



نگرشی بر حفاظت شبکه های توزیع در تحلیل حادثه ایکه دوبرادر رابه قربانی گرفت

علی مفر نوراله

عبدالرحیم ایزدی

شرکت برق منطقه ای اصفهان

خلاصه مقاله :

موضوع مقاله حاضر نگرشی بر حفاظت شبکه های توزیع میباشد . در این مقاله ابتداسنی شده مسائل ایمنی افراد مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد . سپس به شرح يك حادثه پرداخته ، ضمن شرح حادثه علل وقوع چنین حادثه ومشكلات حفاظت شبکه بررسی شده وراه حل های مناسب جهت جلوگیری از وقوع چنین حوادثی راپیشنهاد نموده ودر پاییان نظرمسئولین ودست اندرکاران رابه اهمیت شبکه های توزیع جلب نموده است .

مقدمه :

با افزایش روزافزون مصارف برق در بخشهای مختلف صنعتی ، کشاورزی ، عمومی و خانگی شبکه‌های توزیع نیز متناسباً " گسترش یافته و مخصوصاً " در فاصله زمانی بعد از پیروزی انقلاب ، در راستای برق‌رسانی به مناطق محروم روستائی رشد و گسترش شبکه های توزیع بسیار سریع و وسیع بوده است . بطوریکه امروزه شبکه های توزیع یکی از گسترده ترین شبکه های سرویس دهی عمومی در سطح مملکت میباشد . تقریباً " در تمام پهنه مملکت اعم از روستا ، شهر ، خیابان و کوچه های پر پیچ و خم و مناطق کوهستانی و غیره دامن گسترده . طبق آخرین آمار و اطلاعات تنها در منطقه تحت پوشش شرکت برق منطقه ای اصفهان تا پایان سال ۷۰ حدود ۱۱۴۰۰ کیلومتر شبکه ۲۰ کیلوولت و ۱۳۶۰۰ کیلومتر شبکه فشار ضعیف (جمعا " ۲۵۰۰۰ کیلومتر) و تعداد ۱۳۲۰۰ دستگاه پست ۲۰۰۰۰/۴۰۰ ولت زمینی و هوائی میباشد . با اعمال يك ضریب تقریبی ۱۰ طول کل شبکه های توزیع ایران برابر ۲۵۰۰۰۰ کیلومتر می گردد که این رقم حدود ۳۳ برابر محیط کشور ایران است . چنانچه سرمایه مورد نیاز برای احداث چنین شبکه ای را بانرخ امروز وزارت نیرو محاسبه کنیم ارزش ریالی این تاسیسات حدود ۲۴۰۰۰۰ ریال خواهد شد .

ذکر ارقام مذکور صرفاً " از جهت توجه مسئولین و دست اندرکاران شبکه های توزیع به ابعاد

مسئولیت و اهمیت این بخش از صنعت برق از دیدگاههای فنی ، اقتصادی ، ایمنی و سرویس دهی

می باشد . اما در این مقاله موضوعی که مورد بحث قرار گرفته ، صرفاً " ایمنی شبکه های توزیع است .

مگر چه بررسی ابعاد دیگر شبکه نیز از اهمیت بسیاری برخوردار میباشد که در جای خود

قابل بحث است .

مردم و خطرات شبکه های توزیع :

جهت ورود به این مبحث ذکر این نکته ضروریست که در این مقاله صرفاً به ابعاد ایمنی مردم پرداخته و ابعاد دیگر ایمنی شبکه های توزیع ، نظیر ایمنی تجهیزات مصرف کنندگان ، ایمنی تجهیزات صنعت برق مدنظر قرار نمیگیرد .

نگرشی گذرا به بافت کلی شبکه های توزیع و مراحل تکوینی آن (شامل نوع تجهیزات مصرفی ، نحوه طراحی و اجرا ، تعمیرات و نگهداری و بهره برداری سیستم) هر صاحب نظری را بطور یقین از بعد ایمنی شبکه های توزیع کاملاً نگران میسازد .

آماراتفاقات و حوادث سالیانه بخش توزیع گویای این حقیقت تلخ است که هر سال دهها انسان بی گناه در این رهگذر به قربانی گرفته میشود ، این آمار هشدار و چراغ چشمک زن قرمزی است به دست اندرکاران این صنعت که بطور روز افزون وظیفه و مسئولیت آنان سنگین و سنگین تر میشود .

