

## حفاظت ، ضربان شبکه های توزیع

رسول ربانیان نجف آبادی<sup>(۲)</sup>

محسن راستین<sup>(۱)</sup>

[R.Rabbanian@yahoo.com](mailto:R.Rabbanian@yahoo.com)

[Rastin.Safanicu@gmail.com](mailto:Rastin.Safanicu@gmail.com)

(۱) شرکت صفانیکو

(۲) شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان

کلمات کلیدی: کلید اتوماتیک/حفاظت فشار ضعیف /رله حرارتی /کوردیناسیون حفاظتی

### چکیده:

بکارگیری بهتر تجهیزات حفاظتی و افزایش قابلیت اطمینان عملکرد آنها علی الخصوص کلیدها اتوماتیک در شبکه مستلزم رعایت نکاتی است که توجه به آنها می تواند در جهت جلوگیری از عملکرد بی موقع و حفاظت بهینه این تجهیز ، بسیار مؤثر واقع شود و لذا کاهش عملکردهای بی مورد و پائین آوردن میزان آسیب دیدگی تجهیزات و وسایل مشترکین بر حسب تجربه و علم به دو راهکار در این خصوص اشاره می شود که در این مقاله با بیان شرایط عملکرد حفاظتهای موجود یک کلید اتوماتیک ، در جهت افزایش ضریب اطمینان حفاظتی شبکه پیشنهاداتی با استفاده از محاسبات اتصال کوتاه ارائه می شود.

### مقدمه:

هدف اصلی شرکتهای توزیع برق، توزیع انرژی الکتریکی به مشترکین با کیفیت و قابلیت اطمینان مطلوب و با حداقل وقفه می باشد و لذا شرکتهای، استفاده از تجربه همرا با علم را در تدوین استانداردهایی برای استفاده در تجهیزات حفاظتی در شبکه های توزیع در دستور کار قرار داده اند که اجرای آنها می تواند عملکرد مطلوبی را علی الخصوص در مورد حفاظت شبکه به همراه داشته باشد.

آمارها نشان می دهد که درصد بالایی از خاموشیهای مشترکین شرکتهای توزیع برق ناشی از خطاها و حوادث

شبکه توزیع و به تبع آن عملکرد ناصحیح سیستم حفاظتی بوده است. این در حالیست که در شبکه های توزیع ، تجهیزات حفاظتی سهم بالایی در بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع به عهده دارند در نتیجه با انجام مطالعات و اعمال دقت در انتخاب تجهیزات حفاظتی و هماهنگ سازی آنها می توان به این هدف دست یافت .

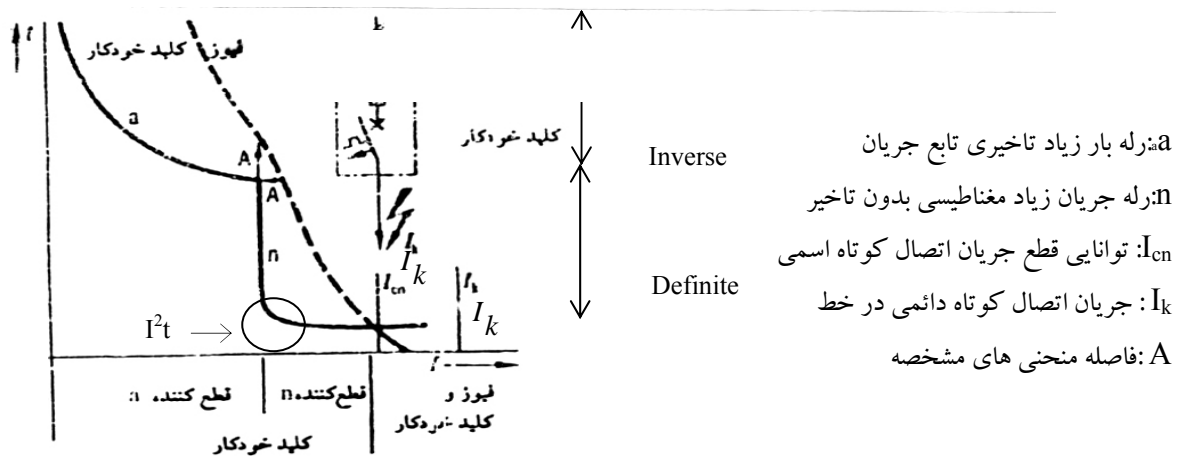
در سیستم توزیع دو تجهیز کلید اتوماتیک و فیوز جهت حفاظت استفاده می شود که علی رغم مفید بودن آنها ، عملکرد نابجای کلید اتوماتیک و همچنین فیوزها یکی از معضلات این دو تجهیز می باشد .

