، رطوبت، دما و میزان اکسیژن قرار گیرد. غلاف بیرونی کابل‌ها به عنوان یک پوشش محافظ برای کابل‌های روکش‌دار عمل می‌کند، زیرا ماده اصلی است که ابتدا در معرض آتش قرار می‌گیرد. از این رو، خاصیت آتش‌سوزی ویژه مانند: مقاوم در برابر شعله، کم دود و بدون هالوژن بودن عمدتاً برای غلاف بیرونی کابل متمرکز

کامل تا انتشار ۱۰۰٪ درخشان ثبت نماید. مطابق قطر کابل تعدادی نمونه به طول یک متر انتخاب می‌شود. نمونه کابل ۱ متری در مرکز محفظه قرار داده شده و آتش اعمال می‌شود. منبع شعله شامل ۱ لیتر الکل است که ۷۰ میلی‌متر در زیر کابل‌های مستقر در حالت افقی برای مدت زمان ۴۰ دقیقه قرار دارد و تا ۵ دقیقه بعد از خاموش شدن منبع آتش، که کاهش انتقال نور وجود ندارد. حداقل انتقال نور ثبت می‌شود. نتیجه به صورت درصد انتقال نور بیان می‌شود.

اگر مقدار بیش از ۶۰٪ (حداقل) برای کابل‌های با روکش بیرونی FRLS باشد، نمونه این آزمون (IEC 61034-1 & 2) را پاس می‌کند. به طور معمول حداقل مقدار توصیه شده از انتقال برای کابل‌های با روکش بیرونی HFFR و LSZH (حداقل) ۸۰٪ است. هرچه میزان انتقال نور بیشتر باشد، دود کمتری در هنگام آتش‌سوزی ساطع می‌شود.

آزمون غلظت دود مواد

این روش آزمایش برای اندازه‌گیری و مشاهده مقادیر نسبی غلظت دود تولید شده توسط سوزاندن یا تجزیه پلاستیک‌ها استفاده می‌شود. این روش برای اندازه‌گیری ویژگی‌های تولید دود پلاستیک‌ها در شرایط کنترل شده از احتراق استفاده می‌شود. دستگاه آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است.

است. ارزیابی چگالی دود مواد، غلاف بیرونی کابل‌ها مطابق با ASTM D 2843 یا IS 13370 انجام می‌شود. این روش برای تعیین میزان احتراق مواد پلاستیکی تحت شرایط احتراق فعال و تجزیه در حضور شعله، مفید است. "آزمایش مکعب ۳ متری" تولید دود از کابل‌های الکتریکی در هنگام آتش‌سوزی را اندازه‌گیری می‌کند و این آزمایش طبق IEC 61034 انجام می‌شود. در این آزمون خاص نه تنها غلاف بیرونی بلکه سایر اجزای قابل احتراق نیز در معرض آتش هستند. مواد قابل احتراق دیگر غلاف داخلی، عایق و مواد پرکننده هستند. دود ناشی از یک یا چند کابل سوزان لزوماً با آزمایش اجزای منفرد منعکس نمی‌شود. در این مقاله کابل با روکش داخلی FRLS و روکش بیرونی FRLS در نظر گرفته شده است.

آزمون اتاق ۳ متری برای چگالی دود کابل‌های قدرت

این روش آزمایش برای تعیین چگالی دود کابل کامل است و دستگاه آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است. محفظه تراکم دود ۳ متری از یک مکعب ۳ متری ساخته شده از ورق‌های آلومینیومی با یک قاب فولادی نازک است. پرتوی نوری که از یک پنجره ساطع می‌شود، در داخل محفظه به یک فتوسل متصل به ضبط‌کننده در ضلع مخالف پنجره پیش‌بینی شده است. ضبط‌کننده طوری تنظیم شده است که از ۰٪ برای محو شدن (تاریک شدن)



شکل ۱. دستگاه آزمون دود مکعب سه متری



توسط دود انسداد می‌یابد و جذب نور افزایش می‌یابد. درصد نور جذب شده برای هر ۱۵ دقیقه در کل مدت زمان ۴۰ دقیقه ثبت می‌شود. چگالی دود نمونه مستقیماً با میزان جذب نور اندازه‌گیری شده متناسب است. داده‌های غلظت نور نسبت به زمان ترسیم می‌شوند. حداکثر چگالی دود نمونه بالاترین نقطه در منحنی است. کل دود حاصل از نمونه توسط ناحیه زیر منحنی دود داده می‌شود. مقدار چگالی دود یا میانگین چگالی دود بیانگر کل دود موجود در محفظه برای فاصله زمانی ۴۰ دقیقه است. از این رو مقدار چگالی دود، نسبت مساحت زیر منحنی به مساحت کل نمودار است.

نمونه آزمایش به اندازه $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ به مدت ۴ دقیقه در معرض شعله قرار می‌گیرد و دود بطور قابل توجهی در محفظه مسدود می‌شود. محفظه آزمایش با منبع نور، سلول فوتوالکتریک و متر اندازه‌گیری می‌شود تا میزان جذب نور به صورت افقی در طول مسیر پرتوی ۳۰۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری‌ها به‌منظور از دست رفتن انتقال از طریق یک حجم جمع‌آوری شده از دود تولید شده در شرایط کنترل شده انجام می‌شود. دستگاه به گونه‌ای ساخته شده است که می‌تواند در طول آزمایش شعله و دود مشاهده شود. در ابتدا با ایجاد دود، جذب نور صفر می‌شود و وقتی نمونه شروع به سوختن می‌کند،



شکل ۲. دستگاه آزمون غلظت دود برای مواد



شکل ۳. نمای کابل آزمون شده - آزمایش مکعب ۳ متری

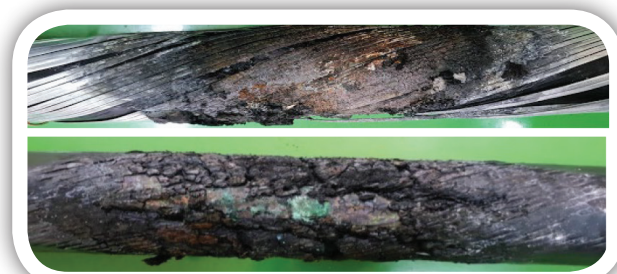
کار تجربی

یکی از سه نمونه کابل برای انتشار دود کل کابل به مدت ۴۰ دقیقه آزمایش شد. از آنجا که قطر این کابل انتخابی بیشتر از ۴۰ میلی متر است، فقط یک کابل به طول ۱ متر در محفظه آزمایش دود مکعب سه متری مورد آزمایش قرار گرفت. انتقال اولیه محفظه ۱۰۰٪ و در پایان مدت ۴۰ دقیقه آزمایش حداقل میزان مشاهده شده ۷٪ بود. اما مطابق استاندارد، انتقال نباید در مدت زمان ۴۰ دقیقه از ۶۰٪ فراتر رود. نمای مقطعی کابل آزمایش شده در شکل ۳ نشان داده شده است. نمای مقطعی کابل در شکل ۴ نشان داده شده است.



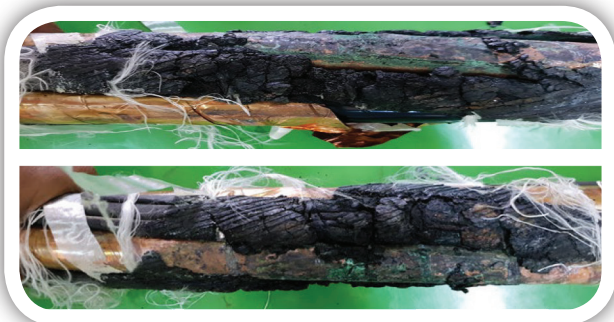
شکل ۴. نمای مقطعی مورد آزمون

به منظور ارزیابی یا مشاهده میزان سوختن اجزا به طور مجزا، غلاف بیرونی، زره و غلاف داخلی یک به یک برداشته می شود و نمای کابل سوخته بعد از برداشتن غلاف بیرونی و زره در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. میزان سوختن بعد از برداشتن غلاف بیرونی و زره

شکل ۶ نمای کابل سوخته را بعد از برداشتن غلاف داخلی نشان می دهد. از این شکل مشاهده می شود که از سه طرف پرکننده ها، دو طرف پرکننده ها در معرض آتش و سوختگی قرار دارند. زغال شدن و قطع شدن پرکننده ها به دلیل آتش سوزی مشاهده می شود.



شکل ۶. میزان سوختن پرکننده ها پس از برداشتن غلاف داخلی

شکل ۷ میزان سوختن پرکننده ها را به تنهایی نشان می دهد. سه مجموعه پرکننده در سه طرف کابل وجود دارد. در بین سه مجموعه پرکننده، یک مجموعه از پرکننده ها به هیچ وجه در معرض آتش سوزی نیستند و زغال نمی شوند. با این حال، دو مجموعه دیگر از پرکننده ها در قسمت میانی زغال شده اند. در یک مجموعه از پرکننده ها، یک پرکننده از اندازه کوچکتر و دیگری با اندازه بزرگتر است. این پرکننده ها از لوله های توخالی هستند. پس از جدا شدن پرکننده، نوار مسی وجود دارد که کاملاً روی اسکرین عایق کابل پیچیده شده است، از این رو اسکرین عایق و عایق XLPE زیر این نوار مسی بدون صدمه ماندند، که در شکل ۸ نشان داده شده است.

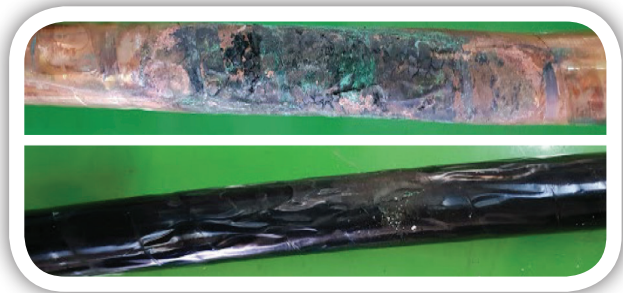


شکل ۷. میزان سوختن پرکننده های سه طرف



از جدول ۱ مشاهده شده است که میزان طول سوختگی غلاف بیرونی بیش از دو جزء دیگر است. لوله‌های پرکننده توخالی در داخل غلاف داخلی قرار داده شده‌اند، اما طول سوختگی لوله‌های پرکننده بیشتر از غلاف داخلی است. این طبیعت پخش کننده آتش را نشان می‌دهد. از توده ماده جداگانه، جرم غلاف داخلی در هر متر و ضخامت غلاف داخلی بسیار کمتر است. حجم این سه مؤلفه نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و از جدول کاملاً مشخص است که لوله‌های پرکننده حجم و جرم بیشتری از غلاف داخلی را دارند. به منظور ارزیابی چگالی کابل بدون غلاف بیرونی، غلاف بیرونی کابل به طول یک متر برداشته شد و طول یک متر کابل بدون غلاف بیرونی برای آزمایش غلظت دود مورد استفاده قرار گرفت. حداقل میزان انتقال مشاهده شده در طول آزمون ۴۰ دقیقه ۵٪ است.

شکل ۹ روند کاهش انتقال برای کابل کامل و کابل بدون غلاف بیرونی را در مدت زمان آزمایش ۴۰ دقیقه نشان می‌دهد. از این نمودار مشخص است که ماهیت کاهش انتقال در مورد کابل بدون غلاف خارجی بسیار سریعتر از کابل کامل است.

