بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNOP104

نوع پذیرش : رزرو برای ارائه

بررسی اثر فرسودگی اجزاء و اتصالات نامناسب بر تلفات شبکه توزیع

مهدی معلم　　محمد اسماعیل همدانی‌گلشن　　فرهاد گنجی

دانشکده برق – دانشگاه صنعتی اصفهان

واژه‌های کلیدی : تلفات شبکه توزیع- اتصالات- فرسودگی اجزاء

چکیده

اجزاء شبکه‌های توزیع در اثر مرور زمان عوامل طبیعی و آلودگی‌های محیطی دچار فرسودگی شده و همچنین در اثر نوسانات ناشی از باد و طوفان اتصالات آن دچار لقی و فرسایش می‌گردد در اثر فرسایش و تغییرات فیزیکی دیگر مقاومت الکتریکی اجزاء و اتصالات تغییر می‌نماید و بنابراین باعث افزایش تلفات سیستم توزیع می‌شود. در این مقاله با یک سری آزمایش و اندازه‌گیری روی اجزاء نو و فرسوده شبکه و با ایجاد تغییر در اتصالات میزان تغییرات مقاومت و تلفات ناشی از آن بررسی گردیده است که می‌تواند مبنای مفیدی برای برآورد طول عمر مفید یا باقیمانده عمر اجزاء باشد و همچنین تأثیر سرویس‌های زمان‌بندی شده و توجیه اقتصادی آن را مشخص نماید.

۱- مقدمه

یکی از عواملی که می‌تواند روی تلفات شبکه توزیع مؤثر باشد فرسودگی و اتصال نامناسب اجزاء تشکیل دهنده آن است فرسودگی و طول عمر سیستم‌ها، کابل‌ها، اتصالات، و سایر تجهیزات شبکه باعث افزایش مقاومت آنها شده و در نتیجه تغییر تلفات حاصل از آنها می‌گردد همچنین اتصالات غیر مناسب اجزاء مختلف به یکدیگر، اتصالات شل یا اتصالات فرسوده نیز باعث افزایش مقاومت گشته و در نتیجه افزایش تلفات را بدنبال خواهد داشت.

افزایش تلفات در اثر طول عمر و فرسودگی باعث هدر رفتن انرژی از یک طرف و افزایش حرارت در اجزاء سیستم از طرف دیگر می‌گردد که خود عامل تسریع فرسودگی می‌باشد که با توجه به تغییرات

پارامترهای سیستم در طی یک دوره مشخص می‌توان طول عمر مفید باقیمانده اجزاء را برآورد نمود و همچنین در مورد سرویس یا تعویض اجزاء با تلفات غیر اقتصادی برنامه‌ریزی نمود.

در جهت بررسی نقش فرسودگی و نحوه اتصال اجزاء در تلفات شبکه توزیع، این پروژه قرار شد که از آزمایشهائی بر روی اجزاء نو و کهنه شبکه بطور مجزا صورت گیرد و با تغییرات در اتصالات میزان تغییر مقاومت آنها بررسی گردد. برنامه‌ریزی آزمایشات و تهیه مقدمات بخاطر نبودن امکانات مشکلات زیادی را بدنبال داشت و جداسازی اجزاء فرسوده شبکه و دسته‌بندی آنها، تهیه مقدار لازم از اجزاء نو شبکه جهت تست و پیدا نمودن دستگاه مناسب تست زمان زیادی را بخود اختصاص داد. نهایتاً با همکاری پرسنل شرکت توزیع و برق منطقه‌ای اصفهان مقدمات کار فراهم گشت و برای اندازه‌گیری مقاومت‌ها که در حد میلی‌اهم می‌باشد یک دستگاه میکرواهم متر که برای اندازه‌گیری مقاومت کنتاکت کلید در پستهای فشارقوی استفاده می‌شود امانت گرفته شد.

لازم بذکر است که امکان جمع‌آوری نمونه‌های زیاد از اجزاء کار کرده و با اطلاعات کافی از طول عمر و شرائط محیطی و آب و هوایی کار آنها در این پروژه میسر نگردید و همچنین امکان تهیه اجزاء نو با ابعاد مناسب نیز بطور کامل میسر نشد که باعث ایجاد خطا در نتایج آزمایشات می‌گردد.