اتصال کوتاه زمان بندی شده باید توجه داشت که این کلید به منظور استقامت معین و مجاز تنش حرارتی و دینامیکی ساخته شده اند و اگر به علت تاخیر زمانی (طولانی شدن زمان قطع) این تنشها از حد معین و مجاز تجاوز کند به کلید آسیب می رسد. لذا باید به قطع کننده کلید یک عضو قطع کننده سریع نیز اضافه شود تا در جریانهای زیاد اتصال کوتاه کلید خودکار بدون تاخیر قطع شود. (قطع سریع)

هر یک از وسایل حفاظتی ترکیب شده با کلید اتوماتیک وظیفه مشخصی و عملکرد معینی به عهده دارند. حفاظت از جریانهای بار زیاد به عهده قطع کننده حرارتی (a) و حفاظت در مقابل جریانهای اتصال کوتاه تا حدود توانایی قطع کلید (I<sub>cn</sub>) به عهده قطع کننده مغناطیسی (n) است لذا کلید اتوماتیک تمام حفاظتها را در مقابل جریانهای زیاد تا حد توانایی قطع (I<sub>cn</sub>) به عهده قطع کننده مغناطیسی (n) قرار میدهد و می تواند همه این جریانها را یک جا و سه قطبه قطع و وصل کند.

حفاظت در شبکه های هوایی فشار ضعیف در برخی موارد به هنگام افزایش درجه حرارت محیط به دقت عمل نمی کند و گاه این مسئله برای سیستم مشکل ساز می شود در این حالت رله حرارتی موجود در کلید اتوماتیک متأثر از درجه حرارت محیط و هوای اطراف آن به گمان وجود اضافه بار در شبکه عملکردی بی موقع خواهد داشت بنابراین چنانچه کلید در درجه حرارتی غیر از درجه حرارت کالیبره شده مورد استفاده قرار گیرد رله حرارتی کلید در جریان باری غیر از جریان بار تنظیمی کلید عمل می کند .

درجه حرارتی که کلید در آن کالیبره می شود معمولاً حدود ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد می باشد . اگر درجه حرارت کلید مورد استفاده شده در آن غیر از درجه حرارت کالیبره شده باشد جهت تنظیم جریان بار از منحنی جبران تاثیر درجه حرارت هوای محیط استفاده می شود. کلید اتوماتیک معمولاً عهده دار وظیفه حفاظت در مقابل جریان زیاد است ولی می توان آن را با وسایل دیگری جهت قطع جریان و افت ولتاژ نیز مجهز کرد برای حفاظت جریان



شکل ۱: منحنی جریان-زمان کلید اتوماتیک و فیوز

یکی دیگر از مشکلات نزدیک بودن منحنی مشخصه زمان - جریان کلید اتوماتیک و فیوز می باشد که برای رفع ایراد باید از سوئیچ انتخاب  $I^2t$  استفاده شود تا بتوان با تنظیم این پیچ فاصله مناسب و یک مقدار ثابت (زمان قطع معین) در مشخصه زمان-جریان کلید اتوماتیک ایجاد کرد تا یک فاصله زمانی ایده آل که حدود ۱۲۰ میلی ثانیه است ایجاد شود. (شکل ۱)

به محض اینکه جریان اتصال کوتاه  $I_k$  بزرگتر از توانایی قطع کلید شود، فیوز وظیفه حفاظت را به عهده می گیرد و موجب قطع جریان اتصال کوتاه می شود ضمن اینکه تقریباً همزمان با آن کلید هم وارد عمل می شود و وقتی جریان عبور از فیوز به مقدار  $I_D$  رسید عمل کننده مغناطیسی (n) تحریک شده و باعث قطع سه قطبه کلید می شود از این جهت باید فیوز طوری انتخاب شود که جریان عبور از فیوز  $I_D$  کوچکتر از توانایی قطع  $I_{cn}$  کلید اتوماتیک باشد .

