

# کلیات راجع به دستگاههای حفاظتی در تأسیسات الکتریکی

I. Noskov- Dukelsky و M. Titarenko

ترجمه

فرخ حبیبی اشرفی

(مهندس برق)

## نقش رله<sup>(۱)</sup> در تأسیسات الکتریکی:

استعمال روز افزون انرژی الکتریکی در شعب مختلف اقتصاد عمومی برای تجهیزات الکتریکی در تولید و انتقال نیرو و شبکه های توزیع مسئله مهم مخصوصی را تحت عنوان « قابلیت اطمینان » مطرح نموده است.

حتی در حال حاضر با این همه پیشرفت در صنعت برق امکان اختلال در کار عادی تأسیسات الکتریکی و یا پیدا شدن عیب در هر یک از قسمتهای این تأسیسات وجود دارد. عمومی ترین حالت اختلال در کار تجهیزات الکتریکی اضافه بار میباشد که با تجاوز شدت جریان از مقدار نامی پیش میآید.

مهمترین حالت از نظر پیدا شدن عیوب اتصال های کوتاه میباشند. مقدار جریان اتصالی به نوع و مشخصه اتصال کوتاه - میزان قدرت و شکل مدار شبکه - نوع اتصال و طرز عمل نقاط خنثی در ترانسفورماتورها - فاصله اتصالی از واحدهای مولد - اندازه مقادیر نامی<sup>(۲)</sup> تجهیزات اصلی و وسایل محدود کننده شدت جریان - مدت ادامه اتصال کوتاه - سرعت عمل دستگاههای تنظیم و قطع کننده در شبکه و به عوامل دیگری بستگی دارد.

باید بدانیم که جریان اتصال کوتاه بمقدار قابل توجهی از جریانهای نامیاتی که اتصال شده بیشتر است و بهمین علت میتواند از لحاظ خرابی مصالح در کار عادی تأسیسات برق مزاحمت ایجاد کند. مسلم است که جریان اتصال کوتاه فقط باعث خسارت دیدن دستگاهها یا جزئی از مدار که اتصالی در آن

ایجاد شده نمیشود، بلکه همچنین باعث افت قابل توجهی در فشار الکتریکی و فرکانس میگردد که در این شرایط از موازی کار کردن پایدار<sup>(۱)</sup> واحدهای نیرو جلودگیری بعمل میآید. علاوه بر این ممکن است اتصال کوتاهها باعث کشیدن جریانهای زیادتری در موتورها گردند که منجر به قطع شدن یک سری از مصرف کنندهها و ازدیاد اتلاف انرژی در تمام قسمتهای شبکه شود.

بعلاوه خاصیت اتصال بهمديگر و وابستگی زیادی که بین اجزاء مختلف یک شبکه بهم پیوسته وجود دارد، شرایط کار لزوم بکار بردن وسایل حفاظتی و ترتیباتی را بوجود میآورد که بطور خود کار و خیلی سریع قسمت معیوب را از تأسیسات جدا کند یا بایک آژیر اختلال در وضعیت کار عادی را نشان دهد.

در تأسیسات الکتریکی این وظایف توسط سیستمهای مختلفی از رلههای حفاظتی اجرا میشود که هر کدام یک نقشه یا شمای<sup>(۱)</sup> رله حفاظتی را تشکیل میدهد. از نظر تاریخی رلههای حفاظتی از اولین صورتها کنترل خود کار در مهندسی برق بودند و در حال حاضر یکی از اساسیترین شکلهای کنترل خود کار هستند که در تأسیسات الکتریکی بکار میروند.

عنوان «سیستم حفاظتی» بوضع قرار گرفتن وسایل در یک طرح و نقشه اطلاق میشود که قادر باشند در مقابل پیدا شدن یک عیب یا اختلال در وضعیت کار عادی هر قسمت از تأسیسات حساسیت نشان داده و بطور خود کار روی دستگاهاهی قطع کننده و یا وسایل خبر عمل کند. برحسب شکل و پارامترهای قطعه مداری که حفاظت میشود و همچنین وظایف آن در تأسیسات نیرو، نقشه و طرح حفاظتی بایستی درخواستهای متفاوتی را منظور کند و همین مطلب اخیر است که معلوم میسازد چه نوع اصول کار و نقشه و طرح حفاظت کننده بایستی انتخاب شود.

باید خاطر نشان کرد برای اتصالیهای کوتاه که ممکن است منجر به اختلالات سنگینی در کار عادی تأسیسات شوند (خسارت وارد شدن به تجهیزات - افت غیر مجاز در فشار الکتریکی و غیره) نقشه حفاظت کننده جهت جدا کردن قطعه خسارت دیده تأسیسات طرح میشود. هرگاه اضافه بارها و اتصال کوتاهها خطری مستقیم به قطعه مدار معیوب و یا تمام تأسیسات نرسانند نقشه حفاظتی بصورت برقرار کردن یک آژیر یا علامت طرح میشود. مثلاً هنگامیکه یک اتصال کوتاه تک فاز نسبت بزمین در شبکههای هوایی که بانقطه خنثی زمین نشده کار میکنند رخ دهد. در چنین حالاتی برای متصدی مربوطه اندازه گیریهای لازم برای رفع غیر عادی بودن عمل امکان دارد و از هر گونه قطع ناگهانی در رساندن نیرو به مصرف کنندهها جلوگیری میشود.

