

مکانیزم تخلیه الکتریکی سطحی^۱ بر روی مقره ها^۲

بر اساس استاندارد IEC60815-1 Ed. 1 (ویرایش سال ۲۰۰۸)

ساده تشریح شده و توضیحات لازم در خصوص نحوه استفاده از این استاندارد در ایران ارائه شود.

در شماره های قبل نشریه، استانداردهای ذیل معرفی شده اند:

شماره اول: استاندارد IEC62874 (عمرسنجی ترانسفورماتور با استفاده از

مقادیر ۲-فورفورال و دی اکسید کربن)

شماره دوم: IEC60422 (آزمونهای کنترل کیفی روغن در حال بهره برداری

ترانسفورماتور)

شماره سوم: IEC60076-3 (آزمونهای عایقی فشارقوی ترانسفورماتور)

شماره چهارم: IEC60296 (آزمونهای کنترل کیفی روغن نو)

شماره پنجم: IEC60076-16 (ترانسفورماتورهای مورد استفاده در نیروگاههای بادی)

شماره ششم: IEC60076-1 (ترانسفورماتور: کلیات)

علاقه مندان جهت دریافت نسخه کامل استانداردهای معرفی شده، می توانند به وبسایت فصلنامه مراجعه نمایند.

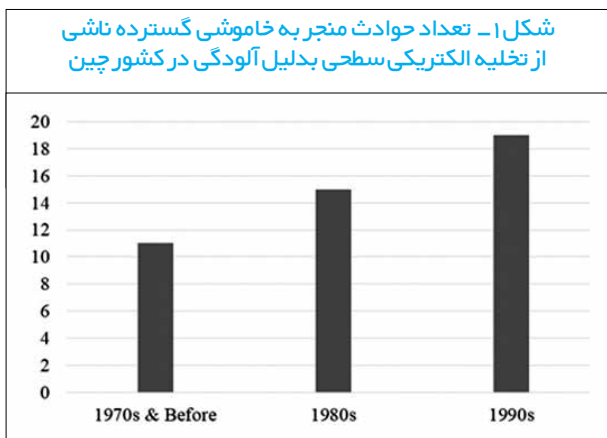
گرچه بسیاری از تحقیقات، گزارشهای فنی، مقالات و کتابها ممکن است از لحاظ علمی ارزش بالاتری از استانداردها داشته باشند، لیکن آنچه استانداردها را از این موارد متمایز می سازد اینست که گروهی متشکل از سازندگان، خریداران، بهره برداران و اساتید دانشگاه (و در خصوص استانداردهای بین المللی مانند IEC، نمایندگان کشورها) آنها را مورد تأیید قرار داده اند. در حقیقت استانداردها را می توان توافقی بین کلیه ذینفعان یک محصول در خصوص مشخصات و کیفیت آن دانست. در صنعت برق ایران از جمله ترانسفورماتور، استانداردهای تدوین شده توسط موسسه IEC بیشترین کاربرد را (در مقایسه با سایر استانداردها از جمله ANSI/IEEE) دارد که دلیل آن علاوه بر بین المللی بودن این استاندارد، نزدیکی بیشتر صنعت برق ایران با اروپا است.

با توجه به اهمیت آشنایی فعالان صنعت ترانسفورماتور با آخرین ویرایش استانداردهای IEC مورد استفاده در این صنعت، فصلنامه ترانسفورماتور در هر شماره یکی از استانداردهای منتشره توسط این مؤسسه را معرفی می نماید. نظر به پیچیدگی فنی استانداردهای IEC، تلاش بر این است که متون به زبان

مقدمه:

پدیده تخلیه الکتریکی سطحی بر روی مقره های خطوط انتقال و پوششینگهای ترانسفورماتور و در نهایت بروز خاموشیهای گسترده منطقه ای و حتی بلک اوت (Blackout) سراسری، در کشورهای با سطح آلودگی زیاد طبیعی و مصنوعی، بسیار حادث شده است. بعنوان مثال در کشور چین در فاصله بین سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶، بیش از ۴۴ مورد خاموشی گسترده بدلیل آلودگی و تخلیه الکتریکی سطحی روی مقره ها، اتفاق افتاده است (شکل یک). به منظور کاهش این حوادث، استاندارد IEC60815، در نسخه ویرایش سال ۲۰۰۸، به تفصیل به این موضوع پرداخته و ضمن تشریح علت وقوع پدیده تخلیه الکتریکی سطحی، راهکارهای مناسبی از جمله انتخاب صحیح مقره با توجه به نوع و میزان آلودگی و همچنین روشهای مناسب سرویس و نگهداری در خصوص مقره های سرامیکی موجود ارائه نموده است.

