به نام خدا

عایق و فشار قوی

فصل اول
مقدمه

مدرس:
بهروز آدینه

زمستان ۹۴

اصولاً ولتاژهای کم‌تر از هزار ولت را فشار ضعیف، و بیش از هزار ولت را فشار قوی می‌گویند. دستگاه‌هایی را که با ولتاژهای بیش از هزار ولت کار می‌کنند، به اصطلاح "تجهیزات فشار قوی" می‌گویند. در عصر حاضر، برق فشار قوی موارد کاربرد فراوانی از قبیل استفاده در نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های انتقال برق، خطوط انتقال برق، صنایع و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دارد؛ به‌طوری که موارد ذکر شده، از عوامل اساسی ادامهٔ بقای تمدّن روزگار ما شده است. همچنین برق فشار قوی، در تحقیقات هسته‌ای و دستگاه‌های شتاب دهنده الکترون مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انتقال مقادیر زیاد انرژی الکتریکی در فواصل طولانی، استفاده از ولتاژ فشار قوی، به‌منظور کاهش تلفات و افزایش بازدهٔ خطوط انتقال، اجتناب‌ناپذیر است. از موارد دیگری که برق با ولتاژ بیش از صد کیلوولت استفاده می‌شود، در سیم‌پیچ جرقّهٔ اتومبیل‌ها و همچنین وسایل پرتونگاری (که در پزشکی و صنعت به‌کار برده می‌شوند) می‌باشد. در آزمایش‌هایی که جدیداً انجام می‌شود، از ولتاژهای تا ۶۰۰۰kV یا بیشتر نیز استفاده می‌شود.

در شرایطی که از ولتاژ فشار قوی استفاده می‌شود، طرّاحی دقیق سیستم عایقی از اهمّیت زیادی برخوردار است. به‌همین منظور از عایق‌های مختلفی از قبیل گازها، جامدات و مایعات و ایجاد خلاء و یا ترکیبی از آن‌ها استفاده می‌شود. برای صرفه‌جویی و اطمینان از انجام موفّق کار، باید دانش مربوط به عوامل فساد عایق و نیز عواملی راکه باعث کاهش ولتاژ شکست و از بین رفتن عایق می‌شوند، در طراحی مورد توجّه قرار داد. وظیفهٔ عایق‌ها، ایزولاسیون (جدا سازی الکتریکی) ولتاژهای فشار قوی نسبت به یکدیگر و همچنین نسبت به زمین می‌باشد، تا هم ولتاژ و جریان فشار قوی در مسیر مربوط به خود قرار گیرند و هم از بروز خسارت و ضرر و زیان به افراد و تجهیزات جلوگیری شود. عایق ایده‌آل (طبق تعریف)، یک نارسانای جریان الکتریسیته است که هیچ جریان الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهد؛ ولی عملاً هیچ مادّه‌ای را در طبیعت نمی‌توان یافت که ویژگی‌های یک عایق ایده‌آل را داشته باشد.

امّا برای استفاده‌های کاربردی، یک عایق، مادّه‌ای است که عبور جریان از خود را در حدّ بسیار کم و مطلوبی محدود نماید؛ به حدّی که بتوان از آن صرف‌نظر کرد. به‌عبارت دیگر، در ولتاژهای عادی، مقاومت الکتریکی عایق خیلی زیاد است. اگر در ولتاژهای بسیار بالا از عایق، جریان قابل ملاحظه‌ای عبور کند در حقیقت، عایق دیگر خاصیت عایقی خود را از دست داده، دچار شکست الکتریکی می‌شود؛ به‌عبارت دیگر، عایق تبدیل به هادی می‌شود. قبل از بروز شکست در عایق‌ها، عایق شبیه به یک خازن است که دو الکترود در دو طرف آن، صفحات خازن هستند و با اعمال ولتاژ به این خازن، شارژ می‌شود. پس از شکست الکتریکی عایق، این خازن در واقع دشارژ و تخلیه می‌گردد. به‌همین دلیل پدیدهٔ شکست الکتریکی عایق‌ها را، تخلیهٔ الکتریکی نیز می‌گویند. استقامت الکتریکی عایق‌ها را بر حسب بالاترین شدّت میدان الکتریکی قابل تحمّل، قبل از تخلیهٔ الکتریکی می‌سنجند و معمولاً آن بر حسب kV/cm یا kV/mm بیان می‌شود.