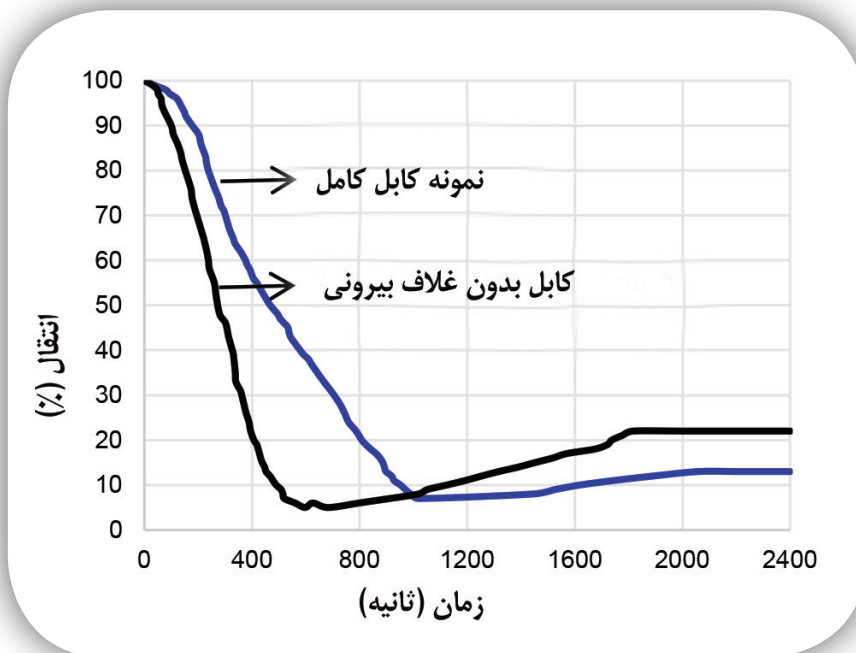


شکل ۸. نمایانگر هیچ گونه صدمه‌ای در زیر نوار مس نیست

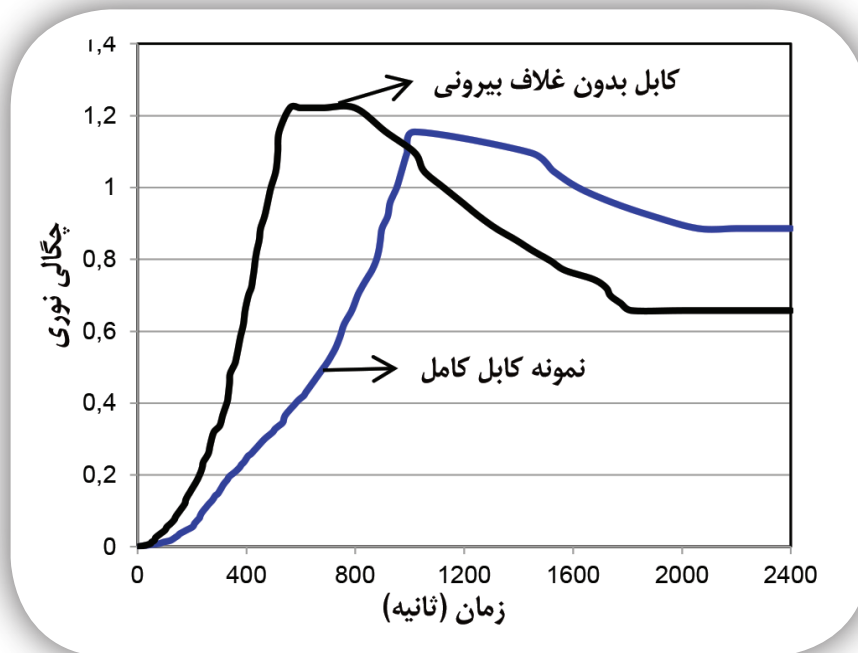
در شکل‌های فوق مشاهده شده است که اجزای قابل احتراق کابل که در معرض آتش هستند، غلاف بیرونی، غلاف داخلی و پرکننده‌ها هستند. میزان سوختن، جرم و حجم این سه مؤلفه کابل آزمایش شده به شرح ذیل در جدول ۱ است.

جدول ۱. مقایسه سه مؤلفه کابل

اجزای کابل	طول زغال شده (mm)	جرم مواد (kg)	حجم مواد (ml/m)
روکش بیرونی	۳۵۰	۱/۳۲	۸۵۰
روکش داخلی	۱۸۰	۰/۴۴	۳۰۰
فیلر	۲۳۰	۱/۱۹	۶۹۰



شکل ۹. طرح انتقال w.r.t نسبت به زمان



شکل ۱۰. طرح چگالی نوری W.I.t نسبت به زمان

مواد استفاده می‌شود و یک آزمایش در مقیاس کوچک برای ارزیابی چگالی دود مواد کابل در نظر گرفته می‌شود. به طور معمول این آزمون چگالی دود فقط برای غلاف بیرونی پوشش‌های خارجی FRLS یا مواد عایق بیرونی انجام می‌شود. در این مقاله، از آنجا که سه مؤلفه (غلاف بیرونی، غلاف داخلی و پرکننده) در معرض آتش‌سوزی قرار گرفته و دود را در آزمایش دود ۳ مترمکعب کابل آزاد می‌کنند و انتقال را به صفر می‌رسانند. چگالی دود اجزای جداگانه برای سه مؤلفه مطابق با ASTM D 2843 بررسی می‌شود. هر سه مؤلفه در ابعاد $25/4 \text{ mm} \times 25/4 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ قالب‌ریزی شده و آزمایش انجام می‌شود. نتایج آزمایش چگالی دود مؤلفه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. تراکم دود اجزای کابل

اجزای کابل	ماکزیمم غلظت دود (%)	غلظت دود مجاز (%)
روکش بیرونی	۸۹/۴	۵۸/۹
روکش داخلی	۸۳/۱	۵۵/۴
فیلر	۸۶/۰	۵۹/۹

۱- چگالی نور $A_m = \text{LOG}_{10} (T_0/\%T)$ که اینجا T_0 انتقال اولیه (%) و T انتقال (%) است

۲- تراکم نوری برای اندازه‌گیری واحد $(A_0) = (V + A_m)/(k + l)$ حجم V ، طول مسیر نور و k طول کابل حداکثر مقدار A_0 کابل ۱۰.۴ محاسبه شده است.

شکل ۱۰ نمودار چگالی نوری کابل بدون غلاف خارجی و کابل کامل را نشان می‌دهد. چگالی نوری مستقیماً با انتشار دود متناسب است. از این امر بدیهی است که رهاشدن دود از کابل بدون غلاف بیرونی بسیار سریعتر از کابل کامل است. انتشار دود کابل با حضور غلاف خارجی کنترل می‌شود. از این رو، غلاف بیرونی همیشه به عنوان یک لایه محافظ برای کابل تلقی می‌شود و خاصیت مقاومت در برابر شعله و کم‌دود بودن فقط بر روی ماده غلاف بیرونی متمرکز است. در این آزمون تراکم دود در مقیاس واقعی، حتی اگر کابل از غلاف بیرونی FRLS تشکیل شده باشد، نتیجه آزمایش مطابق با استاندارد نیست. زیرا در این آزمون، شعله نه تنها غلاف خارجی بلکه اجزای دیگر کابل را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این رو این آزمایش خاص نیاز به کنترل ویژگی‌های آتش و دود سایر مواد کابل نیز دارد.

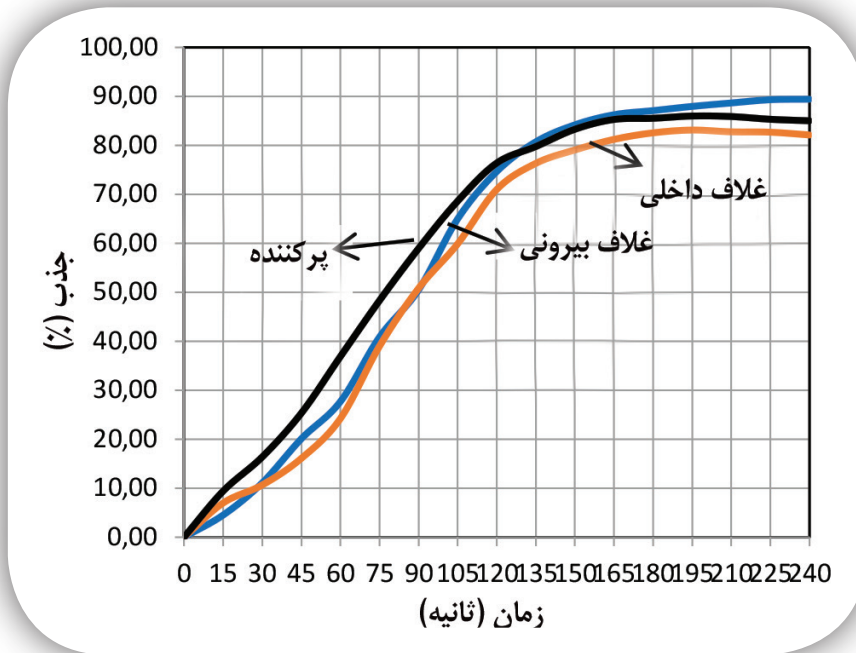
چگالی دود ترکیبات

آزمون دود خاص طبق ASTM D 2843 برای مرحله اولیه انتخاب

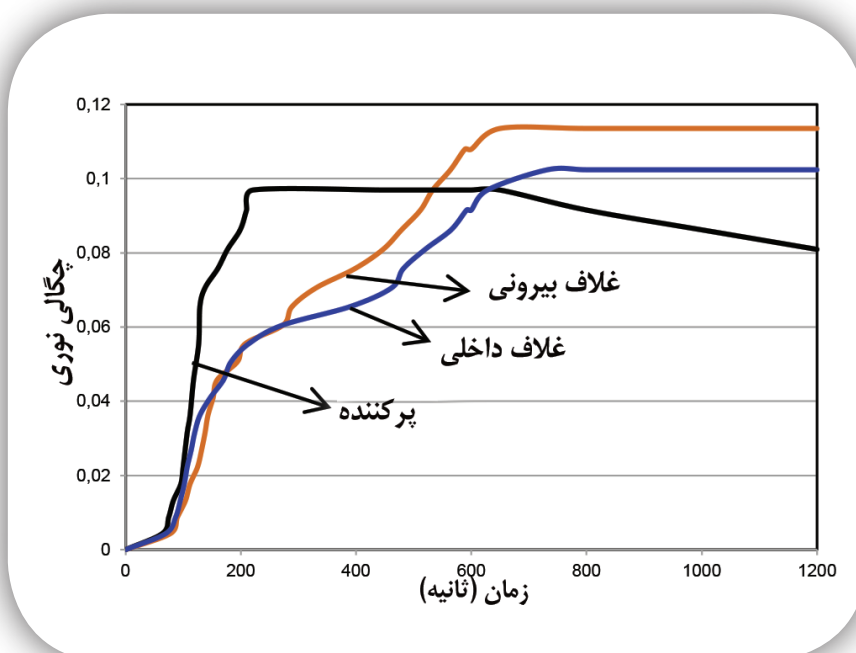


بدیهی است که بطور جداگانه، دود ساطع شده از سه مؤلفه در آزمایشی مطابق با ASTM D 2843 در همان محدوده قرار دارد. میانگین چگالی دود غلاف‌های بیرونی، پرکننده و غلاف داخلی، نیاز مواد FRLS را به صورت جداگانه برآورده می‌کند.

دو شاخص که برای مقدار مجاز مواد استفاده می‌شود حداکثر دود تولید شده و چگالی دود مجاز است. از جدول ۲ می‌توان فهمید که تفاوت زیادی در مقدار چگالی دود در هر سه ماده وجود ندارد. و چگالی متوسط دود در هر سه ماده نیز تفاوت چندانی ندارد. شکل ۱۱ نمودار چگالی دود هر سه ماده را نشان می‌دهد. از این



شکل ۱۱. نمودار چگالی دود اجزای مجزا



شکل ۱۲. نمودار چگالی نوری اجزا

سوختن در شرایط جوی کنترل شده پشتیبانی می‌کند. همچنین ویژگی‌های مقاومت در برابر انتشار شعله مواد را تشریح می‌کند.

جدول ۴. ویژگی‌های تأخیر شعله اجزای کابل

اجزای کابل	محتوای هالوژن (%)	شاخص اکسیژن (%)	طبقه از دسته شعله عمودی
روکش بیرونی	۱۳/۸	۳۵/۲	V-۰
روکش داخلی	۱۲/۸	۳۴/۰	V-۰
فیلر	۹/۸۳	۳۱/۵	V-۰

در جدول ۴، بدیهی است که مواد مجزا از جمله مواد پرکننده با توجه به محتوای هالوژن و همچنین خاصیت مقاومت در برابر انتشار شعله نتایج خوبی را به نمایش می‌گذارند. در مقایسه با غلاف بیرونی و غلاف داخلی، مقدار کمی از میزان اکسیژن ایندکس به میزان ۳۱/۵٪ وجود دارد، اما با این وجود آن را نیز مطابق با مواد طبقه FRLS برآورده می‌کند. این سه ماده همچنین برای آزمون قابلیت اشتعال شعله عمودی تحت آزمون اشتعال پذیری UL 94 قرار می‌گیرند. در آنجا از مواد با اندازه $۱۲۵\text{mm} \times ۱۳\text{mm} \times ۳\text{mm}$ به صورت عمودی سوار شده و شعله ۱۰ ثانیه برای دو بار استفاده می‌شود. بسته به زمان شعله پس از حذف منبع شعله و ماهیت چکه کردن مواد، آنها به سه دسته V_0 ، V_1 ، V_2 طبقه‌بندی می‌شوند. از بین سه دسته V_0 از مواد به عنوان بهترین ماده‌ای که دارای بهترین خاصیت ضد حریق است، برخورد می‌شود. از جدول ۳، تمام مواد به عنوان مواد V-0 طبقه‌بندی می‌شوند.

