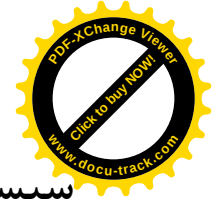
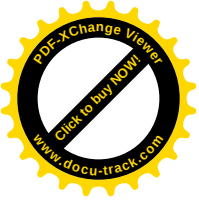


فصل اول

مقدمه ای بر حفاظت سیستم های قدرت

hadi azimizadeh



سیستم قدرت به صورت دائم با اختلالاتی همراه است:

✓ تغییرات بار بصورت ناگهانی و نامشخص

✓ خطا در سیستم

دو عامل سبب عملکرد دائمی سیستم قدرت با وجود اختلالات گفته شده می شود

۱- بزرگ بودن اندازه ی سیستم قدرت در مقایسه با اندازه ی بارها و ژنراتورهای موجود در این سیستم

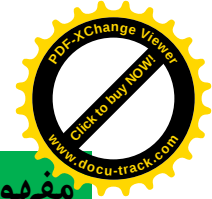
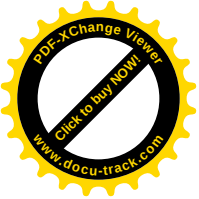
۲- عملکرد سریع و صحیح تجهیزات حفاظتی موجود در سیستم قدرت

ویژگی های سیستم حفاظت

✓ تشخیص صحیح اختلال بوجود آمده

✓ سرعت پاسخ بالا

✓ عدم اختلال و قطعی در خارج از حوزه ی ناحیه ی حفاظتی (هماهنگی رله ها)



مفهوم رله گذاری

بصورت کلی رله های حفاظتی نمی توانند به طور کامل مانع از آسیب تجهیزات قدرت شوند. زیرا، بعد از وقوع خطا رله ها عمل می کنند.

✓ هدف اصلی تجهیزات و رله های حفاظتی محدود کردن گسترش اختلال بوجود آمده به دیگر قسمت های شبکه و حداقل کردن خطر برای پرسنل و اپراتورهای سیستم قدرت می باشد.

✓ رله های حفاظتی با عملکرد سریع تنش های حرارتی و مکانیکی بوجود آمده روی تجهیزات قدرت را کاهش داده و در نهایت پیوستگی و پایداری شبکه را تا حد ممکن حفظ می کند

سیستم های حفاظتی باید دارای ویژگی های زیر باشند:

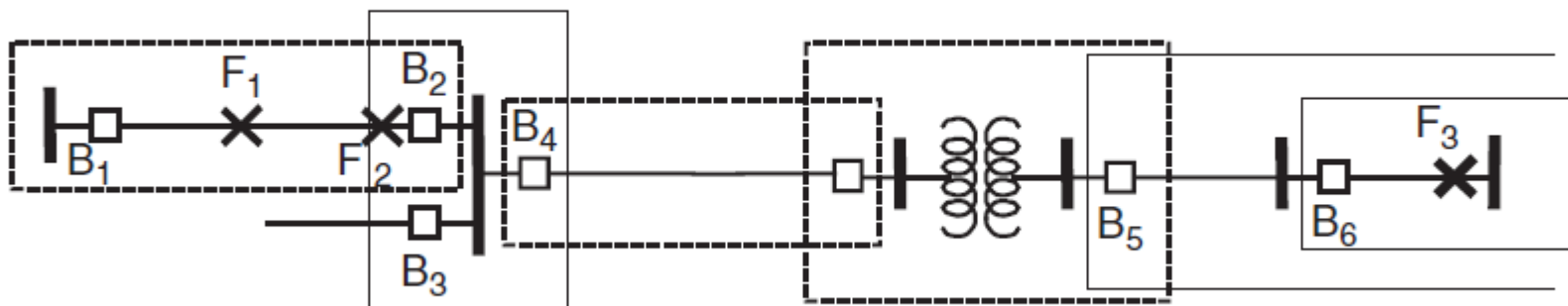
۱- قابلیت اطمینان بالا (Reliability)

۲- ایمن بودن (security): عدم عملکرد رله ها در مواقعی که اختلال در حوزه ی آن ها نیست.

۳- دقت مناسب (accuracy): عملکرد صحیح وقتی اختلال در ناحیه خود رله رخ می دهد.

۴- سرعت مناسب (speed)

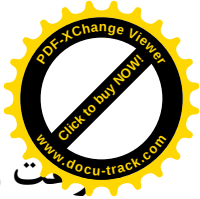
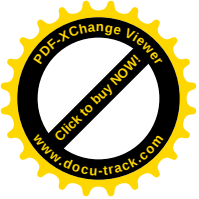
- ✓ کلیه ی تجهیزات قدرت باید با حداقل یک ناحیه ی حفاظتی پوشش داده شوند. البته بهتر است تجهیزات با اهمیت بیشتر با حداقل دو ناحیه ی حفاظتی پوشش داده شوند.
- ✓ نواحی حفاظتی باید با هم تداخل داشته باشند (overlap) تا هیچ ناحیه ای بدون حفاظت نماند. البته ناحیه ی **overlap** بوجود آمده حتی الامکان باید کوچک باشد تا احتمال وقوع خطا کم باشد.
- ✓ نواحی حفاظتی یا بازند یا بسته



رخداد F1 ← B1 و B2 قطع می شوند و هیچ مشکلی بوجود نمی آید

رخداد F2 ← خطا در ناحیه ی **overlap** رخ داده است. ناحیه ی حفاظتی خط، B1 و B2 را قطع می کند و ناحیه ی حفاظتی باس، B3 و B4 را قطع می کند.

راه حل ← کوچک کردن ناحیه ی تداخل تنها راه حل است.



نوع رله های حفاظتی:

عملکرد رله بر اساس داده های ولتاژی و جریانی است که از ترمینال های تجهیزات قدرت و بوسیله ی مبدل های جریان و ولتاژ دریافت می کند. در هنگام وقوع خطا این ولتاژها و جریان ها دچار اختلال می شوند. رله ی حفاظتی باید از این شکل موج های مختل شده بر اثر حالت گذرای بوجود آمده در هنگام خطا اطلاعات درست را دریافت کرده و تصمیم درست را اتخاذ کند. سرجمع این عوامل سبب عملکرد رله در یک زمان مشخص بعد از وقوع خطا می شود.

۱- رله های آنی: هیچ تاخیر عمدی در عملکرد رله وجود ندارد و به محض ایجاد تصمیم خروجی مناسب تولید می شود.

۲- رله های دارای تاخیر زمانی: در این نوع رله ها یک تاخیر زمانی عمدی بین لحظه ی ایجاد تصمیم و ارسال به خروجی وجود دارد.