از سال‌های آغاز

پیدایش مهندسی برق تا سال ۱۸۳۰ میلادی، در اختراعات و آزمایش‌های الکتریکی، موادّ عایقی مورد نیاز در تجهیزات، به آسانی در دسترس بودند. امّا با پیشرفت و رشد صنعت برق، بعضی از موادّ عایقی مانند لاستیک، آسفالت، میکا، پنبه، شالاک (لاک شیشه‌ای)، پارچه وِرنی و غیره استفادهٔ عملی پیدا کردند. بنابراین تا قبل از جنگ جهانی دوم، میکا، پنبه نسوز، قیر و شالاک و موادّ مصنوعی نیز، به صنعت عایق‌کاری راه یافتند. بعد از جنگ جهانی دوم هم موادّ عایقی مانند پُلیتن، PVC ، پلاستیک‌ها، پلی نامیدها، پلی‌کربنات‌ها، پلی‌استرن، پلی‌اتیلن و غیره در امر عایق‌کاری مورد استفاده قرار گرفتند.

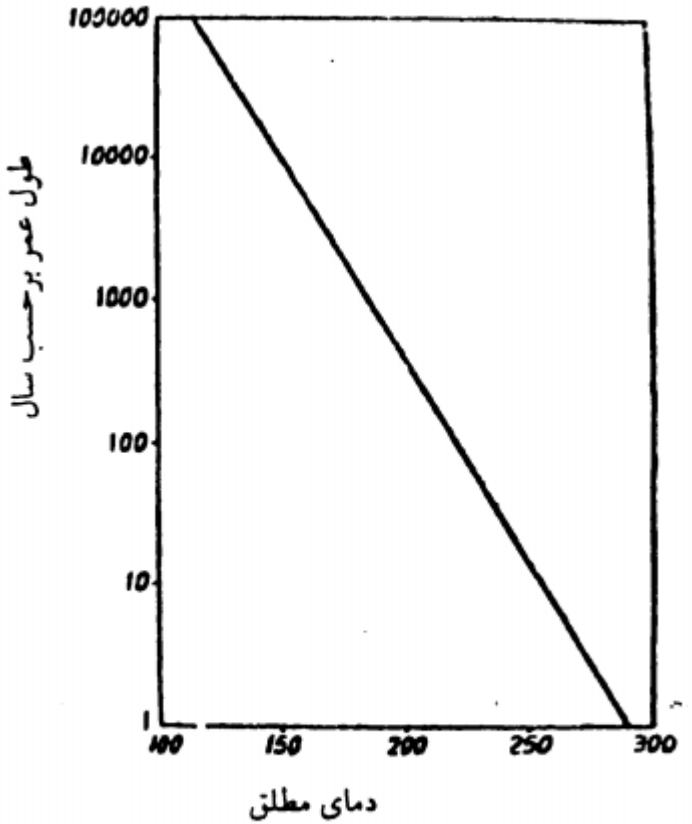
ویژگی‌های الکتریکی و خواصّ فیزیکی و شیمیایی موادّ عایقی

کاربرد عایق‌ها در ساخت ژنراتورها، موتورها، ترانسفورماتورها، برقگیرها، خازن‌ها، کابل‌ها، کلیدهای فشار قوی، مقره‌ها و سایر تجهیزات فشار قوی بسیار گسترده است. با توجّه به نوع کاربرد و شرایط محیطی که عایق در آن قرار می‌گیرد، علاوه برخاصیت الکتریکی، سایر خواصّ فیزیکی و شیمیایی آن نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. ویژگی‌های یک مادّهٔ عایقی را برای استفاده‌های بخصوص می‌توان به‌صورت زیر، اولویت‌بندی نمود:

۱- رفتار مکانیکی
۲- رفتار گرمایی
۳- پارامترهای شیمیایی
۴- خصوصیت‌های الکتریکی
۵- عوامل اقتصادی

