بررسی و تحلیل حوادث و اتفاقات عمده زیان بار شبکه‌های توزیع

عبدالله موسوی - ابراهیم دهقان نژاد
شرکت برق منطقه‌ای تهران

چکیده :

بررسی علل خاموشیهای برق و بر طرف نمودن آنها از جمله وظائف مهم شرکتهای برق منطقه‌ای است و باید سعی شود که تا حد امکان به مشترکین از هر نوع (صنعتی ، تجارتی ، کشاورزی ، خانگی) برق مطمئن تحویل گردد. پستهای توزیع برق اغلب در فواصل طولانی از محل مراکز اتفاقات برق واقع گردیده است که حوادث و اتفاقات زیانبار آن خسارات زیادی متوجه تجهیزات شبکه و مشترکین مینماید. در این مقاله ابتدا علل قطعی‌های ۲۰ کیلوولت شرکت برق منطقه‌ای تهران مورد بحث قرار گرفته و در نهایت راه حل جلوگیری از آن ارائه میگردد.

شرح مقاله :

با توجه به گسترش روز افزون شهرها و افزایش تراکم جمعیت و بار ، بازنگری به عوامل ایجاد خاموشی برق در شبکه توزیع برق فشارمتوسط حائز اهمیت میباشد. هرچند بطور مطلق نمیتوان از خاموشی جلوگیری نمود ، ولی از آنجا که بخش عمده‌ای از آن در اثر بدی و کیفیت پائین کار اجرائی و یا نامطلوب بودن نحوه بهره‌برداری ایجاد میشود ، میتوان با افزایش سطح کیفی انجام کارهای مختلف و احداث شبکه‌های توزیع بر طبق استانداردهای متداول مقدار متنابهی از آن را کاست. هدف از ارائه این مقاله بررسی کاهش تدریجی قابلیت اطمینان

اجزاء شبکه‌های ۲۰ کیلوولت به علل تاثیر عوامل درونی سیستم و عوامل بیرونی و تاثیرات این عوامل بصورت افت مشخصات مکانیکی ، الکتریکی و ایجاد تغییرات تدریجی در ساختار مواد و سست نمودن پیوندها و غیره که باعث اتفاقات زیان بار شبکه توزیع ۲۰ کیلوولت میگردد ، میباشد. بدین منظور گزارش قطعی‌های مهم شبکه ۲۰ کیلوولت تهران که دارای ۶۹۳ دستگاه فیدر ۲۰ کیلوولت ، در حدود ۳۰۰۰ کیلومتر کابل و ۶۰۰۰ کیلومتر خط هوائی ۲۰ کیلوولت بوده و در تیرماه ۱۳۷۱ که حداکثر قطعی‌ها را داشته است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و راه حلهای مناسبی جهت کاهش میزان قطعی‌ها پیشنهاد میگردد.

۱- انواع خاموشیها :

بطور کلی خاموشیها را میتوان به دو دسته زیر تقسیم کرد.

الف - خاموشیهائی که عوامل آنها مشخص نبوده و عموما" زود گذرند و زمان آنها حدود چند ثانیه‌است.

ب - خاموشیهائی که عوامل آنها معلوم بوده و زمان آنها بین چند ثانیه تا چند ساعت است.

۲- شناخت عوامل مهم خاموشیها :

در اینجا خاموشیهای مهم شبکه ۲۰ کیلوولت تهران در تیرماه ۱۳۷۱ (که بیشترین حوادث را داشته) مورد بررسی قرار میگیرد. در این ماه مجموع قطعیهای مهم ۳۵۷ مورد به شرح زیر بوده است.

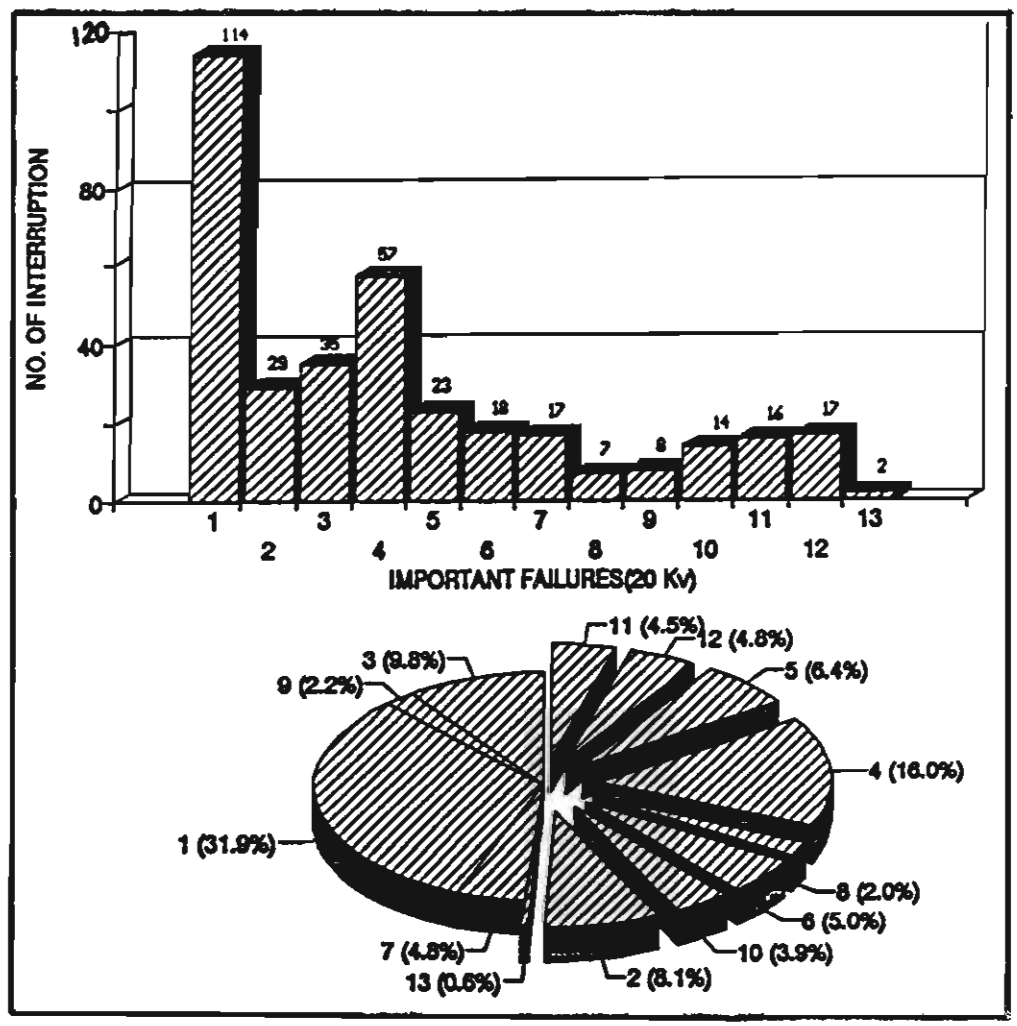
۲-۱-	تعداد قطعی در اثر اتصال کابل	۱۱۴ مورد
۲-۲-	" " " معیوب و ترکیدن سرکابل	۲۹ "
۲-۳-	" " " ضربه سایر خطوط	۳۵ "
۲-۴-	" " " باد و طوفان	۵۷ "
۲-۵-	" " " در رفتن سیم از مقره و مقره شکستگی	۲۳ "
۲-۶-	" " " جدا شدن جمپر خط	۱۸ "
۲-۷-	" " " پاره شدن سیم	۱۷ "
۲-۸-	" " " معیوب شدن ترانسفورماتورهای توزیع	۷ "
۲-۹-	" " " شعله کشیدن سکسیونر در اثر معیوب شدن	۸ "