تجزیه و تحلیل نتایج

از نتایج آزمایش دود کابل کامل و مواد جداگانه، فهمیده می‌شود که این مواد نیاز به آزمایش دود به عنوان یک ماده FRLS فردی را برآورده می‌کنند. اگرچه این مواد از دسته FRLS هستند، اما وقتی آزمون چگالی دود کابل در مقیاس واقعی است، کابل مورد نیاز را برآورده نمی‌کند و دید در طول آزمایش تقریباً در مدت زمان ۴۰ دقیقه به صفر می‌رسد. محتوای هالوژن هر سه ماده نیز در مقدار مورد نیاز مواد FRLS است. ویژگی‌های اشتعال‌پذیری و مقادیر شاخص اکسیژن سه ماده به خوبی در محدوده مواد FRLS است. با این حال، هنگامی که کل کابل طبق روش آزمون دود IEC 61034 مورد آزمایش قرار می‌گیرد، این روش آزمایش خاص دقیق و مؤثر است و دود ساطع شده از کل کابل را آنالیز می‌کند.

بر طبق BS 6853 روش چگالی دود دیگری وجود دارد که برای انتخاب مواد کابین قطار مسافربری قابل استفاده است. در این آزمایش محفظه مورد استفاده چیزی نیست جز محفظه آزمون دود مکعب ۳ متر. اصل آزمایش و مشاهده میزان انتقال نور همه مانند اتاق آزمایش IEC 61034 است. اما در این روش پنج نوع آزمایش مختلف دود مانند آزمون مقیاس کوچک، آزمون پانل، آزمون کف‌پوش، آزمون صندلی و آزمون کابل با استفاده از همان اتاق انجام می‌شود. آزمون کابل چیزی جز آزمایش IEC 61034 نیست. در مورد مواد، آزمایش مقیاس کوچکتری مورد استفاده قرار می‌دهد، که در آن اندازه نمونه آزمایش $۱۴۰\text{mm} \times ۶۰\text{mm} \times ۳\text{mm}$ و منبع آتش استفاده شده الکل است. برای نصب نمونه از سیم حصیری ۲۵ میلی‌متر مشبک استفاده شده و نمونه در فاصله ۱۷۵ ± ۵ میلی‌متر از سطح سوخت مانند مورد آزمون کابل سوار می‌شود.

سه ماده غلاف بیرونی، غلاف داخلی و مواد پرکننده به ابعاد قالب $۱۴۰\text{mm} \times ۶۰\text{mm} \times ۳\text{mm}$ ساخته شده‌اند و مطابق با BS 6853 مورد آزمایش در مقیاس کوچک قرار می‌گیرند. نتایج در جدول ۳ ذکر شده است. برای محاسبه A_m و A_0 از فرمول (۱) و (۲) استفاده شده است، با این حال K جرم نمونه در گرم است. شکل ۱۲ نمودار چگالی نوری سه جزء را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار چگالی نوری هر سه ماده در یک محدوده است. با این حال مشاهده می‌شود که نمونه پرکننده در مقایسه با غلاف بیرونی و غلاف داخلی به سرعت در حال سوختن هستند.

جدول ۳. نتایج دود اجزای کابل (آزمون مقیاس کوچک BS 6853)

اجزای کابل	حداقل انتقال (%)	حداکثر مقدار تراکم نوری برای واحد اندازه‌گیری (A_m)	محاسبه مقدار
روکش بیرونی	۷۷	۰/۱۱۳۵	۰/۰۲۱۵
روکش داخلی	۷۹	۰/۱۰۲۴	۰/۰۲۳۰
فیلر	۸۰	۰/۰۹۶۹	۰/۰۱۸۶

قابلیت اشتعال و خصوصیات هالوژن اجزای سازنده

محتوای هالوژن، شاخص اکسیژن و تأخیر در شعله هر سه مؤلفه نیز برای ارزیابی محتوای هالوژن و ویژگی‌های قابلیت اشتعال مواد جداگانه ارزیابی می‌شوند و نتایج آزمایش در جدول ۴ آمده است. شاخص اکسیژن مقدار اکسیژن مورد نیاز برای تولید ماده‌ای که از



چگالی نوری مشخص شد که ماده پرکننده نسبت به دو نمونه دیگر از طبیعت سوزاننده بالایی برخوردار است. همچنین در چگالی دود کابل کامل نیز مشاهده شد که طول زغال شدن پرکننده بیشتر از طول غلاف داخلی بود. این آزمون در مقیاس کوچک ASTM D 2843 یا BS 6853 اکنون فقط برای آزمون‌های معمول مانند کنترل کیفیت و برای ارزیابی اولیه مواد توصیه می‌شود. برای آزمایشات نوعی انجام آزمون مقیاس بزرگ بر روی یک کابل معمولی مانند آزمایش مکعب ۳ متری ضروری است. این شرایط تقریباً مشابه آزمایش برای ویژگی‌های انتشار شعله است که در آن آزمون‌ها بر روی مواد یا کابل‌های منفرد به عنوان آزمون نوعی ناکافی هستند و آزمون مقیاس واقعی مانند آزمون قابل اشتعال بودن روی کابل‌ها به عنوان بخشی از آزمون نوعی برای کابل‌های FR & FRLS درج شده است.

نتیجه

از این مطالعه به نکات زیر می‌توان رسید:

- ۱- روش‌های آزمون دود کابل کامل و مواد مجزا با یکدیگر ارتباط ندارند.
- ۲- حتی اگر تمام مواد کابل واجد شرایط آزمایش دود در مقیاس کوچک باشند، کابل ممکن است آزمون مقیاس بزرگ را پاس کند یا نکند.
- ۳- از این رو توصیه می‌شود که آزمون مقیاس بزرگ را به عنوان بخشی از آزمون نوعی درج کنید.

منابع

- [۱] IEC 61034-2: اندازه‌گیری چگالی دود کابل‌هایی که در شرایط معین می‌سوزند
- [۲] ASTM D 2843: روش آزمون استاندارد برای چگالی دود ناشی از سوختن یا تجزیه پلاستیک
- [۳] ASTM D 2863: روش آزمون استاندارد برای اندازه‌گیری حداقل غلظت اکسیژن برای تقویت احتراق شمع - گونه مواد (شاخص اکسیژن)
- [۴] IEC 60754-1: آزمایش گازهای تکامل یافته در هنگام احتراق مواد کابل‌ها - تعیین میزان گاز اسید هالوژن
- [۵] UL 94: آزمون‌های قابلیت اشتعال مواد پلاستیکی برای قطعات در دستگاه‌ها و لوازم خانگی.
- [۶] BS 6853: آیین‌نامه اقدامات احتیاطی در مورد آتش‌سوزی در طراحی و ساخت قطارهای حامل مسافر

پی‌نوشت:

1. Fire Retardant
2. Fire Retardant Low Smoke
3. Halogen Free Flame Retardant

علاوه بر این، ویژگی‌های دود مواد مجزا با نتیجه آزمایش دود کابل کامل به عنوان یک روش آزمون مقیاس واقعی ارتباط ندارد. در مورد آزمایش اکسیژن ایندکس نیز مقدار اکسیژن ماده پرکننده در مقایسه با مواد غلاف داخلی و خارجی ۳۴٪ و ۳۵/۲٪ مقدار کمی است (۳۱/۵٪). این شاخص خاص، ویژگی‌های مهارکننده شعله را توضیح می‌دهد یا اینکه سوختن مواد در شرایط جوی چقدر دشوار است. از این رو از نتایج مشاهده شده بدیهی است که مواد پرکننده دارای ویژگی‌های مقاومت در برابر شعله پایین‌تری نسبت به هر دو ماده غلاف است. این ویژگی کمبود شعله پرکننده در آزمون دود در مقیاس واقعی نیز مشاهده شد. میزان سوختن پرکننده بیشتر از غلاف داخلی نمونه کابل بود، حتی اگر پرکننده درون غلاف داخلی نمونه قرار داشته باشد.

همچنین در استاندارد ASTM D 2843، بیان شده است که روش‌های آزمون دود هیچ ارتباطی گسترده با یکدیگر نشان نداده‌اند. دود ناشی از یک یا چند کابل سوزاننده الزاماً با آزمایش اجزای جداگانه منعکس نمی‌شود و بنابراین، روش آزمایش طبق IEC 61034 برای کل کابل توصیه می‌شود.

دو روش آزمون دود ASTM D 2843 و IEC 61034 در شرایط زیر مطابق جدول ۵ با یکدیگر متفاوت هستند. از جدول ۵ به دست می‌آید که هر دو روش آزمون دود ASTM & IEC 61034 در همه ابعاد آزمون متفاوت هستند. روش و اندازه‌گیری و نمونه‌گیری. از این رو همبستگی یک به یک برای این دو روش امکان‌پذیر نیست.

جدول ۵. مقایسه روش‌های آزمون دود

ردیف	الزامات آزمون	ASTM D 2843	IEC 61034
۱	نمونه مورد استفاده	مواد به ابعاد ۲۵/۴×۲۵/۴×۶mm	کابل به طول یک متر
۲	سایز محفظه	۳۰۰×۳۰۰×۷۹۰mm	۳×۳×۳m
۳	طول مسیر نور	۳۰۰mm	۳m
۴	سوخت	گاز پروپان	الکل
۵	مدت زمان آزمون	۴ دقیقه	۴۰ دقیقه
۶	اندازه‌گیری دود	از نظر جذب نور	از نظر انتقال نور
۷	نوع آزمون	مقیاس کوچک	مقیاس بزرگ
۸	الزامات	حداکثر غلظت دود مجاز ۶۰٪	حداقل انتقال ۶۰٪

هنگامی که اجزاء مطابق BS 6853 آزمایش شده‌اند، آزمون مقیاس کوچک با همان محفظه‌ای یک محفظه مکعب ۳ متری، هر سه ماده تقریباً دارای مقادیر مشابه چگالی نوری هستند. از نمودار

فناوری کوانتک

ترجمه: مهندس سید محمد سیدقیاسی (کارشناس برق)، دکتر سهیلا داوری (دکترای شیمی)

چکیده

حدود شصت و پنج سال پیش، باس سیستم کمپاند کردن جدیدی را برای صنعت سیم و کابل ابداع و معرفی کرد که در آن برای اختلاط بهتر از مارپیچی که علاوه بر حرکت پیچشی در جهت عقب و جلو حرکت رفت و برگشت نیز انجام می‌داد، استفاده شده بود. بعد از آن هر چند کارهایی در جهت بهبود این روش صورت گرفت ولی اساس کار ثابت ماند. تا اینکه نهایتاً ماشین کوانتک یک روش کاملاً متفاوت و جدید برای اختلاط بهتر و افزایش خروجی ارائه نمود.

اهداف اصلی این روش جدید را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- افزایش ۲ تا ۳ برابری خروجی مواد با همان اندازه دستگاه

- افزایش قابلیت سرعت خوراک‌دهی

- حذف تغذیه‌کننده کرامر^۱

- کاهش فضای لازم و هزینه تمام شده نصب

در پاسخ به نیاز صنعت کمپاندینگ، سری جدید ماشین کوانتک توانسته است به‌طور قابل توجهی عملکرد ماشین قبلی نیدرباس^۲ را بهبود بخشد. این سیستم جدید نیدرباس مخصوص برای PVC، فیلم‌هایی که به روش غلتکی تولید می‌شوند، کابل و پودرهای پوششی که به اثرات برشی حساس هستند، بسیار عالی عمل می‌کند.

این مقاله به آن بخش که به کمپاند کردن PVC برای سیم و کابل با این دستگاه مربوط می‌شود و نیز نتایج بهبودهای انجام گرفته، بیشتر خواهد پرداخت.