به جاست گروهی از خبرگان این صنعت با سازماندهی مناسب به این بخش از صنعت برق پیش از پیش توجه نموده و همه ابعاد آنرا بازرنگری وارزیابی نموده و در جهت اصلاح آنها ، مقررات و روشهای خاص را تدوین و تنظیم و به مسورد اجرا بگذرانند .

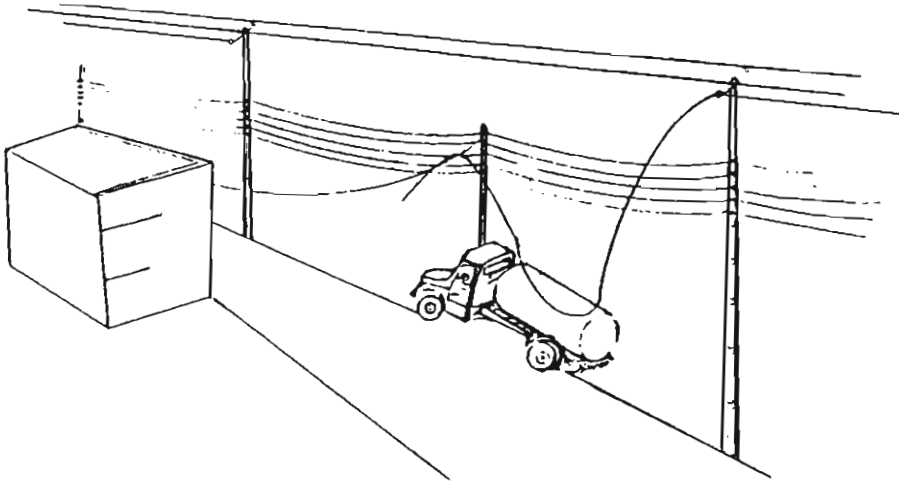
گزارش حادثه :

در ساعت ۱۴/۲۰ روز یکشنبه ۷۰/۴/۲۰ که مصادف با عاشورای حسینی بوده دوبرادر بنامهای عبدالرسول و بختیار صف آرابی در روستای اسماعیل ترخان مبارکه بخاطر برخورد به شبکه ۲۰ کیلوولت که يك فاز آن پاره شده وبرروی تانکـــــ نفت کش افتاده بود در مقابل چشمان بهت رده اطرافیان و خانواده شان جان به جان آفرین تسلیم نمودند .

شرح حادثه :

خط انشعابی ۲۰ کیلوولت روستای اسماعیل ترخان ازسیم آلومینیم فولادبه مقطع

۲۶ میلیمتر مربع که توسط فیدر دوپست ۲۰/۶۲ کیلوولت نقش جهان تغذیه می شده در یک فاصله بعد از پایه دند فازکناری شبکه ۲۰ کیلوولت از کنار مقره سوزنی پاره شده و روی بدنه تانکر نفت کش که در کنار خیابان پارک بوده و کابل مشترک تکفاز که از عرض خیابان مطابق شکل زیر می گذرد می افتد.



بر اثر تماس سیم بایده تانکر نفتکش، لاستیک طایر سمت راست تریلی که کنار دیوار بوده آتش گرفته و شروع به سوختن می کند. اهالی محل موضوع را به صاحب تریلی که منزل او در مقابل تانکر بوده اطلاع می دهند، نامبرده برای خاموش نمودن آتش توسط کپسول پودر و گاز به محل حادثه آمده سعی در خاموش نمودن آتش می کند ولی موفق نمی شود، طبق صحبت اهالی محل، ایشان متوجه می شود که سیم برق روی تانکر افتاده، لذا جهت جدانمودن سیم از تانکر توسط تکه چوبی اقدام می کند که در همین موقع از ناحیه سینه وزیر بغل با فاز ۲۰ کیلوولت تماس می گیرد و دچار برق گرفتگی می گردد و برادر او بنام بختیار صف آرائی جهت نجات وی از منزل خارج شده و به کمک ایشان می شناهد که خود نیز دچار برق گرفتگی شده و سبب سوختگی در ناحیه زانو و ران و جدا شدن پا از بدن و نهایتاً فوت می گردد. در این مدت مردم دیگر نیز به کمک می آیند مخصوصاً "فرزندان مرحوم عبدالرسول که اغلب آنها به عقیب رانده می شوند و خوشبختانه فرد دیگری دچار برق گرفتگی نمی شود، بهر جهت شبکه برق در باقی می ماند تا اینکه به اپراتور پست خبر داده می شود تا فیدر ۲۰ کیلوولت را قطع نماید.

