بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEQ172

نوع پذیرش: ارائه

تأثیر آلودگی و رطوبت بر کارائی مقره ها در شبکه های توزیع

اسدا... امیدواری نیا

شرکت توزیع نیروی برق خوزستان

واژه های کلیدی : آلودگی ، فاصله خزشی ویژه ، شکست جنبی ایزولاتور

چکیده :

آلودگی و رطوبت از عواملی است که بر روی کلیه تجهیزات شبکه بخصوص مقره ها اثـــرات نامطلوب داشته و باعث میگردد که شبکه نتواند وظیفـهٔ خـود را بخوبی انجام دهد . این مسئله در مناطـق ساحلی و بیابانهای لم یزرع و شوره زارها و نیز مناطـــق صنعتی اثرات خود را بیشتر نمایان می سازد .

آلودگی و کثیفی مقره توأم با رطوبت موجب هـادی شدن مقره و برقراری قوس الکتریکی میگردد .

آلـــــودگی مقره بستگی به محل نصب آن دارد . طبیعت آلـــودگی در مناطق مختلف با هم متفاوت است . لذا شناخت محیط آلوده و نوع آلـــودگی و تعیین مشخصه های ویژه جهت عایقی تجهیـــزات و طراحی مناسب شبکه از اهمیـــت زیـــــادی برخوردار است .

در این مقاله ضمن بررسی آلـــودگی در منطقـــهٔ خوزستان ، اثـــــرات آلـــودگی بر روی کارایی مقره های موجود در شبکه های ۱۱ ، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ایران مورد بررسی قرار گرفته و الگوی طراحی و مقرهٔ مناسب جهت رفـــع مشکلات موجود ارائه میگردد .

مقدمه :

نظر باینکه بخش وسیعی از کشور مادر حاشیه خلیج فارس ، دریای عمان و دریای خزر قرار گرفته و با توجه به رشد صنعت و وجود کارخانجات سیمان و ذوب فلزات و صنایع ، مسئله آلودگی از پارامترهای مهم طراحی شبکه های برق محسوب میگردد . این مسئله در مناطق ساحلی بدلیل وجود نمک فراوان و رطوبت و شرجی از اهمیت بیشتری برخوردار است بنابراین لازم است انواع آلودگی و اثرات آن بر کارآیی تجهیزات شبکه مورد بررسی قرار گیرد .

شرح مقاله :

براساس استاندارد IEC- 71- 2 مناطق آلوده به چهارقسمت مطابق جدول (۱) تقسیم میگردد : [۳]

mm/kv – فاصله خزشی ویژه	مناطق آلوده
۱۱/۵ – ۱۴/۴۵	**خیلی کم**
۱۷/۳ – ۲۰/۲	**کم**
۲۳/۱ – ۲۹	**زیاد**
۳۴/۷	**خیلی زیاد**

جدول (۱)

بطور کلی دو نوع آلودگی وجود دارد . آلودگی صنعتی و آلودگی نمک . آلودگی ناشی از نمک دو نوع قوس را سبب میگردد یکی مستقیم بوسیله نمکهای کلر و سدیم حمل شده از آب دریا توسط بادهای قوی ، دیگری با ته نشین شدن نمک روی سطح مقره و جذب تدریجی رطوبت در شرایط هوای مرطوب . قوس ناشی از آلودگی صنعتی مشابه با نوع دوم قوس آلودگی نمک بوده با این تفاوت که طبیعت اجسام هدایت کننده روی سطح مقره مختلف میباشد .

دو عامل در برقراری قوس الکتریکی و فروپاشی سطحی مؤثر میباشد . یکی درجه آلودگی و دیگری میزان رطوبت موجود در روی سطح مقره . از آنجائیکه تغییرات درجه حرارت در بیابانها زیاد و بالاترین درصد رطوبت در ساعات اولیه صبحگاهی است نمک توأم با گرد و خاک و مه روی عایق جمع شده ، رطوبت آن تبخیر و یک لایه نازک آلودگی در روی سطح مقره باقی میگذارد . در نتیجه زمینه آسیب و زیان مهیا میگردد .