۳- رله های سرعت بالا: رله هایی با عملکرد زیر ۵۰ میلی ثانیه

۴- رله های خیلی سرعت بالا: رله هایی با عملکرد کم تر از ۴ میلی ثانیه (کاربرد نظامی)

انواع رله ها از دید
سرعت عملکرد

سه نوع پشتیبانی در سیستم های حفاظت وجود دارد:

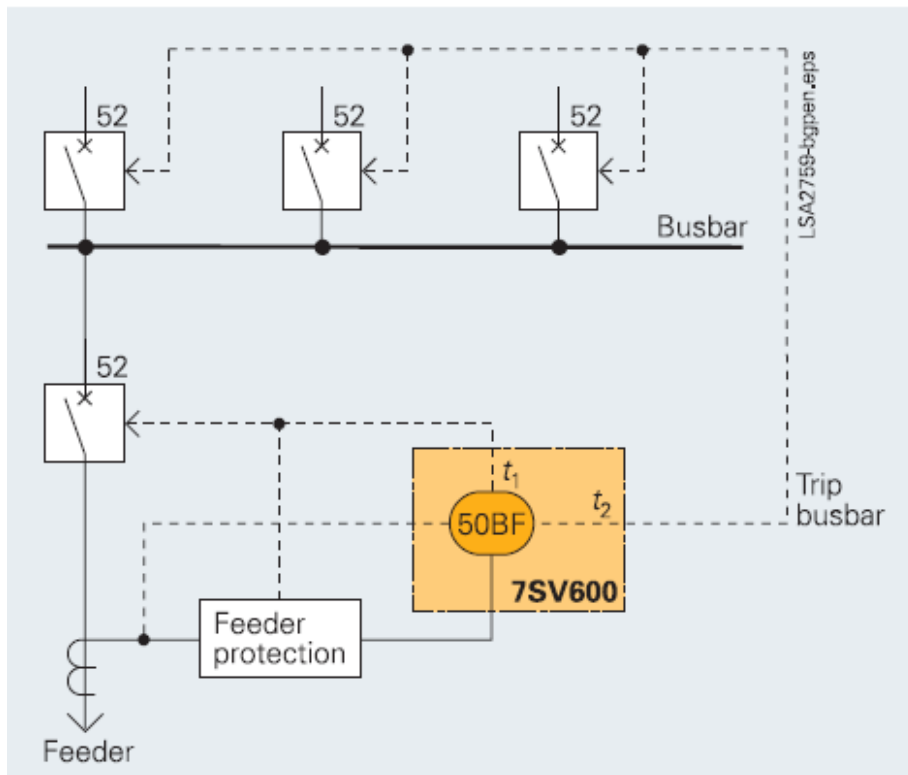
۱- رله گذاری دوبل: دو رله بصورت موازی باهم عمل میکنند. در جاهایی که عضو سیستم قدرت دارای اهمیت خیلی بالایی است (از دید پایداری و پیوستگی شبکه مانند خطوط انتقال فشار قوی و فوق فشارقوی)

۲- استفاده از رله ها و توابع پشتیبان (back up relay): این نوع پشتیبانی می تواند بصورت محلی (local) یا بصورت پشتیبانی از دور دست (remote) باشد.

۳- Circuit Breaker Failure (CBF)

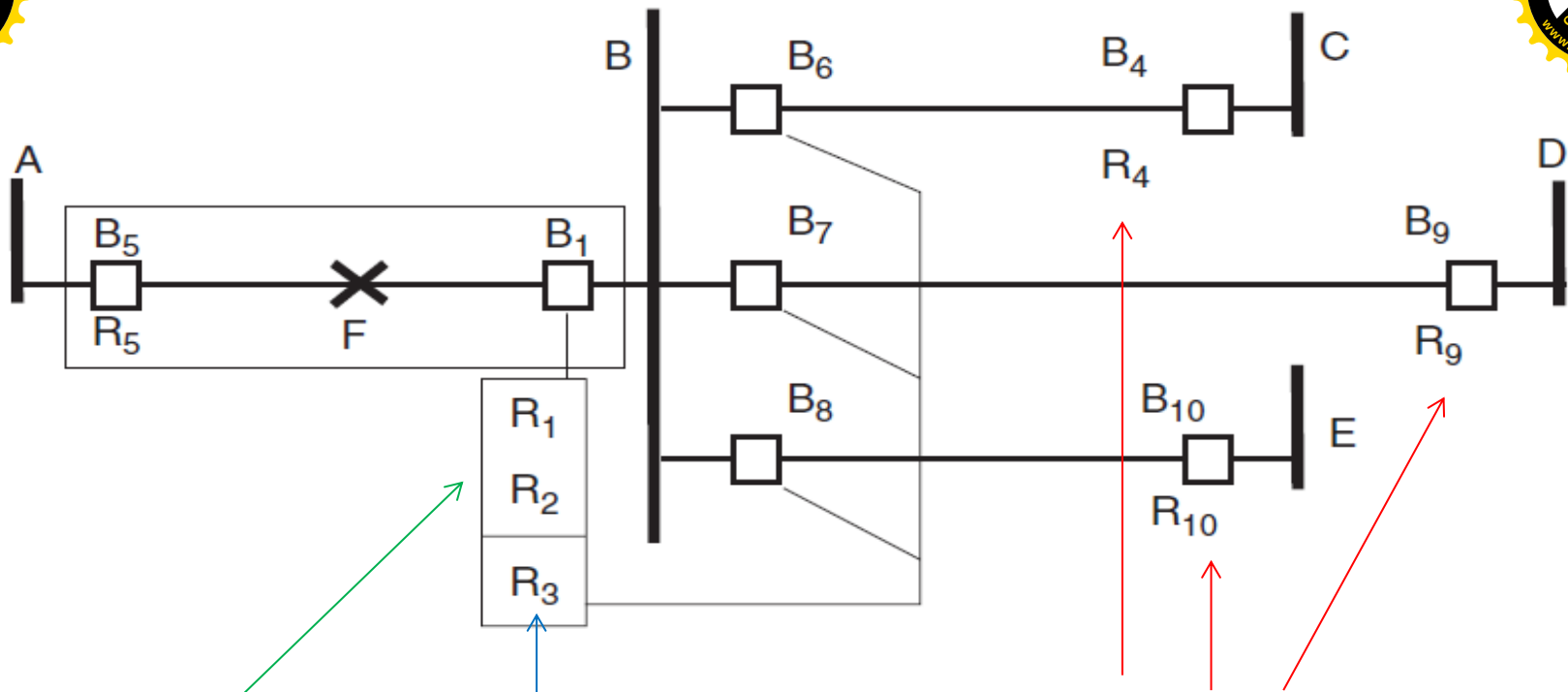
در بعضی موارد ممکن است عملکرد رله درست بوده اما کلید قدرت مربوطه بطور صحیح عمل نکند در این صورت شکست بریکر رخ داده است.

با توجه به شکل روبرو عملکرد این فانکشن به این شکل است که اگر کلید قدرت حفاظت فیدر به هر دلیلی عمل نکرد طی دو زمان مشخص (t_1-t_2) فرمان قطع به کلید های مجاور ارسال می شود.



زمان t_1 را stage 1 میگویند و به این معنی که CBF به بریکر با عدم عملکرد در اولین فرمان، فرصت مجدد می دهد.