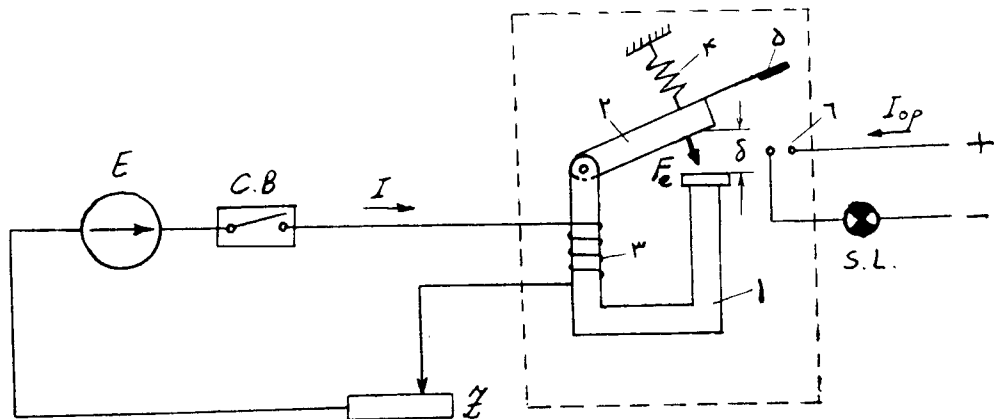
هر نقشه حفاظتی میتواند دارای یک یا چند رله باشد که نه فقط برای عمل آئی بلکه با تأخیر زمانی نیز طرح شده باشند و همچنین میتواند رلههایی از نوع ساختمان متفاوت باشند.

### خصوصیات اساسی رلهها :

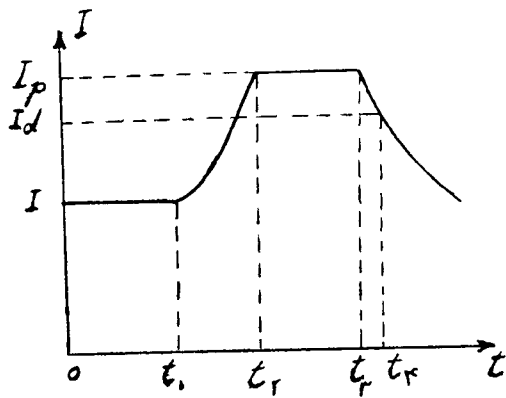
برای مطالعه سادهترین شکل یک رله الکترومغناطیسی جریان را انتخاب میکنیم، این رله توسط شدت جریان مداری که کنترل میشود بکار میافتد.

از مدار الکتریکی شکل (a, 1) که شامل منبع قدرت  $E$  و بار  $Z$  است شدت جریان  $I$  عبور میکند. اغلب اوقات مقدار این جریان بایستی محدود باشد و هر وقت این جریان از مقدار معینی  $I_{per}$  تجاوز کند، بایستی بوسیله اثر گذاشتن روی کلید مدار راقطع کرد یا اینکه توسط آژیر علامت داد که جریان فوق العاده‌ای در مدار جاری است. برای برآوردن این منظور وسیله مخصوصی که رله نامیده میشود در مدار گنجانیده میشود.

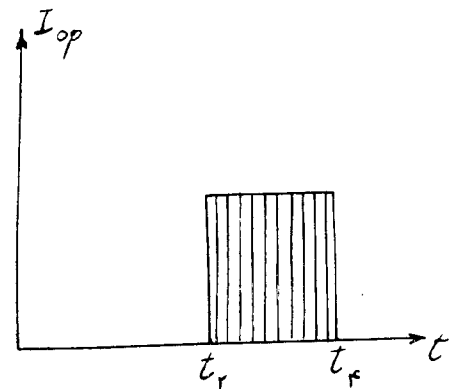
شکل (a, 1) طرز اتصال یک رله جریان از نوع جوشن دار را نشان میدهد. وقتی که شدت جریان  $I$  از سیم پیچی رله جاری میشود یک نیروی کششی  $F_c$  (الکترومغناطیسی) در فاصله  $\delta$  اثر میگذارد.



(a)



(b)



(c)

شکل ۱- رله جریان از نوع الکترومغناطیسی و جوشن دار:

- a- دیاگرام اتصالات : ۱- هسته مغناطیسی ۲- جوشن ۳- سیم پیچی رله ۴- فنر ۵- تیغه اتصال دهنده کنتاکتها
- ۶- کنتاکت رله. b- منحنی شدت جریان در سیم پیچی رله. c- دیاگرام شدت جریان فرمان دهنده.