همچنین در سال ۱۳۸۷، معاونت وقت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، با همکاری وزارت نیرو نشریه ای با عنوان «طبقه بندی شرایط محیطی و اقلیمی» چاپ نمود، که در آن پهنه بندی آلودگی ایران و انتخاب فاصله خزشی مقره ها بر مبنای نوع و میزان آلودگی بر اساس استاندارد IEC60815 درج شده بود. با توجه به اهمیت مساله تخلیه الکتریکی سطحی و قطع برق مکرر استان خوزستان بدلیل این پدیده، در این بخش به معرفی مکانیزم تخلیه الکتریکی سطحی و راهکارهای ارائه شده برای جلوگیری از تکرار این حادثه بر مبنای IEC60815 و همچنین استاندارد «طبقه بندی شرایط محیطی و اقلیمی» می پردازیم.



Pollution Flashover Mechanism (۱)

(۲) منظور از مقره در این بخش از استاندارد، مقره های سرامیکی و شیشه ای خطوط توزیع و انتقال و همچنین پوششینگهای سرامیکی ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت می باشد.

مکانیزم تخلیه الکتریکی سطحی بر مبنای استاندارد IEC60815

به منظور فهم بهتر فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی ناشی از تجمع آلودگی، آنرا به شش مرحله مطابق ذیل تقسیم بندی نموده ایم.

فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی ناشی از آلودگی بر روی مقره‌ها، تابعی از ویژگیها و مشخصات سطح عایق است. دو سطح عایق در مقره‌ها تعریف می‌شوند: آب دوست و آب گریز. مقره‌های شیشه‌ای و سرامیکی آب دوست و مقره‌های پلیمری (بویژه سیلیکون رابر) آب گریز هستند. سطوح آب دوست در شرایط آب و هوایی مانند باران، مه و ... کاملا خیس شده و یک لایه الکترولیتی سطح مقره را می‌پوشاند. در نقطه مقابل، رطوبت در سطوح آب گریز، به صورت قطره‌های قابل رویت با چشم، تجمع می‌یابند.

فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی همچنین به شدت تحت تاثیر شکل موج ولتاژ (AC و DC) نیز می‌باشد. انتشار شکل موج AC در سطح مقره می‌تواند چند سیکل ادامه یابد و به همین دلیل در شدت جریان صفر، فرآیندهای خاموش / روشن شدن تخلیه اتفاق می‌افتد.

شکست هوا در نقاط مجاور در سطح عایق و همچنین وجود قطرات آب یا جریان آب در سطح مقره، پدیده تخلیه الکتریکی را تسریع می‌کند.

فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی در مقره‌های آب گریز (مانند مقره‌های سرامیکی) به قرار ذیل است:

مرحله اول: سطح مقره با لایه‌ای از آلودگی پوشیده می‌شود. اگر آلودگی در حالت خشک، غیر هادی باشد (مقاومت عایقی بالا داشته باشد)، وقوع پدیده تخلیه الکتریکی مستلزم خیس شدن مقره است (مرحله دوم)

مرحله دوم: سطح مقره آلوده به یکی از روشهای ذیل خیس می‌شود:

- جذب رطوبت
- میعان
- بارش باران

بارش شدید باران هم می‌تواند قسمتهای رسانا را از کل یا بخشهایی از لایه آلودگی پاک کند و هم با ایجاد پلهایی در سطح عایق، فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی را تسریع نماید. جذب رطوبت زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت نسبی بالاست (بیشتر از ۷۵ درصد) و در عین حال دمای محیط و سطح عایق یکی است. میعان نیز هنگامی حادث می‌شود که رطوبت محیط بر سطح مقره‌ای که دمای آن کمتر از نقطه شبنم است، تبدیل به مایع شود. این پدیده معمولا در زمان طلوع آفتاب یا کمی پیش از

آن بوقوع می‌پیوندد.

مرحله سوم: زمانی که مقره برقدار با یک لایه آلودگی رسانا پوشیده شده‌است، جریانهای ناشی سطحی بوجود آمده و گرمایش حاصل از آن شروع به خشک کردن لایه آلوده می‌نماید.

مرحله چهارم: لایه آلوده، هیچگاه بطور یکنواخت خشک نشده و در بعضی از نقاط سطح مقره، جریان ناشی به دلیل تشکیل باندهای باریک خشک، قطع می‌شود.

مرحله پنجم: ولتاژ فاز به زمین در دوسر باندهای باریک خشک (که ممکن است فقط چند میلیمتر عرض داشته باشند) پدیدار شده و موجب شکست الکتریکی هوا در این باندها بوسیله جرقه هایی می‌شوند که از لحاظ الکتریکی با لایه‌های آلوده و رسانای سطح مقره، سری هستند. این موجب بروز جریان ناشی بیشتر در سطح مقره می‌گردد.

