

ای نام تو بهترین سر آغاز





حفاظت و رله حفاظت زئرانفورها

مدرس: نبی اله رمضانی



- خطاهایی که باید حفاظت شوند:

۱. خطاهای استاتور

۱-۱- اتصال فازها

۱-۲- اتصال زمین

۱-۳- اتصال حلقه

۱-۴- بار نامتعادل (مشکل از استاتور نیست ولی حفاظت مربوطه در استاتور قرار می گیرد)

۲. خطاهای روتور

۲-۱- قطع تحریک

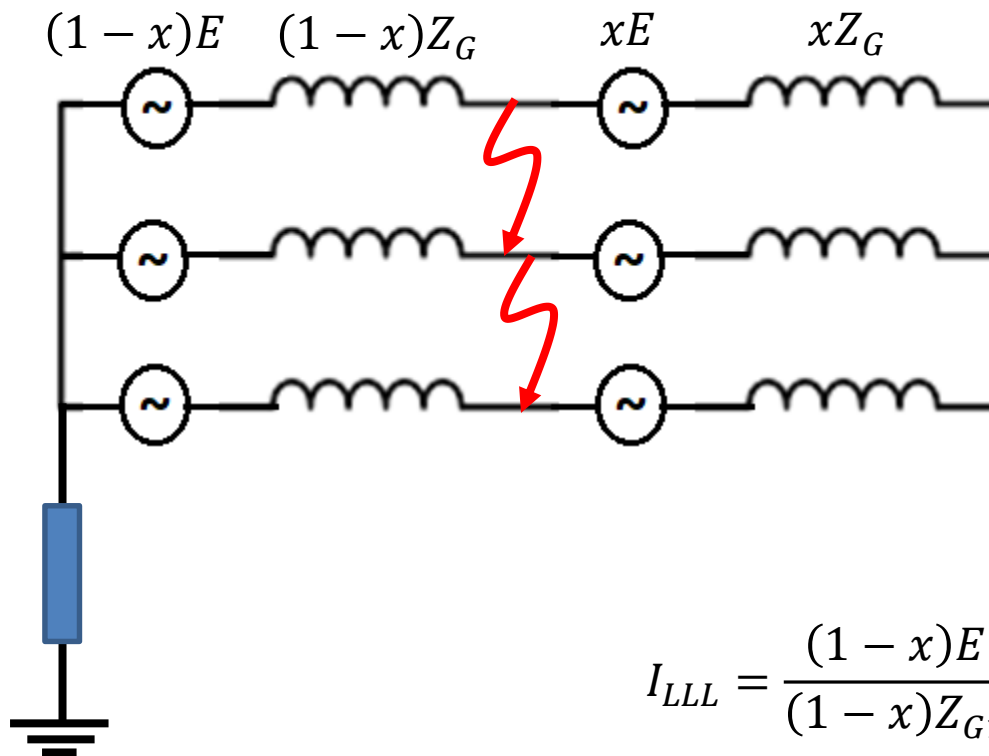
۲-۲- اتصال زمین

۲-۳- برگشت توان



حفاظت ژنراتورها ➤

• اتصال فازها



-اتصال سه فاز

$$I_{LLL} = \frac{(1-x)E}{(1-x)Z_{G1}} = \frac{E}{Z_{G1}}$$

نکته: اتصال سه فاز داخل ژنراتور مانند اتصالی بیرون است.

$$|I_{LL}| = \frac{(1-x) |E_A - E_B|}{(1-x) [Z_{G1} + Z_{G2}]} = \frac{\sqrt{3}|E|}{(Z_{G1} + Z_{G2})} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|E|}{Z_G}$$