در رله های الکترومغناطیسی جریان دائم و جریان متناوب که حرکت جوشن آنها باعث تغییر مقدار جریان نمیشود نیروی  $F_e$  بوسیله فرمول زیر تعیین میشود:

$$F_e = \frac{1}{2} I^2 w^2 \frac{dG}{d\delta}$$

که در آن  $I$  - شدت جریان در سیم پیچی رله،

$w$  - تعداد حلقه های سیم پیچی رله،

$\frac{dG}{d\delta}$  نسبت تغییر پرمانس فاصله هوایی به طول مسیر جوشن میباشد.

همانطوریکه از دیاگرام شماتیک اتصال رله دیده میشود حرکت جوشن رله تحت اثر نیروی الکترو مغناطیسی  $F_e$  بوسیله نیروی مقاوم فنر  $F_s$  مقابله میشود. کاملاً واضح است که اگر  $F_e \geq F_s$  باشد رله عمل خواهد کرد یعنی جوشن (۲) در جهت عقربه های ساعت خواهد چرخید و تیغه (۵) را روی کنتاکتهای (۶) می بندد. این امر باعث بسته شدن یک مدار برای قطع کلید CB یا بسته شدن مدار لامپ علامت دهنده SL میشود.

شکل (b و ۱۰) منحنی ای است که تغییر شدت جریان در سیم پیچی رله فوق را وقتی که امپدانس بار  $Z$  کم میشود (در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$ ) نشان میدهد. فرض میکنیم که شدت جریان مدار در لحظه  $t_2$  بمقداری برسد که رله کار کند (فرض میشود که این عمل آبی باشد) و مدار لامپ علامت دهنده را به بندد. کمترین شدت جریانی که باعث کار کردن رله میشود جریان تحریک نامید میشود (با علامت  $I_p$  مشخص میشود). اگر بعد از عمل کردن رله از لحظه  $t_3$  شدت جریان در مدار مثلاً بواسطه ازدیاد امپدانس بار  $Z$ ، کم شود بمقداری میرسیم (لحظه  $t_4$ ) که در این شدت جریان جوشن رله رها شده و بوضعیت اولیه اش برخواهد گشت و مدار لامپ علامت دهنده SL قطع میشود. بیشترین شدت جریانی که باعث رها شدن جوشن رله میشود  $I_d$  نامیده میشود.

نسبت شدت جریانی که باعث رها شدن جوشن رله میشود بشدت جریان تحریک رله ضریب تنظیم

مجدد<sup>(۱)</sup> نامیده میشود:

$$K_d = \frac{I_d}{I_p}$$

اصولاً مقدار  $K_d$  کوچکتر از واحد میباشد و معمولاً (۰.۹۵ تا ۰.۷)  $K_d$  است.

مثلاً اگر کشش فنر (شماره ۴ در شکل ۱) طوری باشد که رله باشدت جریان  $I_p = ۰.۵A$  شروع بکار نماید (جوشن را جذب کند) و در شدت جریان  $I_d = ۴A$  جوشن رله رها شود ضریب تنظیم مجدد برابر است با

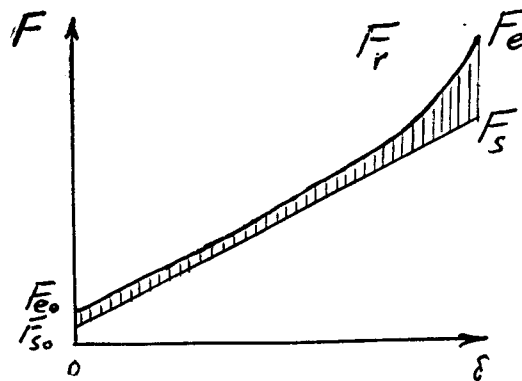
$$K_d = \frac{4}{0.5} = ۰.۸$$

ضمناً بایستی توجه کرد شدت جریانی که از کنتاکتهای رله عبور میکنند شدت جریان فرمان

دهنده (۱) نامیده میشود. شکل (۱۰C) دیاگرام این شدت جریان را در مداریکه مطالعه شد نشان میدهد. پس نتیجه میشود رله وسیله ایست که وقتی در آن کمیت تحریک کننده بمقدار معینی میرسد تغییری ناگهانی در کمیت کنترل کننده ایجاد میکند. در مداری که مطالعه شد کمیت تحریک کننده شدت جریان  $I$  در مدار اصلی میباشد در صورتیکه کمیت کنترل کننده شدت جریان  $I_{op}$  در مدار فرعی فرمان دهنده میباشد. شکل (۲) مشخصه های الکترومغناطیسی و مکانیکی رله را نشان میدهد که در آن بمنظور سادگی از وزن جوشن و اصطکاک قسمتهای متحرک صرف نظر شده، در این مشخصه فاصله هوایی از حالتیکه سیم پیچی رله تحریک نشده اندازه گیری شده است (وضعیت اولیه جوشن). مطالعه مشخصه ها معلوم میسازد که برای کار کردن رله لازم است نیروی باقیمانده مثبتی در تمام طول مسیر جوشن وجود داشته باشد:

$$F_r = F_e - F_s > 0$$

یعنی مشخصه الکترومغناطیسی وضعیتی بالاتر از مشخصه مکانیکی را اشغال کند. با وجود این از پیدایش نیروی باقیمانده فوق العاده زیاد مخصوصاً در انتهای مسیر جوشن بایستی جلوگیری شود زیرا وقتیکه در این حالت رله کار میکند جوشن آن محکم کشیده میشود و بسته شدن کنتاکتها همراه با ارتعاش خواهد بود، در این صورت رله ضریب تنظیم مجدد کمی خواهد داشت (به فرمول ۲ رجوع شود). بنابراین لازم است



