مطالعه رابطه جریان نشتی با میزان آلودگی در مقره های سرامیکی توزیع

احمد معماری پور دکتر حسن آبروش دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی
دانشکده برق دانشگاه مازندران (مجتمع عالی فنی و مهندسی نوشیروانی بابل)

واژه های کلیدی : مقره های سرامیکی ، جریان نشتی ، آلودگی سطحی ، اتاق مه

چکیده :

خطاهای ناشی از آلودگی مشکلی است که بطور مداوم شبکه های توزیع مناطق دارای آلودگی را تحت تاثیر قرار می دهد و بروز این خطاها باعث کاهش کیفیت توان و قابلیت اطمینان شبکه توزیع می گردد . وقتیکه شستن مقره های توزیع بعنوان یک عامل پیشگیرانه از نظر اقتصادی عملی نباشد ، سطح آلودگی می تواند بنحو خطرناکی زیاد شود مگر اینکه یک شستشوی طبیعی باعث کاهش آلودگی گردد . وقتیکه آلودگی مرطوب شود ، لایه آلودگی یک مسیر مناسب برای عبور جریان نشتی ایجاد می کند و افزایش آلودگی باعث افزایش مقدار آن می گردد . لذا برای شناخت بهتر روند تغییر مقره از حالت سالم تا بروز خطا مطالعه جریان نشتی ضروری است .

در این مقاله به بررسی ارتباط جریان نشتی با میزان درجه آلودگی سطح مقره پرداخته شده است . نتایج آزمایشات نشان می دهد که میزان جریان نشتی تنها به درجه آلودگی سطح مقره بستگی ندارد بلکه به شکل مقره و سطح ولتاژ اعمالی نیز بستگی دارد . با توجه به نتایج به دست آمده بهتر است در مناطقی که دارای رطوبت بالا و همچنین آلودگی بالا هستند از مقره شیشه ای بجای مقره چینی مه ای و معمولی استفاده شود.

مقدمه :

تحقیقات انجام شده بر روی مقره های انتقال نشان می دهد که بیشتر قطعیها ناشی از آلودگی و در شرایط آب و هوایی مانند اواخر شب و اوایل صبح رخ می دهد [۱] .در مورد مقره های خطوط توزیع هم در شرایط مشابه محیطی می توان انتظار بروز چنین خطاهایی را داشت .

ترکیب آلودگی با رطوبت روی سطح مقره مسیر عبور جریان نشتی را ایجاد می کند که این جریان در بعضی موارد بطور طبیعی روی سطح قطع شده و در بعضی موارد منتهی به یک جرقه مخرب می گردد .

اگر یک مکانیسم شستشوی طبیعی مانند باران یا شبنم سنگین بوقوع نپیوندد ، میزان آلودگی می تواند تحت تاثیر عوامل مختلف افزایش یابد پدیده تشکیل شبنم (میعان) روی مقره هنگامی رخ می دهد که دمای سطح مقره کمتر از نقطه میعان آب باشد که این شرایط معمولا در اواخر شب و اوایل صبح روی می دهد .

برای شناخت بروز خطا در مقره ، روند رشد جریان نشتی در مقره باید مورد مطالعه قرار گیرد . برای انجام این مطالعات نیاز به یک سیستم آزمایشگاهی که امکان آزمایش تحت آلودگیهای مختلف و شبیه سازی شرایط آب و هوایی سخت را فراهم کند، می باشد. اتاق مه امکان شبیه سازی

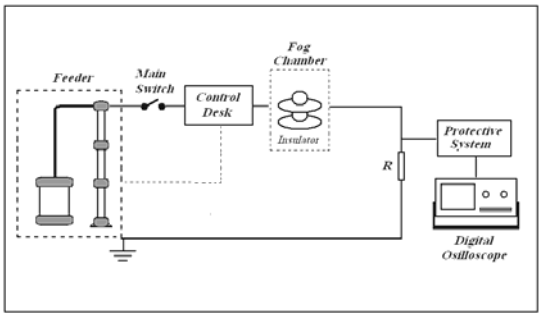
تشکیل شبنم بر روی مقره را فراهم می سازد کـه عامـل بروز اکثر خطاهای آلودگی در شبکه است.