کلید واژه: دستگاه کمپاند کردن، روکش، عایق، کمپاند، PVC

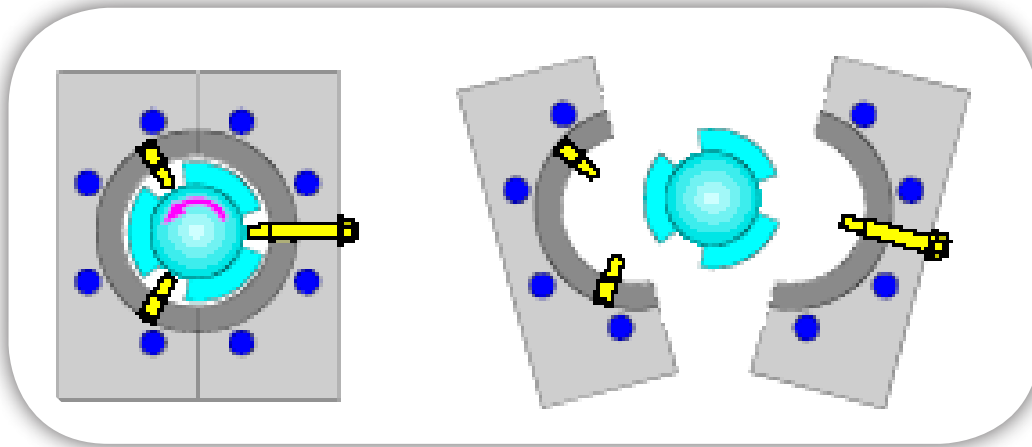
مقدمه

در سال ۱۹۴۵ نخستین پتنت^۳ آلمانی توسط هینزلیست^۴ که اختراع خود را کونیدر^۵ نامید، ارائه شد. در سال ۱۹۴۶ اولین نسل کونیدر ساخته شده و در سال ۱۹۴۷ دو عدد از این ماشین‌ها فروخته شد، که یکی برای مخلوط کردن خمیر ماسه و دیگری برای مخلوط کردن مواد شکلاتی بود. در سال ۱۹۵۰ اولین خط برای کمپاند کردن PVC فروخته شد و در همان سال اولین دستگاه PVC برای صنعت سیم و کابل به کارخانه زیمنس رفت. از آن تاریخ به بعد باس بیش از ۳۰۰ دستگاه در سرتاسر جهان برای صنعت کابل‌سازی

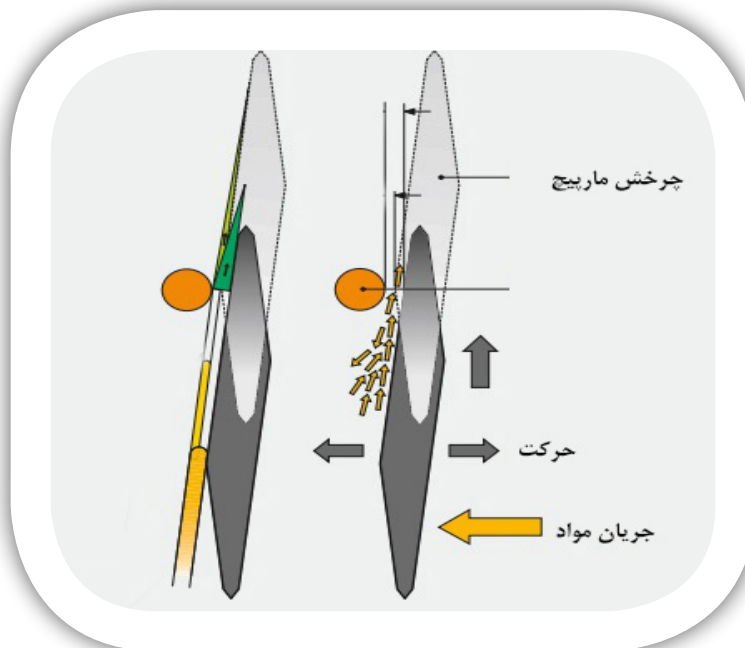
نصب کرده است.

نیدرباس، مخلوط‌کنی است که به‌طور پیوسته کار می‌کند و در آن مارپیچ همزمان دو حرکت انجام می‌دهد، یکی حرکت پیچشی و دیگری حرکت در جهت عقب و جلو با سرعت بالا. مارپیچ با موج یا پیچ‌های غیر ممتد طوری طراحی شده است که سه منطقه مساوی که در آن دگرگونی مذاب صورت می‌گیرد، به‌وجود می‌آورد. در طول دیواره سیلندر سه عدد پین که در فضای کروی یکسان ازهمدیگر قرار گرفته‌اند تعبیه شده است. (شکل ۱)

مارپیچ نیدر دو حرکت پیچشی و ارتعاشی (حرکت به عقب و جلو



شکل ۱. حالت باز و بسته سیلندر نیدر



شکل ۲. برهم کنش بین پین و مارپیچ

از آنجایی که دمای سیلندر و مارپیچ توسط مایع ثابت نگه داشته می‌شود، دمای مذاب حتی برای موادی که به حرارت حساس هستند به خوبی قابل کنترل است. بنابراین در اثر دگرگونی مذاب در محل طلاق امواج با پین‌ها، پلیمر فشار خیلی کمتری را تحمل می‌کند در نتیجه ما در طول مارپیچ پیک‌های تنش برشی را نخواهیم داشت و کنترل دما، تضمین شده خواهد بود. از آنچه که گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که مخلوط کن نیدر برای پلیمرهایی که به دما حساس هستند و نیز افزودنی‌ها و پرکننده‌هایی که

با سرعت بالا) دارد. مواد بین ماردون در حال حرکت و پین‌های ثابت، به خوبی مخلوط می‌شوند. محل برخورد هر پین با موج مارپیچ همانند دو رل میل^۶ عمل می‌کند و باعث اختلاط هر چه بیشتر مواد بین آن‌ها می‌شود. (شکل ۲)

این پدیده چندین بار در طول سیلندر در محل برخورد هر پین با موج‌های ماردون اتفاق می‌افتد. در نتیجه باعث اختلاط فوق العاده مواد شده و این امکان را فراهم می‌کند تا حد امکان طول سیلندر کوتاه گردد. (L/D) دستگاه‌های باس نیدر ۲۰ - ۸ هستند.

قسمت‌های تغذیه، انتقال و از همه مهم‌تر در طراحی موج‌های روی ماردون جلو و عقب رونده نیدر صورت گرفت.

مارپیچ با شکل هندسی جدید

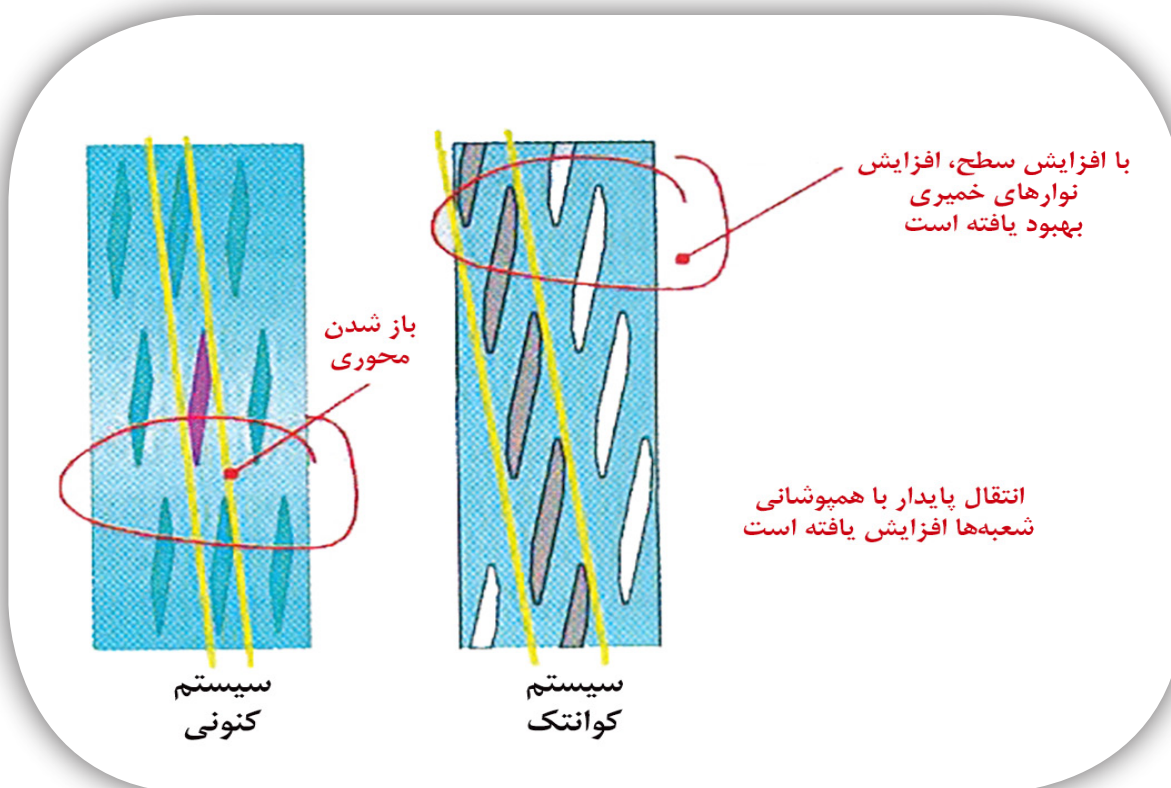
یک ماشین با چهار موج، پیشرفت جدیدی بود که اگر تغییرات اصلی می‌توانست به باس نیدر تبدیل شود احتمالاً از خود اختراع اهمیت بیشتری می‌یافت. به جای سه موج روی مارپیچ و سه فضا برای دگرگونی مذاب اکنون چهارتا وجود داشت. به هر حال فضاهای خالی در حالت سه موجی زیاد طولانی نیست و با بکارگیری چهار موج همپوشانی بین موج‌ها ایجاد خواهد شد و در نتیجه فضاهای خالی از بین خواهند رفت. همچنین متناسب با طرح چهار موجی، به جای سه پین، چهار پین در سیلندر تعبیه شده است. حال مواد از مجراهایی عبور می‌کنند که در آن‌ها امکان برگشت به عقب وجود ندارد (شکل ۳). شکل مارپیچ‌های سیستم قدیمی و کوانتک در شکل ۴ آورده شده است.

مزیت این آرایش همپوشانی این است که باعث افزایش قدرت

در اثر دما واکنش‌پذیرند و به‌ویژه برای کمپاندهایی که به برش حساسند بسیار مناسب است. همانطور که گفته شد به دلیل ماهیت کار دستگاه نیدر، فشار در طول سیلندر پایین بوده و برای تبدیل مذاب به حالت پلت (یک مرحله قبل از برش به صورت گرانول)^۲ یک بخش یا سیستم خاصی مورد نیاز است. این کار با یک تک ماردون کوتاه یا پمپ دنده‌ای انجام می‌گیرد. در این ماردون L/D برابر ۳ بوده و در امتداد ماردون اصلی دستگاه و یا عمود بر آن نصب می‌گردد همچنین این ماردون کوچک می‌تواند نقش گاززدائی یا حتی مخلوط کردن مجدد را ایفا کند.

پیشرفت‌های جدید

هدف اصلی افزایش ظرفیت تولید دستگاه بود. با بهینه کردن فناوری قسمت‌های مختلف دستگاه در مراحل تغذیه، انتقال، منطقه برش و اختلاط همگن این کار باید صورت می‌گرفت. آزمون‌های متعددی در جهت بالا بردن کارایی توزیع عملیات مخلوط کردن صورت گرفته بود. دستگاه هم‌چنین طوری طراحی شده بود که سیلندر به راحتی به صورت دو تکه از هم باز می‌شد. ابداعاتی در



شکل ۳. ترتیب قرار گرفتن موج مارپیچ در سیستم قدیم و جدید



WKG / MKS

سیستم قدیمی



کوانتک



شکل ۴. شکل ماریچ در سیستم قدیم و جدید

نام دارد و در آن سیلندر به صورت دو تکه به راحتی باز و تمیز می شود، طراحی نمود. دما به طور یکنواخت توسط گردش مایع در دور سیلندر از طریق کانال هایی که برای این منظور تعبیه شده کنترل می شود. برای رسیدن هر چه زودتر به دمای کاری، مایع گرم کننده، قسمت های مختلف دستگاه را گرم می کند. این کار باعث صرفه جویی در مصرف انرژی و نیز کاهش ضایعات هنگام راه اندازی دستگاه شده و گاززدایی که به ویژه در سرعت های بالا اهمیت خاصی دارد توسط یک تیوپ که در محل بین خروجی نیدر و ورودی ماردون کوچک قرار دارد، انجام می گیرد. در دستگاه، قسمت هایی که در آن فرآیند مواد صورت می گیرد به طور کامل از قسمت اعمال کننده فشار برای پلت سازی جدا شده است. به عبارت دیگر بعد از انجام مرحله میکس و اختلاط همگن، مواد وارد ماردون کوتاه با پیچ هایی با عمق ثابت شده و در آنجا با اعمال فشار روی کمپاند عملیات پلت شدن^۸ صورت می گیرد. سرعت ماردون در این طرح جدید می تواند به ۷۵۰ rpm برسد. L/D کوانتک ۱۰ است و همه عملیات اختلاط اولیه، انتقال مواد، ذوب، کمپرس، مخلوط کردن و اختلاط همگن در این طول انجام می گیرد. این مسئله، کنترل دما و حرارت در کمپاند کردن PVC را که جزو ضروریات است تضمین می کند.