شکل ۲- مشخصه های رله

$F_e$  - مشخصه الکترومغناطیسی،  $F_s$  - مشخصه مکانیکی (فتر)  $F_{e0}$  - نیروی تحریک کننده الکترومغناطیسی.  
 $F_{s0}$  - نیروی اولیه فتر

مشخصه های الکترومغناطیسی و مکانیکی طوری انتخاب شوند که تا حدود امکان در تمام مسیر حرکت جوشن نزدیک همدیگر باشند. این امر توسط طرح سیستم مغناطیسی رله - انتخاب صحیح تعداد و مشخصه فنرهای مقاوم و استفاده از مصالح غیرمغناطیسی در فاصله هوایی برآورده میشود.

مشخصه الکترومغناطیسی که در شکل (۲) نشان داده شده مربوط است به یک جریان نزدیک به جریان تحریک رله باچند برابر شدن شدت جریانی که از سیم پیچی رله عبور میکند مثلاً هنگامیکه اتصال کوتاهی

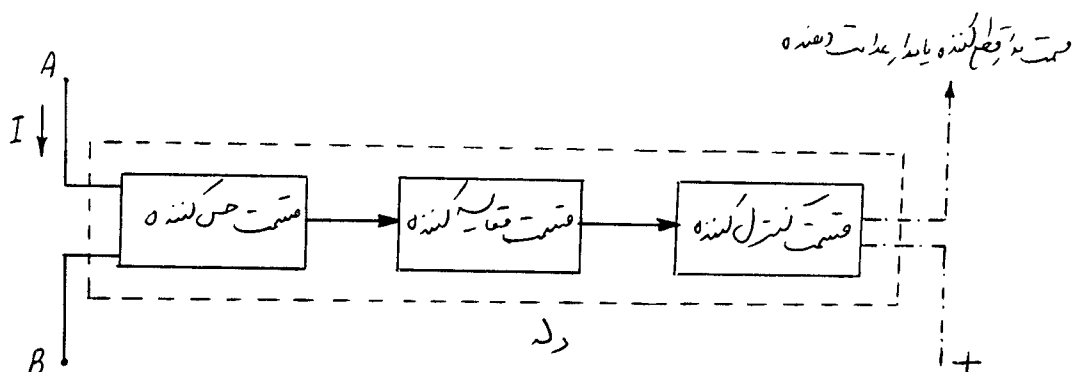
رخ دهد افزایش نیروی الکترومغناطیسی متناظر با آن روی مشخصه بعدی بالاتر از این مشخصه صورت میگیرد و نیروی باقیمانده  $F_r$  زیاد میشود.

در رله ها معمولاً سه قسمت که در شکل (۳) نشان داده شده اند تشخیص داده میشوند:

الف - قسمت حس کننده (گاهی قسمت اندازه گیرنده نیز نامیده میشود) که نسبت به تغییرات کمیت تحریک کننده حساسیت و عکس العمل نشان میدهد مثلاً شدت جریان در یک مدار حفاظت شونده.

ب- قسمت مقایسه کننده که بمنظور مقایسه کردن عملی که کمیت تحریک کننده روی رله انجام

میدهد - تنظیمی (۱).



شکل ۳- قسمت‌های اساسی یک رله شدت جریان

### طبقه بندی رله ها:

رله ها را میتوان برحسب نوع کمیت فیزیکی که قسمت حس کننده با آن تحریک میشود طبقه بندی نمود در این صورت بشکل رله های الکتریکی - مکانیکی - نوری - صوتی و غیره طبقه بندی شده اند. در این مقاله فقط رله های الکتریکی مطالعه خواهد شد.

رله های الکتریکی را میتوان بترتیب زیر تقسیم بندی نمود:

۱- برحسب اصول سیستم کار رله: رله های الکترومغناطیسی - پیچک متحرک - القائی - الکترو دینامیک پلاریزه - الکترونیکی - حرارتی.