۱۰-۲- تعداد قطعی در اثر برخورد شاخه درخت با سیم ۱۴ مورد

۱۱-۲- " " " کلنگ خوردگی و یا برخورد بیل مکانیکی با کابل ۱۶ "

۱۲-۲- " " " برخورد اتومبیل با تیر ۱۷ "

۱۳-۲- " " " چکه کردن آب در پست توزیع ۲ "



شکل ۱ - نمودارقطعی‌های مهم شبکه‌های ۲۰ کیلوولت برق تهران در تیرماه ۱۳۷۱

۳- اتصال کابل :

از آمار بار فیدرهای ۲۰ کیلوولت پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت مشاهده میگردد حدود ۱۳ درصد فیدرهای موجود تهران پیک بار حالت غیراضطراریشان (نه در مواقع مانور) از حد مطلق ظرفیت مجاز حرارتی کابلهای مربوط تجاوز میکنند که این عمل

باعث تسریع در روند پیری کابل گشته ، نهایتا" اتصالی در آن ایجاد مینماید. شرائطی که تحت آن کارخانجات سازنده کابلها جداول ظرفیت باری کابلها را تهیه مینمایند عمومی و توافق شده بین‌المللی است که با اندک تغییرات جزئی یکسان میباشند. برای نمونه ما با شرائط کابل کشی خودمان جریان مجاز یک کابل ۲۰ کیلوولتی ۳×۱۲۰ آلومینیومی با عایق کاغذی آغشته به روغن را مورد بررسی قرار میدهیم. فرض بر این است که کارخانه سازنده شرائط زیر را جهت مقدار عبور جریان مجاز کابل قائل شده است.

الف - عمق زمینی که کابل در آن گذارده میشود : ۷۰ سانتیمتر

ب - حرارت محیط : ۲۰ درجه سانتیگراد

پ - مقاومت مخصوص حرارتی زمین : W / سانتیمتر× درجه ۷۰

ت - حداقل فاصله بین هر کابل : ۷ سانتیمترباشد

ث - حداکثر درجه حرارت مجاز معادل : ۵۵ درجه باشد

ج - مقاومت مخصوص حرارتی کاغذ روغنی : W / سانتیمتر× درجه۵۵۰

چ - حدود۱۰ سانتیمتر اطراف بالائی کابل با ماسه و بالای ماسه با آجر پوشانیده شود.

لذا تحت شرائط فوق جریان مجاز در کابل مورد نظر برابر ۲۳۰ آمپر خواهد بود. حال باید شرائط خودمان را در کابل کشی در نظر بگیریم. اگر شرائط ما با شرائط کارخانه سازنده تفاوت داشته باشد ، ضرائب تصحیح را باید حساب کرده و آمپر مجاز کابل را تصحیح نمائیم. فرض می‌کنیم که کابل را در عمق ۷۰ سانتیمتر خوابانیده‌ایم ، بنابراین ضریب تصحیح یک میباشد ، همچنین فرض میکنیم شرائط کابل کشی کاملا" رعایت نشده باشد. اگر از نظر ریختن ماسه و آجرچینی و نظیر آن با شرائط کارخانه اختلاف داشته باشد ، ضریب تصحیح معادل ۹۰ درصد خواهد شد. حرارت محیط در تابستان خشک را ۳۵ درجه در نظر می‌گیریم که به ازاء آن ضریب تصحیح ۷۶٪ خواهد شد. مقاومت مخصوص حرارتی زمین با توجه به سنگی بودن زمین (W/ سانتیمتر× ۹۵ درجه) است که ضریب تصحیح ۹۳٪ خواهد شد. بنابراین جریان مجاز کابل مذکور با شرائط خودمان ۱۴۶ آمپر میباشد.

۲۳۰×۱×۰/۹ ×٪۷۶ × ٪۹۳ = ۱۴۶

یعنی آمپری درحدود۶۳ درصد جریان مجاز کابل که کارخانه سازنده تهیه کرده بود بایستی آمپر کشید. درجه حرارت هادی کابل رل عمده‌ای در عمر عملیاتی کابل دارد و ظرفیت باری کابلها را بر مبنای حداکثر درجه حرارت هادی کابل تعیین میکنند. حال اگر روی کابل مورد نظر باری درحدود۲۰۰ آمپر قرار بدهیم (درصورتیکه کارخانه سازنده بار مجاز کابل را در شرایط ۲۳۰ آمپرمجاز دانسته است) درجه حرارت هادی کابل به چه مقدار خواهد رسید. با درنظر گرفتن ضرائب اصلاحی بجز ضریب حرارت محیط ، ظرفیت باری کابل به مقدار ۱۹۲ آمپر خواهد رسید.

۲۳۰×۱×۰/۹×%۹۳ = ۱۹۲ آمپر

رابطه بین افزایش درجه حرارت و جریان مجاز به شرح زیراست.

$$T = \Delta T_m (I/I_m)^2$$

مقدار افزایش درجه حرارت هادی کابل در بار I (۲۰۰ آمپر)	ΔT
مقدار افزایش مجاز حرارت هادی کابل	Tm
جریان مجاز	Im

با توجه به اینکه حداکثر حرارت مجاز ۵۵ درجه سانتیگراد و درجه حرارت محیط ۳۵ درجه میباشد ، خواهیم داشت :

$$(T-۳۵) = (۵۵ - ۲۰)(۲۰۰/۱۹۲)^۲ \qquad T = ۷۳ \ ^\circ C$$

لذا درجه حرارت هادی کابل به ۷۳ درجه خواهد رسید. اگر همین مقدار جریان ادامه پیدا کند در اثر گرمای زیاد عایقی کابل از بین رفته و باعث اتصالی میگردد.