-اتصال دو فاز

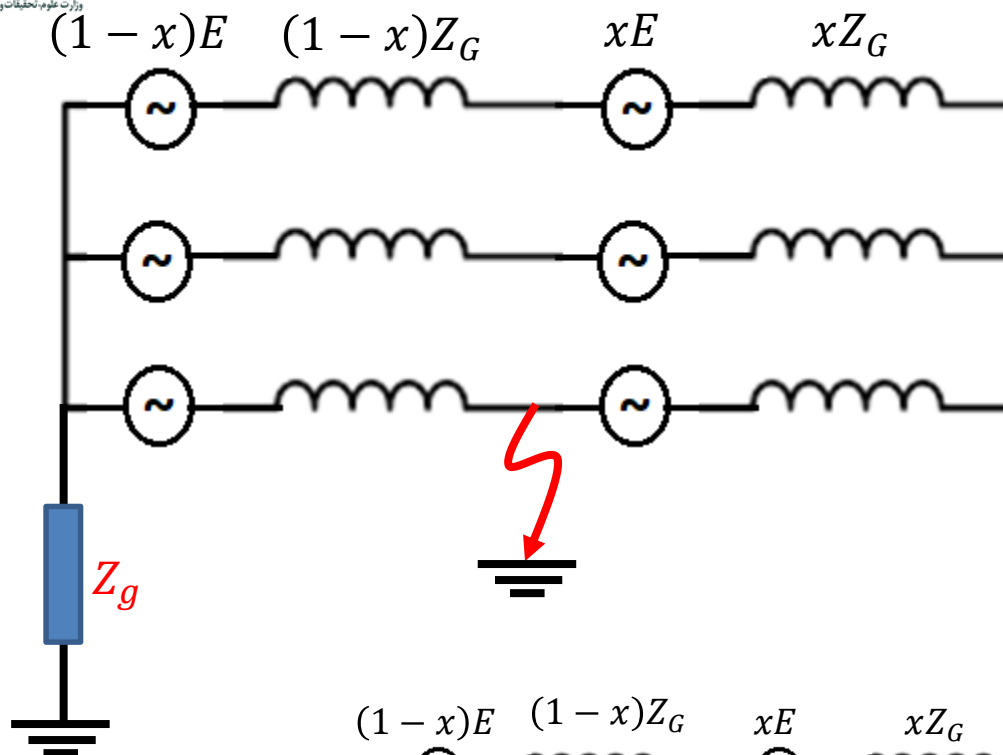
پس: اتصال دوفاز و سه فاز مستقل از محل اتصالی (X) است.



$$Z_{G1} + Z_{G2} + Z_{G0} \ll Z_g$$

حفاظت ژنراتورها ➤

-اتصال زمین



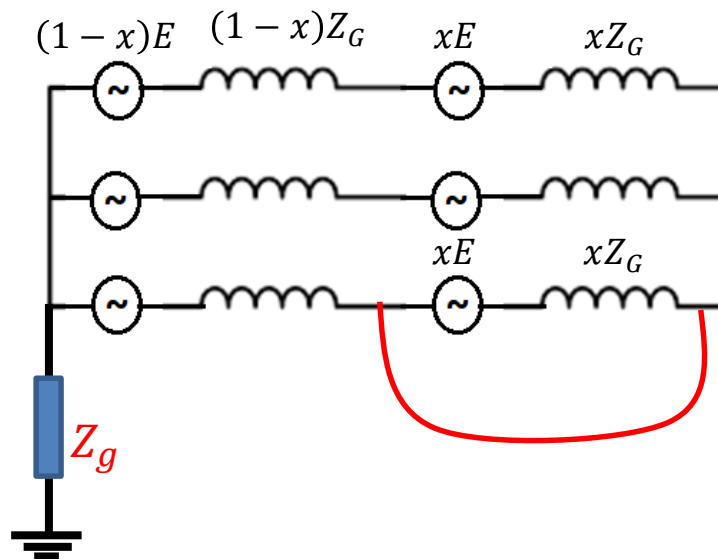
$$I_1 = I_2 = I_0 \Rightarrow I_{LG} = 3I_0$$

$$I_{LG} = \frac{3(1-x)E}{(1-x)[Z_{G1} + Z_{G2} + Z_{G0}] + 3Z_g}$$

$$\cong \frac{(1-x)E}{Z_g}$$

جریان اتصال زمین به مکان خطا وابسته است.