بطور کلی سه عامل شرایط تشکیل قوس را فراهم میسازد . گرد و غبار و جرم – نمک – رطوبت . جرم و گرد و غبار اغلب برای نمکها محسوب میشود اما گاهی نیز بعنوان یک عامل فعال هدایت مراحل الکترولیت و سرانجام شکست الکتریکی ایزولاتور عمل مینماید .

بررسی شرایط محیطی :

گرچه تاکنون مطالعات همه جانبه ای بر روی نوع و میزان آلودگی در نقاط مختلف کشور صورت نگرفته است . بررسی های انجام شده بر روی شرایط محیطی و آلودگی در خوزستان نشان میدهد که نزدیکی به سواحل خلیج فارس و وجود شوره زارهای وسیع توأم با رطوبت و شرجی و درجه حرارت بالای محیط و نیز وجود حوزه های نفتی فعال اغلب آلودگی سنگینی را ایجاد مینماید . شرایط محیطی اندازه گیری شده در این استان بشرح زیر میباشد .

آب و هوا :

حداکثر درجه حرارت در سال بین ۴۶ تا ۵۰ درجه سانتی گراد در سایه و در آفتاب تا ۸۶ درجه سانتیگراد نیز میرسد . حداکثر درجه حرارت در ماههای تیر و مرداد میباشد . فصل گرما بین ۶ تا ۸ ماه بوده تغییرات روزانه درجه حرارت ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد میباشد .

سرعت باد :

حد متوسط سرعت باد بین ۹/ تا ۱۷/۱ کیلومتر در ساعت و حداکثر ۹۰ کیلومتر در ساعت میباشد . گرد و غبار همراه با شن و ماسه و مقدار قابل ملاحظه ای رطوبت میباشد . تعدادروزهایی در سال که شدت گرد و غبار بحدی بوده که قدرت دید از یک کیلومتر یا کمتر تجاوز نمیکرده به این شرح است :

دزفول - اندیمشک	۱۴ روز
اهواز	۶ روز
آبادان و خرمشهر	۳۴ روز

بارندگی :

کل بارندگی سالیانه بین ۳۰ تا ۳۰۰ میلیمتر که اکثرا" بشکل باران نم نم بدون اثر شستشو دهنده بوده و بیشتر بارندگی در اردیبهشت ماه میباشد .

بارندگی بین ۶۰ تا ۲۰۰ روز در سال ، مدت زمان بارندگی کوتاه بوده و از مهر تا اردیبهشت باران میبارد .

رطوبت نسبی :

حد متوسط رطوبت روزانه بین ۲۱٪ تا ۶۷٪ و در ماههای آذر و دی به ۹۸٪ و گاهی تا ۱۰۰٪ نیز میرسد .

خوزستان منطقه ای جلگه ای بوده که حدود ۳۰۰ کیلومتر طول ساحلی داشته و در برخی از نقاط این جلگه گنبدهای نمکی وجود دارد که در شور کردن اراضی و آبها تأثیر عمده دارند .

طی اعصار گذشته و قرون متمادی رسوبات ناشی از آبهای جاری به مرور از اراضی پست جنوبی و دهانه خلیج فارس انباشته شده و به مرور وسعت اراضی خشک جلگه ای خوزستان افزایش یافته و همچنین فرسایش طبیعی و تخریب مکانیکی موجب شده که تپه های شنی کم و بیش گسترده ای ایجاد شود . شن و ماسه با دانه های مختلف ، گرد و خاک و پراکندگی جامد یا

مایع در یک گاز ، اغلب آلودگی و ناپاکی فعالی را بوجود می آورد . ضمناً باران شستشو دهنده وجود نداشته و سالهای وفور باران نادر است . اما رطوبت هوا مانند سایر مناطق ساحلی بسیار زیاد میباشد . میانگین نمکها (Nacl) بمقدار زیاد (۱۰ تا ۲۰ در صد) و سولفات کلسیم (Caso4) بمقدار کم بصورت پودر درون مرزی و بعضی اوقات تا صدها کیلومتر و حتی برون مرزی حمل میشود . بعبارت دیگر میتواند تحت تأثیر آلودگی ناشی از صحراهای عربستان قرار گیرد . عوامل فوق باعث گردیده که اغلب مناطق این استان ، بخصوص مناطق ساحلی جزو مناطق با آلودگی زیاد و خیلی زیاد محسوب گردد . این آلودگی ها بیش از همه بر روی مقره ها اثر میگذارند و لازم است اثرات آنها مورد بررسی قرار گیرد .