۱-۳- پیشنهاد :

در هنگام بهره‌برداری از کابل بایستی کلیه ضرائب اصلاحی مذکور را در نظر گرفته و ظرفیت باری کابل را تشخیص داد و بیش از آن از کابل مورد نظر بار نکشید.

۴- اثر معیوب بودن و ترکیدن سرکابل :

یک سرکابل ممکن است تحت شرائط زیر باعث اتصالی و در نتیجه خاموشی شود :

الف - در صورتیکه سرکابل روی سرب مربوطه به کابل ورودی بطور کامل لحیم نشود و یا قرار دادن واشر بین قطعات مختلف سرکابل فراموش گردد ، سبب میشود که روغن به خارج نشت کرده و نیز آب و گرد و غبار به داخل سرکابل نفوذ نماید که این خود سبب اتصالی و در نتیجه خاموشی میشود.

ب - در نقطه‌ای که (داخل سرکابل) سه فاز هر کابل باید از یک دیگر جدا شوند ممکن است به علت عدم دقت در اجراء عایق کاغذی زخمی و احتمالا" پاره شود. جریانی که از طریق این پارگی به زمین نشت خواهد کرد سبب خاموشی میشود.

ج - عدم دقت در پیچیدن عایق اضافی بر روی عایق کاغذی هر یک از فازهای داخل سرکابل ، یکی دیگراز علل خاموشیهاست . رابطه بین چگونگی پیچیدن عایقهای اضافی و خاموشیهای حاصل از این پیچش در زیر تشریح شده است. در شکل (۲) یک سرکابل داخلی نشان داده شده است .

فاصله A در شکل (۲- الف) عایق اضافی را که بر روی عایق کاغذی پیچیده شده نشان میدهد. در این شکل بترتیب طریقه صحیح و غلط پیچیدن عایق اضافی نشان داده شده است . بطوریکه در شکل (۲- ب) ملاحظه میشود پیچیدن عایق اضافی از نقطه B (نقطه پایان سیم مسی که بمنظوراتصال به زمین دور عایق می پیچند) شروع شده ، در صورتیکه عایق اضافی درشکل (۲- ج) قسمتی از سیم مسی مربوط به اتصال به زمین را نیز پوشانده است . بدین معنی که پیچیدن عایق اضافی قبل از نقطه B شروع شده است . شرح مختصری که در زیر درج گردیده روشن میسازد که چرا پیچیدن عایق اضافی مطابق شکل (۲- ج) سبب خاموشی میشود. در فاصله ضخامت عایق کاغذی هر هادی (فاصله AB در شکل ۲- ب) یک میدان الکتریکی موجود است. ماکزیمم این میدان در نقطه A و مینیمم آن در نقطه B میباشد. جهت تعیین حدود تغییرات این میدان در فاصله A تا B از رابطه زیر استفاده میشود.

$$E = V/[r.Log(r_2/r_1)]$$

در شکل (۳) منحنی تغییرات میدان الکتریکی یک کابل با مقطع ۳۰۰ میلیمترمربع (r_1=۹/۸) که ضخامت عایق کاغذی آن ۹ میلیمتر (r_2=۱۸/۸) میباشد نشان داده شده است. در تمام طول کابل که ضخامت عایق کاغذی ثابت است ، منحنی تغییرات میدان نیز ثابت بوده و مطابق منحنی a میباشد، بدین معنی که میدان الکتریکی در هر مقطعی از کابل (مقاطعی که ضخامت عایق کاغذی آنها مساوی است) مطابق منحنی a تغییر میکند. منحنی b تغییرات میدان را در مقطعی از کابل نشان میدهد که ضخامت عایق به علت وجود عایق اضافی افزایش یافته است . باتوجه به توضیحات فوق و شکلهای (۲- ب و ج) میتوان نتیجه گرفت که تغییرات میدان در مقاطع BB و CC و DD بسیار کوچک بوده و متمایل به صفر است ، علاوه بر آن تغییر میدان (E) در این دو مقطع زیاد میباشد. بنابراین مقدار گرادیان میدان در فاصله دو مقطع فوق‌الذکر (E/r) به علت بینهایت کوچک بودن فاصله این دو مقطع (r) بسیار زیاد بوده و در برخی شرائط بیشتر از ماکزیمم مقداری است که توسط کارخانه سازنده تعیین شده است. در چنین شرائطی یک تخلیه الکتریکی در حفره‌های موجود در عایق بوجود می‌آید که سبب خاموشی میشود. واضح است که مقدار تخلیه به فشار گاز بوجود آمده در داخل حفره‌ها و ابعاد آنها بستگی دارد.

۱-۴- پیشنهاد :

اشکالات ذکر شده در این قسمت بعلت عدم توجه در اجرا میباشد. به منظور تقلیل در تعداد خاموشیهای ناشی از اشکالات مذکور پیشنهاد میشود :

الف - برای پرسنل اجراکننده و ناظر آموزش لازم در نظر گرفته شود.

ب - مجری دقت کند که اجراء صحیح انجام شود.