۲- برحسب جنس کمیتی که رله با آن تحریک میشود: رله های شدت جریان - فشار الکتریکی - قدرت - رأکتانس - امپدانس - فرکانس - اختلاف فاز. این چنین رله ها میتوانند بصورت رله های «اضافه . . .» (وقتیکه کمیت تحریک کننده رله ها از مقدار تنظیم شده تجاوز کرد رله ها کار میکنند) و رله های «تقصان . . .» (وقتیکه کمیت تحریک کننده از مقدار تنظیم شده پائین تر آمد رله ها کار میکنند) و رله های توجیهی<sup>(۲)</sup> که برحسب جهت جریان قدرت کار میکنند مشخص می شوند. اغلب رله هایی که در یک مدار بطور سری وصل شده اند رله های سری و رله هایی که بطور موازی وصل شده اند رله های شنت نامیده میشوند.

۳- برحسب طرز وصل کردن قسمت حس کننده: رله های اولیه<sup>(۳)</sup> (قسمت حس کننده مستقیماً

۱ - Setting

۲ - Directional relays

۳ - Primary relays

به مدار حفاظت شونده وصل شده است) ورله های ثانویه<sup>(۱)</sup> (قسمت حس کننده توسط ترانسفورماتور جریان وصل شده است).

۴- برحسب روشی که قسمت کنترل کننده روی وسیله قطع کننده عمل میکنند: ورله های مستقیم<sup>(۲)</sup> (قسمت کنترل کننده بطور مستقیم روی وسیله قطع کننده عمل میکند) ورله های غیرمستقیم<sup>(۳)</sup> (کنتاکتهای ورله شخصاً یا توسط یک ورله کمکی مدار بوبین قطع کننده کلید را میبندند).  
جدول ۱ طرز اتصال شماتیک زله هائی را که در شماره های ۲ و ۳ طبقه بندی شده اند نشان میدهد.

طبقه بندی ورله		شمای اتصال ورله
رعب اکثران سمت کنترل کننده بر حسب اتصالات مستقیم حس کننده	نوی رسمه قطع	
ورله اولیه	مستقیم	
	غیرمستقیم	
ورله ثانویه	مستقیم	
	غیرمستقیم	

۱-Secondary relays  
۳-Indirect-acting relay

۲-Direct-acting relays

بایستی تذکر داد با وجود سادگی طرحهای حفاظتی که به رله‌های اولیه مجهز هستند این سیستم فقط برای مدارهای فشار ضعیف بکار میرود. استفاده از رله‌های اولیه در مدارهای فشار قوی بعلاوه وضعیت درهم و معشوشی که در طرز کار و سرویس آن ظاهر میشود (میزان کردن - رسیدگی و نظارت در فشارهای بالا) بسختی صورت میگیرد. طرحهای حفاظتی که رله‌های اولیه غیر مستقیم دارند محتاج استعمال شدت جریان فرمان دهنده هستند، این چنین طرحها اغلب بزرگ و گران میباشند.

رله‌های ثانویه مستقیم احتیاجی به شدت جریان فرمان دهنده ندارند و جوشن آنها مستقیماً روی وسیله قطع کننده کلید اثر میگذارد. طرحهای حفاظتی که رله‌های ثانویه مستقیم دارند با وجود مشکل بودن رسیدگی و تنظیمشان بعلاوه طرح ساده‌ای که دارند مورد استعمال واقع شده‌اند.

رله‌هایی که در طرحهای حفاظتی خیلی زیاد بکار میرود رله ثانویه غیر مستقیم میباشد با وجود پیچیدگی بیشتر این گونه طرحهای حفاظتی ولزوم قدرت فرمان دهنده جداگانه، چون میتوان تنظیم اینگونه رله‌ها را تغییر داد یا اینکه آنها را برای تعمیر یا رسیدگی کردن در حینی که مدار حفاظت شونده در حال انجام وظیفه میباشد از مدار خارج کرد، استفاده از این سیستم عمومیت پیدا کرده است: علاوه بر این دارای حساسیت نسبتاً زیادی میباشد و بعلاوه اینکه ارتباطشان با مدار حفاظت شونده توسط ترانسفورماتورهای اندازه گیری صورت گرفته از نظر الکتریکی از فشار قوی مدار اولیه عایق هستند. همچنین این رله‌ها خیلی کمتر از رله‌های اولیه تحت تأثیر جریانهای اتصال کوتاه قرار میگیرند.

۵- برحسب درجه اهمیت رله‌ها به دو گروه تقسیم میشوند: رله‌های اصلی که مستقیماً توسط کمیات الکتریکی تحریک کننده بکار میافتند (شدت جریان - فشار الکتریکی و غیره) و رله‌های تکمیلی که توسط رله‌های اصلی تحریک میشوند و بمنظور زیاد کردن تعداد فرمانها و یا تأمین تأخیرهای زمانی و عملیات خبری دستگاههای حفاظتی بکار میروند (رله‌های کمکی - رله‌های زمانی - رله‌های خبر دهنده و غیره).

۶- برحسب زمان عمل میتوان رله‌های بدون تأخیر زمانی و رله‌های با تأخیر زمانی تشخیص داد. رله‌هایی که در طبقه بدون تأخیر زمانی قرار دارند عبارتند از: انواع رله‌های بدون اینرسی با زمانهای عمل کرد چند هزارم ثانیه (میلی ثانیه) - اغلب رله‌های الکترونیکی که رله‌های سریع‌العمل با زمانهای عمل کرد در ردیف ۰ تا ۰.۰۰۱ میلی ثانیه و رله‌های معمولی با زمانهای عمل کرد از ۰.۰۲ تا ۰.۲ ثانیه.

