

تاریخچه مختصری از سیر تکاملی کابل های قدرت

همزمان با اختراع دینام و تولید انرژی برق (دهه 80 قرن نوزده) ، نیاز به کابل به عنوان ارتباط بین تولید کننده و مصرف کننده احساس می شد . کابل های اولیه دارای ساختمان بسیار ساده و ابتدایی بوده اند. این کابل ها متشکل از سیم های عایق شده، عمدتاً توسط نوعی کائوچو طبیعی (Gutta Percha) بود که به یکدیگر تابیده می شدند. به تدریج الیاف بافته شده بر روی سیم که با رزین اغشته می شدند جایگزین این عایق ها شد. بعدها ولکانیزه کردن کائوچو (Rubber)، در صنعت متداول و عایق های لاستیک ولکانیزه شده، به عنوان عایق مطمئن تر در کابل ها به کار گرفته شد.

اولین کابل با ولتاژ 10 k.V، در 1890 ساخته شد؛ عایق این نوع کابل ها نوار های کاغذ پیچیده شده روی رسانا بود که در غلافی پر از روغن قرار داشتند (عایق کاغذ روغن) . در حقیقت، در این کابل ها عایق اصلی همان روغن است ؛ پیچیدن لایه های مختلف کاغذ، بر روی رسانا دو نقش مهم دارد . اول: موقعیت مکانی رسانای کابل را در وسط غلاف که عمدتاً فلزی (سربی) است، تثبیت می کند و فاصله آن را از هر طرف با غلاف که به زمین اتصال دارد ، حفظ می کند. دوم: قرار گرفتن لایه های مختلف کاغذ، بین رسانا و غلاف (ارت) ولتاژ شکست عایق که همان روغن باشد را بالا می برد . این آزمایشی بود که در آن زمان شخصی بنام فرانتی (Ferranti) انجام داد و به همین خاطر، او را مبتکر کابل با عایق کاغذ روغنی می شناسند.

در ادامه ابتکار فرانتی (Ferranti)، در سال 1914، شخصی دیگری به نام هوخ اشتادر (Hochstadter) با به گیری یک لایه فویل آلومینوم بر روی لایه بیرونی کاغذ ها، باعث اسکرین شدن عایق کابل و در نتیجه خطی شدن میدان های الکتریکی داخل عایق شد. این امر کمی بود که ولتاژ کابل ها افزایش یابد و کابل 33 k.V ساخته شود.

کابل های فشارقوی با عایق کاغذ روغنی به علت سادگی در روش ساخت، سریعاً فراگیر شدند و برای تولید کابل های با ولتاژ بالا تر تلاش هائی صورت گرفت . در سال 1926، فردی به نام امانول (Emanuelli) با تحت فشار قرار دادن روغن داخل غلاف کابل، توانست نقطه شکست عایق را افزایش و کابل های 66 k.V را بسازد. در دهه 30 قرن بیستم، قبل از شروع جنگ جهانی دوم، کامپوند PVC ، به صنعت کابل سازی وارد شد. و اولین کابل های ولتاژ پائین با عایق و روکش PVC ، توسط شرکت زیمنس (Siemens AG) با نام تجاری پروتودر (Protodur) به بازار عرضه شدند.

ولی عایق کابل های فشار قوی همچنان عایق کاغذ روغنی (بدون فشار و یا تحت فشار) بود .یکی از مشکلات عمده کابل های فوق، لزوم نگهداری و مراقبت دائمی از آنها در طول بهره برداری است . مواردی از جمله: نشست روغن از سر کابل ها بعلت های مختلف از جمله؛ اختلاف سطح دو سر کابل (نصب کابل در منطقه های شیب دار) و یا ایجاد سوراخ در غلاف (بعلت آسیب های مکانیکی پس از نصب) و نشست تدریجی روغن ، باعث ایجاد شکست عایقی کابل می‌شد. در سال 1949 ، به جای به کار گیری روغن های سیال برای اولین بار از کاغذ های آغشته به روغن (اشباع شده در روغن های ویسکوز mass – Impregnated)، در کابل های فشار قوی استفاده شد. به این ترتیب کابل های فشار قوی تا سطح ولتاژ 275 k.V ، در سال 1954، ساخته و در سال 1959، برای اولین بار در شبکه برق آلمان مورد استفاده عملی قرار گرفت .