مرحله ششم: در صورتیکه مقاومت لایه آلوده و خیس مقره کم باشد، جرقه‌های بوجود آمده در سطح باندهای باریک خشک، پایدار شده و می‌تواند به سطح کل مقره گسترش یابد. در نهایت تخلیه کل سطح مقره را دربر گرفته و خطای فاز به زمین (تخلیه الکتریکی) بوجود می‌آید.

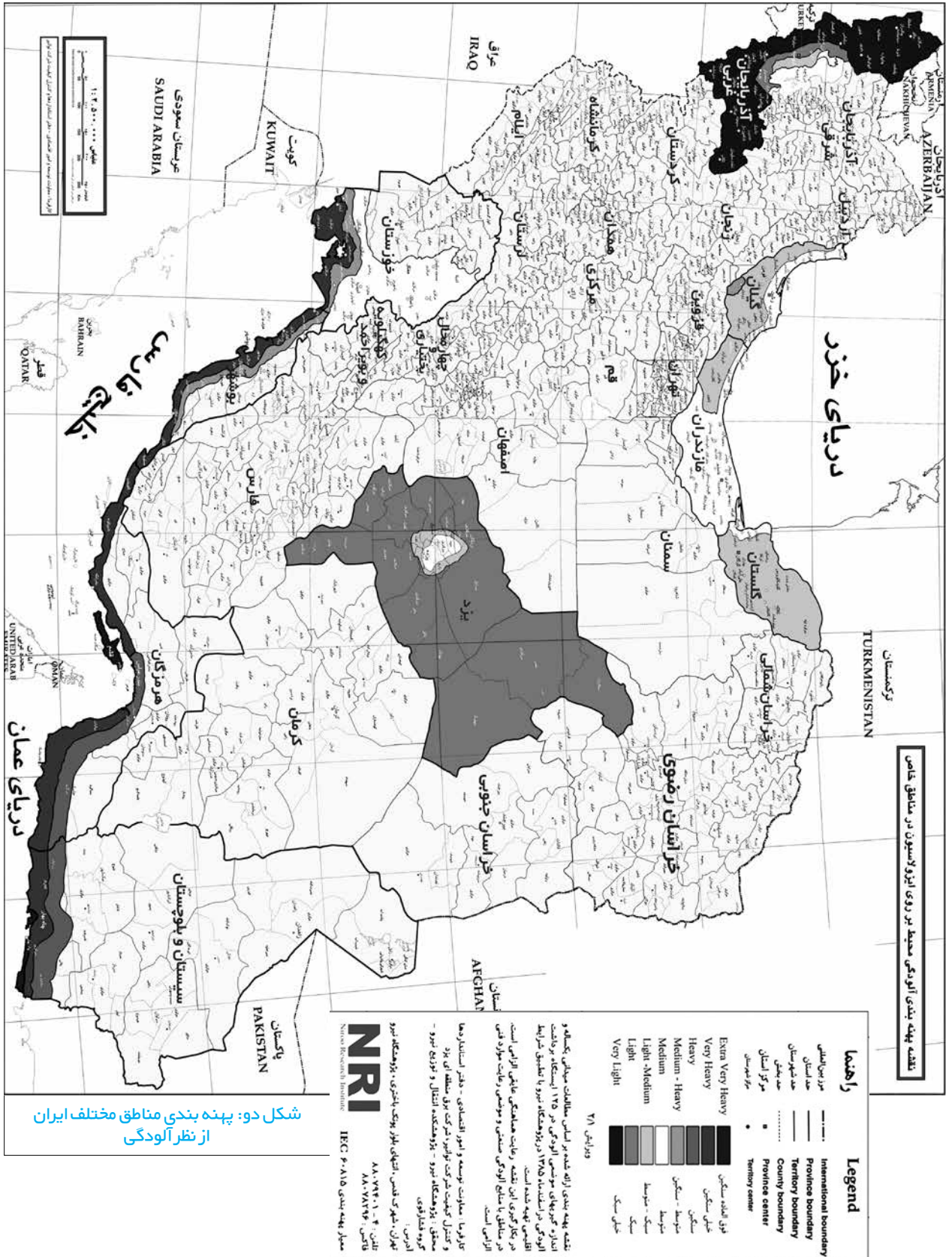
می‌توان کل این فرآیند را به رابطه و تعامل بین مقره، آلودگی، شرایط رطوبتی و ولتاژ اعمالی خلاصه نمود.

احتمال وقوع تخلیه الکتریکی سطحی با افزایش جریان ناشی که خود تابعی از مقاومت لایه‌های سطح مقره هست، افزایش می‌یابد. مطابق مدل فوق الذکر می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که مقاومت لایه‌های سطح مقره عامل تعیین کننده در وقوع یا عدم وقوع تخلیه الکتریکی سطحی است.