مقره باید در شرایط غیر طبیعی آلودگی ، شنبم ، مه و باران و اضافه ولتاژها دارای استحکام الکتریکی و مکانیکی ویژه باشد تا بتواند نیروهای مکانیکی و الکترو دینامیکی را تحمل نماید . استقامت الکتریکی مقره به جنس و طول آن و استقامت مکانیکی به جنس و ضخامت آن بستگی دارد . لعاب روی سطح مقره که خواص صیقلی دارد از نیروی چسبندگی دود ، ذرات و گرد و خاک میکاهد . رنگ لعاب عموماً قهوه ای انتخاب میشود تا از تشکیل شبنم جلوگیری نماید . سطح مقره باید صاف و صیقلی باشد قطر و برآمدگی سطح مقره بمنظور جلوگیری از فروپاشی طراحی میگردد . با این وجود آلودگی و رطوبت باعث پایین آمدن استقامت الکتریکی جنبی مقره بمیزان قابل ملاحظه ای میگردد . بطوریکه مقاومت مقره در آلودگی و رطوبت ممکن است به حدود ۱۰ تا ۲۰ در صد حالت خشک برسد .

نتایج آزمایشات انجام شده بر روی مقره ۳۳ کیلوولت در آزمایشگاه فشار قوی سازمان آب و برق خوزستان بر روی مقره میخی ۳۳ کیلوولت که با توجه به استاندارد مربوطه صورت گرفته بشرح زیر میباشد :

ولتاژ شکست جنبی ایزولاتور KV	ولتاژ شروع عبور جریان KV	نوع آزمایش
۱۰۰	۶۰	حالت خشک بدون آلودگی
۸۰	۶۰	حالت خیس بدون آلودگی
۳۰	۲۵	حالت خیس با آلودگی کم
۱۰	۵	حالت خیس با آلودگی زیاد

جدول (۲)

بررسی خطوط توزیع :

از آنجائیکه انتخاب نامناسب تجهیزات در تداوم سرویس شبکه های برق نقش اساسی دارند و مقره بعنوان یکی از مهمترین تجهیزات مورد استفاده در شبکه نقشی حیاتی در پایداری خط دارد ، مقره های مورد استفاده در خطوط فشار متوسط شبکه های توزیع نیرو را مورد بررسی قرار میدهیم .

در شبکه های توزیع سه نوع ولتاژ ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت د رسراسر کشوروجود دارد مشخصات مقره های مورد استفاده در خطوط توزیع با توجه به نوع خط مطابق جدول (۳) میباشد . [۵]

نوع خط	نوع مقره	leakage distance mm	low frequency Dry flash over kv	low frequency wet flash over kv
۱۱ kv با مقره ثابت	میخی	۳۳۰	۹۵	۶۰
۱۱ kv با دو مقره بشقابی	بشقابی	۲*۲۹۲	۱۴۰	۷۵
۲۰ kv با مقره ثابت	میخی	۴۳۱/۸	۱۱۰	۷۰
۲۰ kv با دو مقره بشقابی	بشقابی	۲*۲۹۲	۱۴۰	۷۵
۲۰ kv با سه مقره بشقابی	بشقابی	۳*۲۹۲	۱۹۵	۱۱۵
۳۳ kv با مقره ثابت	میخی	۶۸۶	۱۴۰	۹۵
۳۳ kv به سه مقره بشقابی	بشقابی	۳*۲۹۲	۱۹۵	۱۱۵
۳۳ kv با چهار مقره بشقابی	بشقابی	۴*۲۹۲	۲۴۵	۱۵۵

جدول (۳)

برای اینکه ببینیم شبکه های توزیع با مقره های موجود تا چه حد کارآئی دارند ، بـا اسـتفاده از فرمولهای زیر محاسبات لازم را انجام می دهیم :[۳] و [۴]

$$\text{فاصله خزشی ویژه} = \frac{N^* \text{ (Leakage distance)}}{U^*1.1}$$

N = تعداد مقره مورد استفاده

U = ولتاژ نامی ماگزیمم

1.1 = ضریب اطمینان

$$\text{ولتاژ سرویس (US)} = \frac{E\text{-}11}{2.2}$$

E = ولتاژ جرقهٔ تر

$$\text{نسبت ولتاژ سرویس به ولتاژ نامی} = \frac{US}{U}$$

پس از انجام محاسبات نتایج بدست آمده را میتوان در جدول (۴) خلاصه نمود .