## راهکارهای پیشنهادی جهت جلوگیری از

### عملکرد بی موقع رله حرارتی کلید اتوماتیک:

از آنجائیکه جمع بندی برخی نکات تجربی با بنیه علمی می تواند در خصوص ایجاد یک سیستم حفاظت مطلوب کمک شایانی نماید در ادامه به برخی از این موارد اشاره می شود:

- (۱) حتی المقدور قرار گرفتن تابلو در جاهای خنک و دور از آفتاب مثلاً در سایه درختان.
- (۲) ایجاد هواخورهای مشبک کوچک در کف تابلو که هم در تهویه سریعتر هوا کمک می کند و هم در خروج آب نفوذی احتمالی به تابلو مفید می باشد .
- (۳) ایجاد شیار یا کرکره روی در تابلو یا پشت تابلو .
- (۴) افزایش فاصله شمشها از یکدیگر تا حد ممکن.
- (۵) قلع اندود کردن نقاط اتصال شمشها به جای استفاده از پیچ و مهره یا استفاده از اتصالی مطمئن تر و یا حداقل محکم کردن کلیه اتصالات در سرویسها ی دوره ای .
- (۶) نصب کارتی پشت در تابلو که حاوی اطلاعات مربوط به میزان بار مصرفی هر فیدر و همچنین مشخص بودن تعداد لامپهای روشنایی معابر بر روی هر فاز و درحد امکان

رسم نمودار بار مصرفی هر فیدر در ساعات مختلف روز که همگی برای یافتن سریعتر خطا مؤثر هستند.

(۷) تغییر شکل ظاهری تابلو و ساختن جعبه ای که فاقد گوشه های زاویه دار باشد این امر در تسریع هوای داخل تابلو مفید است.

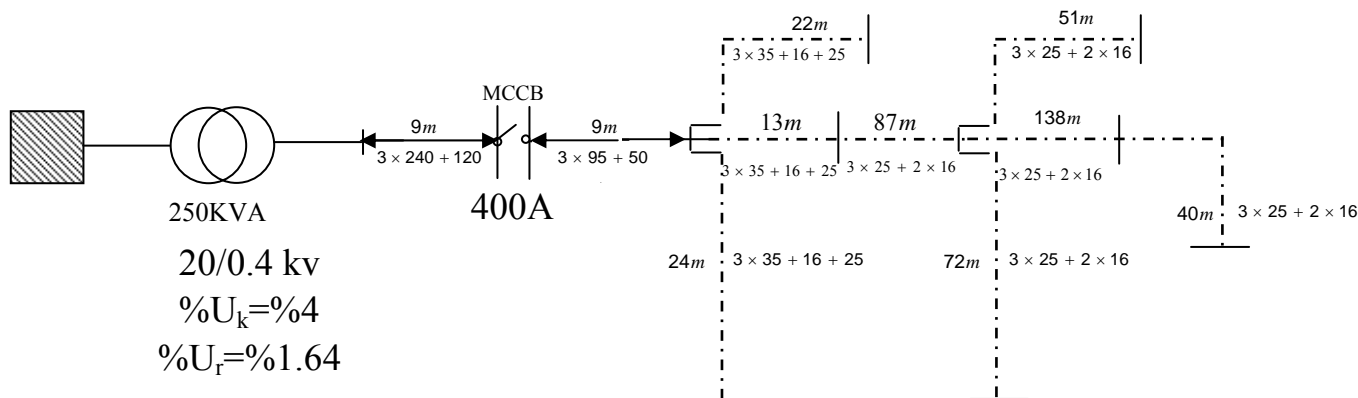
(۸) استفاده از حفاظ توری مانند (دارای سوراخهای بسیار کوچک) بر روی شمشها به جای استفاده از ورقه فلزی که درخنک کردن بهتر شمشها کمک کرده و از ایجاد فضایی مناسب برای یونیزه شدن گاز ناشی از آرک تا حد ممکن جلوگیری می کند.

(۹) انتخاب کلیدهایی که به مسأله حرارت وابستگی چندانی ندارد :

(الف) آنهایی که در دمای بالا کالیبره شده اند.

(ب) آنهایی که رله های الکترونیکی دارند.

راهکارهای دیگری جهت بهبود در عملکرد به موقع وسایل حفاظتی شبکه توزیع (سلکتیویته) پیشنهاد می شود . برای بیان این راهکارها محاسبات اتصال کوتاه یک شبکه اجرا شده را انجام داده ، حفاظت موجود شبکه بررسی شده و پیشنهاداتی ارائه می شود .



شکل ۲: شمای تک خطی بخشی از شبکه فشار ضعیف هوایی روستای شیدان واقع در شهرستان اصفهان

در صورتی که از فیوز  $F_2$  استفاده کنیم محدودیت عملکرد فیوز  $F_1$  کمتر شده و در نتیجه با توجه به محاسبات به عمل آمده حفاظت بهتری نسبت به زمانی که فیوز  $F_2$  نبود، خواهیم داشت. (مطابق شکل ۴) اگر از یک فیوز ۶۳ آمپر در محل  $F_2$  استفاده کنیم .