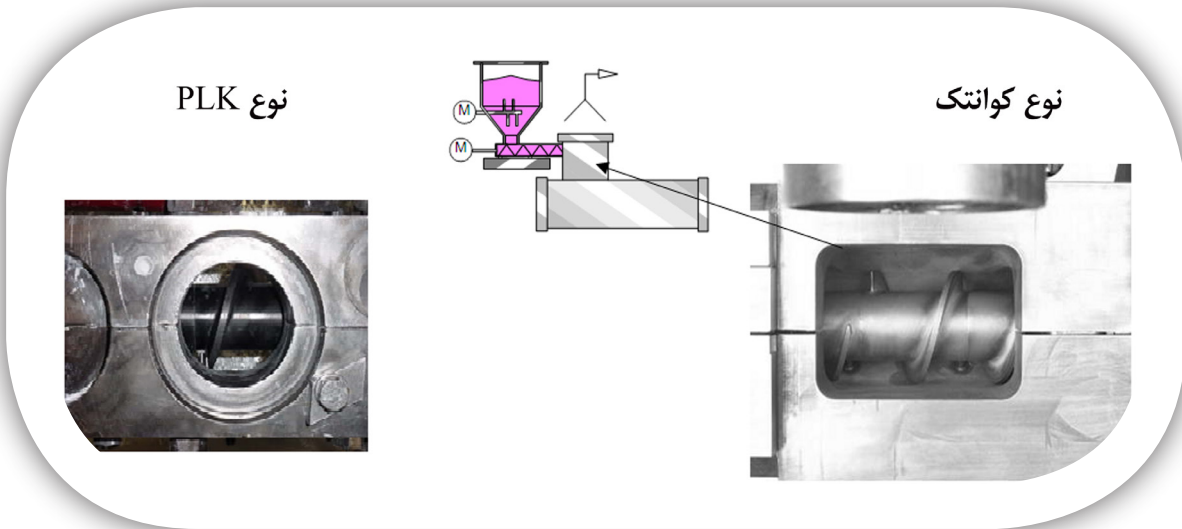
انتقال یا هدایت مواد به جلو شده و نیز تعداد مناطق برشی در طول ماردون نسبت به قطر آن افزایش می یابد. به علاوه با شکل ۴ موج همگن و مؤثر بیشتری به دست می آید.

ورودی مواد

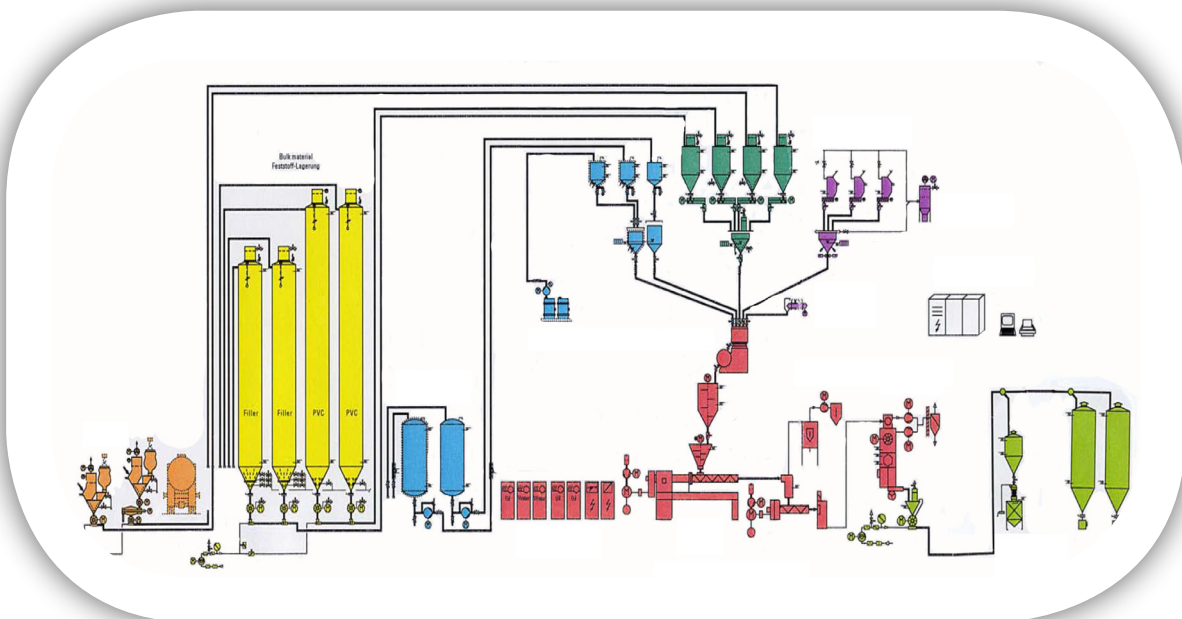
ورودی مواد برای مواد خام که به صورت پودر با دانسیته پایین هستند، در نظر گرفته شده بود. محل ورود مواد طوری طراحی شده بود که مواد آزادانه و بدون اعمال هیچ نیرویی وارد سیلندر شوند. طرح جدید شامل یک ورودی با سطح مقطع بزرگ تر (شکل ۴)، یک ماریچ جدید با عمق موج بیشتر در ورودی و مخزنی با سوراخ مناسب جهت جریان آزادانه پودر بدون نیروی کمکی است. در نتیجه ماردون کرامر برای هل دادن مواد به داخل سیلندر، نیاز به طول بیشتر نداشته و فشار روی شفت بسیار پایین، در نتیجه طول عمر کرامر بالا و بدون نشست پودر عمل می کند.

نقاط برجسته فناوری تولید

چون مواد خام با نیروی وزنی خود وارد سیلندر می شوند و هیچ فشار اضافی وجود ندارد در نتیجه درزبندی خوبی در محفظه نیدر وجود دارد. بنابراین می توان سیلندر را به صورت خاص که clamshell



شکل ۵. شمای قسمت ورودی مواد ومقایسه سیستم قدیمی با جدید

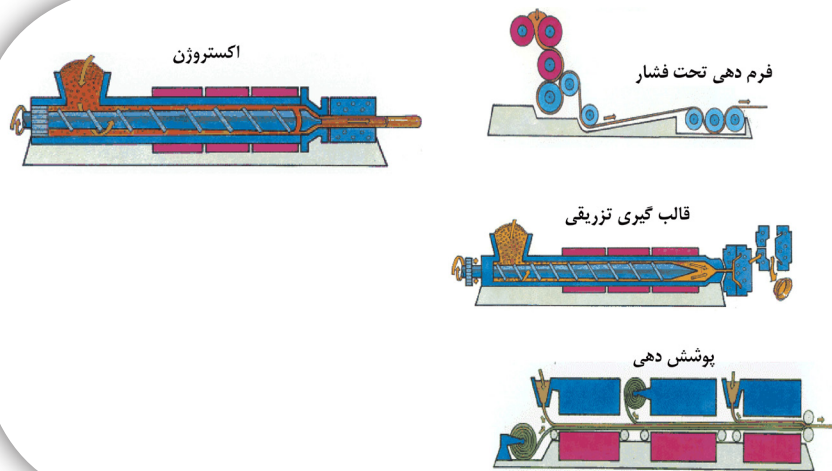


شکل ۶. مراحل و روند تبدیل PVC

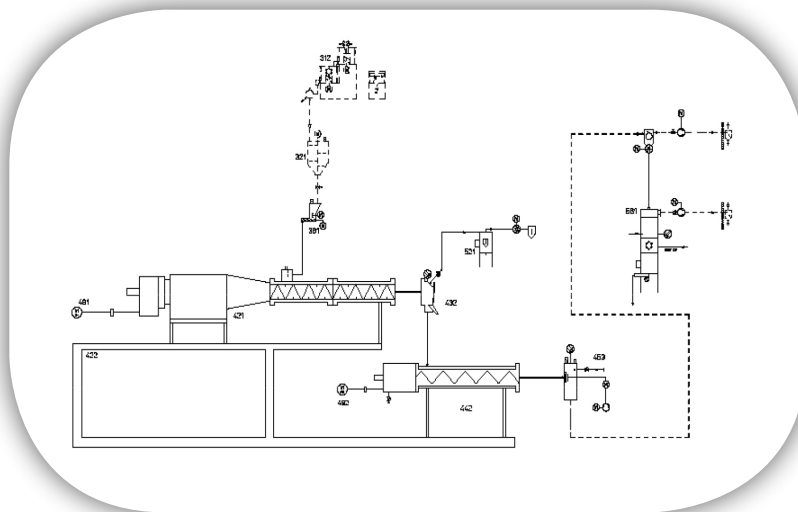
معمولاً کمپاندهای PVC به صورت محلی یا در همان کارخانه سیم و کابل سازی تولید می شوند. اساس کار تقریباً در همه جا یکسان بوده و شامل پیش مخلوط کردن در میکسرهای گرم و خنک کننده و سپس هدایت به دستگاه کمپاندر جهت مخلوط کردن و اختلاط همگن می باشد.

کمپاند کردن مواد PVC سیم و کابل

PVC در صنعت سیم و کابل به عنوان عایق، روکش و بدینگ بطور چشمگیر مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی از آن ها باید دارای خواص ویژه ای باشند. به عنوان مثال مقاوم در برابر تابش نور خورشید (برای مصارف غیر مسقف)، دمای کاری بالا مانند مصارف خودرویی.



شکل ۷. شمای کلی کمپاند PVC برای سیم و کابل



شکل ۸. مراحل مختلف فرایند

تشریح فرایند

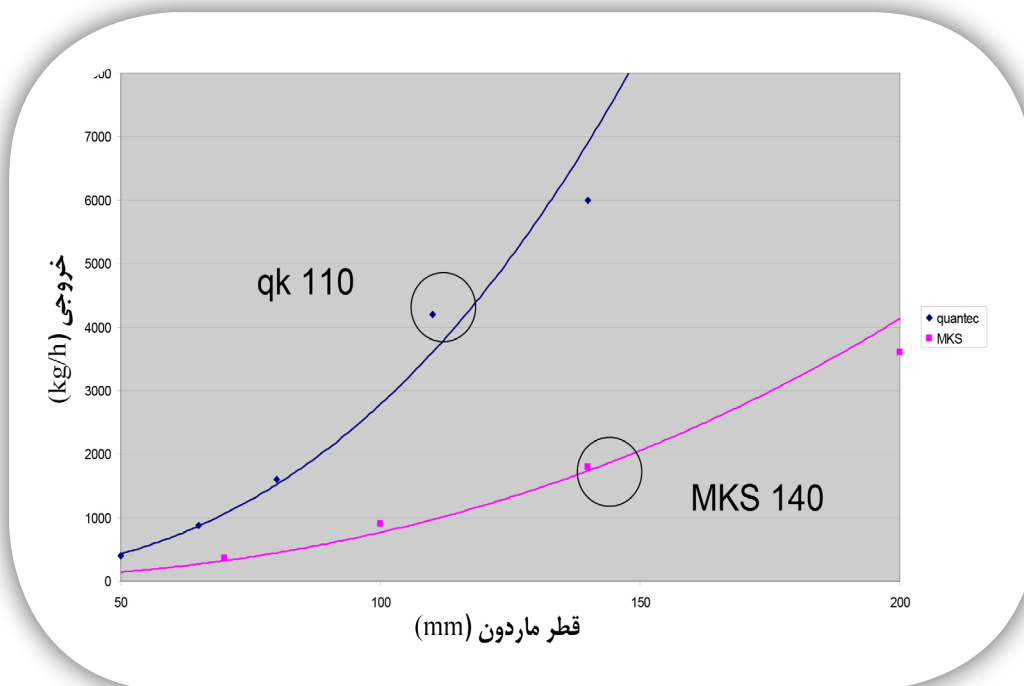
پیچ‌ها طوری است که گازها هر چه بیشتر خارج شده و مواد به هم فشرده شوند. در منطقه فشار، مواد به حالت خمیر درآمده، به خوبی توزیع و همگن می‌شوند. بعد از آن مواد توسط تیوپ و کیوم مجدداً گازگیری می‌شوند (۴). ماردون کوتاه (۵) مواد را بدون افزایش دما به طرف کلگی هدایت می‌کند. در کلگی، سیلندری وجود دارد که مواد را در اندازه‌های دلخواه برش می‌دهد. (۶) برش می‌تواند به صورت خشک و با هوا و یا به صورت مرطوب و با آب صورت گیرد. سیستم انتقال خلاء گرانول‌ها را به محفظه خنک‌کننده هدایت

مواد مخلوط شده اولیه حاصل از میکسر گرم و میکسر خنک کننده در یک هاپر تخلیه می‌شود. این هاپر روی ماردون تغذیه کننده تنظیم شده و سرعت تغذیه این ماردون قابل تنظیم است. (شکل ۸) (ماردون ۱). ماردون مواد را به داخل کانالی انتقال می‌دهد که در آنجا بخارات حبس شده آزاد می‌شوند (۲). سپس این مواد وارد محل انتقال مواد در نیدر می‌شوند (۳). در این محل عمق و طول

نتیجه گیری

دستگاه کوانتک دارای سرعت تولید بالایی است. شکل ۹ سرعت تولید دستگاه کوانتک را در مقایسه با دستگاه MKS نسل قدیمی نشان می‌دهد. جدول (۱) میزان خروجی این دو دستگاه را در گرید PVC برای مصارف کابل مقایسه می‌کند.