نسبت ولتاژ سرویس به ولتاژ نامی خط	ولتاژ سرویس kv	فاصله خزشی ویژه mm/kv	نوع خط
۱/۹	۲۲	۲۵/۹۷	**۱۱kv با مقره ثابت**
۲/۶۴	۲۹/۰۹	۴۵/۹۶	**۱۱ kv با دو مقره بشقابی**
۱/۳	۲۶/۸	۱۸/۷	**۲۰ kv با مقره ثابت**
۱/۴۵	۲۹/۰۹	۲۵/۲۸	**۲۰ kv با دو مقره بشقابی**
۲/۳۶	۴۷/۲۷	۳۷/۹۲	**۲۰ kv با سه مقره بشقابی**
۱/۱	۳۸	۱۸/۰۷	**۳۳ kv با مقره ثابت**
۱/۳۶	۴۷	۲۳/۰۸	**۳۳ kv با سه مقره بشقابی**
۱/۹	۶۵/۵	۳۰/۷۷	**۳۳ kv با چهار مقره بشقابی**

جدول (۴)

با مقایسهٔ جداول (۱) و (۴) نتایج زیر بدست می آید :

۱- فاصلهٔ خزشی ویژه و ولتاژ سرویس بدست آمده در شبکهٔ ۱۱ کیلوولت با مقرهٔ ثابت برای مناطق با آلودگی نوع زیاد و مرطوب مناسب میباشد .

۲- شبکهٔ ۱۱ کیلوولت با دو مقرهٔ بشقابی برای مناطق با آلودگی و رطوبت خیلی زیاد مناسب میباشد .

۳- شبکه های ۲۰ کیلوولت طراحی شده با مقره ثابت ، برای مناطق با آلودگی کم و در صد رطوبت پایین مناسب است و برای مناطق با آلودگی زیاد و در صد رطوبت بالا مناسب نمیباشد .

۴- شبکه های ۲۰ کیلوولت طراحی شده با دو مقره بشقابی برای مناطق با آلودگی زیاد و رطوبت کم مناسب میباشد و برای مناطق دارای آلودگی یا رطوبت خیلی زیاد مناسب نمیباشد .

۵- شبکه های ۲۰ کیلوولت طراحی شده با سه مقره بشقابی برای مناطق با آلودگی و رطوبت زیاد مناسب میباشد .

۶- شبکه های ۳۳ کیلوولت طراحی شده با مقره ثابت برای مناطق با آلودگی کم و در صد رطوبت پایین مناسب میباشد و برای مناطق با آلودگی زیاد و در صد رطوبت بالا مناسب نیست .

- شبکه های ۳۳ کیلوولت طراحی شده با ۳ مقره بشقابی برای مناطق با آلودگی زیاد و در صد رطوبت بالا مناسب نیست ، اما برای مناطق با آلودگی کم و نیمه مرطوب مناسب است .

۸- شبکهٔ ۳۳ کیلوولت طراحی شده با ۴ مقره بشقابی برای مناطق با آلودگی زیاد و در صد رطوبت بالا مناسب میباشد .

در عمل نیز شبکه های ۱۱ کیلوولت موجود از پایداری نسبتاً خوبی برخوردار هستند ، اما بهره برداری از شبکه های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت در مناطق ساحلی و مناطقی که دارای آلودگی و رطوبت بالا هستند و نیز در نواحی صنعتی با مشکلاتی همراه میباشد و در اولین بارندگی های سال و هنگام بالا بودن میزان رطوبت و شرجی خاموشیهای وسیعی را به شبکه تحمیل می نمایند .