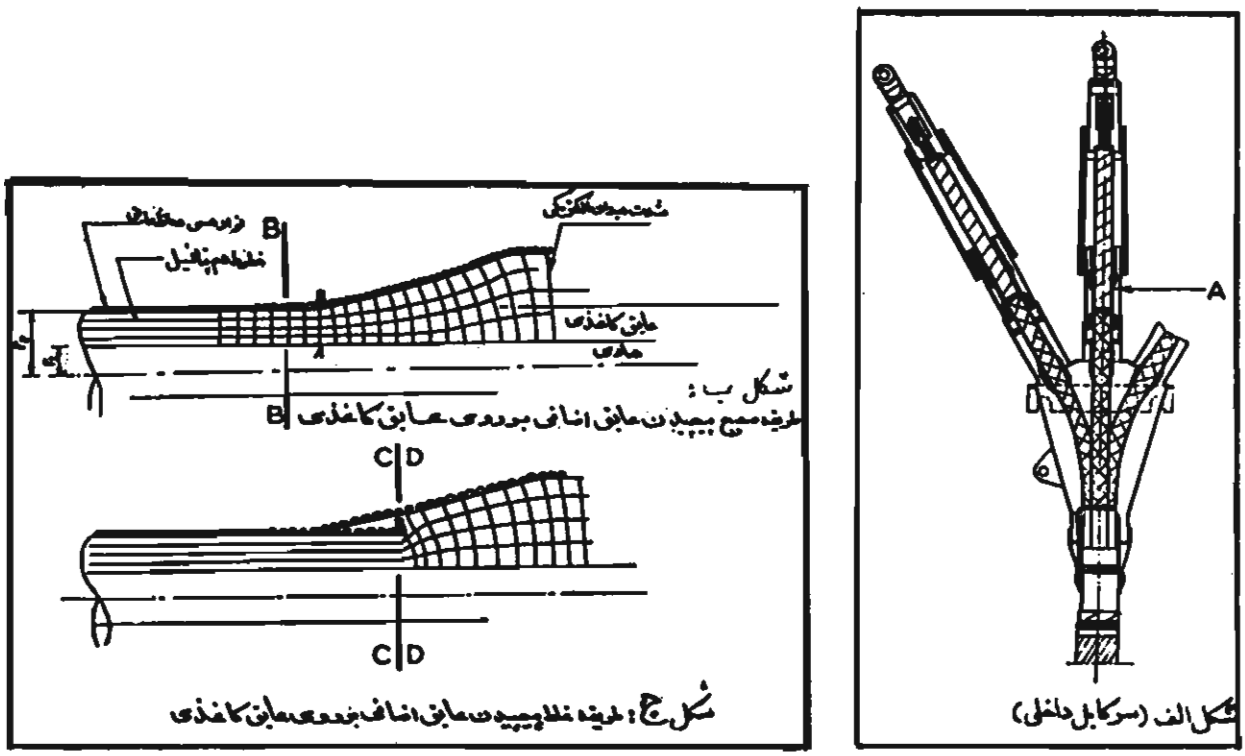
ج - بر اجراء نظارت کامل شود و به پیشنهادات اصلاحی ناظر توجه شود.

۵- اثر ضربه سایر فیدرها :

قبل از تشریح این اثر باید یادآور شویم که از طریق خازن بین هر فاز و زمین جریانی نشت خواهد کرد. این جریان در کابلها به مراتب بیشتر از سیمهای هوائی بوده و مقدار آن به ولتاژ ، فرکانس ، طول کابل ، نوع کابل و جنس عایق بستگی دارد. مقدار این جریان از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Ic = \sqrt{3}UwC \times (10)^{-3} = 2\sqrt{3}\pi UFC \times (10)^{-3} \qquad (1)$$

که در آن F فرکانس ، U ولتاژ بین دو فاز و C ظرفیت خازن بین فاز و زمین است .

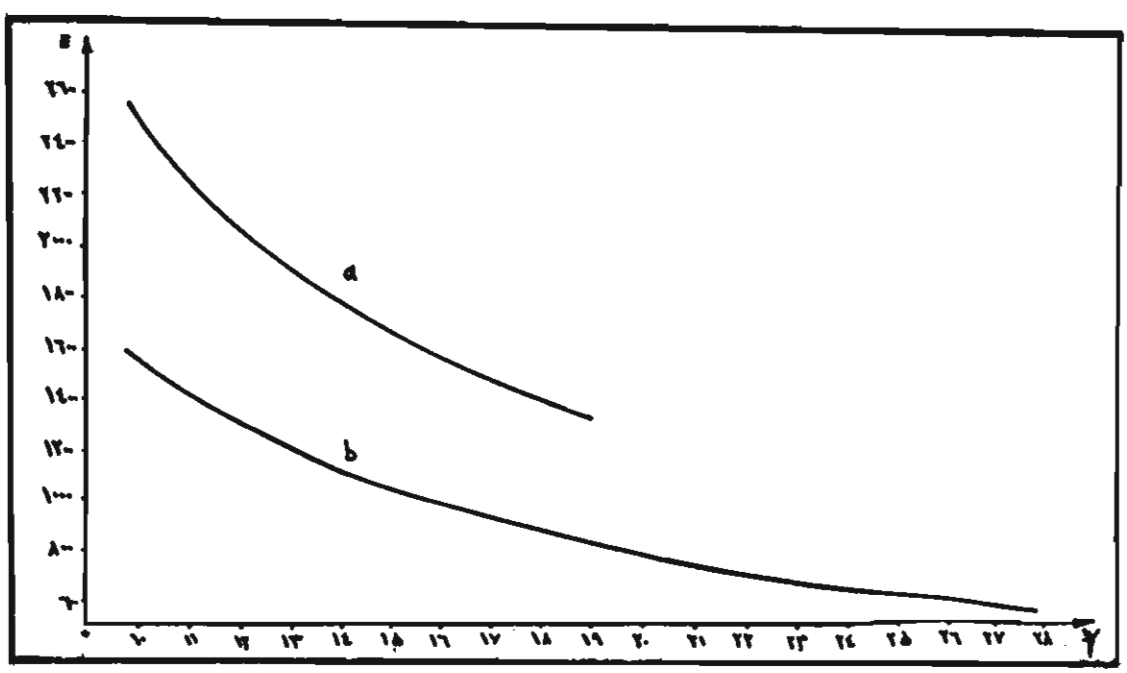


شکل الف (سرکابل داخلی)

شکل ب :

شکل ج :

شکل ۲



شکل ۳- منحنی تغییرات میدان الکتریکی کابل ۳۰۰

r	۹/۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۸/۸
E	۲۵۵۰	۲۵۰۰	۲۲۲۰	۲۰۸۰	۱۹۲۰	۱۷۹۰	۱۶۲۰	۱۵۶۰	۱۴۲۰	۱۳۹۰	۱۳۲۰

جدول ۱ - اعداد مربوط به منحنی a

r	۹/۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۷/۸
E	۱۶۰۰	۱۵۶۰	۱۴۲۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۱۱۲۰	۱۰۴۰	۹۵۰	۹۲۰	۸۲۰	۸۲۰	۷۸۰	۷۴۰	۷۱۰	۶۸۰	۶۵۰	۶۲۰	۶۰۰	۵۸۰	۵۶۰