زمان t_2 را stage 2 میگویند و به این معنی که CBF سیگنال فرمان را به بریکر های مجاور ارسال می کند



رله گذاری دوبل

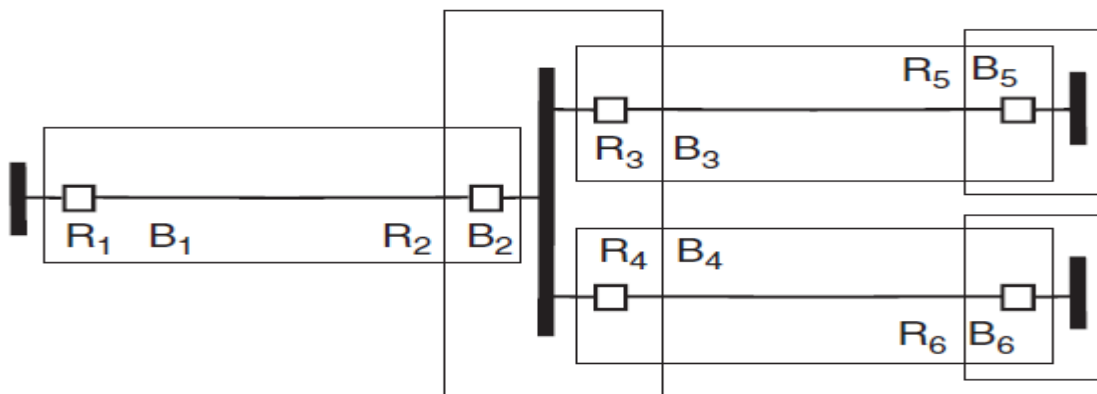
پشتیبان محلی (local)

پشتیبان دور دست (remote)

در صورت عملکرد ناصحیح B1 ← CBF ← B8, B7, B6 را قطع می کند.

رله های R4، R9 و R10 نقش پشتیبان رله های دور دست را ایفا می کنند.

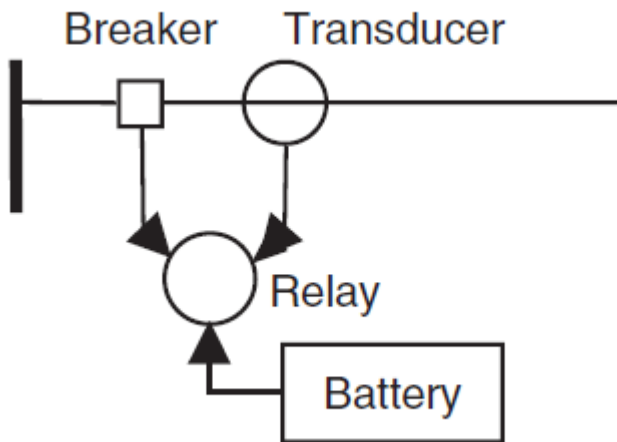
سیستم قدرت نشان داده شده در شکل و با توجه به موارد زیر تحلیل از خطای رخ داده را بیان کنید و درست یا نادرست بودن عملکرد رله ها و سایر بخش ها را بررسی کنید.



R: Relay
B: Breaker

- a) R1-B1 & R2-B2
- b) R1-B1 & R2 & R3-B3 & R4-B4
- c) R1-B1 & R2-B2 & R5-B5
- d) R1-B1 & R5-B5 & R6-B6

های مختلف یک سیستم حفاظتی



رله

بریکر

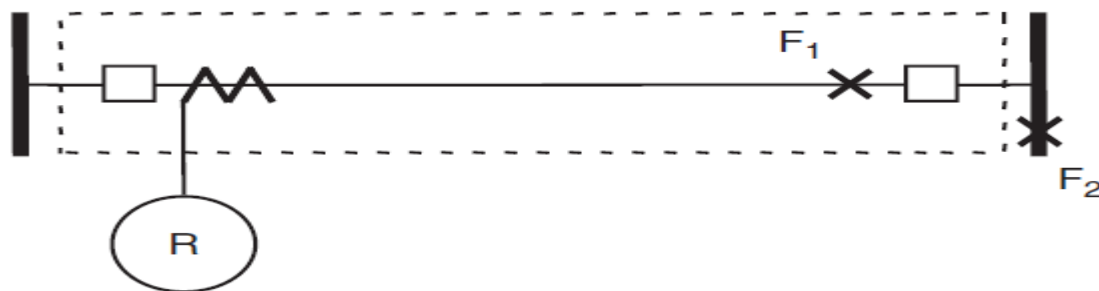
ترانسدیوسر:

ترانسفورماتورهای ولتاژ و
جریان (CT & PT)

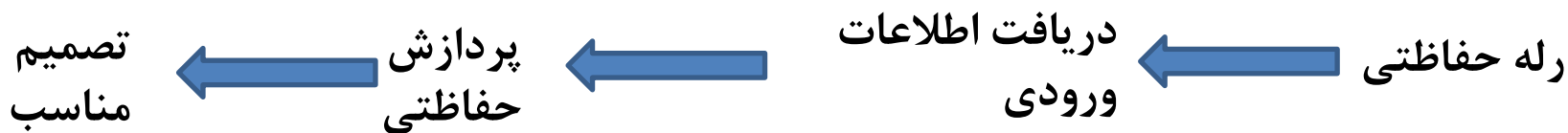
باتری: خود پست نمی تواند تغذیه ی رله های حفاظتی باشد چون ممکن است قطع شود. بنابراین استفاده از باتری ضروری است.

الگوریتم های اساسی جهت عملکرد رله های حفاظتی

هدف سیستم های حفاظتی، آشکارسازی خطاها و شرایط غیرعادی در شبکه ی قدرت می باشد. از این رو باید بتوانیم گستره ی زیادی از پارامترهای الکتریکی و غیر الکتریکی را مورد ارزیابی قرار دهیم.



مرسوم ترین پارامترها: **ولتاژ** و **جریان** در پایانه ی تجهیزات قدرت

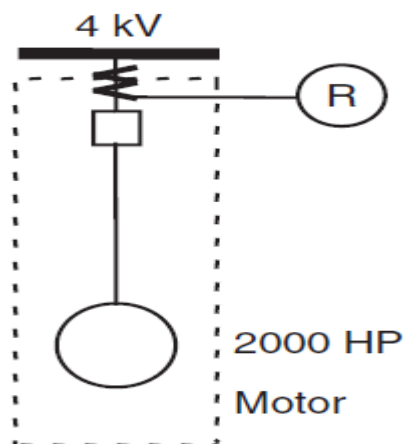


آشکارسازی خطا: بصورت کلی با وقوع اتصالی سطح جریان بالا رفته و ولتاژ کاهش می یابد. البته همزمان پارامترهای دیگری چون: فاز ولتاژ و جریان، مولفه های هارمونیک، توان اکتیو و راکتیو و حتی حتی فرکانس تحت تاثیر قرار می گیرند.

ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۱- اشکارسازی سطح (Level Detection):

ساده ترین الگوریتم تشخیص در رله هاست. مبنای این روش گذشتن یک کمیت تعیین شده از مقدار تنظیم آن می باشد. (مثلا افزایش سطح جریان یک موتور از ۱/۲ مقدار نامی).