با این حال نتایج حاصل از آزمایشات که حاصل کار چندین ماهه کارشناسان صنعت برق و دانشگاهیان است جالب توجه می‌باشد و توجیهی برای انجام یک سری آزمایشات دقیقتر و با تعداد نمونه بیشتر و با اطلاعات کافی از طول عمر و شرایط محیطی بکار گرفته شده است. پیشنهاد می‌گردد با تخصص بودجه کافی و تهیه امکانات و اجزاء لازم دارای شناسنامه یک بررسی کامل و جامع در این مورد انجام و نتایج حاصل مورد بررسی آماری برای تعیین منحنی عمر اجزاء قرار گیرد و پس از آن یک دستورالعمل برای سرویس و تعویض اجزاء شبکه در زمانهای مناسب براساس شرائط محیطی و آب و هوائی تهیه و در اختیار شرکتهای توزیع قرار گیرد کمترین اثر چنین دستورالعمل و برنامه‌ریزی کاهش تلفات انرژی و کاهش خاموشی ناشی از خرابی اجزاء شبکه می‌باشد.

در اینجا لازم است از همکاری کارشناسان شرکت‌های توزیع اصفهان، شرکت دانشمند و دانشجویانی که در این تحقیق، محققین را یاری داده‌اند صمیمانه تشکر نمائیم.

۲- اجزاء شبکه توزیع مؤثر در تلفات

تمامی اجزاء شبکه توزیع که در مسیر جریان الکتریکی قرار می‌گیرند دارای تلفات خواهند بود اما عناصری که نقش بیشتری در تلفات دارند در این بررسی مورد توجه قرار گرفته‌اند که این عناصر عبارتند از : کابلهای تک رشته و چند رشته، سیم‌های مسی و آلومینومی، اتصالات، کلید فیوزها و کابلشوها و ترانسفورماتورهای توزیع که مورد آخر یعنی ترانسفورماتورها بطور مشروح در مقالات دیگر مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نقش بار و طول عمر و غیره در مورد تلفات آنها ارائه گردیده است [۲] و بنابراین در این مقاله به اجزاء دیگر پرداخته می‌شود اتصالات شبکه توزیع عبارتند از کلمپ‌ها برای اتصال سیم‌های آلومینومی، کانکتورها برای اتصالات در اندازه‌های مختلف در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد کابلها و سیم‌های مورد استفاده در شبکه‌های قدرت دارای انواع زیادی می‌باشند و در بیشتر موارد جنس هادی آنها از مس است.

کابلهای کنستانتریک که برای سرویس مشترکین بکار می‌رود معمولاً دارای نوع تکفاز دارای دوهادی 6 میلی متر مربع یا سه فاز 4x6میلی متر مربع می باشد.

کابلهای پروتودور دارای انواع تک رشته و چند رشته برای شبکه توزیع زیر زمین استفاده می‌شود.

سیم‌های مسی و آلومینومی در انواع سایزها برای شبکه‌های هوایی بکار می‌روند کلید فیوزها در تابلوهای توزیع هم برای حفاظت در مقابل جریانهای زیاد و هم برای قطع فیزیکی فیدرهای فشار ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- نتایج اندازه‌گیری مقاومت سیم‌ها و کابلها

همانطور که در مقدمه گفته شد تعدادی از اجزاء فرسوده شبکه از انبار اسقاطی برق منطقه‌ای اصفهان جمع‌آوری گشته و همینطور اجزاء نو از انبار امور برق غرب اصفهان تهیه شد و یک دستگاه میکرواهم متر که برای اندازه‌گیری مقاومت کنتاکت کلیدها مورد استفاده قرار می‌گرفت.با همکاری کارشناسان شرکت دانشمند جهت آزمایشات به امانت گرفته شد و بدین ترتیب مقاومت DC نمونه‌هائی از کابلها، سیم‌ها و ا تصالات اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیریها در دمای محیط بروش اندازه‌گیری ولتاژ و جریان انجام گرفته و طول کابلها و سیم‌های مورد استفاده متفاوت بوده که نهایتاً به مقاومت واحد طول تبدیل شده است.

در جدول زیر نتایج اندازه‌گیری روی کابلها و سیم‌ها با سه ستون ارائه شده است که مقاومت کابل یا سیم نو، کهنه و مقاومت استاندارد ۲۰ درجه سانتیگراد ارائه شده در جداول آورده شده است.