-اتصال حلقه

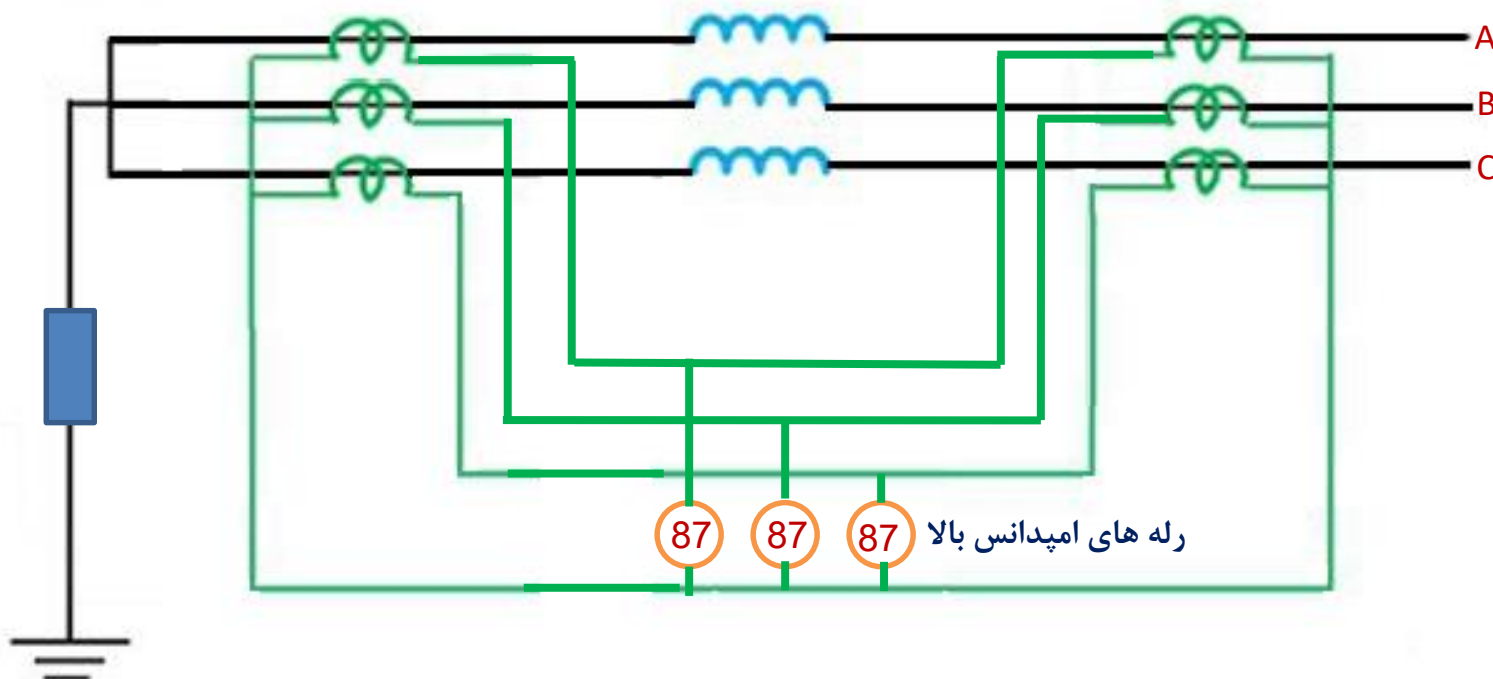


$$I = \frac{3xE}{x[Z_{G1} + Z_{G2} + Z_{G0}]}$$

$$= \frac{3E}{Z_{G1} + Z_{G2} + Z_{G0}}$$