جریان اتصال کوتاه ۳۵۵ آمپر انتهای خط را در حدود  $1/5$  ثانیه قطع می کند در صورتیکه فیوز ۱۲۵ آمپر همین جریان اتصال کوتاه را در حدود ۵۰ ثانیه قطع می کند.

با توجه به محاسبات اتصال کوتاه در انتهای خط یک فیوز با جریان قطع ۱۲۵ آمپر مورد نیاز است که با توجه به منحنی مشخصات زمان ذوب تابع جریان برای فیوز ، جریان اتصال کوتاه در انتهای خط (۳۵۵ آمپر) را در ۵۰ ثانیه قطع می کند. (محاسبات شماره ۱)

اکنون برای بهینه نمودن حفاظت یک فیوز ( $F_2$ ) در میانه راه قرار می دهیم. (مطابق شکل ۳)

$$\sum R = 0.009 \times (0.0922 + 0.184) + 0.009 \times (0.232 + 0.463) + 0.013(0.643 + 1.375) + 0.087 \times (0.088 + 1.375) + 0.04 \times (0.88 + 1.375) + R_T = 0.5741 \Omega$$

$$\sum X = 0.009 \times (0.077 + 0.082) + 0.009 \times (0.082 + 0.83) + 0.013(0.33 + 0.354) + 0.087 \times (0.341 + 0.354) + 0.04 \times (0.341 + 0.354) + X_T = 0.2257 \Omega$$

$$Z_s = \sqrt{0.5741^2 + 0.2257^2} = 0.6168$$

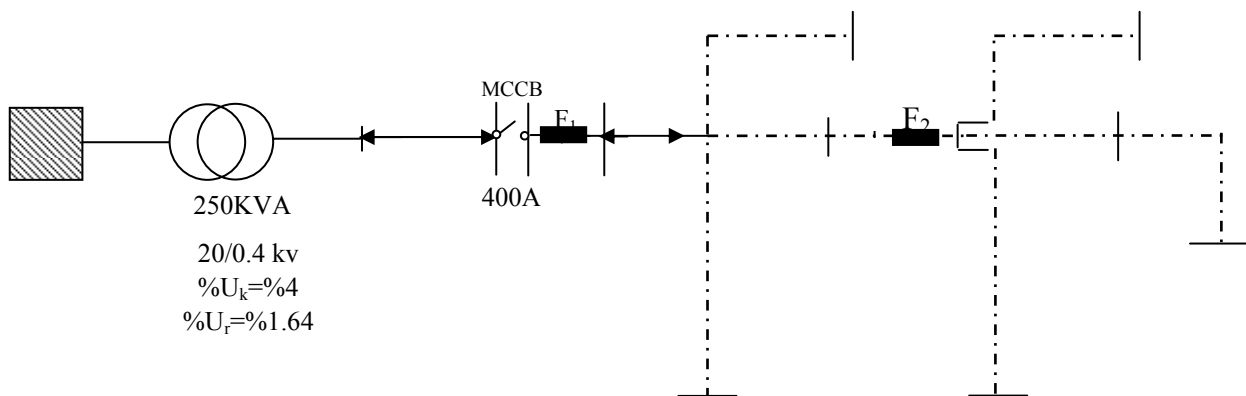
$$I_a = \frac{C \times U_0}{Z_s} = \frac{0.95 \times \left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)}{0.6168} = 355 \text{ A}$$

$$k \cdot I_n \leq I_a \Rightarrow I_{nG} \leq \frac{I_a}{k} = \frac{355}{2.5} = 142 \text{ A} \rightarrow I_F = 125 \text{ A}$$

#### محاسبات شماره ۱

قسمتی از سطح مقطع شبکه  $I_z$  بیشتر شده و این امر باعث بالاتر رفتن رنج انتخابی جریان  $I_n$  و در نتیجه حفاظت دقیق تر شبکه می شود.

اکنون اگر محاسبات اتصال کوتاه در انتهای خط مجدداً تکرار شود در این حالت از سیم با مقطع بالاتر در ابتدای مسیر استفاده می کنیم با توجه به اینکه یکی از شرایط انتخاب جریان عملکرد فیوز  $I_b \leq I_n \leq I_z$  می باشد. با افزایش