می‌کند. (۷) در محفظه خنک کاری در اثر دمش باد مواد تا دمای ۲۰ درجه سانتی گراد خنک می‌شوند. (۸) یک ویبراتور اتوماتیک سطح مواد را در محفظه خنک کننده ثابت نگه می‌دارد و آن‌ها را بعد از خنک شدن در گونی یا کیسه‌های بزرگ می‌ریزد.



شکل ۹. سرعت خروجی به عنوان تابعی از سرعت مارپیچ

جدول ۱. مقایسه سرعت خروجی برای کمپاند PVC کابل در تکنولوژی چهار موج و سه موج

خروجی نوع کوانتک (kg/h)		خروجی نوع MKS (kg/h)*	
پرشده انعطاف پذیر	اندازه دستگاه (mm)	پرشده انعطاف پذیر	اندازه دستگاه (mm)
۴۵۰	۵۰	۳۵۰	۷۰
۱۰۰۰	۶۷	۱۰۰۰	۱۰۰
۱۸۰۰	۸۰	۲۰۰۰	۱۴۰
۲۸۰۰	۹۶	۴۰۰۰	۲۰۰
۴۳۰۰	۱۱۰		

داده‌ها افزایش سرعت تولید در حالت چهار موجی در مقایسه با حالت سه موجی مارپیچ را نشان می‌دهد. سرعت تولید برای دستگاه‌های مختلف در جدول ۲ مقایسه شده است.



جدول ۲. سرعت تولید برای فناوری ۴ موج در سایز مختلف دستگاه

میزان خروجی (kg/h)	حداکثر سرعت ماریج (rpm)	قطر ماردون (ماریج) (mm)	دستگاه
۲۵۰ تا ۴۵۰	۷۵۰	۵۰	کوانتک ۵۰
۶۰۰ تا ۱۰۰۰	۷۵۰	۶۷	کوانتک ۶۵
۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰	۷۵۰	۸۰	کوانتک ۸۰
۲۰۰۰ تا ۲۸۰۰	۷۵۰	۹۶	کوانتک ۹۶
۲۸۰۰ تا ۴۳۰۰	۷۵۰	۱۱۰	کوانتک ۱۱۰

به شکل Z است که از آن معمولاً برای خمیر کردن توده‌های پلاستیکی نیمه خشک استفاده می‌شود.

پی‌نوشت

1. Crammer Feeder
2. Kneader Boss
3. Patent
4. Heinzlist
5. Ko-Kneader
6. Two-roll mill
7. Pelletisation
8. Pelletising

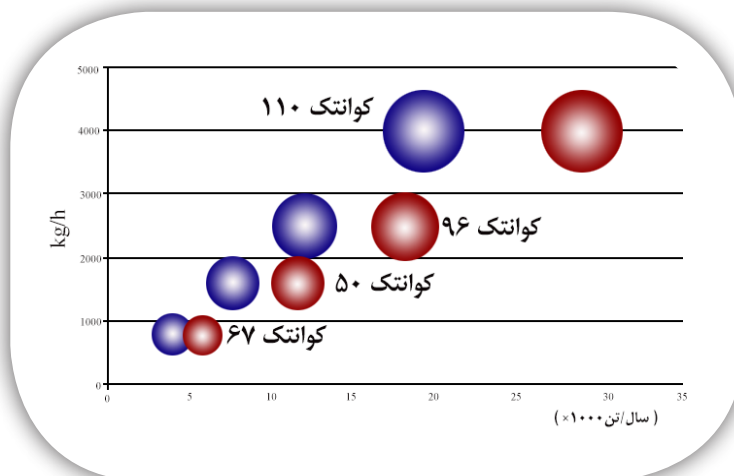
منبع

- 1- International Wire & Cable Symposium Providence, RI, USA, 2005

فرمول مواد اولیه، نقش به‌سزایی در خروجی دستگاه دارد. میزان نرم‌کننده و پرکننده و در نتیجه دانسیته از عوامل تعیین‌کننده به شمار می‌روند. فرمول‌هایی با درصد بالای پرکننده مانند مواد بازدارنده آتش یا فرمول‌هایی با افزودنی‌های خاص با این دستگاه خواهند توانست در صنعت سیم و کابل نقش ایفا کنند. شکل ۱۰ میزان سرعت تولید انواع دستگاه‌های کوانتک را نشان می‌دهد.

اصطلاحات

تغذیه‌کننده کرامر: نوعی دستگاه تغذیه‌کننده مستقر در قیف یک اکسترودر است که رزین را با حرکت دورانی خود به گلوگاه تغذیه اکسترودر رانده و باعث تغذیه یکنواخت در تمام لحظات می‌شود. این نوع تغذیه‌کننده برای خوراک‌هایی با چگالی پایین یا بسیار سیال مناسب می‌باشد. برای شکل رجوع شود به کتاب "فرهنگ جامع لغات واصطلاحات پلاستیک" صفحه ۱۶۱
نیدر: نوعی مخلوط‌کن شامل یک جفت تیغه متداخل اغلب



شکل ۱۰. تجزیه خروجی ماشین کوانتک

اثرات فرکانس و دما بر مقاومت کابل

ترجمه: مهندس زهرا سعیدی (کارشناس ارشد برق - قدرت)

مقدمه

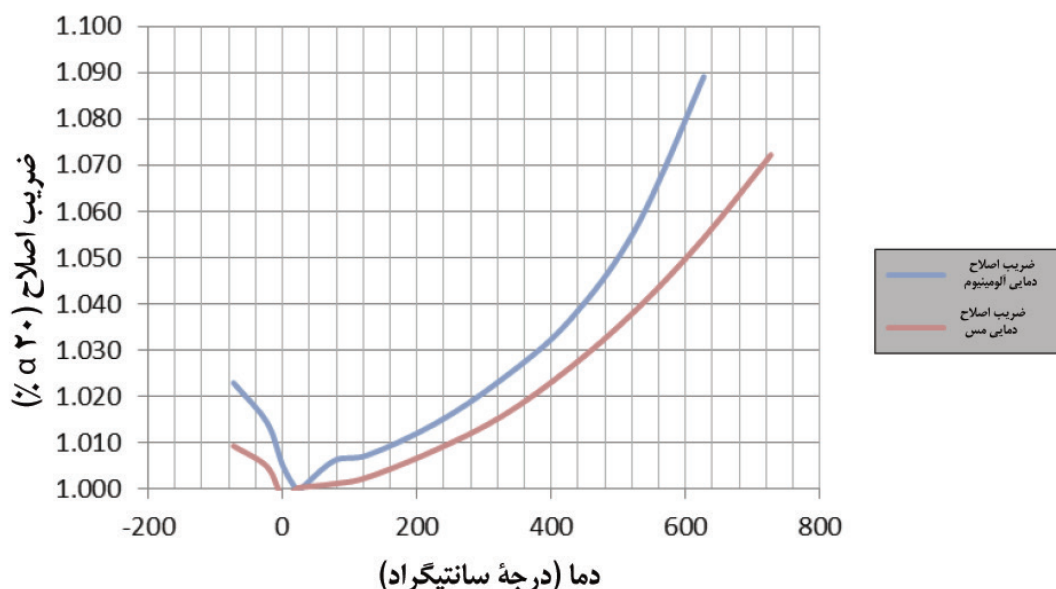
که در آن، α ، ضریب دمایی بر حسب $(1/^\circ\text{C})$ و T_0 ، دمای مرجع است. معمولاً این دما برابر با 20°C درجه سانتیگراد است. به طور کلی، طبق استانداردهای IEC 60028 و IEC 60889، مقادیر قابل قبول برای ضریب دمایی α در 20°C درجه سانتیگراد برای مس برابر با $0.393/^\circ\text{C}$ درصد بر درجه سانتیگراد و برای آلومینیوم با $0.403/^\circ\text{C}$ درصد بر درجه سانتیگراد می باشد. در واقعیت، برخی از خطاهای خطی به طور خاص در دماهای بسیار پایین یا بالا و زمانی که تصحیح دما نیاز است، ظاهر می شوند. با دانستن مقاومت ویژه $\rho(T)$ ، می توان ضریب دمایی را به صورت تابعی از دما تعیین نمود. ضریب اصلاح دمایی k و ضریب دمایی α در شکل های زیر داده شده اند.

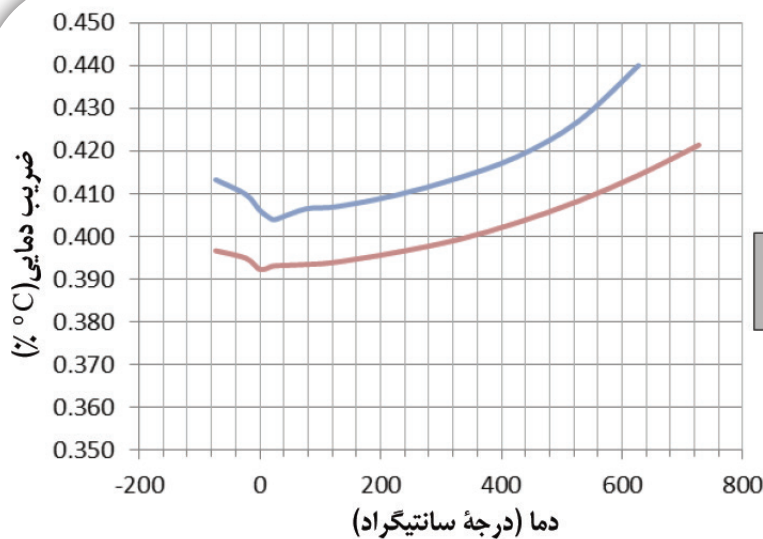
تأثیر پارامترهای مشخص در مورد هادی های دارای جنس یکسان، اغلب بهتر درک می شود. وقتی هادی ها شامل مواد چندگانه هستند، این امر پیچیده تر می شود. پل های جدید اندازه گیری تجهیزات کاملی هستند که عدم قطعیت های معمول در اندازه گیری را در نظر می گیرند. سؤالاتی در مورد ساده سازی های ارائه شده توسط استانداردها، مطرح و در اینجا مورد بررسی قرار می گیرد.

ضریب دمایی مقاومت ویژه

مقاومت ویژه فلزی، ρ اساساً به صورت خطی با دما تغییر می کند. این ارتباط می تواند به صورت زیر بیان شود (تقریب خطی).

$$\rho(T) = \rho_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$





تأثیر دما بر مقاومت DC

در مدل‌های جدید دستگاه اندازه‌گیری مقاومت، پل‌های اندازه‌گیری مقاومت برای اندازه‌گیری وسیع‌ترین محدوده اندازه‌های هادی‌ها از جمله کابل‌های قدرت بکار برده می‌شوند. سیستم‌های آزمون جامع می‌توانند عوامل عدم قطعیت مختلف را کنترل کنند. بنابراین، می‌توان ضریب دمایی متناسب با هادی تحت مطالعه را معرفی نمود.

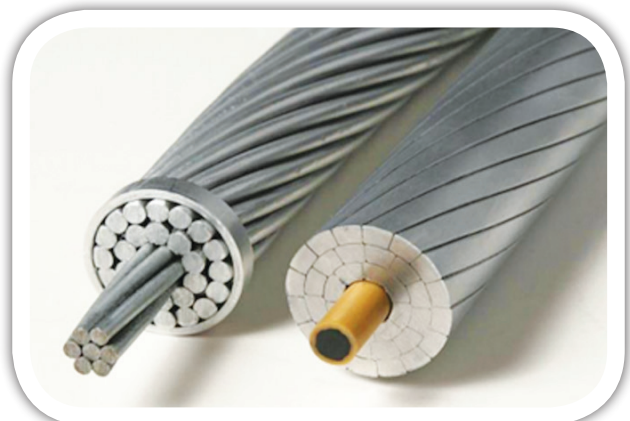
چه اتفاقی می‌افتد اگر هادی با مواد مختلف مثل ACSR، آلومینیوم با روکش مس (CCA) و موارد مشابه ساخته شود؟ به عنوان یک مثال، در اینجا هادی ACSR با سطح مقطع ۴۰۰ میلی‌متر مربع با ساختار زیر مطرح می‌شود.