-اتصال فاز و زمین

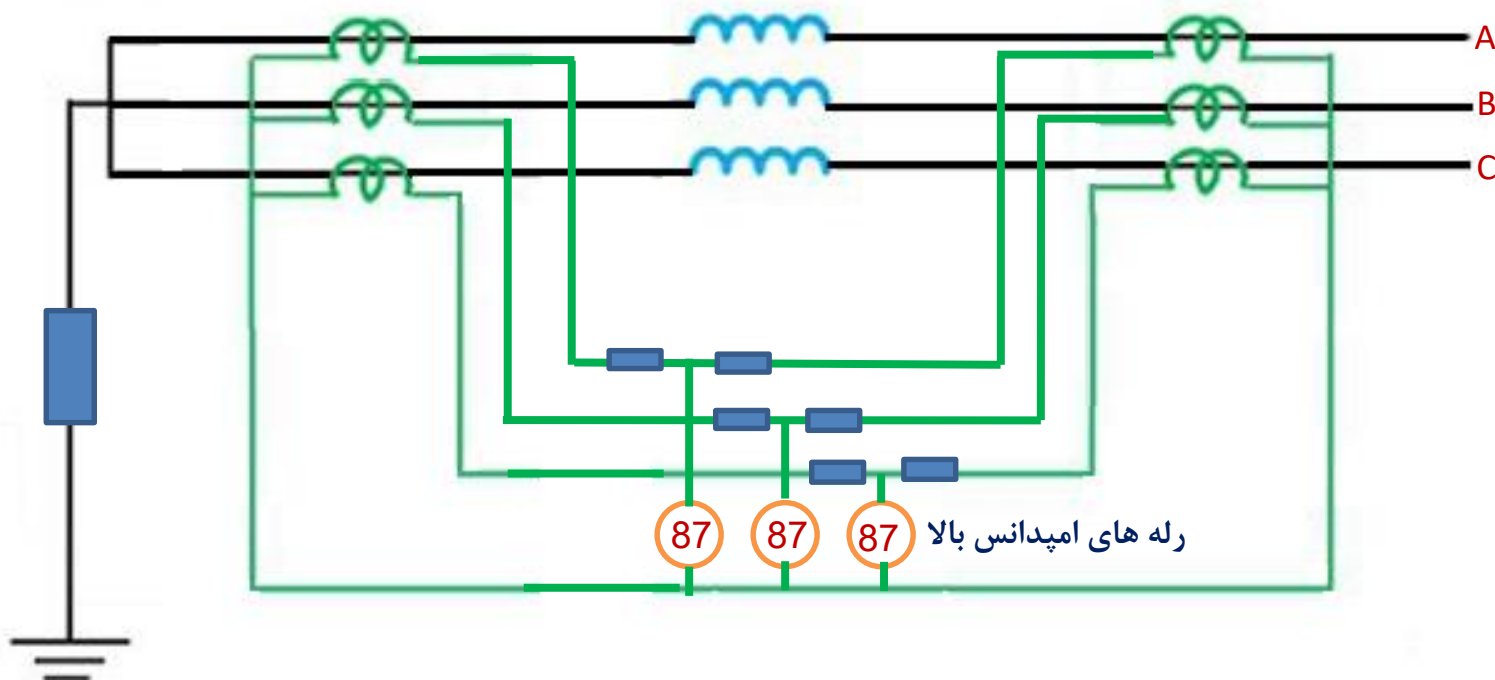
الف - طرح ۱



-در صورتی که سه فاز استاتور در سمت نوترال در دسترس باشد از این طرح می توان استفاده کرد.