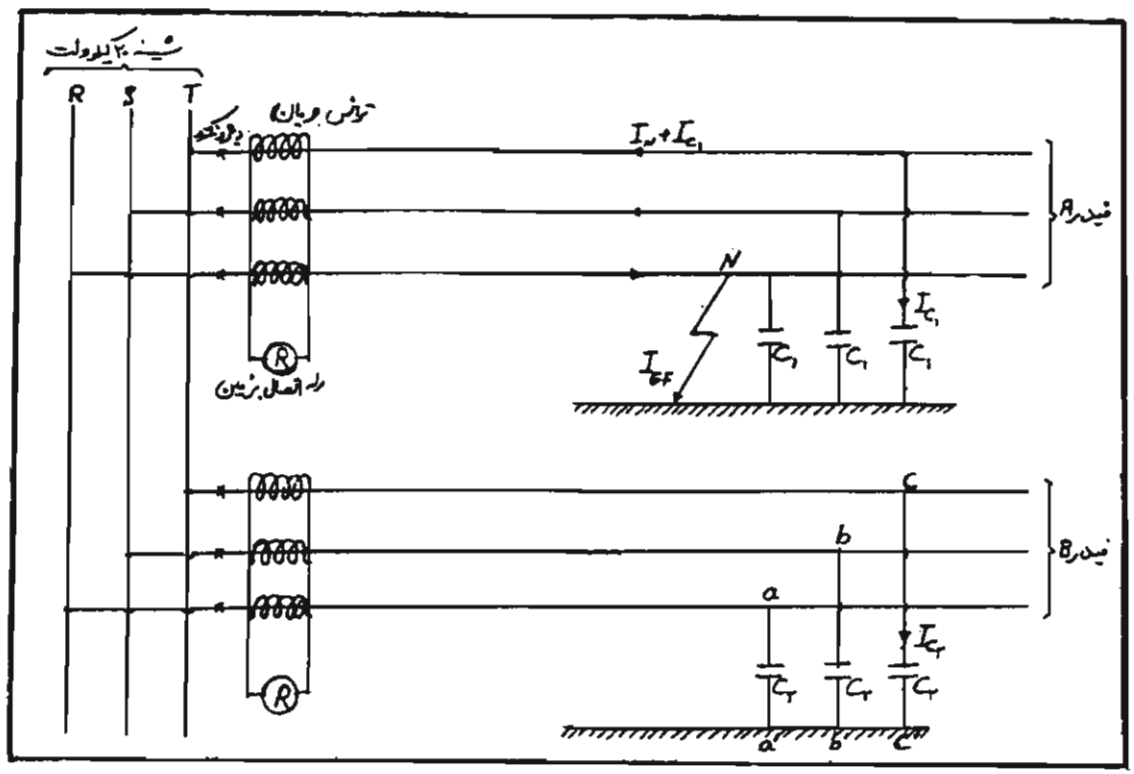
جدول ۲ - اعداد مربوط به منحنی b

جدول (۳) ظرفیت خازن موجود بین هر فاز و زمین (C) و نیز جریان نشتی (Ic) را برای طول یک کیلومتر در کابلهای ۲۰ کیلوولت با میدان شعاعی نشان میدهد. مقادیر نشان داده شده در جدول برای حالتی است که سیستم متقارن باشد در غیر اینصورت مقادیر جریان نشت زمین تغییر خواهند کرد.

مقطع کابل (mm^2)	ظرفیت خازنی هر فاز (μF/km)	جریان نشت هر فاز (A/km)	جریان نشت سه فاز (A/km)
۳×۲۵	۰/۲۲	۰/۸۰	۲/۴۰
۳×۳۵	۰/۲۶۵	۰/۹۶	۲/۸۸
۳×۵۰	۰/۳۰	۱/۰۹	۳/۲۷
۳×۷۰	۰/۳۳۵	۱/۲۲	۳/۶۶
۳×۹۵	۰/۳۷	۱/۳۴	۴/۰۲
۳×۱۲۰	۰/۴۰۵	۱/۴۲	۴/۴۰
۳×۱۵۰	۰/۴۴۵	۱/۶۱	۴/۸۳
۳×۱۸۵	۰/۴۸	۱/۷۴	۵/۲۲
۳×۲۴۰	۰/۵۳	۱/۸۹	۵/۶۷
۳×۳۰۰	۰/۵۸	۲/۱۰	۶/۳۰

جدول ۳

با توجه به مراتب فوق به بررسی چگونگی اثر ضربه میپردازیم. شکل (۴) را در نظر میگیریم ، در شرایط عادی (بدون اتصالی) از هر فاز دو جریان عبور مینماید. یکی جریان مورد تقاضای مصرف کننده‌ها و دیگری جریان خازنی Ic (Ic جریان نشت زمین است که توضیح داده شد در حالتی که سیستم متقارن باشد برآیند جریانهای Ic سه فاز هر فیدر صفر خواهد بود).



شکل ۴

فرض کنید فاز R مربوط به فیدر A در نقطه N اتصال به زمین شده است. واضح است که ولتاژ فاز R تا حد ولتاژ زمین پائین خواهد آمد ، ولی هیچوقت صفر نخواهد شد. زیرا به مقاومت نقطه اتصال بستگی دارد. با کاهش ولتاژ فاز R ولتاژ دو فاز دیگر (T و S) افزایش مییابد. این افزایش ولتاژ کاهی تا ۲۰ کیلوولت (۲۰ = ۱۱/۶×√۳) نیز خواهد رسید. در اثر تغییر ولتاژ فازهای فیدر A (فیدر معیوب) ولتاژ فازهای فیدر سالم B نیز تغییرات مشابهی خواهند داشت ، زیرا هر دو فیدر از شینه واحدی تغذیه میگردند. در نتیجه ولتاژ نقطه a کاهش یافته و ولتاژ نقاط b و C افزایش مییابد. با توجه به این تغییرات و نیز با در نظر گرفتن رابطه (۱) میتوان نتیجه گرفت که جریان نشت زمین (جریان خازنی)

بین نقاط bb́ و cć به مراتب بیشتر از این جریان بین دو نقطه aá است . نتیجه اینکه در اثر اتصال به زمین فیدر A جریان خازنی فازهای مربوط به تمام فیدرهای سالم از جمله فیدر B نامتقارن گشته و برآیند آنها از رله اتصال به زمین خواهد گذشت که سبب قطع فیدر سالم میگردد. این مراحل برای فیدرهائی است که حفاظت آنها توسط رله‌های زمان ثابت (DEFINIT TIME) انجام میگیرد. برای مثال اگر زمان قطع رله‌های فوق‌الذکر را ۰/۴ ثانیه فرض کنیم نتیجتا" فیدر معیوب ۰/۴ ثانیه طول میکشد تا قطع گردد. و در همین زمان نیز جریان خازنی از رله فیدر سالم عبور نموده و باعث قطع فیدر سالم میگردد. اثر مذکور همان است که ما آنرا ضربه مینامیم .

۱-۵- پیشنهاد :

چنانچه در فیدرها از رله زمان معکوس (INVERSE TIME) استفاده شود تقریبا" اثر ضربه از بین رفته و جریان خازنی نمیتواند فیدر سالم را قطع نماید.

۶- اثر باد و طوفان :

علل خاموشی خطوط هوائی در شرائط طوفان عبارتند از :

الف - نزدیکی فازها به یکدیگر که سبب اتصال کوتاه بین آنها میشود.

