بررسی آماری اثرات رطوبت و شرایط جوی بر پانچ مقره ها در شرکت توزیع نیروی برق مشهد

محمد حسین جاویدی ، ناصر نخودچی ، سعید علیشاهی
شرکت توزیع برق مشهد ، دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه :

با توجه به رشد روزافزون مصرف برق بویژه در مصارف رفاهی و صنعتی ، تولید انرژی الکتریکی مطمئن و با کیفیت و داشتن شبکه های انتقال با ضریب اطمینان بالا ضروری می نماید و اگر بگوییم که ضریب اطمینان سیستمهای قدرت بستگی به کیفیت و ضریب اطمینان مقره ها دارد بی شک سخن گزافی نگفته ایم چرا که آمار خرابیها و fault های بوجود آمده بهترین گواه بر اثبات این مطلب می باشد . با توجه به بکارگیری فناوری های جدید در خطوط انتقال ظرفیت انتقال خطوط و ولتاژ انتقال روز به روز در حال افزایش می باشد که مقره های با خاصیت عایقی بهتر را طلب می کند که تؤام با نیاز به برخورداری از استحکام مکانیکی بیشتر زمینه کاری مناسبی را برای مهندسین مواد و متالوژی فراهم آورده است .

هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیرات درجه حرارت ، بارندگی و رطوبت بر روی مقره های پرسلینی بکار رفته در شرکتهای برق با تأکید بر مشکل بوجود آمده ناشی از پانچ شدن مقره های ساخت مقره سازی ایران بوده است . این تحقیق متکی بر مطالعات تئوری و شناخت هرچه بیشتر مقره ها و نیز متکی بر مطالعات میدانی و حوادث بوجود آمده در اثر پانچ شدن مقره ها می باشد . در این راستا ابتدا ضمن معرفی انواع مقره های پرسیلینی و خواص آنها و مقایسه پرسلین و خواص آنها و مقایسه پرسلین با شیشه و دیگر مواد بکار رفته در ساخت ایزولاتورها به خصوصیات آنها از نظر فیزیکی و شیمیایی و دوام مکانیکی و استقامت الکتریکی و همچنین تأثیر رطوبت احتمالی بر آن ها و شرایط آب و هوایی و غیره پرداخته و سپس بر اساس آمار مشاهدات ناشی از حوادث بوجود آمده بر اثر پانچ شدن مقره ها به تطبیق علل پانچ شدن مقره با موارد تئوری پرداخته شده است و در پایان با توجه به شرایط آب و هوایی و محیطی محل ، پیشنهاداتی در جهت رفع مشکل مذکور ارائه گردیده است .در این مقاله خلاصه ای از تحقیقات به عمل آمده در این خصوص در شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد آورده شده است .

بررسی مقره ها به طور اختصار:

از انجاییکه هادیهای خطوط انتقال دارای ولتاژهای زیادی نسبت به یکدیگر و نسبت به بدنه دکل می باشند ، بنابراین جهت اتصال آنها به دکل باید از وسایل مجزا کننده استفاده کرد و ایزولاتورهای بکار رفته دارای دو وظیفه مهم می باشند :

1- وظیفه الکتریکی :

مقره ها باید دارای خواص عایقی خوب و استقامت الکتریکی بالایی باشند و بتوانند ضمن جدا نمودن هادیهای برقدار از یکدیگر و دکل و تحمل ولتاژ کار خط بالا (بسته به نوع خط می تواند تا 20 میلیون ولت در خطوط انتقال باشد) توانایی مقاومت در برابر ولتاژهای ضربه ای بوجود آمده در اثر قطع و وصل کلید (Switching) و یا رعد و برق را داشته باشد **.[1]**

2- وظیفه مکانیکی :

مقره های مورد استفاده همچنین باید دارای استقامت مناسبی باشند و قادر باشند بارهای مکانیکی ناشی از وزن هادیهای بکار رفته را که نیروی وارد شده از طرف آنهابسته به فاصله دکل ها از یکدیگر و ولتاژ خط و نوع هادی مورد استفاده است را تحمل نمایند و همچنین تحمل اضافه بار های محتمل از قبیل برف ، باد ، باران و یا نشستن پرندگان و برخورد اجسام را تا حد بالایی داشته باشند .