چگونگی درگیری مرحوم عبدالرسول و مرحوم بختیار در شکل های صفحه بعد آورده شده است.

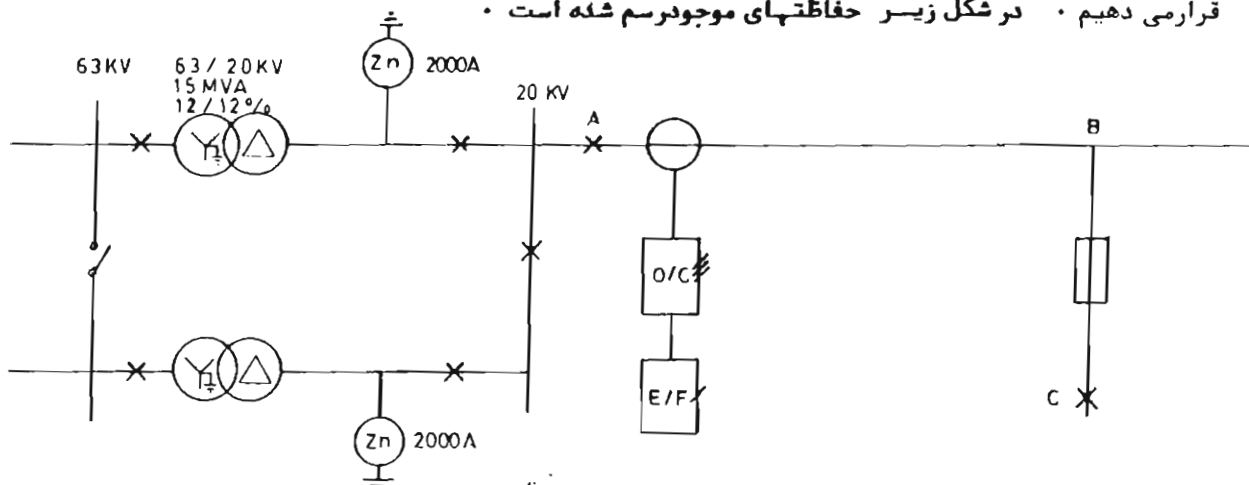
شکل های مزبور به ترتیب نحوه درگیری ایشان را با خط برق در نشان میدهد.

حال به بررسی علت برقدارماندن فاز قطع شده برای مدت نسبتاً " طولانی می پردازیم :

حفاظت موجود شبکه :

برای بررسی علت قطع نشدن برق ابتدا حفاظتهای موجود در شبکه را مورد بررسی

قرار می دهیم . در شکل زیر حفاظتهای موجود رسم شده است .



- طول AB برابر ۱۵ کیلومتر شبکه هوایی باسیم ۱۲۰ میلیمتر مربع آلومینیم فولاد است .
- طول BC برابر ۱/۵ کیلومتر شبکه هوایی باسیم ۳۶ میلیمتر مربع آلومینیم فولاد است .

همانطوریکه مشاهده میشود فیدر ۲۰ کیلوولت در ایستگاه ۶۳/۲۰ کیلوولت توسط رله‌های

اضافه جریان واتصال زمین حفاظت شده وانشعاب نیز توسط کت اوت فیوز حفاظت گردیده ، جریان

عملکرد رله های اضافه جریان ۲۰۰ آمپر و برای اتصال زمین ۸۰ آمپر بوده ، (حداقل مقدار

- قابل تنظیم رله‌های فوق) بار فیدر حدود ۱۷۰ آمپر و فیوز انشعاب از نوع ۴۰ آمپری بوده است .
- از حفاظت های موجود تنها فیوز فاز وسط عمل نموده و بقیه حفاظتها عمل نکرده است .