ب - نزدیکی فازها به کنسول که ممکن است ایجاد اتصال دو فاز و یا فاز به زمین نماید.

ج - نزدیکی فازها به پایه‌های فلزی موجود در خطوط هوائی که سبب اتصال به زمین میگردد.

علل سه گانه فوق بدین جهت بوجود می‌آیند که فاصله بین فازها و نیز فاصله بین هر فاز و پایه‌ها صحیح انتخاب نشده است.

۱-۶- پیشنهاد :

جهت کاهش تعداد خاموشیهای ناشی از طوفان باید مراتب زیر را مورد توجه قرار داد.

الف - باید سعی شود که جنس و مقطع هادیها محدود شود بدین معنی که مثلا" تنها از سیمهای آلومینیوم فولاد با مقاطع ۱۱۸/۵ و ۷۳/۶ میلیمتر مربع

استفاده گردد. واضح است که هادیهای با مقاطع فوق به ترتیب در خطوط اصلی و انشعابات مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

ب - باید سعی شود که در احداث یک خط تا حد امکان از یک نوع کنسول و مقره استفاده شود. مثلا" نباید از کنسول کانادائی و ۹۰ درجه و نیز مقره‌های میخی و بشقابی استفاده کرد و نیز از ایجاد شبکه ۲۰ کیلوولت غیر یکنواخت باید خودداری نمود.

پ - در مواردی که از کنسولهای ۹۰ درجه در خطوط دوبل استفاده میشود ، علاوه بر رعایت فواصل فوق باید فاصله فازهای همنام ۱۱۰ سانتیمتر انتخاب گردد.

ج - در مکانهائی که به علت محدود بودن ارتفاع پایه‌های بتنی از پایه‌های فلزی استفاده میگردد باید طول مقره آویزان (فاصله فاز از کنسول) یک و نیم برابر گردد (برای این منظور میتوان از سه المان ۱۱ کیلوولتی استفاده نمود).

د - در مسیرهائی که از کنسولهای کانادائی و یا ناودانی استفاده میشود باید فاصله دو پایه را تا حداکثر ۱۰۰ متر انتخاب نمود. در غیراینصورت (استفاده از کنسولهای ۹۰ درجه) فاصله دو پایه حداکثر تا ۹۰ متر قابل قبول است.

ردیف	نام سیم	قطر خارجی mm	سطح مقطع mm^2	وزن (kg/km)	حد نیروی بشکنی kg	اندوکتانس (mH/km)	جریان نامی A	مدل لاستیک (kg/mm^2)	ضریب انبساط خطی به ازاء oC
۱	FOX	۸/۲۷	۴۲/۷	۱۴۹	۱۴۴۶	۰/۲۸۲۵	۱۹۲	۸۱۰۰	$19/1 \times 10^{-6}$
۲	MINK	۱۰/۹۸	۲۲/۶	۲۵۵	۲۲۲۲	۰/۲۶۶۲	۲۸۸	۸۱۰۰	$19/1 \times 10^{-6}$
۳	DOG	۱۴/۱۵	۱۱۸/۵	۳۹۲	۳۲۲۵	۰/۲۵۰۶	۴۱۲	۲۲۰۰	$19/8 \times 10^{-6}$
۴	PART RIDGE	۱۶/۳۰	۱۵۶/۹	۵۴۶	۵۱۰۲	۰/۲۴۰۵	۴۶۰	۲۲۰۰	$18/9 \times 10^{-6}$

جدول ۴ - مشخصات هادی آلومینیوم - فولاد خطوط ۲۰ کیوولت

۷- اثر مقره شکستگی و در رفتن سیم از مقره و جدا شدن جمپر خط :

مقره برای اتصال خطوط هوائی به پایه‌ها و ایزوله کردن آنها از پایه و از یکدیگر مورد استفاده واقع میشود که نه تنها باید از نظر الکتریکی دارای خواص مطلوب باشد ، بلکه چون نقش آن بالاخره اتصال هادی به برج است (در شرائط مختلف آب و هوائی) بنابراین از نظر مکانیکی نیز باید دارای مشخصه‌های مورد نظر باشد. بطور کلی دو حالت وجود دارد که تحت آن مقره دچار شکست میشود :

الف - شکست مستقیم در داخل مواد (ایجاد حفره به خاطر مشخصات مواد)

ب - ایجاد جرقه در سطح مقره (در اثر گرد و غبار)

ج - مرغوب نبودن قطعات فلزی مرتبط به مقره بدین معنی که ممکن است آلیاژ بکار رفته در ساختمان قطعات فلزی شکننده باشد ، بطوریکه تحت تاثیر نیروهای وارده شکسته شود.

د - ممکن است مقره در موقع حمل از کارخانه سازنده به انبار و از آنجا به محل نصب ترکهائی برداشته باشد. وجود این ترکها با توجه به نیروهای وارده سبب میشود که مقره شکسته شود. علاوه بر آن نفوذ آب باران در این ترکها باعث خراب شدن مقره و شکستگی آن میشود.

ه - سوراخ شدن مقره در اثر موج ضربه‌ای (رعد و برق) باعث میشود که با توجه به نفوذ آب باران در آن بتدریج خراب و شکسته شود ، هر چه تعداد و شدت امواج ضربه‌ای بیشتر باشد مقره زودتر خواهد شکست.

و - ممکن است مقاومت مکانیکی مقره در مقابل کشش کم باشد در اینصورت مقره تحت تاثیر نیروی کششی که توسط سیم به آن اعمال میگردد ، شکسته خواهد شد. واضح است که مقره‌های نصب شده بر روی پایه‌های انتهائی و گوشه‌ای آسیب پذیرتر میباشند.

۷-۱- در رفتن سیم :

الف - به علت پاره شدن سیم اصلی روی مقره در اثر عدم دقت در بستن سیم اصلی و یا طوفان

ب - از داخل بوش به علت عدم استفاده از انبر پرسی مناسب و عدم دقت در پرس بوش

پ - از داخل کلمپ انتهائی به علت عدم استفاده از کلمپ مناسب با توجه به سطح مقطع سیم

ج - به علت عدم استفاده از شیکل ، مهره چشمی ، ساکت آی بال و کلمپ با قابلیت تحمل کشش مناسب

۲-۷- در رفتن جمپر :

الف - در اثر عدم دقت در انتخاب پست انشعابی مناسب و بستن آن.

ب - عدم دقت در بستن جمپر زیر کت اوت فیوز.

ج - به علت ذوب شدن کابلشو از سر بوشینگ سمت فشار قوی در اثر عدم دقت در بستن یا پرس نمودن کابلشو.