بین رله‌های با تأخیر زمانی میتوان رله‌های با تأخیر زمانی غیر قابل تنظیم تشخیص داد. نوع اخیر رله‌های با تأخیر زمانی نامیده میشوند. طرحهای حفاظتی که رله‌های با تأخیر زمانی دارند عقب افتادگی زمانی از حدود ۰.۲ تا ۰.۲ ثانیه دارند.

۷- برحسب نوع کنتاکتها میتوان رله‌های با کنتاکتهای باز یا رله‌های با کنتاکتهای بسته را تشخیص داد. رله‌ها با کنتاکتهای باز مینامند در صورتیکه وقتی سیم پیچی رله انرژی نگرفته کنتاکتها باز باشند (جدا از هم) و بسته مینامند در صورتیکه وقتی سیم پیچی رله انرژی نگرفته بسته باشند (به هم وصل باشند). همچنین برحسب احتیاج رله‌های با کنتاکتهای دو راهه یا با کنتاکتهای لغزان (در حین عمل رله برای مدت کوتاهی از زمان بسته میشوند) ساخته میشوند.



کنتاکتهای رله‌ها برحسب نوع و وظیفه رله و همچنین نوع و جنس خود کنتاکتها بصورت اطمینان بخشی میتوانند تمام عملیات را در مدارهای فرمان دهنده با فشارهای الکتریکی مختلف تحمل کنند (معمولاً از ۱۲ تا ۲۲ ولت) و مدارهایی را که از آن قدرتهائی معادل چندین صد ولت آمپر عبور میکند قطع و وصل کنند.

### نیازمندیهای یک طرح حفاظتی:

طرحهای حفاظتی بایستی خصایص زیر را از خود نشان دهند:

۱- **سرعت عمل**- قطع سریع هنگامی که اتصال کوتاهی رخ دهد مقدار خسارتی را که بوجود میآید تقلیل میدهد، به پایداری استقرار ماشینهای را که با هم بطور موازی کار میکنند کمک میکند، نگهداری وضعیت عادی کار را در قسمتهای نامعیوب سیستم تأمین میکند، زمان از مدار خارج شدن کلید مصرف کننده و عدم تحویل تمام قدرت الکتریکی را کم میکند.

فاصله زمانی که قسمت معیوب مدار از منبع نیرو قطع میشود شامل مجموع زمان عمل سیستم حفاظتی ( $t_p$ ) و زمان قطع کلید بادستگاه فرمانش ( $t_{C.B.}$ ) میباشد یعنی:

$$t_{oper.} = t_p + t_{C.B.} \quad (3)$$

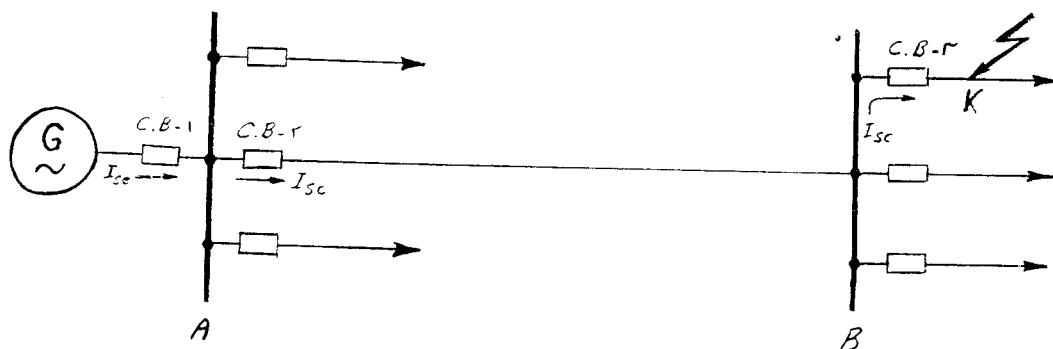
برای افزودن قابلیت اطمینان در کار تأسیسات الکتریکی بایستی سریع‌ترین طرحهای حفاظتی را همراه با کلیدهای سریع‌العمل بکار برد. طرحهای حفاظتی که به تأخیر زمانی مجهز شده‌اند وقتی بکار میروند که عمل حفاظت بین مدارهای مجاور بصورت مشخصی تنظیم شده باشند یا هنگامیکه شرایط کار کردن سیستم تأخیر زمان را در حالت اتصال کوتاه اجازه بدهد.

از طرف دیگر گاهی اوقات بکار بردن کلیدهای سریع‌العمل مناسب نمیشود. مثلاً اگر یک خط هوایی به برق گیر مجهز شده باشد و قتیکه برق گیر عمل میکند یک طرح حفاظتی سریع‌العمل ممکن است خطرا قطع کند. باین دلیل در چنین خطوط سیستم حفاظتی از نظر مجهز بودن در مقابل وضعیتی که بواسطه ضربه‌های جریان در برق گیر روی میدهد بایستی زمان عمل کردن غیرحساسی داشته باشد. برای این منظور زمانی که کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه نباشد در بیشتر حالات کافی است.