تخلیه الکتریکی سطحی بدلیل آلودگی بیشتر در مناطق بسیار خشک مانند کویر اتفاق می‌افتد. دلیل این مسئله عمدتاً تفاوت دمای بین سطح مقره و درجه حرارت محیط در زمان طلوع آفتاب است. در این شرایط حتی در رطوبت نسبتا پائین، چند درجه سانتیگراد اختلاف دما برای میعان آب در سطح مقره کافیهست. ظرفیت حرارتی و رسانائی حرارتی مواد عایقی عامل اصلی تعیین کننده نرخ گرمایش سطح مقره هستند.

راهکارهای استاندارد IEC60815 برای جلوگیری از بروز پدیده تخلیه الکتریکی سطحی بر روی مقره‌ها (الف) انتخاب فاصله خزشی مناسب برای مقره‌های جدید

جدول ۱ - طبقه بندی مناطق مختلف از نظر آلودگی و حداقل فاصله خزشی		
فاصله خزشی پریونیت (mm/Kv)	شرایط منطقه	سطح آلودگی
۱۶	نواحی بدون تاسیسات صنعتی و دارای تراکم مسکونی محدود و مجهز به وسایل گرمائی نواحی با تراکم صنعتی و خانگی محدود ولی دارای باد و بارانهای متناوب نواحی کشاورزی مناطق کوهستانی کلیه نواحی که در فاصله‌ای حداقل بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از دریا واقع بوده و باد از سوی دریا به آنها نمی‌وزد.	گروه یک: آلودگی سبک
۲۰	نواحی صنعتی که دوده‌های آلوده‌کننده تولید نمی‌کنند و مناطقی با تراکم مسکونی متوسط و مجهز به وسایل گرمازا نواحی با تراکم صنعتی و خانگی بالا و دارای بادهای و بارانهای متناوب نواحی که در معرض وزش بادهای دریایی قرار می‌گیرند ولی با ساحل چند کیلومتر فاصله دارند.	گروه دو: آلودگی متوسط
۲۵	مناطق با تراکم صنعتی بالا و حومه شهری بزرگ با تراکم وسایل گرمائی آلوده کننده نواحی نزدیک به دریا یا مناطقی که در هر صورت در معرض بادهای نسبتاً شدید دریایی قرار می‌گیرند.	گروه سه: آلودگی سنگین
۳۱	مناطق که در معرض گرد و خاکهای رسانا و دوده‌های صنعتی که بخصوص لایه‌های ضخیم رسانا ایجاد می‌کند، قرار دارند. نواحی بسیار نزدیک به ساحل که در معرض پاشیدن آب دریا یا بادهای شدید آلوده دریا قرار می‌گیرند. نواحی بیابانی که برای مدتهای طولانی بدون باران بوده و در معرض وزش بادهای شدید همراه با ماسه و نمک می‌باشند و بطور منظم تحت تاثیر میعان قرار می‌گیرند.	گروه چهار: آلودگی خیلی سنگین
بیشتر از ۳۳ (با نظر طراح)	نواحی ساحلی جنوب کشور مناطقی که در معرض آلودگی بسیار سنگین صنعتی و طبیعی قرار دارند مانند کارخانه‌های سیمان، گچ و ...	گروه پنج: آلودگی ویژه



مطابق نشریه «طبقه بندی شرایط محیطی و اقلیمی» که بر مبنای استاندارد IEC60815 و توسط وزارت نیرو، تدوین شده است، می توان از جدول یک برای محاسبه مقدار فاصله خزشی مقرر، با توجه به نوع و شدت آلودگی محل نصب، استفاده نمود.

همچنین در شکل دو، پهنه بندی مناطق مختلف ایران از نظر آلودگی قابل مشاهده است.

ب) شستشوی مقره ها

این روش را می توان بصورت دستی یا اتوماتیک انجام داد. امکان شستشوی مقره ها بصورت برقدار (Hot Line) نیز وجود دارد. (اشکال ۳ و ۴)

پ) اعمال پوششهای آب گریز

استفاده از پوششهای آب گریز مانند سیلیکون رابر یا گریس، استقامت مقرر در برابر آلودگی را افزایش می دهد. (اشکال ۵ و ۶)

ت) نصب افزایشده های فاصله خزشی بر روی مقره های موجود

با نصب بشقابهای مخصوص افزایشده فاصله خزشی به مقرر موجود می توان فاصله خزشی مورد نیاز برای منطقه آلوده را تامین نمود. (شکل ۷)



شکل ۳ - شستشوی پوششهای ترانسینگ توزیع



شکل ۵ - اعمال پوشش سیلیکونی آب گریز



شکل ۴ - شستشوی مقره های توزیع



شکل ۷ - افزودن بشقابهای افزایشده فاصله خزشی



شکل ۶ - اعمال پوشش سیلیکونی آب گریز