جهت ساخت مقره ها از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می شود که این مواد عمدتاً به دو گروه سرامیکی و غیر سرامیکی (پلاستیک) تقسیم می گردند . گروه سرامیکی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و کاربرد بیشتری یافته است . این گروه خود انواع مختلفی دارد که قسمت عمده آنها شامل پرسلین و شیشه می باشند و از بین این دو پرسلین با توجه به استقامت الکتریکی و مکانیکی و پایداری تحت شرایط جوی مختلف و ضریب اطمینان بالایش توانسته است سهم بیشتر تقاضا ها را به خود معطوف کند .

پرسلین از ترکیب شیمیایی مواد زیر به دست می آید :

رس – کائولین (سیلیکات هیدراته) – کوارتز – فلدسپات (سیلکو آلومینات سود) – پتاس

از نظر الکتریکی پرسلین عایقی بسیار خوب و قوی بوده و گرادیان ولتاژ شکست آن در حدود $15 - 30$ kv/mm می باشد که برای ولتاژ ضربه که زمان آن کم ولی شدت آن بیشتر است این کمیت به حدود 49 kv/mm افزایش می یابد . مقره های پرسلینی در مقابل ضربه ، معمولاً ترک بر می دارند و یا دارای لب پریدگی می گردند ولی کاملاً خرد نمی شوند . یکی از مهمترین معایب پرسلین این است که در صورتیکه ولتاژی باعث شکست در آن شود ، تخلیه الکتریکی در داخل آن صورت می گیرد که موجب پدید آمدن کانالهای میکروسکوپی باریکی می شود که غیر قابل دیدن است و این امر سبب کاهش خاصیت عایقی پرسلین می گردد .

از انواع مقره های پرسلینی می توان پرسلین معمولی (پرسلین فلدسپات) ، پرسلین آلومینیومی ، پرسلین کریستو بالایت و پرسلین کریستو بالایت آلومینیومی را نام برد .

شیشه :

شیشه از مخلوط کردن سیلیس (SiO_2) با اکسید سدیم (NaO_2) و اکسید کلسیم (CaO) و اکسید منیزیم (MgO) بدست می اید . شیشه نسبت به پرسلین شکننده تر است و در مقابل ضربه خورد می شود و مقاومت مکانیکی آن با زمان تحمل نیرو نسبت عکس دارد و در حد گسیختگی به $\frac{2}{3}$ تقلیل می یابد و در مقابل تغییرات ناگهانی شرایط جوی نیز مقاوم نمی باشد . از شیشه در مناطق با آلودگی زیاد مثلاً مناطق صنعتی نمی توان استفاده کرد زیرا به علت وجود ترکیبات بازی اکسید سدیم و اکسید کلسیم در هنگام برقراری جریان نشتی سطحی زیاد بر روی آن در اثر وجود آلودگی سطح مقره ، این ترکیبات در صورت وجود رطوبت باعث خوردگی سطح شیشه شده که بر هم خوردن تعادل نیروهای سطحی و داخلی و سرانجام شکستن مقره را در پی دارد .یکی از مزایا شیشه کم بودن ضریب انبساط آن و ارزانی قیمتش نسبت به پرسلین می باشد و همچنین به علت شفافیت در صورت شکستگی و ترک خوردگی در داخل آن می توان با چشم مقره معیوب را از سایر مقره ها تمیز داد و نیاز به تستهای ویژه که در مورد مقره های پرسلینی بکار برده می شود نیست .[1]

آمار حوادث ناشی از پانچ شدگی در شرکت توزیع نیروی برق مشهد[2]و[3]