- ۷ رشته فولادی
- ۵۴ رشته آلومینیومی

مقاومت ویژه (اهم در هر متر)	سطح مقطع (میلی‌متر مربع)	مواد
$2/653 \times 10^{-8}$	۳۵۰	آلومینیوم
$13/8 \times 10^{-8}$	۵۰	فولاد

هادی‌های چندگانه

در خطوط هوایی، (OHL) که اغلب برای توزیع برق در فواصل دور استفاده می‌شوند، آلومینیوم به دلایل اقتصادی ترجیح داده می‌شود. به دلیل انعطاف‌پذیری (نرمی) آن، کابل به هسته‌ای از مواد مختلف جهت دستیابی به استحکام مکانیکی مورد نیاز مجهز شده است. انواع مختلفی از مواد، مانند فولاد یا کامپوزیت درون هسته استفاده می‌شوند. متداول‌ترین ماده آن فولاد است (ACSR)، هادی تقویت شده با فولاد. اما بیشتر از کامپوزیت‌ها (ACCC)، رسانای هسته کامپوزیت استفاده می‌شود. مزیت کامپوزیت، سبک‌تر بودن آن نسبت به فولاد می‌باشد.



شکل ۱. نمونه‌ای از هادی‌های ACSR و ACCC

که در آن، R_0 ، مقاومت خطی در دمای مرجع T_0 (معمولاً ۲۰ درجه سانتیگراد) است. اگر کابل از جنس آلومینیوم خالص باشد، ضریب دمایی 0.0039 درصد بر درجه سانتیگراد (بر اساس استاندارد IEC 60889) به کار گرفته می‌شود و مقاومت خطی به صورت زیر خواهد شد:

$R_{\text{Cable Al 30}} = 76/75 \mu\Omega/m$	کابل ۱۰۰ درصد آلومینیومی در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد
--	--

در واقعیت، با دانستن اینکه ضریب دمایی فولاد تقریباً 0.0045 درصد بر درجه سانتیگراد (بر اساس IEC 60287) است، به دست می‌آوریم:

$R_{\text{AL 30}} = 78/85 \mu\Omega/m$	آلومینیوم در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد
$R_{\text{ST 30}} = 2/88 \text{ m}\Omega/m$	فولاد در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد

مقاومت خطی کابل به صورت زیر است:

$R_{\text{Cable}} = 76/76 \mu\Omega/m$	کابل در ۳۰ درجه سانتیگراد
--	---------------------------

این بدین معنی است که با در نظر گرفتن ضریب دمایی آلومینیوم برای هر دو ماده، یک خطای 0.01 درصدی اتفاق می‌افتد. البته این نتیجه وابسته به خلوص فولاد استفاده شده در هسته است.

مقاومت خطی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{S} \left[\frac{\Omega}{m} \right]$$

مقادیر مقاومت برای آلومینیوم و هادی به صورت زیر نشان داده شده است:

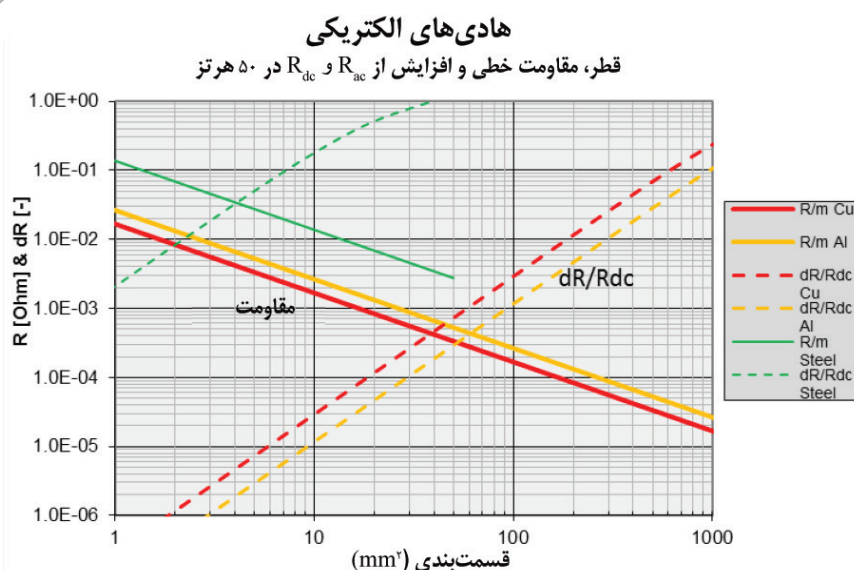
$R_{\text{AL}} = 75/8 \mu\Omega/m$	آلومینیوم
$R_{\text{ST}} = 2/76 \text{ m}\Omega/m$	فولاد

ما می‌توانیم به طور تئوری همه سیم‌ها را به صورت موازی در نظر بگیریم. بنابراین، این دو مقاومت نیز به صورت موازی می‌باشند. بنابراین، مقاومت خطی کابل به صورت زیر خواهد بود.

$R_{\text{Cable}} = 73/77 \mu\Omega/m$	کابل
--	------

این مقاومت خطی چگونه با دما تغییر می‌کند؟ فرض کنیم دما ۳۰ درجه سانتیگراد است. مقاومت خطی کابل از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha(T - T_0))$$





در نهایت، مقاومت خطی AC به صورت زیر خواهد شد:

کابل	$R_{Cable\ DC} = 73/77 \mu\Omega/m$
	$R_{Cable\ AC} = 75/93 \mu\Omega/m$
۲/۹۳ درصد	

نادیده گرفتن تأثیر فرکانس، یک خطای ۲/۹۳ درصد در مقایسه با مقاومت DC ایجاد می‌کند. اگر کابل را به عنوان یک هادی کلاس ۱ در نظر بگیریم، این نتیجه معتبر است.

این فرضیه برای هسته فولاد درست است همان‌طور که در مورد کابل مسی نیز صحیح می‌باشد اما برای آلومینیوم، به علت لایه اکسید، می‌توانیم در نظر بگیریم که همه سیم‌ها از یکدیگر جدا و ایزوله هستند. لذا، افزایش مقاومت خطی AC، R_{ALAC} تنها برابر با $10^{-6} \times 6$ است. بنابراین، تنها هسته فولادی در این مورد تأثیرگذار خواهد بود. در نتیجه، مقاومت خطی AC برابر با ۷۴/۸۹ میکرو اهم بر متر است. این بدین معنی است که یک اختلاف ۱/۵۱ درصدی با مقاومت خطی DC وجود دارد. در اینجا اهمیت طراحی کابل بر مقاومت AC ملاحظه می‌شود.

نتیجه‌گیری

خطا در اندازه‌گیری مقاومت DC هادی‌های ترکیبی آلومینیوم (مانند ACSR)، با استفاده از تنها ضریب دمایی آلومینیوم معمولاً ناچیز است. خطا در اندازه‌گیری مقاومت AC در مقایسه با مقاومت DC بیشتر تحت تأثیر ساختن هادی و مواد مورد استفاده می‌باشد.

منابع

1. J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 12, 1983.
2. Norms IEC 60028 / IEC 60287 / IEC 60889.

علاوه‌براین، این محاسبات مربوط به ضریب استفاده شده است. بسته به منابع، طیف گسترده‌ای از مقادیر مختلف را می‌توان یافت. بنابراین، برای فولاد، ضریب دمایی بین ۰/۴ تا ۰/۶ درصد بر درجه سانتیگراد داده شده است. اما حتی با ضریب دمایی ۰/۶ درصد بر درجه سانتیگراد، خطا، حداکثر برابر با ۰/۰۵ درصد خواهد شد. در اکثر موارد، از جمله برای آلومینیوم پوشیده شده با مس (CCA)، این خطای ناچیز قابل اغماض خواهد بود.

تأثیر بر مقاومت AC

به عنوان مثال، در فرکانس ۵۰ هرتز، بیشتر به دلیل اثر پوستی (در فرکانس بالا، جریان تنها در نزدیکی سطح رسانا شارش می‌یابد)، مقاومت خطی بسته به فلز، کم و بیش افزایش می‌یابد. در واقعیت، ما باید اثر مجاورتی ناشی از سایر سیم‌ها بر هادی را نیز در نظر بگیریم.

برای هادی‌ها با مواد ترکیبی، به ویژه ACSR، ممکن است این رفتار متفاوت در ارزیابی خطی در نظر گرفته شود. بیابید همان هادی که در بالا ذکر شد را با سیم‌های ۷ میلی‌متری تشکیل دهیم. در این حالت، مقاومت خطی DC در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با ۷۳/۷۷ میکرو اهم بر متر است. مقاومت خطی AC در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و فرکانس ۵۰ هرتز به صورت زیر می‌باشد (بر اساس استاندارد IEC 60287).

۱/۴ درصد	$R_{AL\ DC} = 75/8 \mu\Omega/m$	آلومینیوم
	$R_{AL\ AC} = 76/87 \mu\Omega/m$	
۱۲۶ درصد	$R_{ST\ DC} = 2/76 m\Omega/m$	فولاد
	$R_{ST\ AC} = 6/24 \mu\Omega/m$	

آقایان بهمن، علی و محمدرضا صالحی زاده

بدینوسیله مصیبت وارده را به شما و خانواده محترمان 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 کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

فناوری کابل‌های ابررسانا و روند توسعه آن

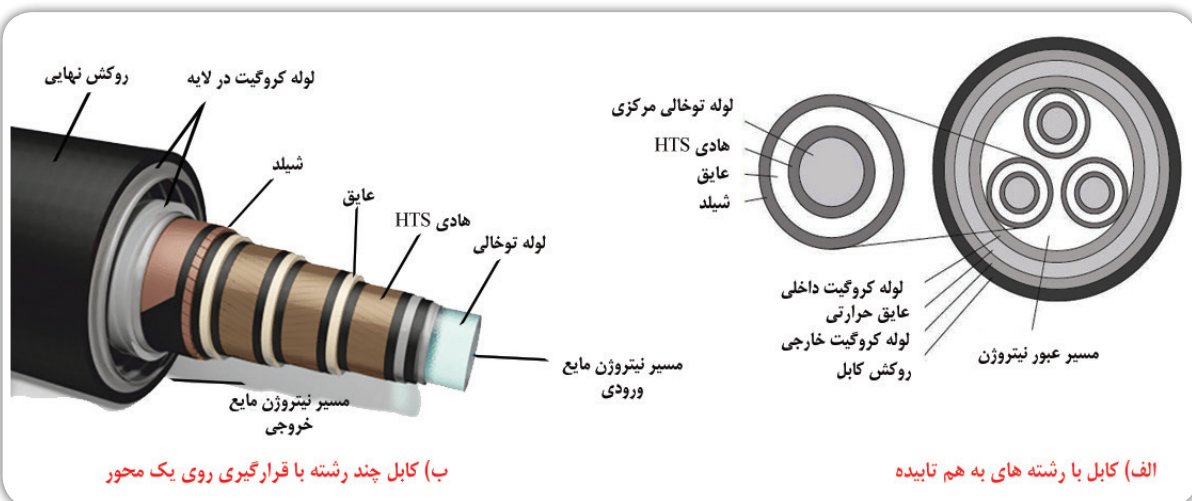
ترجمه: مهندس سید سجاد میراکبری (کاشناس ارش برق - قدرت)

با توجه به گسترش شهرهای پرجمعیت و افزایش روز افزون مصرف انرژی برق، فناوری کابل‌های ابررسانا با دمای بالا به عنوان یک راه حل جهت برطرف نمودن کمبودهای ظرفیت انتقال از سال ۲۰۰۰ مورد توجه قرار گرفته و بررسی‌های آزمایشی آن از سال ۲۰۰۱ تاکنون در حال انجام است. کابل‌های HTS^۱ کابلهایی هستند که در آن هادی از طریق نیتروژن مایع تا دمای تقریبی 200°C - سرد شده و مقاومت نزدیک به صفر را برای هادی ایجاد می‌کند.

در قسمت خارجی لایه عایق، شیلدی از جنس هادی HTS به کار می‌رود، لایه شیلد در کابل‌های چند رشته در تماس با یکدیگر هستند و در انتهای کابل به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین یک جریان الکتریکی هم‌اندازه با جهت‌های متفاوت در شیلد القا می‌گردد. در نتیجه نشت شار میدان مغناطیسی در خارج از کابل به صفر می‌رسد. هسته کابل یا رشته‌های به هم تابیده شده در کابل‌های چند رشته داخل یک لوله کروگیت شده منعطف، متشکل از دو لایه قرار می‌گیرد. یک عایق حرارتی بین لایه داخلی و خارجی این لوله کروگیت شده قرار گرفته که در حالت خلأ بهبود عملکرد عایق حرارتی را به همراه دارد. در نهایت این مجموعه توسط یک روکش نهایی محافظت می‌گردد.

