Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

www.sbargh.ir

مکانیزم تخلیه‌الکتریکی سطحی[1] برروی مقره ها[2]

براساس استاندارد IEC60815-1 Ed. 1 (ویرایش سال ۲۰۰۸)

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، بهره‌برداران و اساتید دانشگاه (و در خصوص استانداردهای بین المللی مانند IEC، نمایندگان کشورها) آنها را مورد تأیید قرارداده‌اند. 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 بین‌المللی 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 ساده تشریح شده و توضیحات لازم در خصوص نحوه استفاده از این استاندارد در ایران ارائه شود.

در شماره‌های قبل نشریه، استانداردهای ذیل معرفی شده‌اند:

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)

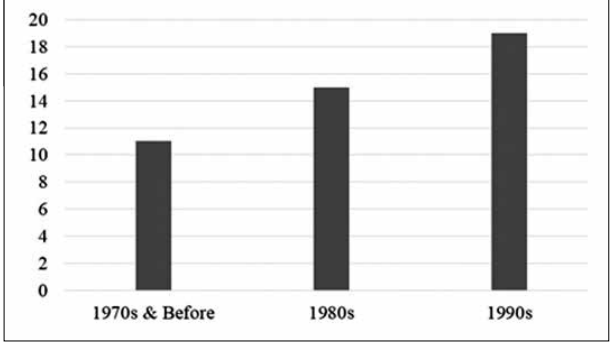
علاقه مندان جهت دریافت نسخه کامل استانداردهای معرفی شده، می توانند به وبسایت فصلنامه مراجعه نمایند.

مقدمه:

پدیده تخلیه الکتریکی سطحی برروی مقره های خطوط انتقال و بوشینگهای ترانسفورماتور و درنهایت بروز خاموشیهای گسترده منطقه‌ای و حتی بلک اوت (Blackout) سراسری، در کشورهای با سطح آلودگی زیاد طبیعی و مصنوعی، بسیار حادث شده‌است. 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 را ارائه نموده‌است.

همچنین در سال ۱۳۸۷، معاونت وقت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، با همکاری وزارت نیرو نشریه‌ای با عنوان «طبقه بندی شرایط محیطی و اقلیمی» چاپ نمود، که در آن پهنه بندی آلودگی ایران و انتخاب فاصله خزشی مقره‌ها برمبنای نوع و میزان آلودگی بر اساس استاندارد IEC60815 درج شده‌بود. 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 برمبنای IEC60815 و همچنین استاندارد «طبقه بندی شرایط محیطی و اقلیمی» می‌پردازیم.

شکل ۱ ـ تعداد حوادث منجر به خاموشی گسترده ناشی از تخلیه الکتریکی سطحی بدلیل آلودگی در کشور چین



۱) Pollution Flashover Mechanism

۲) منظور از مقره در این بخش از استاندارد، مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای خطوط توزیع و انتقال و همچنین بوشینگهای سرامیکی ترانسفورماتورهای توزیع وقدرت می‌باشد.

www.sbargh.ir

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

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 نموده‌ایم.

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

فرآیند تخلیه الکتریکی سطحی همچنین به‌شدت 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 می افتد.

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

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، غیرهادی باشد (مقاومت عایقی بالا داشته باشد)، وقوع پدیده تخلیه الکتریکی مستلزم خیس شدن مقره‌است (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 ســـطح 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 ســـوم: زمانی که مقره برقدار با یک لایه آلودگی رسانا پوشیده شده‌است، جریانهای نشتی 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 نشتی 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 رســـانای سطح مقره، سری هستند. این موجب بروز جریان نشتی بیشتر در سطح مقره می گردد.