-اتصال فاز و زمین

ب- طرح ۲: بایاس درصدی



$$I_{set,primary} = n_{CT}(I_{set,relay} + kI_e)$$

تعداد ترانسفورماتورهای جریان موازی

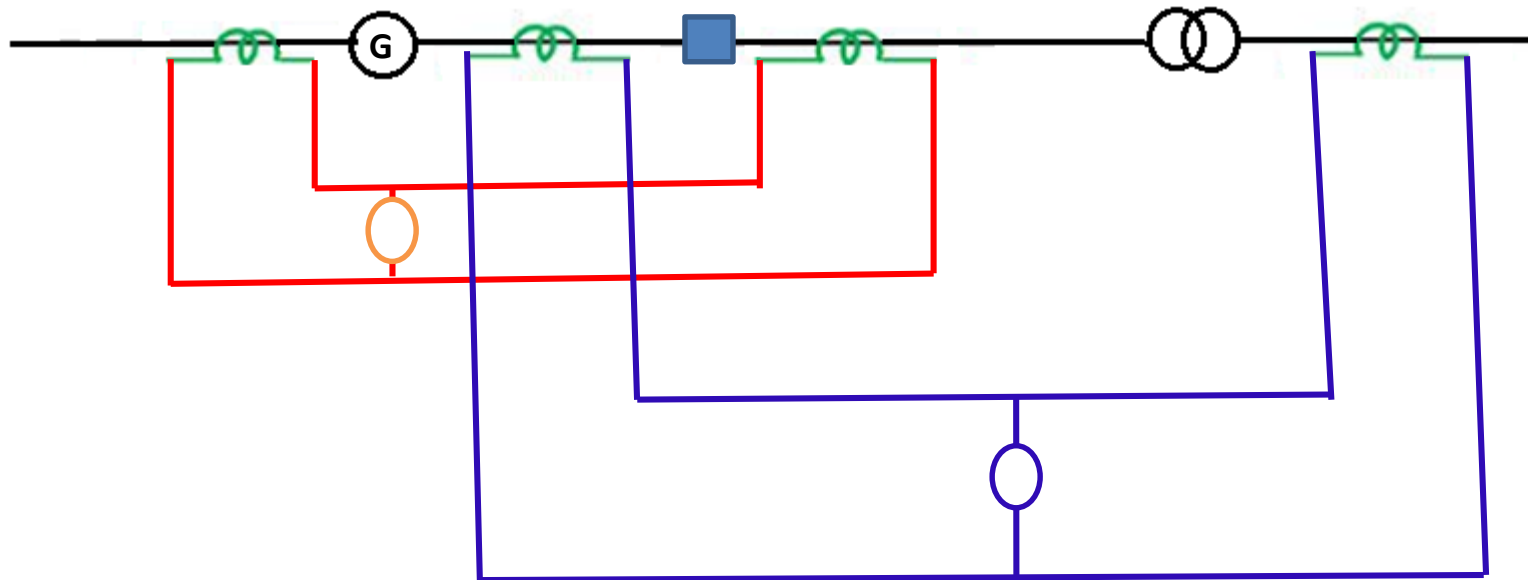
۱- این طرح نسبت به طرح قبلی کندتر هستند و به مقاومت پایدار ساز نیازی ندارند. ۲. در اتصال کوتاه های سنگین خارجی پایداری خوبی دارند.



➤ حفاظت ژنراتورها

-حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتور- اتصال فاز و زمین

الف- طرح ۱: حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتور نسبت بهم مستقلند.