ساختار کابل HTS

همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است کابل‌های HTS می‌توانند به صورت تک رشته و چند رشته طراحی شوند. با توجه به نوع کابل‌های HTS گاهی تمامی رشته‌های کابل روی یک محور قرار می‌گیرند. هادی در این کابل‌ها روی بستر لوله‌ای توخالی و منعطف به صورت سیم‌های تابیده شده مارپیچ قرار می‌گیرند. لوله توخالی مرکزی محل عبور نیتروژن مایع در کابل بوده و از این طریق هادی سرد شده و تلفات ناشی از مقاومت الکتریکی تا نزدیک به صفر کاهش می‌یابد. این هادی توسط لایه‌ای که عموماً از جنس پلی پروپیلن با بستر کاغذی، عایق می‌شود. عایق PPLP^۲ به علت پایداری بالا و داشتن استقامت الکتریکی مناسب و تلفات دی الکتریک کم، در درجه حرارت پایین، مورد استفاده قرار می‌گیرد.





مزایای کابل HTS:

۱- ظرفیت انتقال بالا در مقایسه با ابعاد کم

کابل‌های مسی معمول قادر به انتقال قدرت بین ۴۰ تا ۶۰۰ مگا ولت آمپر در ولتاژهای بین ۴۰ تا ۳۴۵ کیلو ولت از طریق سیستم‌های زیرزمینی هستند. محدودیت در فضای انتقال و اندازه کابل‌های معمول، میزان توان قابل انتقال را محدود می‌کند. یک کابل ابررسانا می‌تواند توان الکتریکی را در یک جریان مؤثر تا $100 \text{ (A/mm}^2\text{)}$ انتقال دهد که این میزان بیش از ۱۰۰ برابر یک کابل مسی معمولی می‌باشد. به عنوان مثال یک کابل معمولی برای انتقال توانی با ولتاژ ۶۶kV و جریان ۱kA، نیازمند سه خط مجزا می‌باشد. در این صورت اگر تقاضا برای برق به میزان سه برابر افزایش یابد، برای افزایش ظرفیت انتقال، نیاز به احداث شش مسیر دیگر برای نصب کابل می‌باشد، در حالیکه با استفاده از یک کابل سه رشته HTS می‌توان این افزایش تقاضا را برآورده ساخت.

۲- عدم نیاز به احداث خطوط جدید و کاهش هزینه

از آنجایی که کابل‌های HTS قادر به انتقال توانی بین ۲ تا ۵ برابر نسبت به هادی‌های معمول با سطح مقطع یکسان می‌باشد لذا می‌توان از زیرساخت‌های موجود خصوصاً در مناطق شهری پر جمعیت و یا مناطقی با محدودیت‌های زیست محیطی، به طور مؤثرتری جهت برآورده‌سازی افزایش تقاضای برق بدون نیاز به حفاری و ایجاد یک مسیر جدید اقدام نمود. هزینه احداث خطوط کابل ابررسانا با فرض استفاده از تکنیک‌های موجود و بکارگیری سیستم خنک‌کننده در هر پنج کیلومتر بسیار پایین‌تر از هزینه احداث برای یک کابل معمولی می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های کابل HTS آن است که می‌توان میزان جریان انتقال را با کاهش دما افزایش داد. کابل‌های HTS را می‌توان در شبکه برق برای احداث شبکه‌های جدید یا افزایش ظرفیت و جایگزینی با سیستم‌های فرسوده به کار گرفت.

۳- تلفات ناچیز انتقال

مقاومت الکتریکی هادی‌های کابل HTS در دمای پایین‌تر از دمای بحرانی، صفر می‌باشد بنابراین، تلفات هادی بسیار پایین است. از طرفی همانطور گفته شد کابل‌های ابررسانا دارای یک شیلد با هادی ابررسانا می‌باشند لذا نشتی میدان مغناطیسی در خارج از کابل وجود ندارد و همین امر سبب از بین رفتن تلفات ناشی از جریان‌های گردابی در اطراف کابل می‌شود.

با توجه به شکل کابل، راکتانس کابل می‌تواند تا $\frac{1}{3}$ کابل معمولی کاهش یابد. این ویژگی اجازه می‌دهد ظرفیت خط را با اضافه نمودن یک خط جدید به صورت موازی افزایش داد.

۴- طول عمر و قابلیت اطمینان بالا

از آنجائیکه تغییرات دما در شرایط کاری کابل‌های ابررسانا بسیار ناچیز می‌باشد لذا عامل گرما برای فرسوده شدن کابل وجود ندارد. از طرفی نتایج حاصل از آزمون عایق PPLP در ولتاژ استرس، حاکی از عدم تخلیه جزئی بوده که نشان دهنده طول عمر بالا و عملکرد پایدار آن می‌باشد. از طرفی هادی کابل به گونه‌ای طراحی شده است تا انبساط و انقباض را جذب و از این طریق تنش مکانیکی را در کابل کاهش دهد. علاوه بر آن امکان موازی نمودن کابل HTS با کابل‌های معمولی از طریق یک رگولاتور فاز و کنترل جریان فاز می‌تواند قابلیت اطمینان سیستم را در صورت بروز مشکل یا اضافه بار، بالا ببرد.

سیستم خنک‌کننده کابل HTS

همه هادی‌های ابررسانا به یک سیستم خنک‌کننده نیاز دارند تا دمای کارکرد هادی را تا نقطه ابررسانایی هادی کاهش دهد. برای خنک‌سازی، معمولاً از نیتروژن مایع تحت فشار استفاده می‌شود تا از بدون حباب بودن نیتروژن مایع اطمینان حاصل شود. وجود حباب در نیتروژن مایع سبب کاهش استقامت الکتریکی و نهایتاً سبب شکست عایقی می‌شود.

سیستم خنک‌کننده در کابل‌های HTS به دو نوع مدار باز و مدار بسته تقسیم می‌شود. در سیستم خنک‌کننده مدار باز، برای کاهش فشار بخار در مخزن نیتروژن مایع درمبدل حرارتی، از وکیوم استفاده می‌شود. کاهش فشار، نقطه جوش نیتروژن مایع را کاهش داده و اجازه می‌دهد حرارت از سیستم خارج شود. نیتروژنی که از مخزن خارج می‌شود به جو منتقل شده و در نتیجه چرخه باز ایجاد می‌گردد. در روش سرمایش مدار بسته، از یک چرخه تبرید استفاده می‌شود. در این روش معمولاً از فشرده سازی هلیوم برای خنک کردن و چگال کردن مجدد گاز نیتروژن خروجی از مخزن نیتروژن مایع استفاده می‌شود. نیتروژن مایع برای ادامه کار به مبدل حرارتی هدایت شده و در نتیجه چرخه بسته، ایجاد می‌شود. در روش مدار بسته هزینه راه‌اندازی بیشتر از روش اول بوده اما در این روش نیاز به تزریق مدام نیتروژن به سیستم نیست. سیستم‌های خنک‌کننده باید به طور سالیانه مورد مراقبت قرار گیرند؛ هرچه طول مسیر بیشتر باشد افت فشار جریان خنک‌کننده نیز بیشتر

احداث، تعمیر و رسیدگی به سیستم خنک کننده اصلی و پشتیبان که می‌بایست به تلفات این سیستم اضافه نمود و همچنین کوتاه بودن طول این کابل‌ها به علت افت فشار در سیستم خنک کننده از دیگر معایب این سیستم می‌باشد. با این وجود این کابل‌ها در نقاط مختلف جهان مانند ژاپن و ایالات متحده آمریکا در حال توسعه می‌باشند.

پی‌نوشت

1. High Temperature Supper Conductor
2. Poly propylene Laminated Paper

منبع:

SEI TECHNICAL REVIEW, NUMBER 59, JANUARY 2005

می‌شود. برای جبران افت فشار باید اقداماتی از جمله افزایش حجم جریان خنک کننده یا بزرگ کردن مسیرها را انجام داد. البته افزایش حجم مسیرها سبب افزایش حجم کابل نیز می‌گردد. لذا این روش برای مکان‌هایی با محدودیت فضا مناسب نیست. نتایج حاصل از آزمایشات نشان می‌دهد از زمان خاموش شدن واحدهای خنک کننده تا زمانی که کابل دیگر نمی‌تواند به کار خود ادامه دهد تقریباً ۶ ساعت است که این زمان برای متصل شدن سیستم‌های خنک کننده پشتیبان، کافی می‌باشد.

روند توسعه و رشد کابل‌های ابررسانا:

همانطور که توضیح داده شد کابل‌های ابررسانا دارای چندین مزیت ذاتی نسبت به کابل‌های معمول هستند که این مزایا سبب مقرون به صرفه شدن این کابل‌ها می‌گردد. البته این کابل‌ها با معایبی نیز همراه هستند از جمله انرژی مصرفی و هزینه‌های ناشی از

بازرگانی فلزات غیر آهنی

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

تلفکس: ۲۲۰۲۳۵۸۱ - ۲۲۶۵۸۴۱۸ - ۲۲۶۵۸۳۸۰

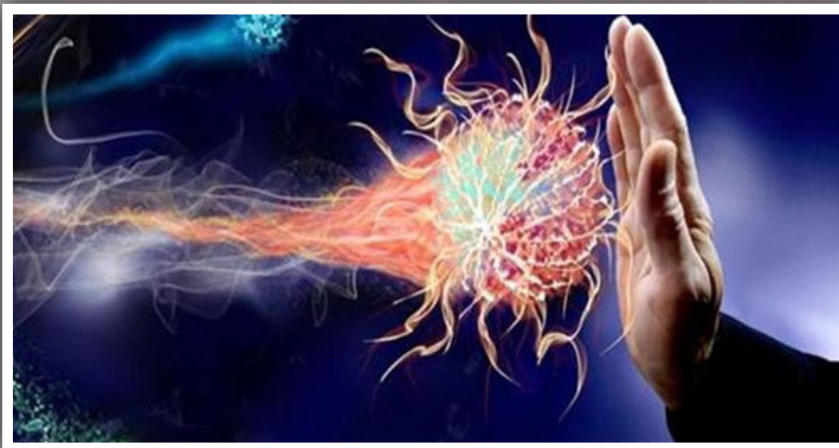




اخبار انجمن

آشنایی با موضوعات جدید مبارزه با پولشویی و نظام مالی سازمانها

دوره آموزشی "آشنایی با موضوعات جدید مبارزه با پولشویی و نظام مالی سازمانها" قرار بود در تاریخ ۹۸/۱۲/۱۲ توسط سرکار خانم تذهیبی از بانک مرکزی در محل انجمن برگزار گردد لیکن به دلیل شیوع ویروس کرونا و نگرانی‌های جدی در خصوص این ویروس و به جهت حفظ سلامت شرکت کنندگان، لغو و به زمانی دیگری (پس از کاهش یا ریشه کن شدن ویروس کرونا) موکول که متعاقباً اطلاع رسانی خواهد شد.



لغو برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن

در رابطه با برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن در سال ۱۳۹۹، به دلیل شیوع ویروس کرونا و بخشنامه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مبنی بر ممنوعیت اجتماعات، کلاس‌های حضوری لغو و با اساتید این صنعت در خصوص برگزاری کلاس‌های مجازی گفتگو شد اما ایشان کیفیت دوره‌های مجازی را برای آموزش مناسب ندانستند.

مبارزه با سیم و کابل غیراستاندارد

در خصوص مقابله با تولید سیم و کابل غیراستاندارد، هیئت مدیره انجمن از ابتدای سال جاری مصمم به برخورد جدی‌تری در این زمینه شد که لازمه آن مکاتبه با قوه قضاییه و سپس شرکت در جلسهای به این منظور با آقای دکتر الفت، معاونت اجتماعی و پیشگیری از وقوع جرم بود که با بحث و بررسی پیرامون عوامل بازدارندگی این نوع تولیدات نهایتاً به یک تعامل مشترک با تنظیم سند ائتلاف فی‌مابین انجمن و قوه قضاییه ختم گردید. که در حال حاضر مراحل تدوین را طی می‌نماید و نتیجه متعاقباً به اطلاع خواهد رسید.



لغو مجمع عمومی سالیانه

بر اساس بخشنامه وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی برگزاری کلیه مجامع ممنوع اعلام گردید. لذا مجمع عمومی سالیانه انجمن که قرار بود در تیر ماه امسال برگزار شود مطابق با این بخشنامه به زمان دیگری که متعاقباً اعلام خواهد شد، موکول گردید و تا تشکیل مجمع جناب آقای امیر فولادی همچنان در سمت بازرس اصلی انجمن و جناب آقای مسعود ملاسمانی در سمت بازرس علی‌البدل به فعالیت خود ادامه می‌دهند.