محاسبه مقدار جریانهای اتصال کوتاه :

برای بررسی علت عمل نکردن حفاظتها ابتدا " مقدار جریان اتصال کوتاه را محاسبه

نموده و سپس بصورت عملی تست و اندازه گیری می نمائیم .

الف - محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه سه فاز:

سیم ۳۶ میلیمترمربع $Z_1 = 1/0.21 + j0.422 \text{ } \Omega / \text{km}$

سیم ۳۶ میلیمترمربع $Z_0 = 1/141 + j1/652 \text{ } \Omega / \text{km}$

سیم ۱۲۰ میلیمترمربع $Z_1 = 0/206 + j0/254 \text{ } \Omega / \text{km}$

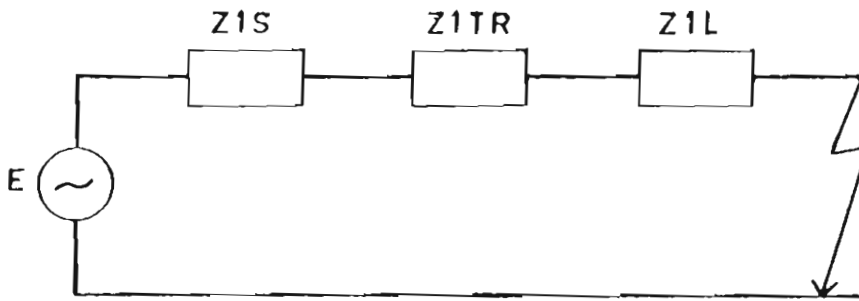
سیم ۱۲۰ میلیمترمربع $Z_0 = 0/454 + j1/615 \text{ } \Omega / \text{km}$

موازی $Z_{1TR} = Z_{TR1} \parallel Z_{TR2} = \frac{j12/12}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{5} = j1/565$

$Z_1 = Z_{1TR} + Z_{1,12} + Z_{1,24} = 9/7 < 50/87^\circ \text{ } \Omega$

مدار معادل اتصالی بصورت زیر خواهد بود

$E = \frac{20000}{\sqrt{3}}$



$I_{3\phi} = \frac{E}{Z_1} = \frac{20000/\sqrt{3}}{9/7 < 50/87^\circ} = 1190 \text{ A}$

$I_{2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{3\phi} = 1031 \text{ A}$

در محاسبات بالا فرض شده که امپدانس منبع صفر باشد یعنی به شبکه بینهایت وصل شده باشد

بدیهی است مقادیر حقیقی کمتر از مقدار محاسبه شده میباشد.

ب - محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه فاز به زمین :

$$Z_{0L} = Z_{0L1} + Z_{0L2}$$

$$Z_{0L1} = 15 (0.306 + j0.354) = 4.59 + j5.31$$

$$Z_{0L2} = 1/5 (1/141 + j1/652) = 1/7 + j2/48$$

$$Z_{0L} = 4.59 + j5.31 + 1/7 + j2/48 = 28/15 + j1/52$$

$$Z_{0Tr1} \parallel Z_{0Tr2} = \frac{20000/\sqrt{3}}{20000/3} = j24/64$$

با فرض اینکه دو ترانسفورماتور بصورت پارالل کار نمایند مقدار امپدانس صفـر ترانسهای پارالل زمین برابر است با :