در این مقالـه تـستهایی بـر روی مقـره هـای چینـی استاندارد ، مهی و نـوع شیـشه ای بـا درجـات آلـودگی گونـاگون در اطـاق مـه صـورت گرفتـه اسـت و نتـایج آزمایشات نشان می دهد که جریان نشتی فقط به میـزان آلودگی بستگی ندارد بلکه به شکل مقره و سـطح ولتـاژ اعمالی نیز وابسته است .

مجموعه آزمایشگاهی:

مجموعه عملی انجام تست در محل آزمایشگاه عایق و فشار قوی دانشگاه فنی نوشیروانی بابل سـاخته شـده است . برای تولید ولتاژ فـشار قـوی از مجموعـه تولیـد ولتاژ فـشار قـوی AC موجـود در آزمایـشگاه اسـتفاده گردید . سیستم مورد نظر توانایی تولید ولتاژ متناوب ، تا میزان ۵۰۰ کیلو ولت با توان ۱۰ کیلو ولـت آمپـر را دارا است و با بروز تخلیه الکتریکی سیـستم بطـور خودکـار قطع می شود .

شکل ۱ مدل مداری سیستم تست را نشان می دهـد .کلید SW1 ، سوئیچ اصـلی برقـدار کـردن سیـستم را نشان می دهد . وقتـی کـه SW1 بـسته مـی شـود میـز کنترل که در قسمت بعدی شکل آمده اسـت فعـال مـی شود . میز کنترل سطح ولتاژ خروجی را کنترل مـی کنـد و در صورت بروز اضافه جریان سیستم را قطع می کند.



شکل ۱ مدل مداری سیستم تست

ولتاژ تامین شده توسط فیـدر و میـز کنتـرل بوسـیله یک کابل با استقامت عایقی مناسب وارد اتاق مه شده و به مقره های تست اعمال می گردد . پین انتهایی مقره از طریق یک کابل با مقاومـت انـدازه گیـری R بـه زمـین متصل می شود . مقاومت R وظیفه نمونه برداری از جریـان نشتی و تبدیل آن به ولتاژ را برعهـده دارد .مقـدار مقاومـت بگونه ای انتخاب شده است که کل محدوده جریان نشتی را تحت پوشش قرارمی دهد .

ولتاژ افت کـرده روی مقاومـت از طریـق یـک سیـستم محافظ با سه طبقه حفاظت در برابـر ولتـاژ فـشار قـوی بـه اسیلوسکوپ منتقل می شود . اسیلوسـکوپ از نـوع حافظـه دار دیجیتال بوده و توانایی ثبت شکل موجهای ولتاژ و آنالیز آنرا دارا می باشد . برای شبیه سازی شرایط محیطی از یـک اتاق مه استفاده گردید . اتاق مه در شکل ۲ نشان داده شـده است .

اتاق مه نشان داده شده دارای ابعاد ۱/۸*۲*۲ بوده و از پلاسـتیک ضـخیم و شـفاف سـاخته اسـت بـرای افـزایش استقامت یک اسکلت چـوبی درون آن بکـار رفتـه اسـت . مقره ها توسط یک زنجیره به پایه نگهدارنده کـه در خـارج اتاق مه قرار گرفته است آویزان شده اند . ولتاژ تولیـد شـده از سیستم فشار قوی از طریق همین زنجیر بـه مقـره اعمـال می گردد .

شکل ۲ : اتاق مه

برای تولید مه از دستگاههای بخارساز استفاده گردیـد . به این ترتیب که برای سیستم تولید مه ٤ عدد دستگاه بخـار ساز در ٤ گوشه اتاق مه بر روی پایه هایی کـه از قبـل روی اسکلت چوبی تعبیه شده بود ، قرار داده شده است . ایـن ٤ دستگاه در زمان کوتاهی فضای اتاق را پر از مه می نمایـد . کلید کنترل خاموش و روشن بودن دستگاهها کـه در خـارج اتاق قرار گرفته است توانایی کنترل میزان مه را فـراهم مـی کند .