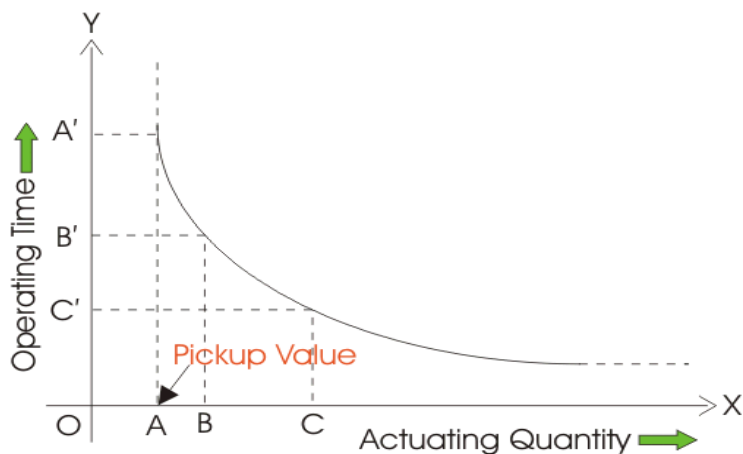
تعاریف مختلف از Pickup رله:

➤ سطح عملکرد یک رله را تنظیم Pickup رله می گویند.

➤ استارت یک رله هنگام دیدن خطا بصورت آنی

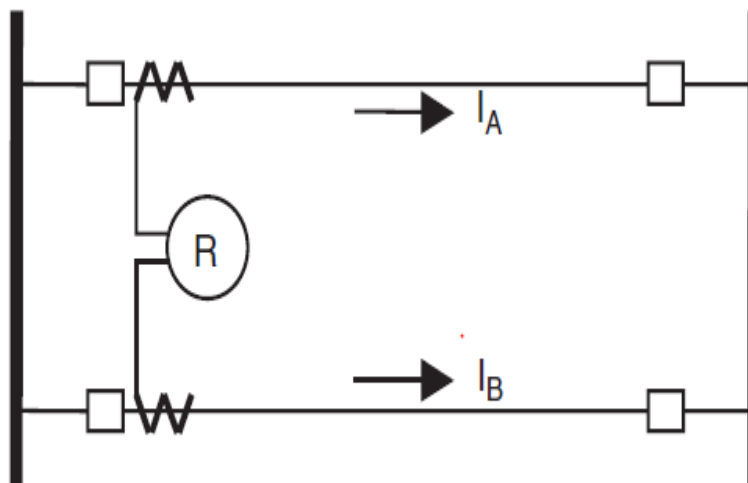
➤ استارت یک رله هنگام دیدن خطا بصورت آنی

➤ پیش الگوریتمی جهت تشخیص خطا



شیوه ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۲-روش مقایسه ی اندازه (Magnitude Comparison): در این روش مقایسه ی اندازه ی یک کمیت در دو یا چند مرحله انجام می شود.

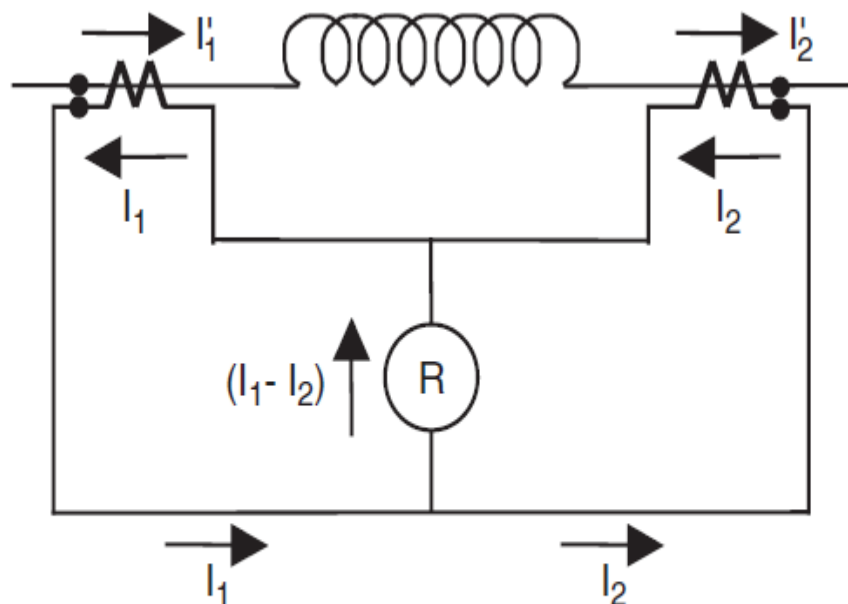


If $|I_A|$ is greater than $|I_B| + \epsilon$ (where ϵ is a suitable tolerance), and line B is not open, the relay would declare a fault on line A and trip it.

ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۳-مقایسه ی اختلاف تفاضلی (Differential Comparison)

این روش یکی از حساس ترین و موثرترین روش های حفاظتی است و براساس اختلاف یک کمیت در پایانه تجهیزات تصمیم گیری می کند.



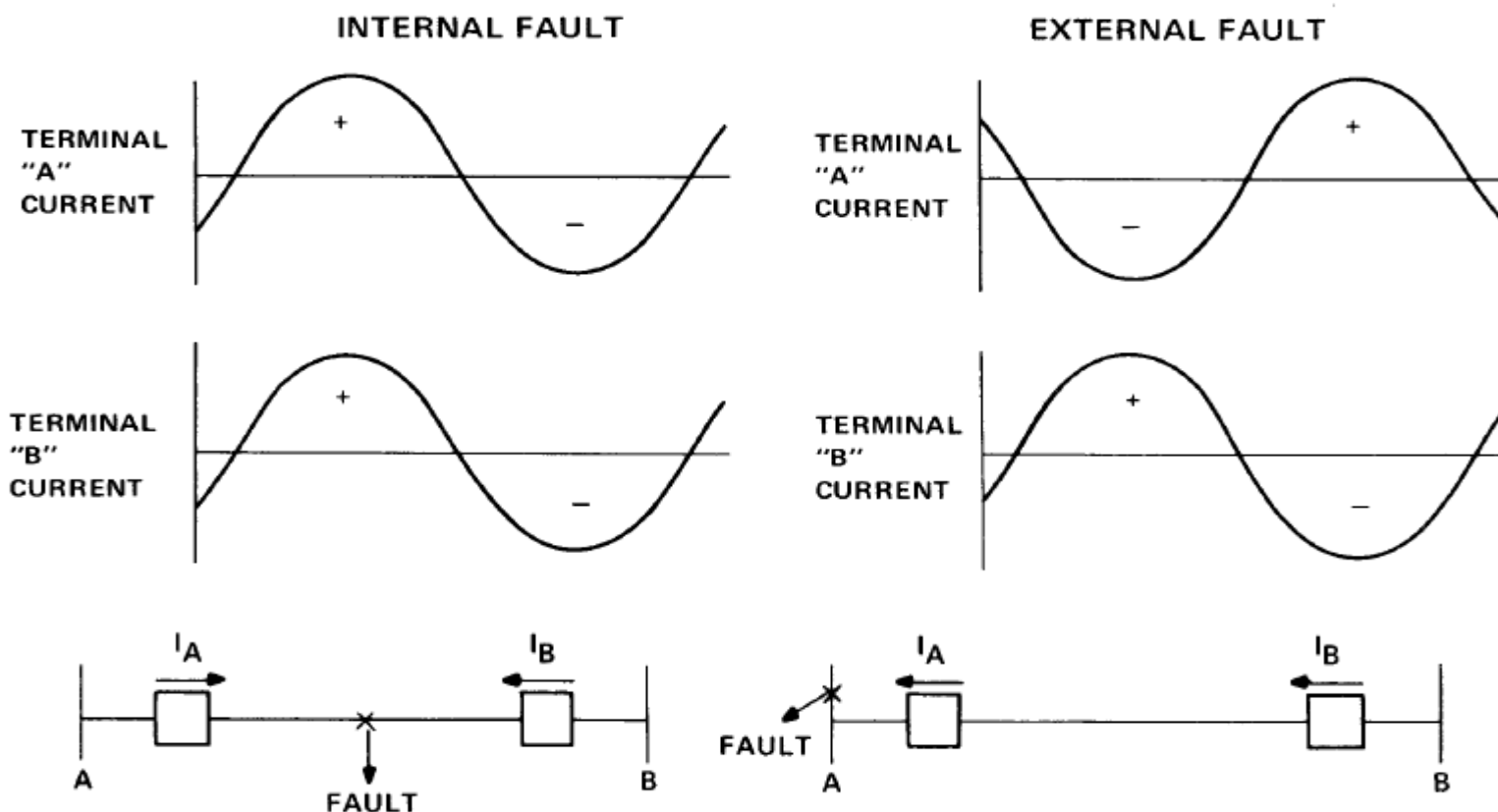
محدودیت این روش: فقط برای تجهیزاتی کاربرد دارد که پایانه های آن ها در دسترس باشد. (ژنراتور، باسبار، ترانسفورماتور و....)