رفتار گرمایی مادّهٔ عایقی

در به‌کارگیری بسیاری از عایق‌ها به نوعی از موادّ عایقی نیاز است که در یک دورهٔ کوتاه اضافه بار[۱] و در دماهای بسیار بالا منبسط نگردند. معمولاً ویژگی‌های فیزیکی موادّ با افزایش دما، تغییر می‌کنند. نیروی کششی در عایق‌ها نباید به نقطه‌ای برسد که باعث تغییر شکل و فرسودگی بیش از اندازهٔ آن شود. همچنین یک مادّهٔ عایقی از نوع ترموپلاستیک[۲]، نباید دمای عملکرد آن (حتّی برای یک زمان کوتاه) به دمای نقطهٔ ذوب برسد. وقتی موادّ عایقی برای مدّت طولانی‌تری در معرض حرارت قرار می‌گیرند، ترکیب شیمیایی آن‌ها تغییر می‌کند. این تغییر شیمیایی باعث تغییر ویژگی‌های فیزیکی از حالت مجاز به حالت غیرمجاز می‌شود و در نتیجه، کهنگی و فرسودگی مادّه را به‌همراه خواهد داشت. بنابراین، می‌توان گفت که مدّت زمان عملکرد عایق با دمای مطلق آن عایق، نسبت عکس دارد که نمودار آن برای اغلب عایق‌ها، یک نمودار تقریباً خطّی خواهد بود. در شکل (۱-۱) این ارتباط نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): رابطهٔ بین دمای مطلق و کارکرد عایق

1- *Over Load*

۲- موادّی که در اثر گرما دادن به آن، نرم می‌شوند.

رفتار شیمیایی

رفتار شیمیایی به تأثیر محیط روی مادّهٔ عایق بستگی دارد. معمولاً این محیط همان هوای حامل رطوبت است. اکسیژن موجود در هوا قادر است عایق را به‌گونه‌ای اکسید کند که به‌شکل زیان‌آوری، ویژگی‌های فیزیکی آن از بین رود. همچنین می‌تواند باعث تخریب بعضی عایق‌ها شود. به‌علاوه اثرات تخریبی روی سطح عایق باعث می‌شود که مقاومت عایقی پایین بیاید.

خصوصیّات الکتریکی

از مهم‌ترین خصوصیّت‌های هر عایقی، استقامت الکتریکی آن است. استقامت الکتریکی عایق‌ها بر حسب حدّاکثر شدّت میدان الکتریکی قابل تحمّل آن‌ها سنجیده می‌شود و معمولاً بر حسب kV/cm بیان می‌گردد. ولتاژ شکست یک قطعه عایق، به ضخامت آن بستگی دارد؛ لیکن میدان شکست عایق تقریباً مستقل از ضخامت آن است و به جنس عایق بستگی دارد.

طبقه‌بندی مواد

موادّ عایقی همیشه بر اساس دمای کار نامی آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. با ظهور بسیاری از موادّ جدید عایقی، طبقه‌بندی جدید مواد نیز مانند جدول (۱-۱) به‌وجود آمده است. این دسته‌بندی بر اساس دمای نامی عایق‌هاست. البتّه طول عمر نامی عایق‌ها وقتی معتبر است که دمای کار عایق در شرایط بهره‌برداری، همواره از دمای نامی آن بیشتر نشود.

جدول (۱-۱): طبقه‌بندی موادّ عایقی بر حسب دما

طبقه	دما (°C)
Y	۹۰
A	۱۰۵
E	۱۲۰
B	۱۳۰
F	۱۵۵
H	۱۸۰
C	بالای ۱۸۰

تجهیزات الکتریکی با طبقهٔ عایقی مخصوص می‌توانند در دمای بالاتری هم کار کنند، امّا عمر مفید آن‌ها کاهش می‌یابد. عمر تجهیزات، تابعی از دما و زمان است و در کلّ عملکرد اجزا، به عمل آن‌ها در سیستم بستگی دارد. رابطهٔ تقریبی برای تخمین عمر عایق‌ها را می‌توان به‌صورت زیر ارائه کرد:

$$L = L_{\circ} \times ۲^{-(\theta - \theta_{\circ}) / \Delta\theta} \qquad (۱-۱)$$

که در این رابطه:

L = طول عمر عایق در شرایط کارکرد با دمای θ،

$L_{\circ}$ = طول عمر نامی عایق در دمای نامی $\theta_{\circ}$ مربوط به کلاس عایقی،

$\Delta\theta$ = پلهٔ دمایی است که عمر عایق نصف می‌شود (برای عایق‌های مختلف بین ۶ تا ۸ درجه سانتیگراد است).