روند انجام آزمایش :

برای انجام تست ۳ نمونه مقره شیشه ای ، چینی استاندارد و چینی مهی(Anti Fog) انتخاب شد . مشخصات و ویژگیهای مقره های فوق در جدول زیر آورده شده است

نوع مقره	قطر (mm)	ارتفاع (mm)	مساحت سطح رویی	فاصله خزشی(mm)
چینی ساده	۲۵٤	۱٤٦	٦۳۰ (cm^2)	۲۹۵
چینی مهی	۲۵٤	۱٤٦	۸٦۰ (cm^2)	٤۳۲
شیشه ای	۲۵٤	۱٤٦	۵۷۵ (cm^2)	۳۰۵

جدول ۱ : مشخصات مقره های تست

آلودگی مقره ها مطابق استاندارد IEC507 براساس روش لایه جامد صورت گرفته است محلول آلودگی با استفاده از ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر به همراه ٤۰ گرم کائولین و مقداری نمک تهیه شده است . میزان نمک برای ۵ محلول آلودگی مختلف بترتیب ۳۰، ٤۰، ۵۰، ٦۰ ، ۷۰ گرم نمک بوده است . آلوده نمودن مقره ها با روش غوطه ور کردن مقره ها در محلول انجام گرفت که مهمترین مزیت این روش آلوده شدن یکنواخت سطح مقره ها است .

برای انجام تست مرطوب مقره ها درون اتاق مه قرار داده شده و سپس دستگاه های بخار ساز برای رسیدن به مقدار مناسب مه روشن و پس از رسیدن به مقدار مناسب که در تمام تست ها یکسان و برابر با عمق دید ۲,۵ متر (رطوبت ۹۵٪) بود ، دستگاههای بخار ساز خاموش می گردید .میزان رطوبت با دستگاه رطوبت سنج آلمانی MPT370 تحت کنترل قرار گرفت .

با یکنواخت شدن مه درون اتاق مه ، ولتاژ فشار قوی وصل شده و جریان نشتی بازاء ولتاژ های مختلف اندازه گیری گردید. در حالت مرطوب ولتاژ از ۱ کیلو ولت تا ۱۵ کیلو ولت در پله های ۱ کیلوولتی اضافه شد . در این حالت در اکثر موارد دستگاه تولید ولتاژ فشارقوی بدلیل افزایش جریان بیش از مقدار مجاز سیستم ، قطع شد که در این موارد ولتاژ قطع آخرین ولتاژی بوده که جریان نشتی در آن ثبت شده است .

جریان نشتی توسط اسیلوسکوپ Aglient 54622D در هر ولتاژ ذخیره و مقادیر ماکسیمم و مینیمم و دامنه آن نیز ثبت گردید . در مجموع با توجه به تعداد مقره ها ۱۵عدد آزمایش صورت گرفت و بمنظورمقایسه هرمقره یکبار نیز بدون آلودگی مورد تست قرار گرفت .

پس از پایان آزمایشها ، آلودگی هر مقره برداشته شد . روش برداشت آلودگی طبق روش متداول به این نحو انجام شد که آلودگی روی سطح مقره بوسیله یک پارچه کاملا تمیز برداشته شده و درون ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید . برای اندازه گیری میزان آلودگی طبق استاندارد IEC507 میبایست هدایت الکتریکی محلولهای هر مرحله تست اندازه گیری شود . میزان هدایت الکتریکی محلولها با یک دستگاه هدایت سنج دقیق اندازه گیری شد. در جدول ۲ نسبت کائولین/ نمک و میزان ESDD درمقره های مختلف بازاء ۵ آلودگی ارائه شده است که میزان ESDD بر اساس استاندارد محاسبه شده است .

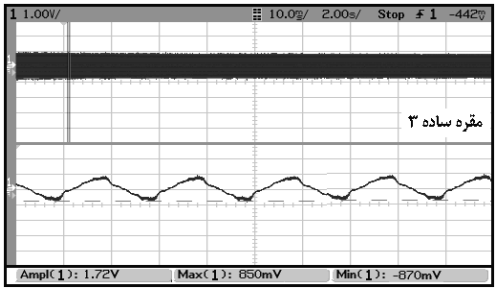
شماره مقره	نسبت کائولین/ نمک	ESDD چینی	ESDD مهی	ESDD شیشه ای
۱	۳۰/٤۰	۰/۰۳۷٤	۰/۰۹۹۷	۰/۱۳۲۸
۲	٤۰/٤۰	۰/۱۱٤۵	۰/۱۳۹۸	۰/۱۳۹۱
۳	۵۰/٤۰	۰/۱٤٤۲	۰/۱۳۹۸	۰/۱٤٤۱
٤	٦۰/٤۰	۰/۱٤۵۳	۰/۱٤۹۹	۰/۱٦۲۰
۵	۷۰/٤۰	۰/۲۱۹۳	۰/۲۱٤۰	۰/۲۰۷۰