Differential comparison principle applied to a generator winding

ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

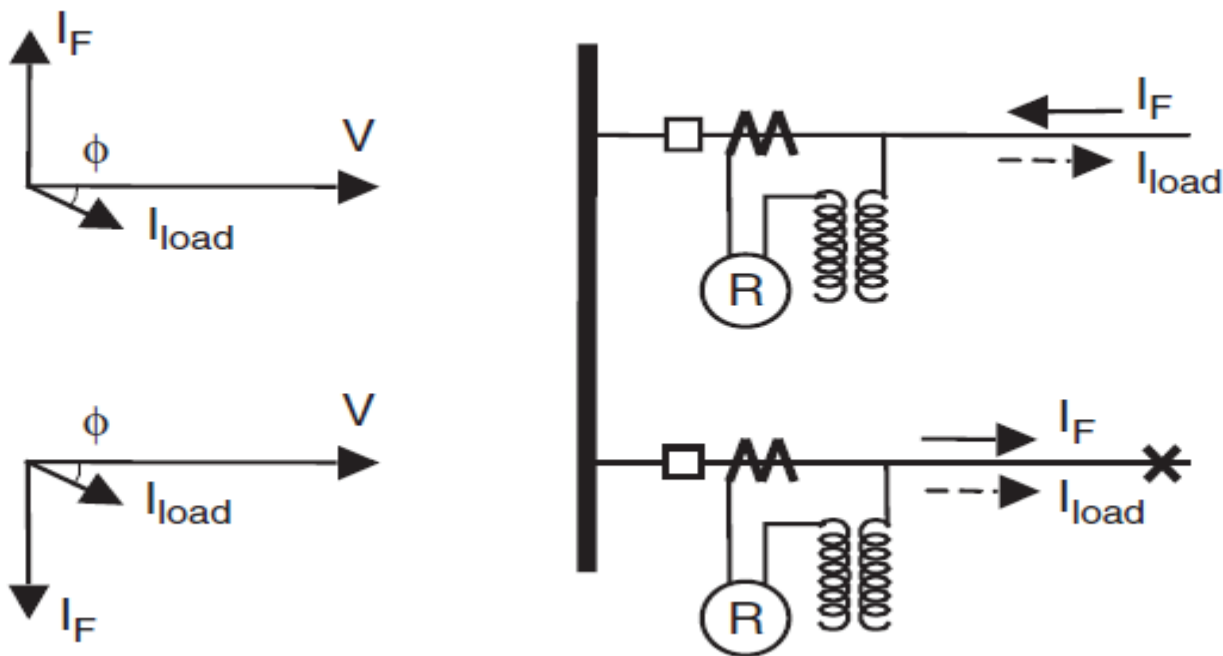
۴- مقایسه ی زاویه فاز (Phase Angle Comparison)

در این روش زاویه ی فاز نسبی بین دو کمیت AC مقایسه می شود. این روش معمولاً برای تعیین جهت خطا مورد توجه است.

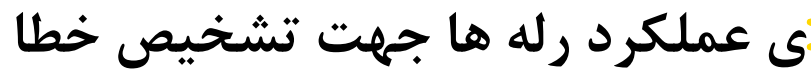


ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

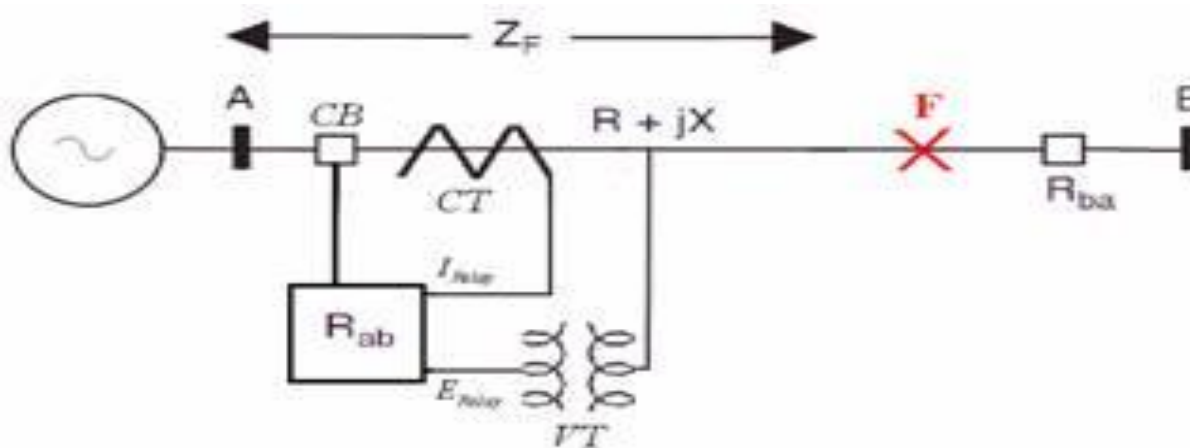
۴- مقایسه ی زاویه فاز (Phase Angle Comparison)