هنگامی که خط به سیم محافظ وصل کننده مجدد خود کار<sup>(۱)</sup> مجهز شده باشد هیچگونه افزایش در زمان عمل کردن حفاظت لازم نیست زیرا وجود سیمهای محافظ احتمال عیوب ناشی از فشارهای الکتریکی زیاد و همراه آن عملیات بعدی برق گیر را محدود می کند و هرگونه قطع نادرست خط بوسیله وصل کننده مجدد خود کار تصحیح میشود. مثال دیگر از جائی که حفاظت سریع‌العمل نمیتواند بکار رود وقتی است که سیستمهای حفاظتی مدارهای مجاور هم بایستی از نظر قابلیت انتخاب هم آهنگ گردند.

۲- **قابلیت انتخاب** -<sup>(۲)</sup> یا خاصیت توفیر: توانائی سیستم حفاظتی در انتخاب (پیدا کردن) نقطه معیوب و جدا کردن آن از مدار توسط نزدیک‌ترین کلید به نقطه عیب را قابلیت انتخاب مینامند. اگر مطابق

شکل (ع) اتصال کوتاهی در نقطه K رخ دهد حفاظت های کلیدهای ۱- CB، ۲- CB و ۳- CB شروع بکار میکنند زیرا جریان اتصال کوتاه  $I_{SC}$  از هر سه این کلیدها میگذرد ولی فقط کلید ۳- CB باید قطع کند. قطع هر یک از کلیدهای ۱- CB و ۲- CB بترتیب پست (۱) B و یا بطور کلی تماسی مدار را قطع خواهد کرد، چنین قطع غیرانتخابی خوانده میشود. بعضی از حالات عمل غیرانتخابی حفاظتها عبارتند از: تنظیم نادرست وسایل حفاظتی کلیدهای ۱- CB، ۲- CB و ۳- CB نقصی در کار طرح حفاظتی - یا اینکه نقصی در دستگاه فرمان کلید ۳- CB. قابلیت انتخاب طرح حفاظتی با میزان نمودن جریان تحریک یا تنظیم زمان در سیستمهای حفاظتی قسمتهای متوالی مدار تأمین می گردد. این امر مستلزم داشتن جریان تحریک بزرگتر یا زمان بیشتر در حفاظتهای نزدیکتر



شکل ع- نمایش یک مدار برای نشان دادن قابلیت انتخاب حفاظت

می باشد. بنابراین برای پاک کردن سریع و انتخابی یک عیب در قسمتهای نزدیک منبع نیرو لازم است سیستمهایی نظیر حفاظتهای جریان زیادی که تابع شدت جریان ناشی از اتصال کوتاه در انتهای خط است (۲) یا انواع پیچیده تر حفاظت مثلاً حفاظتهای فاصله ای (۳) بکار برد. همچنین میتوان به قطع غیر انتخابی که بوسیله دستگاه وصل کننده مجدد خود کار تصحیح شده باشد متوسل شد.

۳- حساسیت - یعنی توانایی حفاظت برای پاسخ دادن به اتفاقات غیرعادی و اتصالات کوتاهی که حفاظت بمنظور آنها طرح شده است. حساسیت یک حفاظت را میتوان بوسیله یک ضریب حساسیت  $K_S$  بیان نمود. از روی حفاظتهای جریان زیاد یا نقصان فشار الکتریکی حساسیت را میتوان باسانی درک کرد. برای حفاظتهای جریان زیاد که تحریک با افزایش شدت جریان صورت می گیرد.

$$K_S = \frac{I_{SC} \cdot \min}{I_{pp}} \quad (4)$$

که در آن  $I_{SC} \cdot \min$  حد اقل شدت جریان اتصال کوتاه محاسبه شده برای یک اتصال کوتاه فلزی کامل (یعنی مقاومت عبوری در نقطه اتصال مساوی صفر فرض میشود) در دورترین نقطه مدار حفاظت شونده،  $I_{pp}$  - شدت جریان تحریک در مدار اولیه می باشد.

۱- Substation

۲- Overcurrent cut-offs

۳- Distance protections

برای حفاظت‌های نقصان فشار الکتریکی که در آنها حفاظت روی افت فشار الکتریکی در حین اتصال کوتاه عمل میکند:

$$K_S = \frac{U_{p0}}{U_{r, \max}} \quad (5)$$

که در آن  $U_{p0}$  - فشار الکتریکی که در این فشار حفاظت کار میکند،  
 $U_{r, \max}$  - حداکثر فشار الکتریکی باقیمانده محاسبه شده در نقطه‌ای که حفاظت نصب شده و قتیکه اتصال کوتاه در دورترین نقطه مدار حفاظت شونده رخ دهد، میباشد.