مرحله ششم: درصورتیکه مقاومت لایه آلوده و خیس مقره کم باشد، جرقه‌های بوجود آمده در ســـطح باندهای باریک خشک، پایدار شده و می تواند به سطح کل مقره گسترش یابد. در نهایت تخلیه کل سطح مقره را دربرگرفته و خطای فاز به زمین (تخلیه‌الکتریکی) 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 ســـطحی با افزایش جریان نشتی که خود تابعی از مقاومت لایه‌ای سطح مقره هست، افزایش می‌یابد. مطابق مدل فوق الذکر می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که مقاومت لایه‌ای 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 می افتد. دلیل این مسئله عمدتاً تفاوت دمای بین سطح مقره و درجه حرارت محیط در زمان طلوع آفتاب اســـت. در این شـــرایط حتی در رطوبت نسبتا پائین، چند درجه سانتیگراد اختلاف دما برای میعان آب در سطح مقره کافیست. ظرفیت حرارتی و رسانائی حرارتی مواد عایقی عامل اصلی تعیین کننده نرخ گرمایش سطح مقره‌هستند.

راهکارهای اســـتاندارد IEC60815 برای جلوگیری از بروز پدیده تخلیه الکتریکی سطحی برروی مقره‌ها

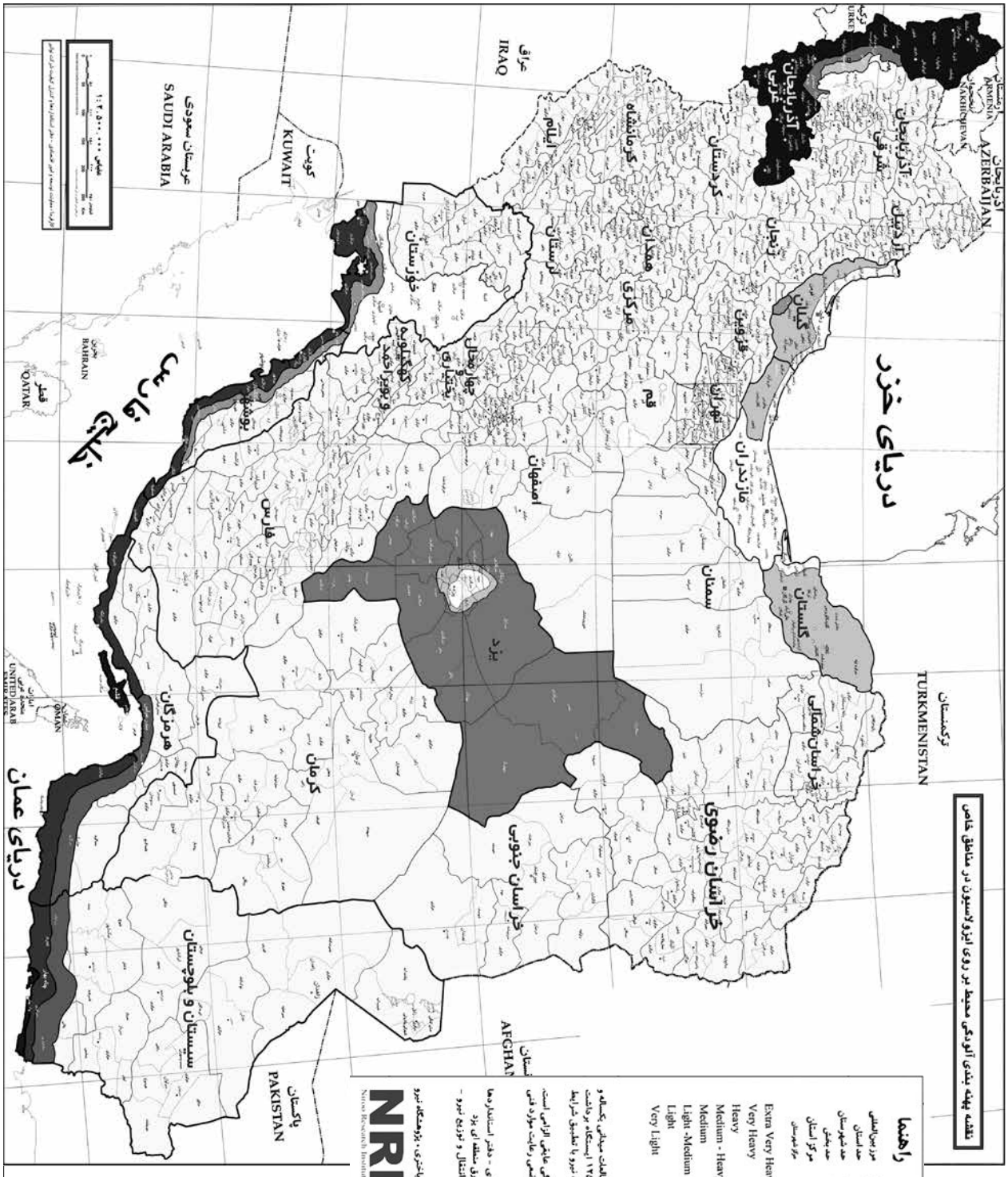
الف) انتخاب فاصله خزشی مناسب برای مقره‌های جدید