جدول۲: میزان ESDD مقره های تست

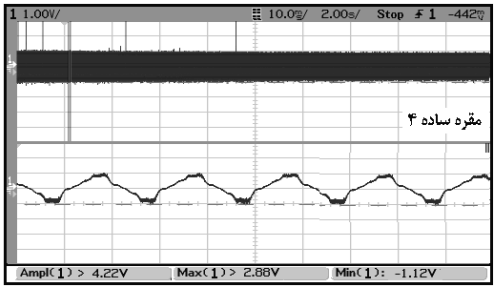
نتایج آزمایشات :

شکل موج جریان نشتی برای سه مقره چینی استاندارد ، مهی و شیشه ای با سه درجه آلودگی در شکلهای ۳ تا ۵ نشان داده شده است . اشن شکل موجها مربوط به ولتاژاعمالی٦ کیلو ولت است . علت انتخاب ولتاژ ٦ کیلو ولت قطع شدن سیستم در ولتاژهای بالاتردر بعضی مقره ها به سبب تولید جریان نشتی زیاد می باشد .

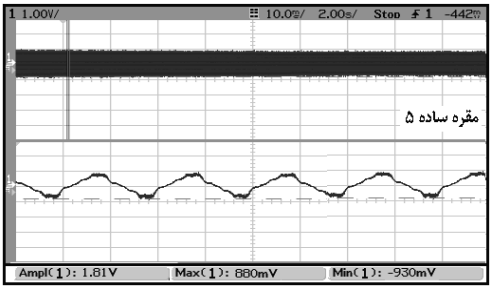
شکل ۳ جریان نشتی مقره چینی ساده تست بازای سه آلودگی نشان می دهد در هر شکل ، شکل موج بالایی جریان نشتی را در یک بازه ۲۰ ثانیه ای نشان می دهد وشکل موج پایینی همان جریان نشتی را بصورت باز شده در یک فاصله زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه ای می باشد .علت ثبت شکل موجها بصورت فوق ، بررسی حالت ماندگار جریان نشتی وهمراه با تخلیه های جزئی وهمچنین مشاهده شکل موج باز شده می باشد .



۳- الف : نسبت کائولین/ نمک : ۵۰/۴۰



۳- ب : نسبت کائولین/ نمک : ۶۰/۴۰



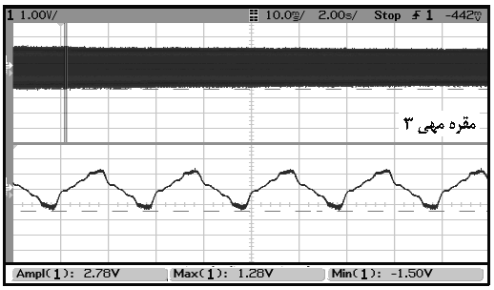
۳- ج : نسبت کائولین/ نمک : ۷۰/۴۰

شکل ۳ : جریان نشتی مقره چینی بازاء سه آلودگی

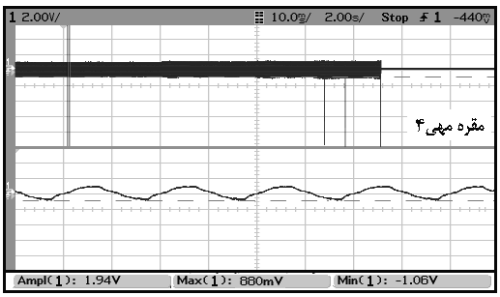
همانطورکه در شکل موجها ملاحظه می گردد در مقره مهی با افزایش میزان آلودگی روی سطح مقره شکل موج جریان نشتی به سینوسی نزدیکتر شده و از اعوجاج کمتری برخوردار است .