از آنجائیکه شبکه های توزیع عموماً با استفاده از مقره های میخی ساخته شده اند و امکان تغییر آنها وجود ندارد و احداث خطوط با مقره بشقابی در مناطق شهری با محدودیت هایی همراه میباشد ، استفاده از مقرهٔ بشقابی به خطوط خارج از شهر و خاص و نیز برای طرحهای کششی محدود میگردد . بنابراین لازم است با توجه به میزان و نوع آلودگی هر منطقه ، مقرهٔ میخی مناسب با آن منطقه طراحی و مورد استفاده قرار گیرد . تاکنون هیچگونه مطالعهٔ علمی بر روی میزان و نوع آلودگی مناطق مختلف ایران و از جمله مناطق ساحلی صورت نگرفته است . (اخیراً مطالعاتی در خوزستان در حال انجام است که هنوز به نتیجهٔ نهائی نرسیده است .) اما با توجه به اعداد تجربی موجود ، آلودگی مناطق ساحلی خوزستان از نوع زیاد میباشد که براساس آن میزان فاصلهٔ خزشی ویژه مورد نیاز برای طراحی مقره از جدول شماره (۱) استخراج و Leakage distance مقره برابر ۳۴/۵ اینچ محاسبه گردیده است . مشخصات مقرهٔ محاسبه شده مطابق با استاندارد ASA CLASS 56 - 5 میباشد و پارامترهای مهم آن عبارتند از ;

Leakage distance 867 mm
Low frequency Dry Flash over 175kv
Low frequency wet flash over 125 kv

این نوع مقره با همکاری مقره سازی مانه برای اولین در ایران ساخته شده و کلیهٔ مراحل تست و آزمایشات مربوطه را مطابق با استاندارد IEC و تستهای آلودگی را با موفقیت پشت سر گذاشته و تعدادی از آن نیز در خطوط توزیع خوزستان مورد استفاده قرار گرفته که دارای کارایی مناسب و بالایی بوده است .

در مورد خطوط ۲۰ کیلوولت نیز استفاده از مقره های ۳۳ کیلوولت قدیمی ، برای مناطق ساحلی دارای آلودگی زیاد ، و استفاده از مقره های جدید طراحی شده ، برای مناطق دارای آلودگی خیلی زیاد، مناسب میباشد . ضمناً استفاده از مقره های کمپوزیت در مناطق آلوده نیز در دست بررسی میباشد که در صورت ساخت و

آزمایش مقره های میخی کمپوزیت و مناسب بودن آنها ، لازم است مورد توجه قرار گیرند .

نتیجه :

آلودگی و رطوبت بر کلیهٔ تجهیزات شبکه بخصوص مقره ها اثرات سوء داشته و مانع از کارکرد طبیعی آنها میگردد . این اثرات در مناطق ساحلی بدلیل وجود نمک و رطوبت بسیار شدید بوده و باعث ایجاد قوس الکتریکی و بروز اختلال در شبکه های برق میگردند .

بررسی های انجام شده بر روی شبکه های توزیع نیرو نشان می دهد که مقره های مورد استفاده در شبکه های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای مناطق دارای آلودگی سنگین و مناطق ساحلی مناسب نبوده و انتخاب مقره و طراحی شبکه بصورت اصولی انجام نشده است و لازم است بمنظور تداوم سرویس مشترکین ، شبکه ها با در نظر گرفتن پارامتر آلودگی طراحی شده و انتخاب مقره بصورت صحیح انجام گیرد .

در این خصوص نیاز به طراحی و استفاده از مقره های میخی متناسب با نوع آلودگی میباشد و لازم است استفاده از مقره های کمپوزیت نیز مورد توجه و بررسی قرار گیرد .

منابع :

[۱] - کتاب استاندارد تجهیزات توزیع - سازمان آب و برق خوزستان

[۲] - استاندارد شبکه های توزیع نیرو - وزارت نیرو

[۳] - نشریهٔ علمی - فنی برق شماره ۱ سال ۱۳۶۷ - مرکز تحقیقات نیرو

[۴] - انتقال نیرو - دکتر جندقی

[۵] - نشریات و کاتالوگهای خارجی

[6] NGK INSULTORS CATALOG NUMBER (65) / BY ARBO LTD TOKYO