در بعضی از موارد ممکن است فقط اندازه‌گیری سیم کابل کهنه با مقادیر استاندارد مقایسه شده باشد که بایستی به اختلاف درجه حرارت اندازه‌گیری با مقادیر جدول که برای ۲۰ درجه می‌باشد در نظر گرفته شود همچنین معیار کهنه بودن فقط وجود کابلها و سیم‌ها در انبار اسقاطی بوده و طول عمر و شرائط محیطی که این اجزاء در آن قرار داشته‌اند مشخص نمی‌باشد.

همانطور که در جدول نشان داده شده است در تمامی موارد کابلها و سیم‌های فرسوده نسبت به مقاومت نو یا استاندارد بین ۱۰ تا ۵۰ در صد افزایش مقاومت نشان می‌دهند که البته چون تعداد اندازه‌گیری و طول نمونه‌ها متفاوت بوده و شرائط آزمایش نیز متفاوت می‌باشد نتایج خیلی دقیق نبوده ولی این واقعیت را نشان می‌دهد که بهر حال کابلها و سیم‌های فرسوده و در شرایط محیطی آلوده دارای مقاومت بیشتر و در نتیجه تلفات بالاتر می‌باشند و حداقل دارای تلفات ۱۰٪ بیش از سیم‌ها و کابلهای نو می‌باشند.

جدول ۱- تغییر مقاومت سیم‌ها و کابلها در اثر فرسودگی

اندازه کابل یا سیم	مقاومت واحد طول mΩ نو	مقاومت واحد طول mΩ کهنه	مقاومت واحد طول mΩ جداول استاندار 20 oc	درصد تغییرات
کابل پرتودور مقطع 70^{mm2}	0.33	0.47	0.293	42%
کابل پرتودور $1x120^{mm2}$	0.128	0.161	0.167	25%
کابل $3 x25+16^{mm2}$	-	0.86	0.796	
کابل $2x105^{mm2}$	11.36	12.53	-	10%
سیم مسی 16^{mm2}	-	1.56	1.226	27%
سیم مسی 25^{mm2}	0.71	0.78	0.781	10%
سیم مسی 35^{mm2}	-	0.75	0.558	34%
سیم مسی 50^{mm2}		0.45	0.39	15%
سیم الومینوم‌فولاد 70^{mm2}	-	0.9	0.497	53%
سیم الومینوم‌فولاد 126^{mm2}	-	0.37	0.296	24%

٤- افزایش تلفات در اثر اتصالات نامناسب

در این بخش انواع اتصالات در حالت سفت و شل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت برای انجام آزمایش دو قطعه سیم توسط کانکتور یا کلمپ بهم متصل شده و توسط میکروواهم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است البته در این بخش فقط روی اجزاء نو آزمایش انجام شد و می‌توان از آزمایشات بخش قبل نتیجه‌گیری کرد که مقاومت اتصالات در اثر کهنگی و شرائط محیطی آلوده نیز افزایش خواهد یافت.

جدول ۲- تغییر مقاومت اتصالات در اثر شل شدن

نوع اتصال	سفت mΩ	شل mΩ	تعبر مقاومت mΩ
کانکتور مسی یک پیچه	1.47	1.56	0.09
کانکتور مسی دو پیچه کلمپ الومنیوم دو پیچه با سیم آلومینیومی 70^{mm2}	1.55	1.59	0.04
دو کابلشو بهم پیچ شده	2.27	2.5	0.23
	≈ ٥	0.55	0.55

آزمایش کانکتورهای سیم مسی با دو تکه یک متری سیم مسی ۲۵ میلی متر مربع انجام شد که

مجموع مقاومت دو متر سیم نو مسی $1.42m\Omega$ می‌باشد اندازه‌گیری مقاومت کلمپ آلومینومی دو پیچه با دو تکه سیم آلومینومی 70میلی متر مربع بطول 120 سانتی متر انجام شد که مقاومت 240سانتی متر مربع از این سیم $2.17\ \Omega$ سانتیمتر می‌باشد.

۵- بحث در نتایج اندازه‌گیریها

همانطور که در جدول شماره (۱) دیده می‌شود مقاومت کابلها و سیم‌ها در اثر فرسودگی افزایش می‌یابد و این افزایش در مورد سیم‌ها بطور نسبی بیشتر است که بعلت آنست که سیم‌ها بطور مستقیم در معرض شرایط آب و هوائی و آلودگیهای محیطی قرار گرفته‌اند و تغییرات در آنها بیشتر است.