اکنون و در این بخش از دید آماری به قضیه نگاه می کنیم . بدین منظور آمار مربوط به حوادث بوجود آمده در شبکه توزیع برق شهرستان مشهد را که شامل 8 ناحیه و شهرستانهای فریمان ، چناران و سرخس می باشد در دو سال اخیر ، یهنی سالهای 1380و 1381 به تفکیک ماه های سال مورد بررسی قرار می دهیم و با هم مقایسه می کنیم . همانطور که می دانید در سال 81 میزان بارش نزولات آسمانی خیلی بیشتر از سال 80 بوده است و همانطور که پیش بینی کرده بودیم میزان حوادث ناشی از پانچ شدن و شکستن مقره ها که تحت تأثیر مستقیم تغیرات شرایط جوی می باشد در این سال نسبت به سال 80 بالاتر بوده است . به طور نمونه آمار مربوط به قطعی های بوجود آمده در فروردین80 و 81 به طور خلاصه آورده شده است.

ماه های فصل بهار و مخصوصاً فروردین از جمله ماه هایی هستند که در آنها تعداد خاموشیهای نا خواسته ناشی از عوامل جوی بسیار بیشتر از سایر ماه های سال می باشد ، زیرا در این ماه شاهد بارش باران می باشیم که اغلب با طوفان و رعد و برق همراه می باشد . جدول زیر قسمتی از خلاصه آمار و اطلاعات شبکه توزیع و وضعیت شبکه 20 KV را در فروردین ماه سال 81 نشان داده که با همین ماه در سال 80 نیز مقایسه گردیده است . ملاحظه می گردد در فروردین سال 81 میزان بروز حوادث و خاموشی های ناخواسته بیشتر بوده و به علت بارش بیشتر باران و برف و تغییرات جوی بیشترین علت قطع ووصل مربوط به پانچ شدن مقره ها می باشد .

در جداول زیر انرژی توزیع نشده در اثر حوادث در فروردین سالهای 80 و 81 به تفکیک علل بروز حوادث آمده است . توجه به یک نکته ضروری است که همیشه بیشترین حوادث در خطوط هوایی اتفاق می افتد و در فروردین ماه شکستن و پانچ شدن مقره ها سهم عمده ای در بروز حوادث داشته اند و در سال 81 این آمار نسبت به سال قبل بیشتر بوده که علت آن همان میزان بیشتر نزولات آسمانی و تغییرات جوی می باشد .

عنوان	فروردین 81	فروردین80	درصد تغییر
زمان خاموشی هر مشترک در روز به دقیقه (توزیع)	1/83	1/36	34/5
خاموشی ناخواسته (20 KV)	217MWH	146/9 MWH	47/7
پیک بار	683MW	634/5MW	7/6
تعداد قطع و وصل خطوط بعلت بروز حوادث	299 مورد	202 مورد	48
حداکثر زمان خاموشی یک فیدر 20 KV (ناخواسته)	195 دقیقه	174 دقیقه	12
نعداد فیدرهای 20 KV قطع شده ناخواسته	94	85	10/5
مجموع زمان خاموشی ناخواسته فیدرهای 20 KV	5478 دقیقه	3488 دقیقه	12
متوسط زمان هر مورد قطع نا خواسته فیدر	18/3 دقیقه	17/26 دقیقه	6
حداکثر علت قطع(نا خواسته 20 KV)	28 مورد پانچ مقره	33 مورد باد و رعد و برق	- 15/15
حداکثر تعداد قطع ناخواسته فیدر 20 KV	18 مورد (بنیاد)	10 مورد (رضوی)	80
حداکثر خاموشی واحدها (ناخواسته 20 KV)	28/6٪ فریمان	22/1٪ برق 1	29/4

خلاصه آمار و اطلاعات شبکه توزیع و وضعیت شبکه 20 KV در فروردین 80 و 81

	انرژی توزیع نشده در اثر حوادث در اردیبهشت 81 (MWH)	انرژی توزیع نشده در اثر حوادث در اردیبهشت80 (MWH)
خطوط هوایی	346/6	131/6
کابلهای زمینی	5/3	12/4
پست های توزیع زمینی	3/8	8/2
پست هوایی	8/4	17/3
جمع	346/1	169/5