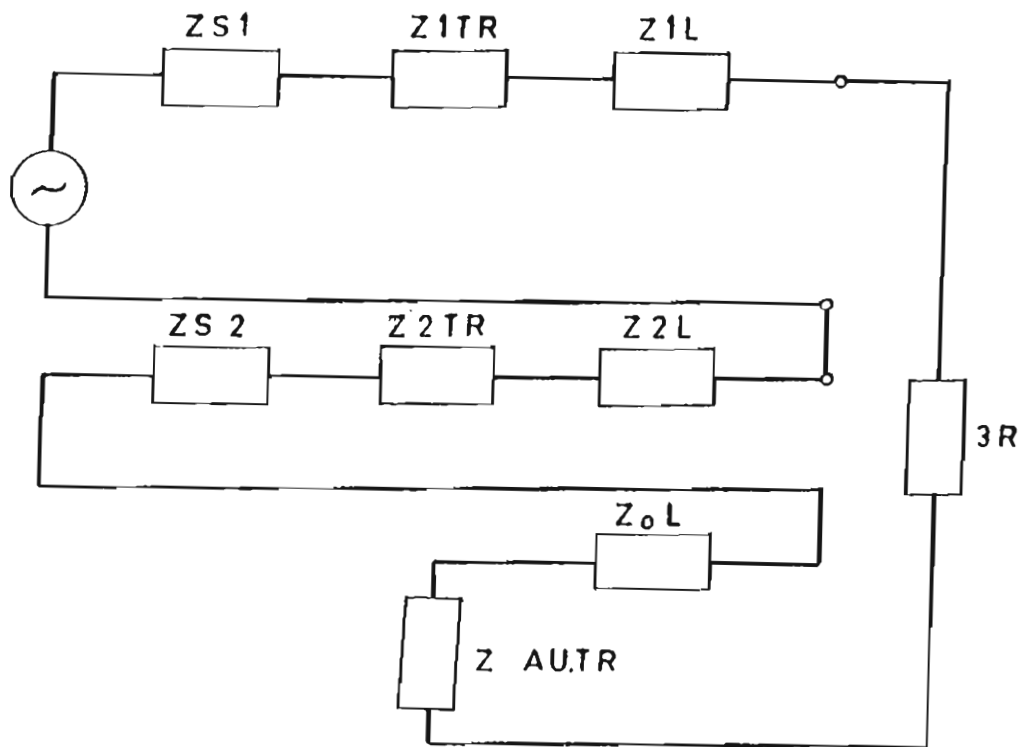
$$Z_{0Tr} = Z_{0Tr1} + Z_{0Tr2} = \frac{24/64}{2} = 12/32$$

کل $Z_0 = Z_{0Tr} + Z_{0L}$

$$IE/F = \frac{2E}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 2R}$$

اگر از مقدار مقاومت زمین صرف نظر کنیم مقدار جریان برابر است با :

$$IE/F = \frac{2 \times 20000/\sqrt{3}}{61.016} = 567/24 \text{ A}$$



امامحل حادثه درکوچه كاملا " خشك بوده وافرادنيز روي اسفالت قرارداشته اندطی چندین مرتبه كه توسط ارت سنج مقاومت محل حادثه اندازه گیری شد ، مقدارمتوسط مقاومت بالاتراز ۱۰۰۰ اهم بود، ضمنا " مقدارزیادی آب نیز درمحل ریخته شد وبازمقاومت زمین (کناراسفالت محل پیاده رو خاکی) را اندازه گیری نموده مشاهده شد ، حداقل مقاومت حدود ۹۰۰ اهم است ، لذا درمحاسبات نمی توان از مقدارمقاومت زمین صرفنظر نمود . در صورتیکه مقدارمقاومت را ۱۰۰۰ اهم فرض کنیم مقدار جریان اتصال زمین :

$$IEF = 11/5$$

در اندازه گیریهای عملی كه نیز درمحل انجام شد حداكثر جریان درشرایطی كه زمین كاملا " مرطوب بود مقدار ۱۴/۵ آمپرنشان داده شده كه در اینجائز شرح چگونگی اندازه گیری جریان صرفنظر می شود .

علت عمل نکردن رله های حفاظتی :



همانطوریکه ملاحظه گردید حداكثر جریان اتصال زمین ۱۴/۵ آمپر بوده كه باتوجه به

ستیک رله های اضافه جریان و اتصال زمین و جریان نامی فیوزها که در جدول زیر نشان داده شده امکان عمل نمودن رله‌ها را فراهم نکرده است .

نوع حفاظت	رله اضافه جریان	رله اتصال زمین	فیوز
مقدار جریان است شده	۲۰۰۰	۸۰	$1/5 \times 40 = 60$

برای عمل

قابل ذکر است که نسبت تبدیل ترانس جریان فیدر در پست برابر $400/1$ است که سیتیگ رله هانیز در حداقل ممکن یعنی برای رله اتصال زمین $0/2$ و اضافه جریان $0/5$ (رله ها الکترومکانیکی از نوع IDMT هستند) تنظیم شده بودند ، بنابراین با توجه به مطالب فوق مشاهده میشود که به هیچ عنوان رله‌های و فیوزهای فوق نمی توانستند عمل کنند ، اما علت سوختن فیوز فاز وسط شاید به علت کمانه نمودن سیم و برخورد آن به فاز وسط بوده است .