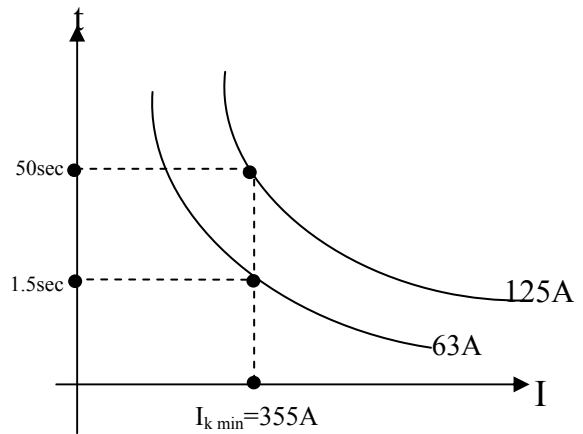
شکل ۳: بهینه نمودن حفاظت فیدر در شکل ۲

حالت قبل جریان اتصال کوتاه ۳۵۵ آمپر را در مدتی حدود ۵۰ ثانیه شناسایی می کرد. محاسبات فوق با بکارگیری سیم  $3 \times 70 + 2 \times 35$  هم انجام شد و جریان اتصال کوتاه ۳۹۳ آمپر انتهای خط را در مدت حدود ۲۵ ثانیه قطع می کرد اما این تغییر سطح مقطع مقرون به صرفه به نظر نمی رسد.

۱۰۰ متر ابتدای خط از سیم  $3 \times 50 + 2 \times 25$  به جای  $3 \times 25 + 2 \times 16$  و  $3 \times 35 + 16 + 25$  استفاده می کنیم و محاسبات را انجام می دهیم. با توجه به منحنی مشخصات زمان ذوب تابع جریان برای فیوز، جریان اتصال کوتاه ۳۶۷ آمپر را در مدتی حدود ۳۰ ثانیه تشخیص می دهد (قابل محاسبه است) در صورتی که در

سطح مقطع کمتر) شود و این امر موجب سریعتر عمل کردن فیوز ابتدای خط می شود و قبل از آسیب رسیدن بیش از حد به تجهیزات ، شبکه بی برق می شود. طرح اول از لحاظ حفاظتی بهتر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر می باشد در صورتی که طرح دوم می تواند یک پیشنهاد باشد.

علی ایحال توجه به محاسبات بخش حفاظت در شبکه های توزیع به عنوان ضربان و جریان انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است که باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد .



شکل ۴: عملکرد دو فیوز ۱۲۵ آمپر در ازای اتصال کوتاه انتهای خط

### نتیجه گیری :

با بررسی یک شبکه موجود و نمونه دیدیم که حفاظت در آن می تواند با کمی دقت و انجام محاسبات بهبود یابد. در ابتدا محاسبات اتصال کوتاه شبکه نمونه را مورد بررسی قرار دادیم و به این نتیجه رسیدیم که شبکه برای حفاظت نیازمند فیوز ۱۲۵ آمپر می باشد. همانطور که می دانیم با وجود یک کلید اتوماتیک ۴۰۰ آمپر و سه کلید فیوز (۲×۱۶۰+۲۵۰) از فیوز ۲۵۰ آمپری بر روی فیدری که بیشترین مصرف روی آن است جریانی حدود ۱۶۰ آمپر گرفته می شود و این مقدار با جریان عملکرد فیوز همخوانی نداشته و کلید فیوز روی این فیدر در حالت حداکثر بار بدون هیچگونه دلیل حفاظتی قطع می کند . برای رفع این عیب دو طرح پیشنهادی را بررسی کردیم:

طرح اول : قراردادن یک فیوز در میانه راه که با توجه به محاسبات انجام شده دارای جریان عملکرد ۶۳ آمپر (F<sub>2</sub>) می باشد و در این مدت ۱/۵ ثانیه جریان اتصال کوتاه انتهای خط (۳۵۵ آمپر) را قطع می کند این در حالی است که همین جریان اتصال کوتاه توسط فیوز ۱۲۵ آمپری (F<sub>1</sub>) در مدتی حدود ۵۰ ثانیه تشخیص داده می شود. (زمانهای بدست آمده از منحنی مشخصات زمان ذوب تابع جریان فیوز استخراج شده است ) مطمئناً عملکرد سریع فیوز در تشخیص خطا و قطع به موقع آن در حفاظت تأثیر مطلوبی دارد همچنین بارهای مصرفی شبکه بر روی دو فیوز به نسبت تقسیم می شود و منطقه حفاظتی فیوزها محدودتر و دقیق تر می شود.

طرح دوم: استفاده از سطح مقطع بالاتر در ابتدای خط که این عمل باعث می شود تا با توجه به محاسبات انجام شده جریان اتصال کوتاه می نیمم انتهای خط بیشتر از حالت قبل ( با

### مراجع:

- ۱) جزوه دانشگاهی رله حفاظتی مهندس علی شاهرخ شاهی .
- ۲) کاتالوگ کلیدهای اتوماتیک .