۳-۷- پیشنهاد :

به منظور بر طرف نمودن اشکالات بالا ضمن مراعات نمودن استانداردهای فنی در موقع استفاده از کلمپ و پرس ، باید برای خرید هر گونه مقره و ملحقات آن مشخصات فنی کامل تهیه شود که عبارتند از :

الف - نیروی لازم در حد خرابی به وسیله خستگیهای الکتریکی و مکانیکی

ب - نیروی لازم درحد کسیختگی به وسیله خستگی مکانیکی

پ - تحمل ولتاژ موج ضربه‌ای

ت - تحمل ولتاژی که در شرائط بارانی و برفی (هوای مرطوب) در سطح خارجی مقره ایجاد جرقه مینماید.

ث - تحمل ولتاژی که در شرائط هوای خشک سبب ایجاد جرقه در سطح خارجی مقره میشود.

ج - در موقع نصب باید مقره را دقیقا" بازرسی نمایند تا در صورت شکستگی یا ترک خوردگی مورد استفاده قرار نگیرد.

۸- اثر پاره شدن سیم :

هر هادی دارای مشخصات مکانیکی خاصی است که توسط کارخانه سازنده تعیین میگردد. این مشخصات برای هادیهائیکه در شبکه ۲۰ کیلوولت مورد استفاده قرار میگیرد، نشان داده شده است. با توجه به این جدول میتوان نتیجه گرفت که حد کسیختگی هادی ۱۱۸/۵ میلیمترمربع (با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۳) برابر ۱۱۱۱ کیلوگرم بر میلیمترمربع میباشد و این بدین معنی است که اگر تنش بیش از ۱۱۱۱ کیلوگرم بر میلیمترمربع به هادی وارد شود ، سبب پائین آمدن ضریب

اطمینان و احتمالا" پارگی سیم خواهد شد. بنابراین باید عواملی را که سبب تغییر تنش سیم میشود مورد توجه قرار داد.

بعنوان مثال نزول درجه حرارت سبب کاهش طول هادی و در نتیجه افزایش تنش میگردد. بنابراین باید خط هوائی بطریقی محاسبه شود که اولا" فاصله هادی از زمین در تابستان از حد مجاز کمتر نگردد، ثانیا" در زمستان (حداقل درجه حرارت) تنش سیم بیش از تنش مجاز آن نشود. برای رسیدن به هدف فوق باید برای هر خط جداول نصب تهیه نمود. در این جداول تنش‌های هر اسپن به ازاء درجه حرارت‌های مختلف داده شده و در موقع نصب سیم بر روی پایه از آن استفاده میشود تهیه یک جدول نصب صحیح و کاربرد آن بطور دقیق ، سبب میشود که از تعداد پارگی سیم کاسته شود.

۱-۸- پیشنهاد :

برای جلوگیری از پاره شدن سیم موارد زیر پیشنهاد میشود :

الف - باید همراه هر طرح یک جدول نصب فرستاده شود. برای تهیه این جدول باید شرائط جوی منطقه دقیقا" تعیین گردد ، زیرا تغییر هر یک از پارامترها نظیر درجه حرارت تابستان ، درجه حرارت زمستان ، نیروی باد و وزن یخ باعث تغییر تنش خواهد شد.

برای تعیین تنش در هر اسپن باید از فاصله متوسط استفاده شود ، این فاصله از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$(SR)^2 = \Sigma(Sm)^3 / \Sigma(Sm)$$

که درآن SR فاصله بین هر دو پایه از سکشن و Sm فاصله متوسط است.

به منظور اینکه مجری طرح بتواند مقدار تنش در موقع نصب را از طریق دیگری دقیقا" کنترل نماید ، لازم است که فلش بین دو پایه از هر سکشن محاسبه و در جدول نصب گنجانده شود. برای این منظور باید دو پایه‌ای از هر سکشن انتخاب شود که فلش آن در وسط قرار گرفته باشد.

ج - مجریان طرح باید کششی را که میخواهند به خط بدهند دقیقا" از روی جدول نصب تعیین نمایند. برای اطمینان بیشتر باید پس از نصب هادی بر روی پایه‌ها فلش پایه فوق‌الذکر را اندازه گرفته و با مقدار مشابه آن در

جدول مقایسه کنند. اجرای مراتب فوق سبب میشود که تنش در سخت‌ترین شرائط (زمستان) از تنش مجاز سیم تجاوز ننماید و در نتیجه سیم پاره نشود.

۹- اثر معیوب شدن ترانسفورماتورهای توزیع :

عوامل مؤثر در سوختن ترانسفورماتورها رامیتوان بصورت زیر دسته‌بندی نمود.

الف - عوامل داخلی - مجموعه عیوب داخلی که از داخل به ترانسفورماتور صدمه وارد مینماید مانند سیم پیچها ، روغن ، تانک ، هسته و تپ چنجر. به علت ضربه خوردگی و یا خراب شدن عایقها ، عدم تست روغن ، عدم تعویض سلیکاژل و یا به علت کاهش روغن در اثر نشت و عدم اتصال صحیح تپ چنجر عیوب داخلی بروز میکند.

ب - عوامل خارجی - اضافه بار، اضافه جریان واضافه ولتاژ که در سوختن ترانسفورماتورهای توزیع دخالت دارند. که این ممکن است بر اثر عیوب شبکه فشار ضعیف باشد و باعث عبور جریان بیش ازحد مجاز شود ، و تجهیزات حفاظتی نتواند شبکه فشار ضعیف را از ترانسفورماتور جدا کند. یا اضافه ولتاژ صاعقه همزمان روی برقگیر و سیم پیچ فشار متوسط ترانس می نشیند ، که عملکرد صحیح برقگیرها حائز اهمیت است. اثر نیروهای الکترودینامیکی ناشی از اتصال کوتاه‌های شدید اثرات سوء اضافه بار ، منتهی در زمان کم و شدت بسیار زیاد باعث قطع نقاط لحیم کاری و محل اتصال سیمهای ترانسفورماتور میشود.

پ - عامل بهره‌برداری - در حیطه بهره‌برداری عواملی مانند بارندگی ، باد ، طوفان و رطوبت زیاد ، رشد درختان زیر خط باعث اتصالی در شبکه و ایجاد عیوب داخلی و خارجی میشود که منجر به سوختن ترانسفورماتورها میگردد.

۱-۹- پیشنهاد :

ارتقاء سطح آموزش فنی ، تخصصی و خلاصه مهندسی نمودن شبکه‌های توزیع از طریق طراحی ، اجرا ، بهره‌برداری و نگهداری که مستلزم داشتن اطلاعات صحیح و

کامل از شبکه میباشد. این اطلاعات شامل آخرین نقشه‌ها و نمودارهائی است که محل پایه‌ها و کابلهای زیر زمین ، ترانسفورماتورها ، کلیدها ، فواصل تعداد فازها ، مدار و شدت جریان ، اندازه سیمها و کابل را نشان بدهد تا با انتخاب یک روش حفاظتی اقتصادی و مقرون به صرفه از تعداد حوادث و اتفاقات مربوط به سوختن ترانسفورماتور کاسته شود.