علت درگیری آقایان صف آراها باشیم :



علت اصلی درگیری آنها باسیم عدم دانش فنی و آگاهی از خطراتی بوده که آنها را تهدید می کرده زیرا آنها از آگاهی لازم برخوردار نبوده و نمی دانستند که با چوب امکان ندارد بتوان فاز ۲۰ کیلوولت را از کامیون جدا نمود . ضمناً " چنانچه کسی باسیم درگیر شد چگونه و به چه روشی باید اورانجات داده و از کشته شدن او جلوگیری نمود .

تحلیل حادثه و ریشه یابی و پیشنهاد :



این حادثه که یکی از دهها حادثه تلخ و جانگداز شبکه‌های توزیع برق میباشد، همانطوریکه اولین آنها نبوده بطور قطع آخرین هم نخواهد بود و عموماً این سوال مطرح است که آیا همه این حوادث جبر و اجتناب ناپذیر است یا خیر ؟ بطور قطع پاسخ این سوال منفی است و با بکارگیری تدبیر و دانش فنی و ایمنی میتوان از وقوع بسیاری از این حوادث جلوگیری بعمل آورده و ضایعات ناشی از آنها را بنحو چشمگیری کاهش داد .

عواملی که دست به دست هم داده تایید چنین حوادث ناگوار رخ دهد بشرح ذیل خلاصه میشود.

۱- عدم آگاهی مردم از خطرات برق و برق گرفتگی و ضرورت بالا بردن این نوع آگاهیها از طرق مختلف که اهم آنها عبارتند از : استفاده از رسانه های گروهی مخصوصاً " صداوسیما جمهوری اسلامی ایران ، استفاده از مجله عمومی ایمنی ، همراه نمودن فرمهای هشدار دهنده با قبوض برق مشترکین و ...

۲- طراحی نامناسب سیستم های حفاظتی شبکه های توزیع که در بسیاری از موارد در هنگام وقوع حادثه بموقع عمل نکرده و سیم معیوب و قطع شده برای مدت طولانی برقرار باقی میماند ، مخصوصاً این پدیده در شبکه های فشار ضعیف در مناطق کوهستانی و خشک بسیار چشمگیر بوده و آمار منتشره حاکی از خسارات جانی و مالی سنگین در سراسر کشور در طول هر سال میباشد .

به جا است که با توجه به شرایط اقلیمی و نوع و مشخصات زمین مطالعات مربوط به انتخاب حفاظتهای مناسب در هر مورد انجام و تجهیزات مناسب آن انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد .

۳- عدم استفاده از مصالح و تجهیزات با کیفیت مطلوب در شبکه های توزیع مخصوصاً لوازمی نظیر کات اوت فیوز ، المنت های کات اوت فیوز ، کلیدهای اتوماتیک و فیوزهای فشار ضعیف که نقش ایمنی مردم و حفاظت تجهیزات را در مواقع بروز اشکال عهده دار بوده از اهمیت ویژه ای برخوردار میباشد و لازم است با دقت و کنترل های لازم انتخاب گردید .

ذکر این نکته ضروریست که ساخت این قبیل تجهیزات مدتی است که در داخل مملکت و اغلب بدون انجام کنترل کیفیت در شبکه های توزیع مصرف میشود که این مورد نیز به سهم خود باعث افزایش نقاط ضعف شبکه های توزیع گردیده و بجاست و درات نیرو و شرکتهای تابعه در جهت هدایت و پشتیبانی این قبیل تولیدات داخلی صنعت برق (که مورد نیاز میباشد) با سازماندهی واحد موظف در حوزه ستادی و اسنقاده از خبرگان صنعت برق ، این وظیفه و رسالت را هر چه سریعتر جامه عمل بپوشانند .

۴- پارگی خطوط برقدار که خود ناشی از عوامل بیرونی (برخورد اتومبیل، وسائل نقلیه سنگین یا وسائل با ارتفاع زیاد به شبکه) و یا عوامل درونی (خوردگی سیم ها، پایه ها شکستن مقره ها ، بارشدن باندینگ ها و غیره) میباشد خود فصل طولانی و مهمی از مسائل و معضلات شبکه های توزیع را تشکیل میدهد که در هر مورد نیاز به بررسی و ریشه یابی دقیق دارد و در این مقاله فرصت پرداختن به آن میباشد .