Phase angle comparison for a fault on a transmission line



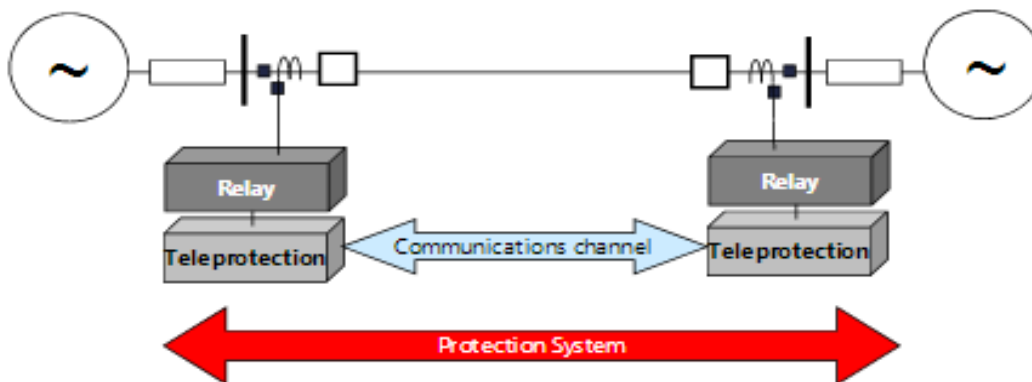
در خطوط انتقال و فیدر های فوق توزیع به علت طول زیاد استفاده از روش های گفته شده به علت هزینه ی زیاد بعنوان حفاظت اصلی، اقتصادی نیست. بنابراین با استفاده از یک روش جدید جریان ورودی خط به همراه ولتاژ در همان خط با هم مقایسه شده و حاصل این مقایسه، یک پارامتر امیدانسی است. با استفاده از اندازه و فاز این پارامتر امیدانسی می توان وجود و محل وقوع خطا را تشخیص داد.



ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۶- حفاظت به شکل (Pilot):

این روش مبتنی بر اطلاعات دریافتی از پایانه های رله های دوردست می باشد. در بسیاری از اوقات این اطلاعات دریافتی می تواند شامل فازور ولتاژ و جریان، موقعیت باز یا بسته بودن کلیدهای دوردست و یا سیگنال های فعال سازی دیگر باشد. این طلاعات معمولا از طریق یک کانال ارتباطی مانند PLC، مدارهای تلفن، فیبر نوری و... منتقل می شود.

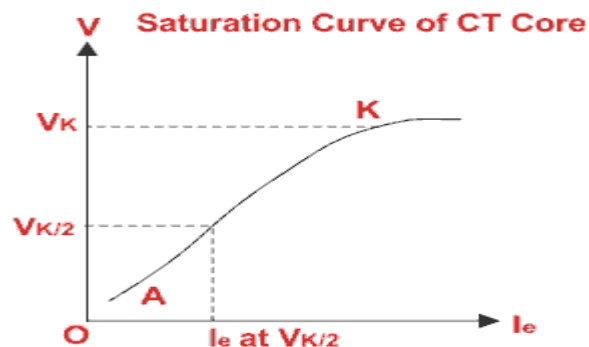


در خطوط انتقال و فیدر های فوق توزیع به علت طول زیاد استفاده از روش های گفته شده بع علت هزینه ی زیاد بعنوان حفاظت اصلی، اقتصادی نیست. بنابراین با استفاده از یک روش جدید جریان ورودی خط به همراه ولتاژ در همان خط با هم مقایسه شده و حاصل این مقایسه، یک پارامتر امپدانسی است. با استفاده از اندازه و فاز این پارامتر امپدانسی می توان وجود و محل وقوع خطا را تشخیص داد.

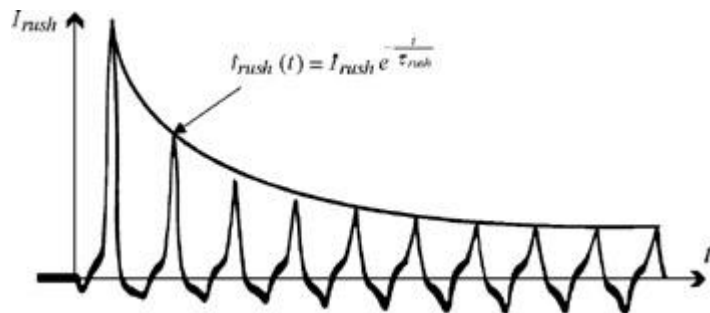
ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۷- ارزیابی محتوای هارمونیک:

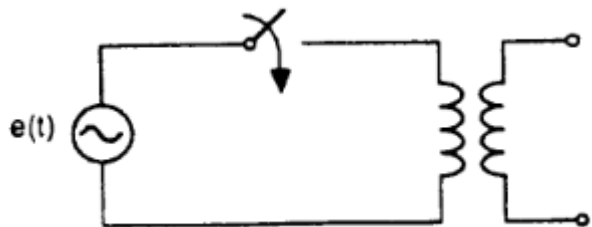
شکل موج های ولتاژ و جریان در اثر شرایط غیرعادی شبکه از حالت سینوسی خارج شده و محتوای هارمونیک پیدا می کنند. این شرایط غیر عادی شامل:



❖ اشباع ترانسفورماتور جریان (CT)



❖ برقرار کردن ترانسفورماتور قدرت (Inrush Current)



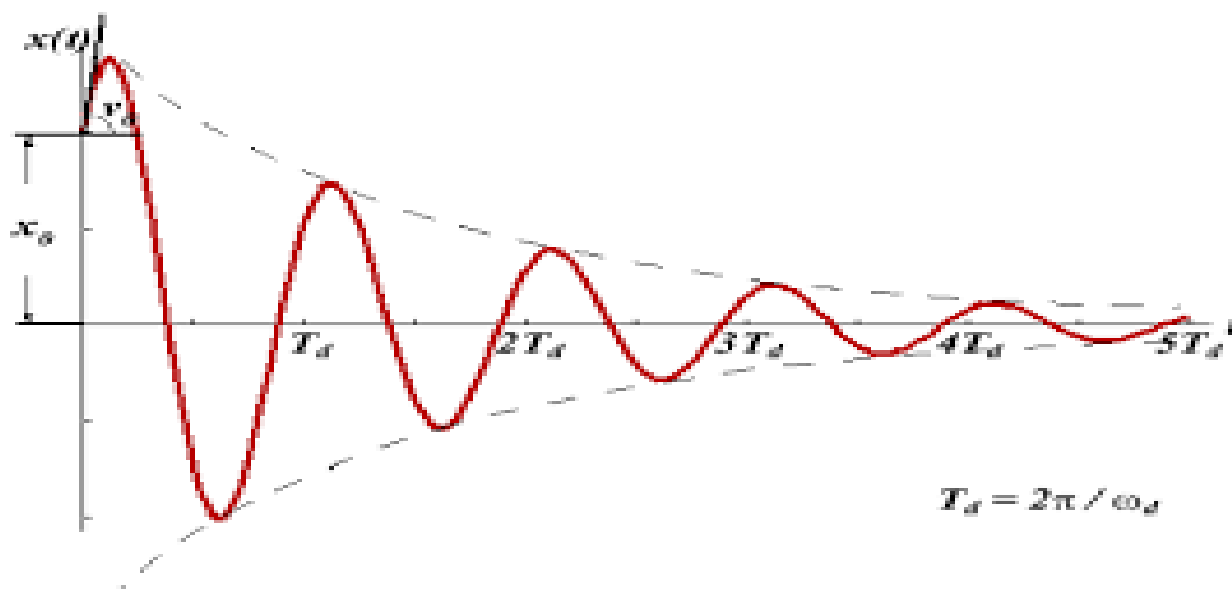
به عنوان مثال در جریان هجومی محتوای هارمونیک دوم بالا می رود. این در حالی است که در حالت اتصالی هارمونیک زوج وجود ندارد مگر اینکه یک اشباع نامتقارن CT رخ دهد ولی مقدار این اشباع به اندازه هارمونیک دوم نیست.