۱۰- اثر شعله کشیدن سکسیونر :

ممکن است یک سکسیونر تحت یکی از شرائط افزایش جریان الکتریکی در اثر اتصال کوتاه شدید یا زمان اعمال بالاتر از حد مجاز اضافه بارهای الکتریکی ناگهانی بصورت موقتی و مکرر ، اعمال بارهای مکانیکی بیشتر از حد مجاز ، کاربرد نادرست و نامناسب تجهیزات و یا اشتباهات در طراحی ، معیوب و از رکلاژ خارج شده و در نتیجه در هنگام مانور شعله‌ور شود.

۱-۱۰- پیشنهاد :

محاسبات عمر متوسط و ایجاد هماهنگی در طراحی و ساخت تجهیزات هر قسمت و کیفیت بهره‌برداری و انجام سرویس و تعمیرات دوره‌ای ضروری در جهت دستیابی به عمر مفید مورد نظر ،نقش مهم و اساسی دارد. همچنین انجام آزمایشات لازم روی نمونه‌های تجهیزات فرسوده و مشخص نمودن درجه فرسودگی و دارا بودن حداقل قابلیت اطمینان مورد لزوم به منظور کاستن حوادث فوق توصیه میگردد.

۱۱- اثر برخورد شاخه درخت با سیم :

رشد درختان نزدیک شبکه هوائی و برخورد شاخه آنها به شبکه باعث اتصال کوتاه و خاموشی در سیستم میگردد که ناشی از فواصل کم آنها با خطوط هوائی است.

۱-۱۱- پیشنهاد :

موقع مناسب شاخه‌زنی و درخت‌بری در نواحی مختلف پیشنهاد میشود. اصولا" درخت‌بری میبایستی در اواخر پائیز انجام گیرد و برنامه آن باید دقیق پیش‌بینی شده و دو ماه قبل از شروع درخت‌بری کلیه درخت‌هائیکه قرار است بریده شوند ، طی گزارشی که حاوی تعداد و نوع محل و اگر ممکن باشد مالک درختان تهیه گردد ،

و اگر لازم باشد از مالکین خصوصی و مسئولین مربوطه شهری برای درختان عمومی اجازه گرفته شود.

این عمل از اتلاف وقت گروه اجرائی به علت مجادله با مالکین درختان خواهد کاست . ضمنا" در موقع شاخه‌زنی و درخت‌بری باید مقررات ایمنی مربوطه رعایت شده تا باعث برق گرفتگی نشود.

۱۲- اثر کلنگ خوردگی و یا اصابت بیل مکانیکی :

توسعه روزافزون شبکه بویژه شبکه‌های ۲۰ کیلوولت خطوط زمینی شهر تهران که به منظور تامین برق اقشار مختلف صورت گرفته حوادث ناگوار را به همراه دارد. هر روزه شاهد و ناظر خسارات وارده در اثر حفاری توسط واحدهای حفاری سازمانهای مختلف مانند مخابرات ، گاز ، آب ، مترو و غیره هستیم که عدم آشنائی آنها با سیستم شبکه خطوط زمینی برق تهران موجب بروز حوادث مختلف میشود.

۱-۱۲- پیشنهاد :

به منظور کاستن از حوادث کلنگ خوردگی بایستی هماهنگی بین سازمانهای مختلف و شهرداری با برق را طوری ایجاد نمود که قبل از حفاری با کمک نماینده فنی شرکت برق سازمان حفاری کننده از محل شبکه‌های برقرسانی مطلع گشته تا از برخورد بیل مکانیکی و کلنگ خوردگی جلوگیری شود.

۱۳- اثر برخورد اتومبیل به پایه‌ها :

تنها راه حل موجود جهت کاهش این مشکل این است که همزمان با تغییراتی که خیابانها و جاده شهری پیدا میکنند ، بلافاصله مسیر خط را دور از جاده ماشین رو انتخاب کرد تا بدینوسیله از تعداد این حوادث کاسته شود.

۱۴- اثر چکه کردن آب :

اگر فواصل شبکه‌های فلزی که جهت هواکش روی سقف پستها قرار گرفته زیاد باشد یا بعلت پاروب نکردن برفها در فصل زمستان عایقکاری سقف به مرور زمان خراب شده باشد ، در اثر بارش باران و برف ، آب به داخل پست چکه میکند که منجر به اتصالی و قطع برق میگردد.

۱-۱۴- پیشنهاد :

بازدید از پستهای قدیمی ۲۰ کیلوولت و تعیین نواقص ساختمانی آنها و از بین بردن این نواقص تنها راه حلی است که میتواند تعداد خاموشیهای حاصل از چکه کردن آب در پستها را کاهش دهد.

نتیجه :

با کاربرد پیشنهادات ارائه شده در قسمتهای قبل میتوان تعداد خاموشیها را تا حد زیادی کاهش داد. همچنین جهت کم کردن هر چه بیشتر تعداد خاموشیها میتوان از ریکلوزر (دستگاه وصل مجدد) در خطوط اصلی و کلید فیوز در انشعابات استفاده نمود. این راه حل عمومی بوده و میتوان ازآن در خطوط موجود در آینده استفاده کرد. بدین معنی که در هر چند کیلومتر از خط اصلی یک دستگاه ریکلوزر قرار داد. ریکلوزر دستگاهی است که با مشاهده جریان عیب ، خیلی سریعتر از دیژنکتور اول خط عمل نموده و قسمت معیوب را از قسمت سالم جدا میسازد. امید میرود با ارائه مجموعه فوق هدفهای کلی زیر بنحو مطلوبی به مرحله اجرا در آید.

الف - تهیه لوازم الکتریکی شبکه‌ها با مشخصات یکنواخت و شرائط مناسب

ب - نصب لوازم و مصالح با رعایت اصول ایمنی به منظور بهره‌برداری اقتصادی از سیستم

منابع :

۱- گزارش قطعی‌های شبکه ۲۰ کیلوولت برق تهران - امور دیسپاچینگ

۲- استاندارد وزارت نیرو - شبکه ۲۰ کیلوولت

۳- انتقال و توزیع نیرو - مهندس دادمرز

۴- طراحی خطوط انتقال نیرو - وزارت نیرو

5- ELECTRICAL ENGINEERING HANDBOOK SIEMENS