۵- عدم استفاده از تجهیزات باتکنولوژی جدید کارائی بالاتر در شبکه های توزیع و فوق توزیع مخصوصاً جهت حفاظت آنها، ریزا استفاده از این تجهیزات علاوه بر اصلاح ساختار کلی شبکه های توزیع سبب افزایش ایمنی مردم و تداوم برقرسانی و تقلیل ضایعات میگردد، نمونه های از این موارد عبارتند از:

الف: استفاده از رله SENSITIVE EARTH FAULT برای حفاظت فیدرهای ۲۲۰ کیلوولت در نقاط خشک و کوهستانی، زیرا این رله در برابر جریانهای بسیار کم حساس بوده و ضمن بالابردن ایمنی انسانها و تجهیزات در مواقع اتصالی سبب کاهش چشمگیر عدم تعادل بار نیز در شبکه میگردد، البته این حفاظت علاوه بر حفاظتهای معمول موجودمانند رله های اضافه جریان و اتصال زمین معکوس بایستی اضافه شود.

ب: استفاده از رله های استاتیکی و میکروپروسوری بجای رله های الکترومکانیکی برای حفاظت فیدرهای فوق.

ج: استفاده از اتورکلورر، سکشن لایزر، سکسیونر فیوزدار در خطوط هوایی طولانی و انشعابهای آنها.

د: استفاده از کابلهای هوایی خودنگهدار ۲۲۰ کیلوولت در مسیرهای کم عرض و پریپیچ و خم و مناطق پررفت و آمد که احتمال برخورد وسائل نقلیه با شبکه زیاد است.

ه: استفاده از کابلهای زمینی در شهرهای بزرگ، شهرکها و مناطق پررفت و آمد و شلوغ.

ی: استفاده از کلیدهای فشار متوسط خلأ SF6 بجای کلیدهای کم روغن

ک: استفاده از ترانس زمین با جریان نول زیاد در مناطق خشک، بجاست جریان نول ترانسهای زمین در ایستگاههای فشارقوی با توجه به شرایط آب و هوا و ظرفیت ترانسهای قدرت انتخاب شود.

بدیهی است استفاده از تجهیزات فوق در شبکه های توزیع سبب افزایش راندمان و بهره وری سیستم گردیده و ظرف مدت کوتاهی هزینه های خود را جبران خواهند کرد.

۶- عدم توجه لازم به بهره برداری و تعمیر و نگهداری پخش توزیع خود فصل بسیار مهمی است که متأسفانه تا بحال بهاء بسیار گزینی به آن داده شده و برای جبران آن لازم است با بسیج همه امکانات در جهت تقویت نیروی انسانی کارآمد تهیه ابزار و ماشین آلات مناسب و برنامه ریزی اصولی و زیربنائی، باسازی و تعمیر و مرمت شبکه های فرسوده توزیع را (که در بسیاری از مناطق کشور دارای عمری بیش از ۳۰ سال میباشد) هرچه سریعتر شروع نمود و با پیگیری و اعمال همه ابزارهای مدیریت جبران مافات بنحوشایسته بشود.

در پایان ذکر این نکته را ضروری میدانم که این بخش از صنعت برق که در واقع در خط مقدم صنعت قرار دارد و نتایج سرمایه گذاریها و تلاشها و کوششها در بخشهای دیگر آن (تولید و انتقال) از این طریق عاید مردم میگردد و عمده درآمدها نیز از این طریق حاصل میگردد، حقیقتاً "مظلوم و بی پناه واقع شده و حق آنرا آنطوریکه شایسته و بایسته تا بحال اداء ننموده ایم و امیدواریم صدای این مظلومیت از طریق برگزاری این کنفرانس، بگوش مسئولین و متولیان این صنعت رسیده و بیش از پیش مورد توجه و عنایت قرار گرفته و با همت عالی آنان و لطف الهی آینده و دورنمای این بخش از صنعت رضایتبخش و امیدوار کننده بشود. انشاء اله

والسلام