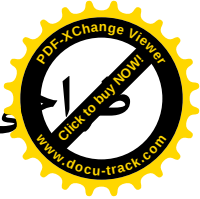
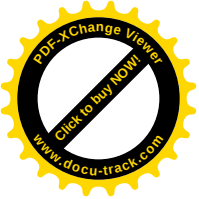
ی عملکرد رله ها جهت تشخیص خطا

۸- حساسیت فرکانسی (Frequency Sensing)

در حالت عادی فرکانس شبکه های قدرت ۵۰ یا ۶۰ هرتز است. تغییرات معمولی شبکه مانند تغییرات آهسته بار و تغییرات آهسته ی نیروگاه از لحاظ تولید، فرکانس شبکه را با یک خطای بسیار کم در مقدار نامی تثبیت می کند. از این رو به هر علت اگر خطای فرکانس از حد معمول بیشتر شود می تواند به عنوان یک پدیده ی غیر عادی تشخیص داده شود.

به عنوان مثال از دست رفتن یک نیروگاه باعث کاهش فرکانس می شود.





تاریخچه

۱- فیوز:

- فیوز ها اولین تجهیزات حفاظتی بودند.
- قدیمی ترین و ساده ترین نوع تجهیزات حفاظتی می باشند.
- فیوز یک تشخیص دهنده ی سطح است و عمل تشخیص و قطع را با هم انجام می دهد.
- بصورت سری با تجهیز قدرت قرار گرفته و در اثر عبور جریان های بالا،المان فیوز ذوب شده و جداسازی شبکه اط جریان خطا انجام می شود.

عیوب اساس فیوزها

- ۱- به علت ذوب شدن المان فیوز جهت بهره برداری مجدد سیستم فیوز باید جایگزین شود. و این به این معنی است که در بهره برداری دوباره سیستم تاخیر بوجود می آید. حتما همیشه باید فیوز یدک در اختیار باشد و همیشه پرسنل با صلاحیت جهت تعویض فیوز در دسترس باشد.
- ۲- در شبکه های سه فاز هنگام وقوع خطای تکفاز فقط المان فیوز یک فاط ذوب شده و باعث دوفاز شدن شبکه ی سه فاز می گردد. نتیجه وارد شدن صدمات به بارهای الکتریکی است.

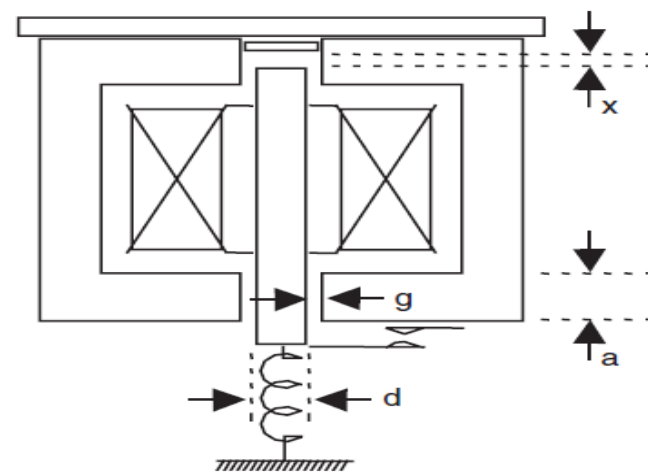
تاریخچه

۲-رله های الکترومکانیکی:

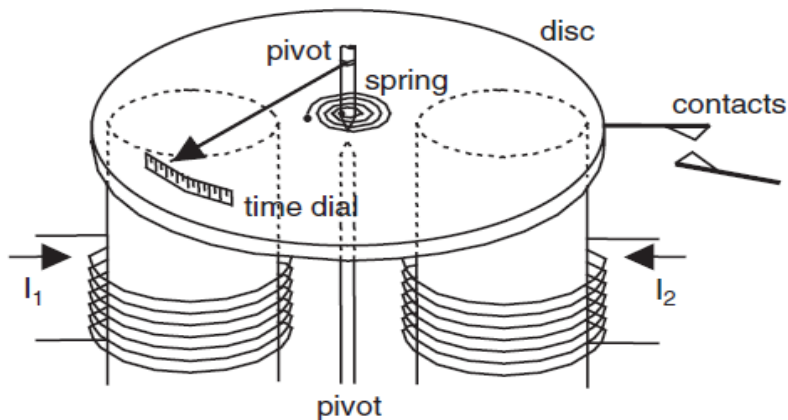
- عملکرد این نوع رله ها مانند یک موتور، براساس حرکت میدان مغناطیسی (سیم پیچ) یا هسته در میدان الکتریکی دیگر و گردش یک آرمیچر استوار است. بدین معنا که حرکت موتور سبب باز و یا بسته شدن یک کنتاکتور شده و عملکرد کنتاکتور موجب قطع و وصل کلید های واسطه و نهایتاً قطع مدار قدرت می شود.
- این نوع رله ها به تغذیه ی بیرونی نیاز ندارند.

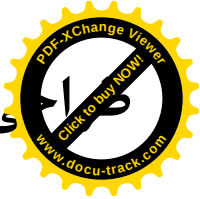
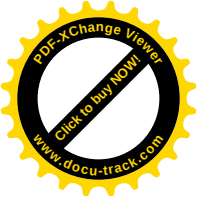
انواع رله های الکترومکانیکی

۱-نوع پیستونی (Plunger Type)



۲-نوع القایی (Induction Type)





تاریخچه

۱- نوع پیستونی (Plunger Type)

یک المان گرد قابل تحریک، به وسیله ی یک فنر داخل یک میدان ناشی از یک سیم پیچ و مجموعه ی هسته قرار گرفته است. نیروی فنر F_s و نیروی الکتروکغناطیسی ناشی از عبور جریان از کویل، F_m است. اگر F_m بزرگتر از F_s باشد این المان به سمت بالا حرکت می کند.

۲- نوع القایی (Induction Type)

این نوع رله ها دارای یک دیسک هستند که حرکت این دیسک براساس جریان های دو سیم پیچ است.

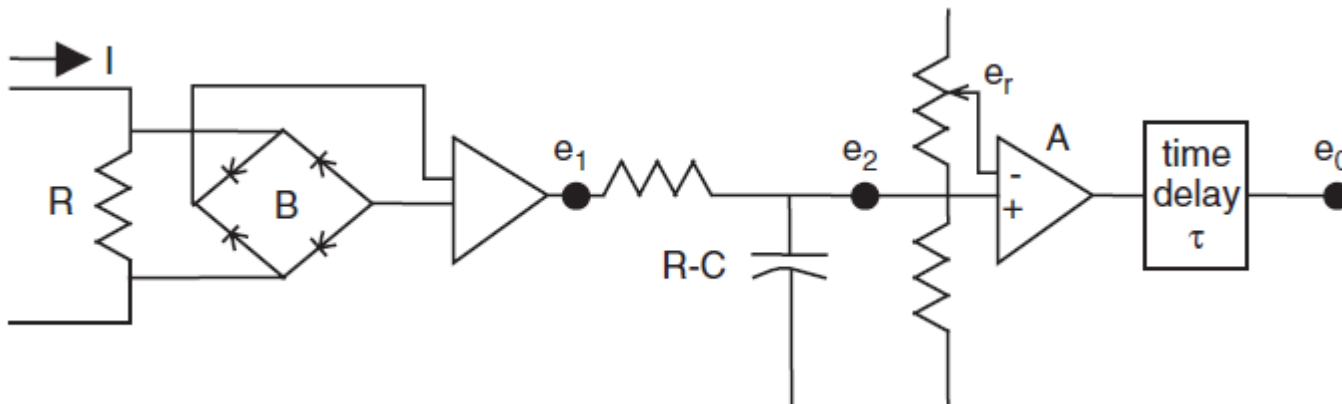
عیوب این نوع رله ها

- با گذشت زمان مستهلک می شوند.
- تنظیمات این نوع رله ها قابل تغییر نیست.
- دارای حجم زیاد هستند.