شکلهای ۶ و ۷ مربوط به تغییرات جریان نشتی بر حسب تغییر ولتاژ در رطوبت ۹۵ درصد می باشد و این اشکال برای نسبت کائولین به نمک ۵۰/۴۰ و ۶۰/۴۰ برای سه مقره چینی استاندارد ، مهی وشیشه ای رسم شده است . لازم بذکر است که برای بقیه آلودگیها مقره های فوق رفتار مشابهی از خود نشان داده اند .

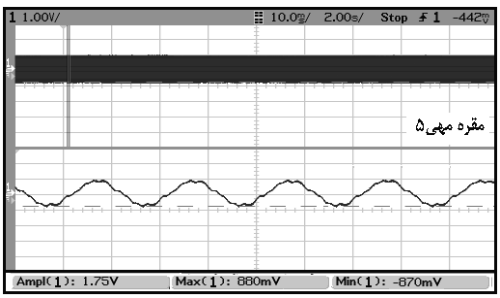
در این شکلها محور عمودی جریان نشتی ومحور افقی میزان ولتاژ را نشان می دهد . که مقادیر ماکسیمم و مینیمم ولتاژ دو سر مقاومت اندازه گیری در زیر هر شکل آورده شده است .



٤- الف : نسبت کائولین/ نمک : ۵۰/۴۰



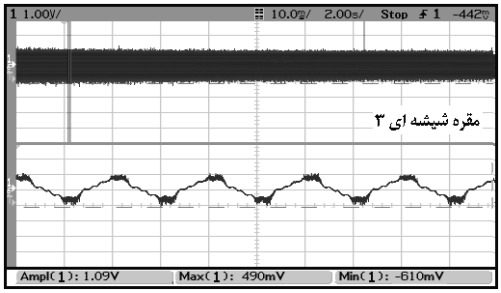
٤- ب : نسبت کائولین/ نمک : ۶۰/۴۰



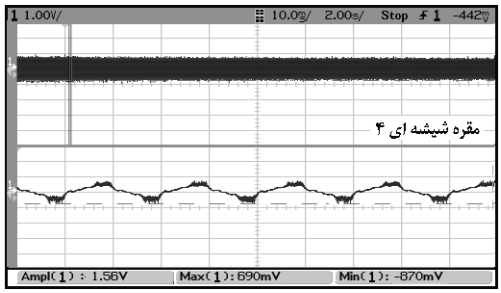
٤- ج : نسبت کائولین/ نمک : ۷۰/۴۰

شکل ٤ : جریان نشتی مقره مهی بازاء سه آلودگی

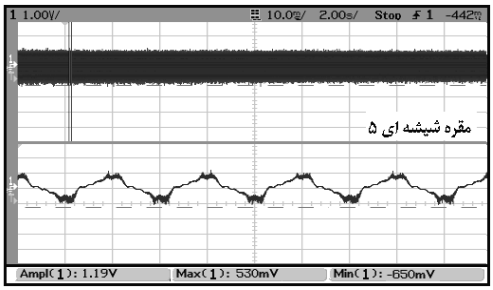
همانطور که در این دوشکل ملاحظه می گردد جریان نشتی تنها به میزان آلودگی بستگی نداشته بلکه به شکل مقره و میزان ولتاؤژ نیز بستگی دارد .روند رشد جریان نشتی بازا تغییر ولتاز در مقره شیشه ای کمترین و در مقره مهی بیشترین مقدار را داشته است .



۵- الف : نسبت کائولین/ نمک : ۵۰/۴۰



۵- ب : نسبت کائولین/ نمک : ۶۰/۴۰



۵- ج : نسبت کائولین/ نمک : ۷۰/۴۰

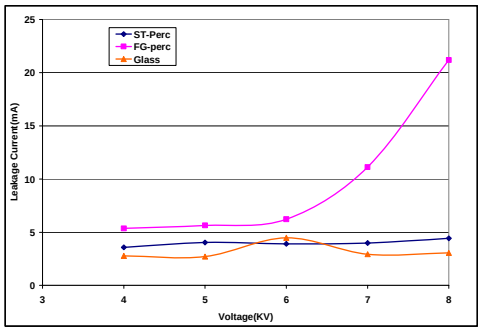
شکل ۵ : جریان نشتی مقره شیشه ای بازاء سه آلودگی