جدول ۱ ـ طبقه بندی مناطق مختلف ازنظر آلودگی و حداقل فاصله خزشی

سطح آلودگی	شرایط منطقه	فاصله خزشی پریونیت (mm/Kv)
گروه یک: آلودگی سبک	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.	۱۶
گروه دو: آلودگی متوسط	نواحی صنعتی که دودهای آلوده‌کننده تولید نمی‌کنند و مناطقی با تراکم مسکونی متوسط و مجهز به وسایل گرمازا نواحی با تراکم صنعتی و خانگی بالا و دارای بادها و بارانهای متناوب نواحی که در معرض وزش بادهای دریائی قرارمی‌گیرند ولی با ساحل چند کیلومتر فاصله دارند.	۲۰
گروه سه: آلودگی سنگین	مناطق با تراکم صنعتی بالا و حومه شهری بزرگ با تراکم وسایل گرمائی آلوده کننده نواحی نزدیک به دریا یا مناطقی که در هرصورت در معرض بادهای نسبتاً شدید دریائی قرارمی‌گیرند.	۲۵
گروه چهار: آلودگی خیلی سنگین	مناطقی که در معرض گرد و خاکهای رسانا و دودهای صنعتی که بخصوص لایه‌های ضخیم رسانا ایجاد می‌کند، قراردارند. نواحی بسیار نزدیک به ساحل که در معرض پاشیدن آب دریا یا بادهای شدید آلوده دریا قرارمی‌گیرند. نوای 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.	۳۱
گروه پنج: آلودگی ویژه	نوار ساحلی جنوب کشور مناطقی که در معرض آلودگی بسیار سنگین صنعتی و طبیعی قراردارند مانند کارخانه‌های سیمان، گچ و ...	بیشتر از ۳۳ (با نظر طراح)

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

www.sbargh.ir



شکل دو: پهنه بندی مناطق مختلف ایران
از نظر آلودگی

www.sbargh.ir

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

مطابق نشـــریه «طبقه بندی شـــرایط محیطی و اقلیمی» که برمبنای استاندارد IEC60815 و توســـط وزارت نیرو، تدوین شـــده است، می‌توان از جدول یک برای محاســـبه مقدار فاصله خزشـــی مقره، با توجه به نوع و شدت آلودگی محل نصب، استفاده‌نمود.

همچنین در شـــکل دو، پهنه بنـــدی مناطق مختلف ایران از نظـــر آلودگی قابل مشاهده‌است.

ب) شستشوی مقره‌ها

این روش را می‌توان بصورت دستی یا اتوماتیک انجام داد. امکان شستشوی مقره‌ها 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 مقره در برابر آلودگی را افزایش می‌دهد. (اشکال ۵ و ۶)

ت) نصب افزاینده‌های فاصله خزشی برروی مقره‌های موجود

با نصب بشقابهای مخصوص افزاینده فاصله خزشی به مقره موجود می‌توان فاصله خزشی مورد نیاز برای منطقه آلوده را تامین نمود. (شکل ۷)

شکل ۳ ـ شستشوی بوشینگ ترانسهای توزیع

شکل ۴ ـ شستشوی مقره های توزیع

شکل۵ ـ اعمال پوشش سیلیکونی آب گریز

شکل ۶ ـ اعمال پوشش سیلیکونی آب گریز

شکل ۷ ـ افزودن بشقابهای افزاینده فاصله خزشی

www.sbargh.ir