البته آزمایشات در شرائط محیطی یکسان حدود۳۰°C انجام شده است ولی روی طولهای مختلف انجام گرفته است و تعداد نمونه‌ها نیز محدود بوده است. همه این عوامل باضافه دقت دستگاه مورد استفاده روی دقت نتایج تأثیر می‌گذارد و لذا با یک نمونه‌گیری بهتر و با داشتن اطلاعات کافی و استفاده از دستگاه با دقت بالاتر می‌توان نتایج را بهبود بخشید.

افزایش مقاومت کابلها بطور متوسط در حدود 26% می‌باشد و افزایش مقاومت سیم‌ها بطور متوسط در حدود 28% می‌باشد که بهمین میزان تلفات شبکه توزیع افزایش می‌یابد یعنی اگر تلفات شبکه توزیع با سیم‌ها و کابلهای نو بعنوان مثال 5% باشد در اثر فرسودگی حدود 27% مقاومت افزایش می‌یابد و تلفات به میزان 1.35% اضافه خواهد شد. در واقع تلفات شبکه مذکور از 5% به 6.35% افزایش خواهد یافت که با توجه به قیمت انرژی مقدار قابل توجهی خواهد شد.

همچنین اتصالات شل و فرسوده نیز باعث افزایش مقاومت و تلفات در شبکه توزیع خواهد شد و بخصوص شل شدن اتصالات که در اثر عوامل محرک مانند باد و طوفان و نوسانات و لرزش شبکه ایجاد می‌شود باعث افزایش زیاد مقاومت خواهد شد.

البته در اینمورد خطرات دیگری نظیر داغ شدن‌های موضعی و خطرات ناشی از آن نیز وجود دارد. همانطور که در جدول (۲) مشخص است مقاومت بعضی از اتصالات در اثر شل شدن از دو برابر نیز تجاوز می‌کند و این لزوم سرویس‌های ادواری و آچارکشی اتصالات را توجیه می‌نماید.

٦- نتیجه‌گیـــری

در این مقاله با انجام یک سری اندازه‌گیری روی اجزاء مؤثر در تلفات شبکه توزیع نشان داده شده که فرسودگی و طول عمر اجزاء و همینطور اتصالات شل اثرات قابل توجه روی افزایش تلفات شبکه توزیع خواهد داشت و بنابراین برنامه‌ریزی برای تعویض این اجزاء پس از پایان عمر مؤثر آنها و سرویس‌های ادواری روی اتصالات دارای توجیه اقتصادی خواهد بود در این تحقیق تعداد نمونه‌ها و اطلاعات کافی از طول عمر و شرائط محیطی نمونه‌ها در دسترس نبود و لذا یک تحقیق وسیعتر با تعداد نمونه کافی و اطلاعات و دستگاههای اندازه‌گیری دقیقتر می‌تواند منجر به یک ارزیابی اقتصادی از طول عمر باقیمانده اجزاء شبکه توزیع بشود.

پیشنهاد می‌گردد با تخصیص بودجه کافی و تهیه امکانات و اجزاء لازم دارای شناسنامه یک بررسی کامل و جامع در این مورد انجام و نتایج حاصل مورد بررسی آماری برای تعیین منحنی عمر اجزاء قرار گیرد و پس از آن یک دستورالعمل برای سرویس و تعویض اجزاء شبکه در زمانهای مناسب براساس شرائط محیطی و آب و هوائی تهیه و در اختیار شرکتهای توزیع قرار گیرد کمترین اثر چنین دستورالعمل و برنامه‌ریزی کاهش تلفات انرژی و کاهش خاموشی ناشی از خرابی اجزاء شبکه می‌باشد.

در پایان لازم است از حمایت مالی و امکانات برق منطقه‌ای اصفهان در طول این پروژه تشکر گردد.

۷- مراجع

[۱] گزارش سوم " تعیین درصد عوامل مختلف تلفات در شبکه توزیع استان" اصفهان- دیماه ۷۹

[۲] مهدی معلم- اسمعیل همدانی گلشن "ارزیابی اقتصادی تلفات ترانسفورماتورهای توزیع" ششمین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع نیروی برق اردیبهشت ۱۳۷۵- مازندران

[3] Schultz ; " Distribution Primary Feeder I^2R Losses" IEEE Trans. On PAS-97, NO.2 , 1978