در شکل ۸ تغییرات میزان جریان نشتی بازا تغییر مقدار نسبت نمک به کائولین در محلول آلودگی در ولتاژ ۶ کیلو ولت رسم شده است وهمانگونه که در شکل مشاهده می شود جریان نشتی مقره شیشه ای دارای تغیرات کمتری نسبت به دو مقره دیگر بوده و با افزایش میزان آلودگی روند رشد کمتری از خود نشان داده است .

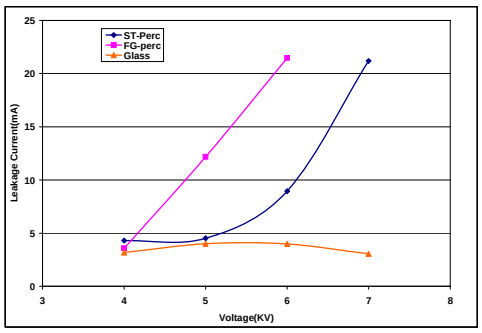
نتایج فوق این نظریه را تایید می کند که میزان جریان نشتی منحصرا به میزان آلودگی بستگی نداشته و تابع پروفیل مقره و جنس آن نیز می باشد .

نتیجه گیری

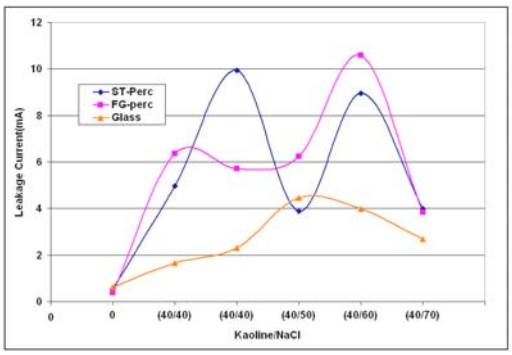
برای بررسی رابطه جریان نشتی با میزان درجه آلودگی سطح مقره و همچنین پروفیل مقره آزمایشهایی در اتاق مه انجام گردید .



شکل ٦ : جریان نشتی سه مقره بازا نسبت کائولین/ نمک ٥٠ /٤٠



شکل ۷ : جریان نشتی سه مقره بازا نسبت کائولین/ نمک ٦٠ /٤٠



شکل ۸ : مقایسه جریان نشتی مقره های تست درآلودگیهای مختلف برای یک ولتاژ

نتایج بدست آمده از آزمایشها نشان می دهد که میزان جریان نشتی منحصرا به میزان آلودگی بستگی نداشته و بلکه به شکل وجنس مقره و سطح ولتاژ اعمالی بستگی دارد . آزمایشهای انجام شده نشان می دهد برای مناطقی که دارای رطوبت زیاد و آلودکی بالا هستند از مقره شیشه ای بجای مقره چینی مه ای ویا معمولی استفاده شود.

با توجه به شکل موجهای جریان نشتی که بعلت تخلیه های جزئی و کرونا دارای اعوجاج می باشد، برای شناخت بهتر این پدید ها نیاز به تحلیل بیشتر می باشد .

منابع

1-Joe,Renowden,Clyde Richards "Monitor of Contaminated Insulator " " IEE Proc .Gener. Transm. Distrib Electrical World , October 1996 ,pp.39-40

2- IEC 60507. 1991-04. “Artificial pollution tests on high-voltage

3- C.S.Richards C.L.Benner ,K.L.Butler ,B.D.Russell" Leakage Current Characteristics Causes By Contaminated Distribution Insulator" Texas A&M University Magazine , 2000,pp:1-8

4-Fierro,. Ramirez, I.Montoya, “On-line Leakage Current Monitoring of 400 kv Insulator Strings in Polluted Areas” IEE Proc .Gener. Transm. Distrib, 1996, pp. 560–564

5-Montoya,; Ramirez; Fierro, J.I.; “Correlation among ESDD, NSDD and leakage current in distribution insulators” Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- ,2004, pp.334 - 340