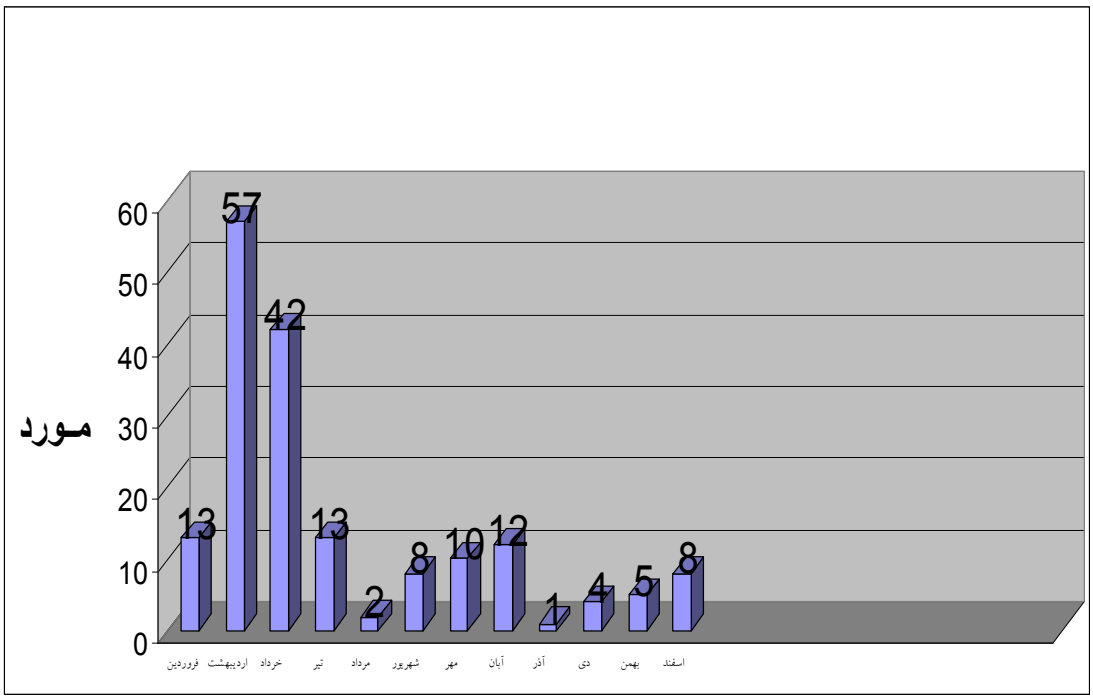
انرژی توزیع نشده در اثر بروز حوادث به تفکیک محل وقوع حادثه در فروردین ماه 80 و 81

در جدول زیر انرژی توزیع نشده در اثر حوادث خطوط هوایی در فروردین سالهای 80 و 81 به تفکیک علل بـروز حوادث آمده است .

خطوط هوایی	تعداد مورد در فروردین 81	تعداد مورد در فروردین 80
معایب در فیدر	0	0
عوامل جوی	31	33
شکستن و پانچ شدن مقره	13	13
پارگی سیم و چمپر	13	9
برقگیر	1	1
تجهیزات خطوط هوایی	19	7
عوامل خارجی	18	16
سایر اتفاقات	129	87

علل بروز حادثه در خطوط هوایی در فروردین 80 و 81

همچنین در این تحقیق با استفاده از آمار حوادث و قطعیهای فیدرهای فشار متوسط شرکت توزیع نیـروی بـرق مشهد در اثر پانچ شدن و یا شکستن مقره در ماه های مختلف سال و بررسی شـرایط جـوی و میـزان رطوبـت محیط در روز وقوع حادثه و روز قبل از آن ، این مسئله روشن شد که در اکثر موارد پانچ شدن مقـره در روز بعـد از بارندگی صورت گرفته و در مناطق دارای رطوبت بیشتر مانند مناطق کوهستانی و یا نزدیک سد هـای بـزرگ رخ داده است . از سوی دیگر نمودار زیر فراوانی وقوع این حادثه را در خطوط هوایی در ماههای مختلـف سـال 81 بیان می کند .