قوانین مربوط به نصب تجهیزات الکتریکی مقادیر حداقل ضریب حساسیت را بر حسب نوع مداری که حفاظت میشود - نوع و منظور از حفاظت - نوع و محلی که اتصال کوتاه رخ میدهد، مشخص میکند. معمولاً این ضریب نبایستی کمتر از ۱ تا ۲ باشد. اگر حفاظت بایستی در مقابل انواع مختلف اتصال کوتاهها (سه فازه - دوفازه - یک فاز بزمین وغیره) عکس العمل نشان دهد، ضریب حساسیت برای اتصال کوتاهی که دارای حداقل شدت جریان میباشد تحقیق میشود.

مثلاً شرط  $(2-10) K_S \geq$  برای یک طرح حفاظتی جریان زیاد نشان میدهد که در حالت وقوع یک اتصال کوتاه در دورترین نقطه مدار حفاظت شونده حداقل شدت جریان اتصال کوتاه ۱۰ تا ۲ برابر شدت جریان تحریک سیستم حفاظتی میباشد. یک چنین حدی عمل حفاظت را درحالاتی که شدت جریان اتصال قدری از مقدار حساب شده کمتر است قابل اطمینان میسازد (مثلاً قتیکه اتصال کوتاه همراه با مقاومت باشد).

با وجود این گاهی برآوردن شرط  $(2-10) K_S \geq$  مشکل است. مثلاً هنگامیکه سیستم در شرایط قدرت حداقل کار میکند (بعضی از مولدها کار نمیکنند یا قسمتی از شبکه قطع شده) زیرا در این حالت امکان دارد که شدت جریان اتصال کوتاه کمتر از شدت جریان بار در شرایط قدرت حداکثر باشد. در چنین حالت برای رسیدن به ضریب حساسیت درخواست شده لازم است که طرح حفاظتی را پیچیده تر کرد مثلاً توسط وارد کردن فشار الکتریکی<sup>(۱)</sup> در طرح حفاظتی. بدین ترتیب حفاظت جریان زیاد فقط قتیکه افزایش شدت جریان همراه با نقصان فشار الکتریکی باشد کار خواهد کرد و واضح است که این شرایط فقط در حالت یک اتصال کوتاه برقرار میشود.

**۴- قابلیت اطمینان<sup>(۲)</sup>** عبارتست اعتماد به عملیات سیستم حفاظتی در مقابل پیداشدن کلیه عیوبی که حفاظت برای آنها طرح شده است. برای بررسی قابلیت اطمینان طرح حفاظتی لازم است مشکلاتین شرایط و درخواستهای مخصوصی را که طرح حفاظتی بایستی با آنها مواجه شود بحساب آورد. با در نظر داشتن اینکه حفاظت باید برای مدتی طولانی (ماهها-سالها) دائماً گوش بزنگ باشد و بصورت قابل اطمینانی در موقعیت مناسب کار کند. هرچه طرح حفاظتی ساده تر باشد و تعداد رله ها، مدارها و کنتاکتهای آن کمتر باشد قابلیت اطمینان بیشتری خواهد داشت. سادگی ساختمان و کیفیت مناسب رله ها-صحت طرح و نصب-همچنین (تعمیرات) و نظارت لازم و بموقع نیز از عواملی هستند که در قابلیت اطمینان طرحهای حفاظتی مؤثر هستند. قابلیت اطمینان یک طرح

حفاظتی براساس درصد عملیات صحیح ارزیابی میشود. درصد عملیات صحیح معمولاً بین ۸ تا ۹ درصد میباشد که اخیراً در تأسیسات الکتریکی شوروی به ۸ تا ۹ درصد نیز رسیده است. در انتخاب یک نوع طرح حفاظتی بایستی سعی کرد که تا حد امکان ساده تر و مطمئن تر باشد، در این مورد عیوب و شرایط تقریباً غیر احتمالی در نظر گرفته نمیشود.

طرحهای حفاظتی که برای تحریک مدارهای خبر دهنده بکار میروند با استثنای سرعت عمل بایستی بقیه شرایط را مانند سایر سیستمهای حفاظتی داشته باشند ولی از نظر اینکه طرح حفاظتی خبر دهنده مسئولیت کمتری بعهده دارد و درخواستهایی که از آن میشود درجه اهمیت کوچکی دارند در مقررات و قوانین برقی دستورات صریحی راجع به آنها داده نشده است.

نیازمندیهای تشریح شده بطور کلی بعد از سنجیدن اقتصادی بودن شکلهای مختلف طرحهای حفاظتی پیش میآیند. انتخاب اصول و ترتیب یک طرح حفاظتی در درجه اول براساس تجارب عملی و مشخصات آماری راجع به امکان پیدا شدن عیوب و خسارات ناشی از آنها در تأسیسات میباشد و سپس به طرحهای توصیه شده بایستی توجه کرد. بهر حال هدف همیشه بایستی نیل بسادگی بیشتر و قابل اطمینان بالاتر طرحهای حفاظتی باشد.