تا دهه 50 قرن گذشته، مصرف آلومینوم در صنعت کابل سازی عمدتاً منحصر به خطوط هوایی بود . ولی در این دهه آلومینوم هم بعنوان رسانا و هم به صورت غلاف کابل های فشار قوی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفت. در سال 1961، انگلستان برای اولین بار از طریق یک کابل DC دریائی، با ولتاژ 100 k.V به فرانسه وصل شد. اولین کابل 400k.V، با عایق کاغذ روغنی (mass – Impregnated) در سال 1965، ساخته شد و در سال 1969، برق دار شد. در دهه 70 قرن بیستم ، با افزایش دانش بشر و گسترش استفاده از پلیمر های مهندسی شده، روش های کراس لینک کردن پلی اتیلن و انواع لاستیک های Butyl, EPDM, EPR متداول شد. همان طوری که ذکر شد ، از مدت ها قبل این مواد به عنوان عایق کابل های فشار ضعیف و فشار قوی بکار می رفت ، ولی، نقطه ضعف این مواد که همانا گرمانرم (Thermo Plastic) بودن آنها بود، کاربری این مواد را محدود می کرد. با ابداع روش های کراس لینک مواد فوق و تبدیل آنها به مواد گرماسخت (Thermo Set)، محدودیت ها کمتر شد. دیگر با گرم شدن رسانای کابل بر اثر بار های لحظه ای یا پیک بار، عایق کابل ها به سادگی آسیب نمی دیدند. کاربری این مواد بخصوص پلی اتیلن کراس لینک شده XLPE ، در کابل های فشار قوی و سپس فشار ضعیف به سرعت گسترش یافت و خطوط تولید برای کراس نمودن عایق ، در اروپا شروع به نصب شدند. اولین خط کراس لینک در آلمان ، در کارخانه AEG KABEL ، در سال های 1970، راه اندازی شد. در ابتدا عایق XLPE تا ولتاژ 66 k.V بکار گرفته می شد؛ زیرا ، برای ولتاژ های بالاتر قابل اطمینان نبود . همچنان، برای کابل های با ولتاژ بالاتر از عایق کاغذ روغن استفاده می شد. در دهه پایانی قرن گذشته، با پیشرفت در ساخت مواد های عایقی بسیار تمیز (Supper Clean) و تخصصی تر امکان تولید کابل های فشار قوی با عایق XLPE، تا سطح ولتاژ 500 k.V فراهم شد. به جرات میتوان گفت که عایق XLPE، امروزه به یکی از بهترین و بی رقیب ترین مواد عایقی در کابل های فشار ضعیف L.V و فشار قوی H.V و حتی فوق فشار قوی E.H.V تبدیل شده. در کابل های DC تا ولتاژ های 500 k.V ، از نوعی مواد XLPE مهندسی شده، استفاده می شود. امروزه عایق کاغذ روغنی برای کابل با ولتاژ بالاتر از 500 k.V و یا کابل های ولتاژ بالای DC مثل کابل های دریائی هنوز مورد استفاده قرار میگیرند.

در دودهه آخر قرن بیستم، تحقیقات گسترده ای در جهت ساخت سوپر کانداکتیو ها (Supper Conductive) انجام گرفت. در نهایت، دانش بشری به نوعی سوپر کانداکتیو گرم در درجه حرارت حدود 170°C - دست یافت. شرکت های پیشرو در صنعت کابلسازی نظیر: نکزانس (Nexans)، در اوایل قرن بیست و یکم یعنی سال 2001 اولین کابل فشار متوسط با رسانای سوپر کانداکتیو را ساختند. متاسفانه کابل های با رسانای سوپر کانداکتیو فقط در طول های کوتاه و محیط های کنترل شده قابل استفاده اند. امکانات لازم برای سرد نگهداشتن رسانای کابل در 170°C - برای طول های بلند (چندین کیلومتر) و در شرایط محیطی مختلف نه امکان پذیر است و نه اقتصادی. بنابراین، حداکثر طول کابل با رسانای سوپرکانداکتیو نصب شده تا به امروز، یک کیلو متر بوده، که در تاسیسات شهری Essen آلمان در سال 2013 نصب و در سال 2014 برقرار شده. این کابل توسط شرکت کابل لیپا (LIPA CABLE) در سال 2008 ساخته شد.

نویسنده مقاله: مهندس مسعود آسا (شرکت کابل سینا)

کمیته صنعت، معدن و تجارت

کانون مهندسين فارغ التحصيل دانشکده فنی دانشگاه تهران

خرداد 1400