بررسی علل پانچ مقره ها و ارائه نکاتی در زمینه انتخاب مقره مناسب :

شکست الکتریکی در مقره ها به دو علت صورت می گیرد :

1-تشکیل جرقه از داخل مقره

2- تشکیل جرقه سطحی

عوامل ایجاد تخلیه سطحی به سه گروه تقسیم می شوند :

الف) هنگامی که ایزولاتور به علت کثیف بودن سطح آن و آلودگی و رطوبت محیط دارای خاصیت عایقی کمتری می شود و تخلیه الکتریکی بین هادیها و بدنه از طریق هدایت سطحی عایق صورت می گیرد . که در این حالت هدایت از طریق **خط فراری** که عبارت از کوتاهترین مسیر موجود بر روی مقره که هادی را به بدنه وصل می کند می باشد صورت می گیرد .

ب) هنگامی که سطح ایزولاتور خشک و تمیز است ولی به علت افزایش ولتاژ ناگهانی بین بدنه و هادی تخلیه صورت می گیرد که این تخلیه از طریق کوتاهترین مسیر موجود (نه لزوماً بر روی سطح مقره) بلکه از طریق هوا صورت می گیرد .

ج) هنگامی که سطح ایزولاتور مرطوب باشد و افزایش ناگهانی ولتاژ بین بدنه و هادی داشته باشیم که در این حالت تخلیه دارای مسیر طولانی تری نسبت به حالت ب بوده و از سطح عایق می گذرد .

که از این دو تشکیل جرقه از داخل مقره از اهمیت بیشتری برخوردار است زیرا باعث سوراخ شدن (پانچ شدن)مقره ها و در نتیجه از بین رفتن خاصیت عایقی آنها می شود .[1]

تقسیم ولتاژ در مقره ها :

در اکثر موارد از اتصال چندین مقره به صورت زنجیره ای از مقره ها جهت بدست آوردن ایزولاسیون لازم استفاده می کنند در این حالت بین پین انتهایی هر مقره با بدنه دکل که فلزی می باشد یک خازن تشکیل می شود که وجود این خازنها باعث می شود که تقسیم ولتاژ بر روی زنجیره مقره به صورت مساوی صورت نگیرد ، طوریکه مقره ای که در انتهای زنجیره قرار دارد باید ولتاژ بیشتری را تحمل کند .برای رفع این مشکل از روشهای زیر بهره میبرند .

1- بزرگ انتخاب کردن طول بازوی دکل 2-استفاده از حلقه الکتروستاتیک

3-استفاده از لعاب هادی بر روی کلاهک مقره 4-استفاده از چند نوع مقره

طراحی و انتخاب ایزولاسیون خط از نظر استقامت الکتریکی :

در این بخش اشاره کوتاهی به پاره ای از مسایل که در انتخاب ایزولاسیون مناسب باید مورد توجه قرار گیرد می کنیم

مهمترین ولتاژهای تستی که بر روی مقره تست می شوند عبارتند از :

الف) ولتاژ متناوب با فرکانس قدرتی که سبب تخلیه الکتریکی بین دو سر مقره در هوای خشک و یا در هوای بارانی می شود .

ب) ولتاژی که سبب تخلیه الکتریکی از داخل مقره (پانچ شدن) می گردد .

ج) موج ولتاژ ضربه ای که باعث تولید جرقه و تخلیه الکتریکی بین دو سر مقره در هوای خشک و بارانی می گردد .

جهت انتخاب مقره مناسب برای خط انتقال مورد نظر باید موارد زیر را رعایت نمود .در این تحقیق برای هر کدام از موارد زیر میزانی از استاندارد مورد نیاز خطوط با توجه به ظرفیتهای متفاوت آنها ارائه شده است .