تاریخچه

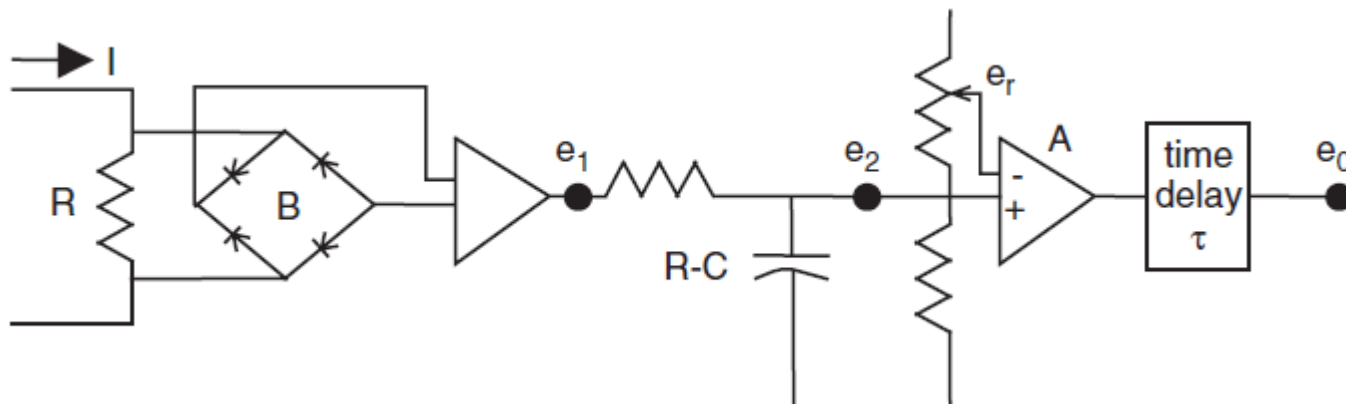
۲-رله های جامد (Solid States):

- با پیشرفت ادوات الکتریکی آنالوگ و دیجیتال همزمان با گسترش و پیچیدگی سیستم قدرت دیگر استفاده از رله های الکترومکانیکی با مشخصات ثابت و غیر قابل باز تنظیم در بسیاری از نقاط شبکه به صرفه نبود. به همین دلیل نوع Solid ساخته شد.
- این نوع رله ها چون از ادوات الکترونیکی استفاده می کنند به تغذیه ی خاصی نیاز دارند (برخلاف نوع الکترومکانیکی)

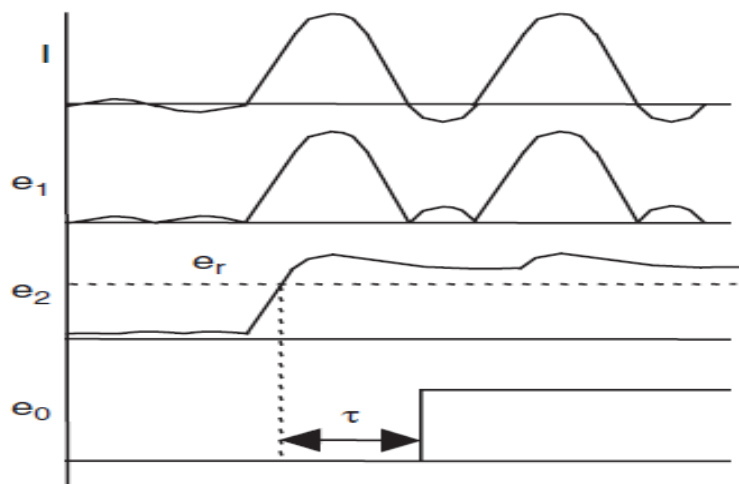


Possible circuit configuration for a solid-state instantaneous overcurrent relay

۲-رله های جامد (Solid States):



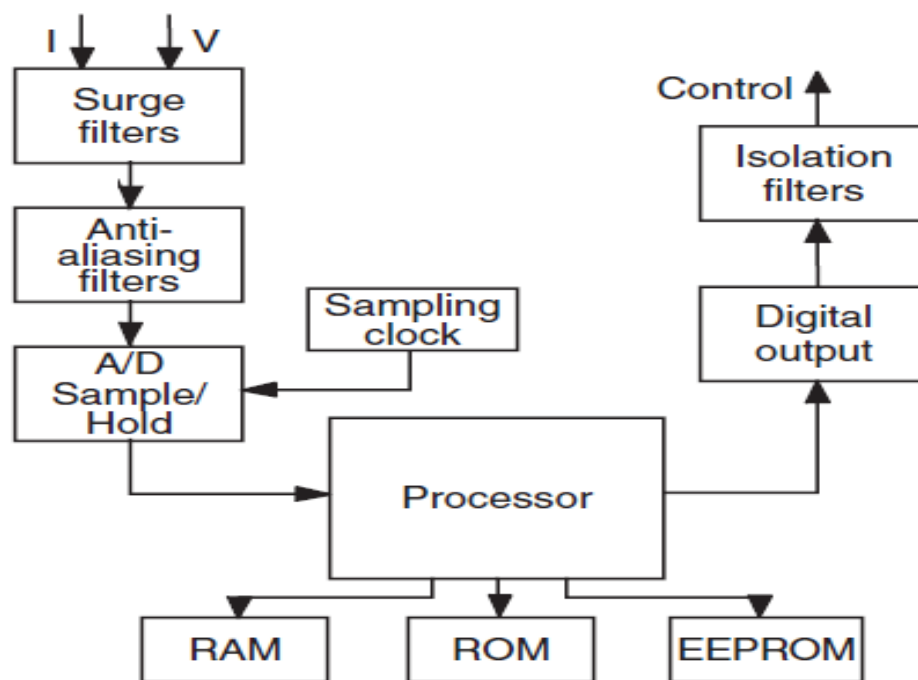
Possible circuit configuration for a solid-state instantaneous overcurrent relay



Waveforms of a solid-state instantaneous overcurrent relay

۳-رله های میکروپروسسوری:

➤ با پیشرفت علم الکترونیک و سخت افزارهای کامپیوتری و پیدایش نسل جدید پردازشگرها، رله های جدید مبتنی بر این عناصر به وجود آمدند.



Major subsystems of a computer relay