- سطح ایزولاسیون استاندارد
- ازدیاد ولتاژهای سیستم : که شامل ازدیاد ولتاژ مربوط به عوامل داخلی سیستم و یا ازدیاد ولتاژ مربوط به عوامل خارجی می باشد .
- در نظر گرفتن ضرایب مربوط به ارتفاع
- آلودگی و رطوبت
- کرونا
- مینیمم فاصله هوایی مجاز
- آلودگی

بیان خلاصه ای از علل پانچ شدن مقره :

بررسی مقره های آسیب دیده در شبکه های شرکت توزیع نیروی برق مشهد و مطالعه آماری علل قطع شبکه در دو سال اخیر (1381 – 1380) این مطلب را آشکار ساخت که زمان پانچ شدن مقره پس از بارندگی و یا تغییرات جوی شدید بوده و تعداد پانچ شدگی مقره ها در مکانهای مرطوب بیشتر از سایر نواحی میباشد. با توجه به عکسهای نشان داده شده در زیر مشاهده نمودیم که اغلب مقره های آسیب دیده دارای پینهای نامتقارن نسبت به محور عمودی مقره می باشند . این عدم تقارن باعث ایجاد تنش مکانیکی نا برابر بر روی مقره شده و باعث شکستگی های بسیار ریز میکروسکوپی در فاصله بین پین و کلاهک می گردد . به مرور زمان این شکافها بزرگتر شده و در شرایط مرطوب باعث برقراری جریان می گردد و بالاخره پس از گذشت زمان و نشست رطوبت به داخل شکافها باعث پانچ شدن و خراب شدن مقره ها می گردد . عامل دیگری که باعث پانچ شدن مقره می گردد باز هم مربوط به شرکت های سازنده می باشد . بدین صورت که در هنگام ساخت مقره حباب های کوچکی از هوا در داخل مقره بوجود می آید ، پس از نصب مقره در محل مورد نظر با توجه به بررسی میدانی میدان انجام گرفته شدت میدان در هوا بیشتر از محیط عایق جامد اطراف حباب می باشد ،پس اولین محلی که شکست در آنجا رخ می دهد همان حباب هوا می باشد . این شکست باعث پدید آمدن شکافهای میکروسکوپی در داخل مقره شده و همانند عامل قبلی پس از گذشت زمان و وسیع شدن شکاف و پس از یک بارندگی یا افزایش رطوبت محیط اطراف مقره ، مقره پانچ می شود و میشکند .لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده بر اساس مطالعات میدانی در عایقها و با ذکر فرمولها و روابط تئوری مربوطه بدست آمده است که در این مقاله به جهت اختصار از بیان جزئیات و فرمولهای ذکر شده خودداری شده است .

پانچ مقره در اثر وجود حباب هوا

پانچ مقره دارای پین نامتقارن

نتیجه :

بنابراین لازم است که شرکتهای مقره سازی در هنگام ساخت مقره دقت کافی را مبـذول دارنـد تـا محصـولی بـا کیفیت بالا به بازار عرضه کنند . همچنین شرکت های توزیع نیروی برق بایستی قبل از مبادرت نمودن به خریـد مقره آزمایشات مربوطه را به دقت کافی بر روی مقره مورد نظر انجام دهد و پـس از مـورد تاییـد بخـش کنتـرل کیفی قرار گرفتن محصول نسبت به خرید آن اقدام نماید . بعلاوه در شرایط لزوم حتی الامکان نسبت بـه کیفیـت مقره پایینی که در شرایط تقسیم نا برابر ولتاژ ، ولتاژ بیشتری بـر آن اعمـال مـی شـود دقـت بیشـتری نمایـد . و حدالامکان استانداردهای بیان شده را مد نظر داشته باشند چرا که رعایـت ایـن مـوارد عـلاوه بـر اینکـه قابلیـت اطمینان شبکه را بالا می برد در دراز مدت از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد و هزینه های مربوط بـه نگهداری و تعویض مقره ها را کاهش می دهد .

مراجع و منابع:

1. دکتر محمد حسین جاویدی دشت بیاض ، طرح خطوط هوایی انتقال انرژی ، انتشارات آستان قدس
2. آمار حوادث و اتفاقات سال 1380-1381 شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
3. مستندات دیسپاچینگ توزیع برق مشهد