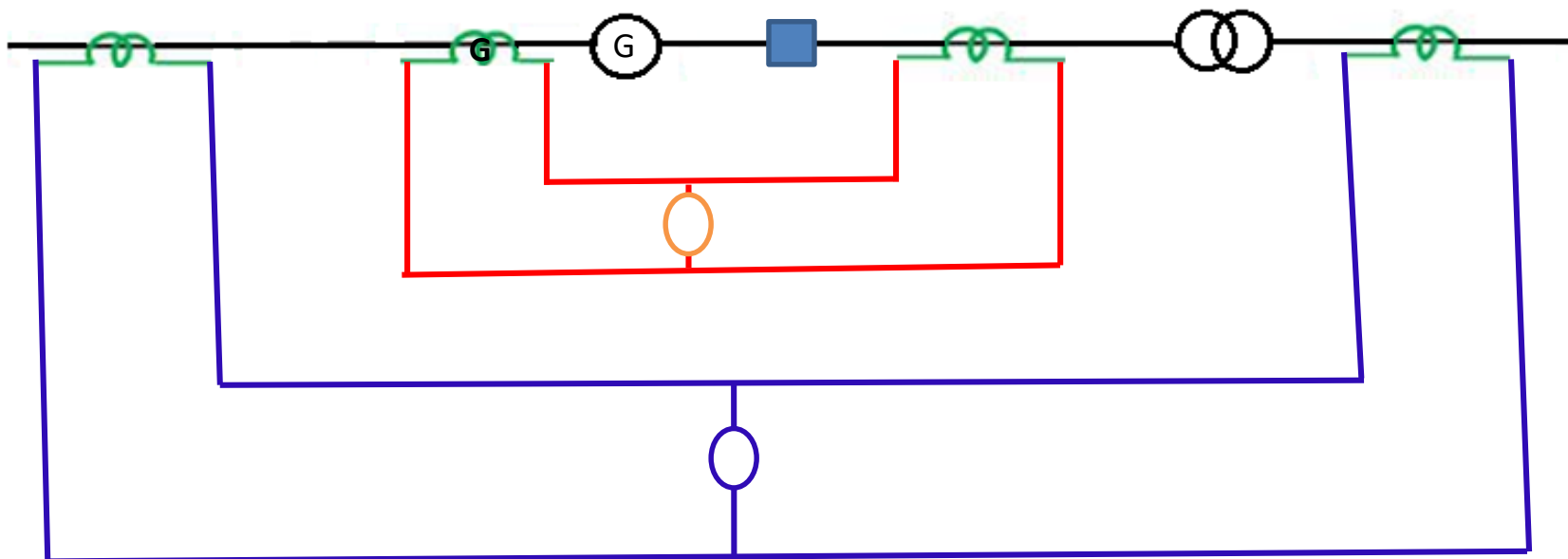




➤ حفاظت ژنراتورها

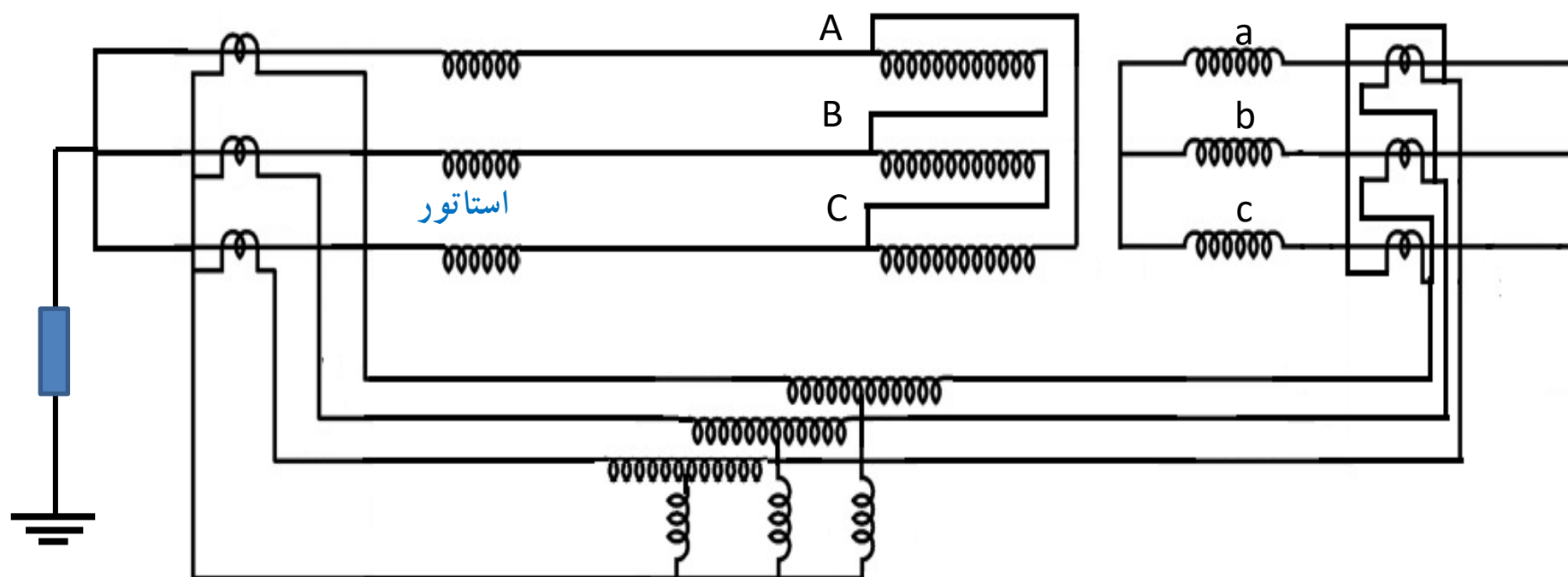
-حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتور- اتصال فاز و زمین

ب- طرح ۲: عمل پشتیبانی انجام می شود.





-حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتور واحد- اتصال فاز و زمین



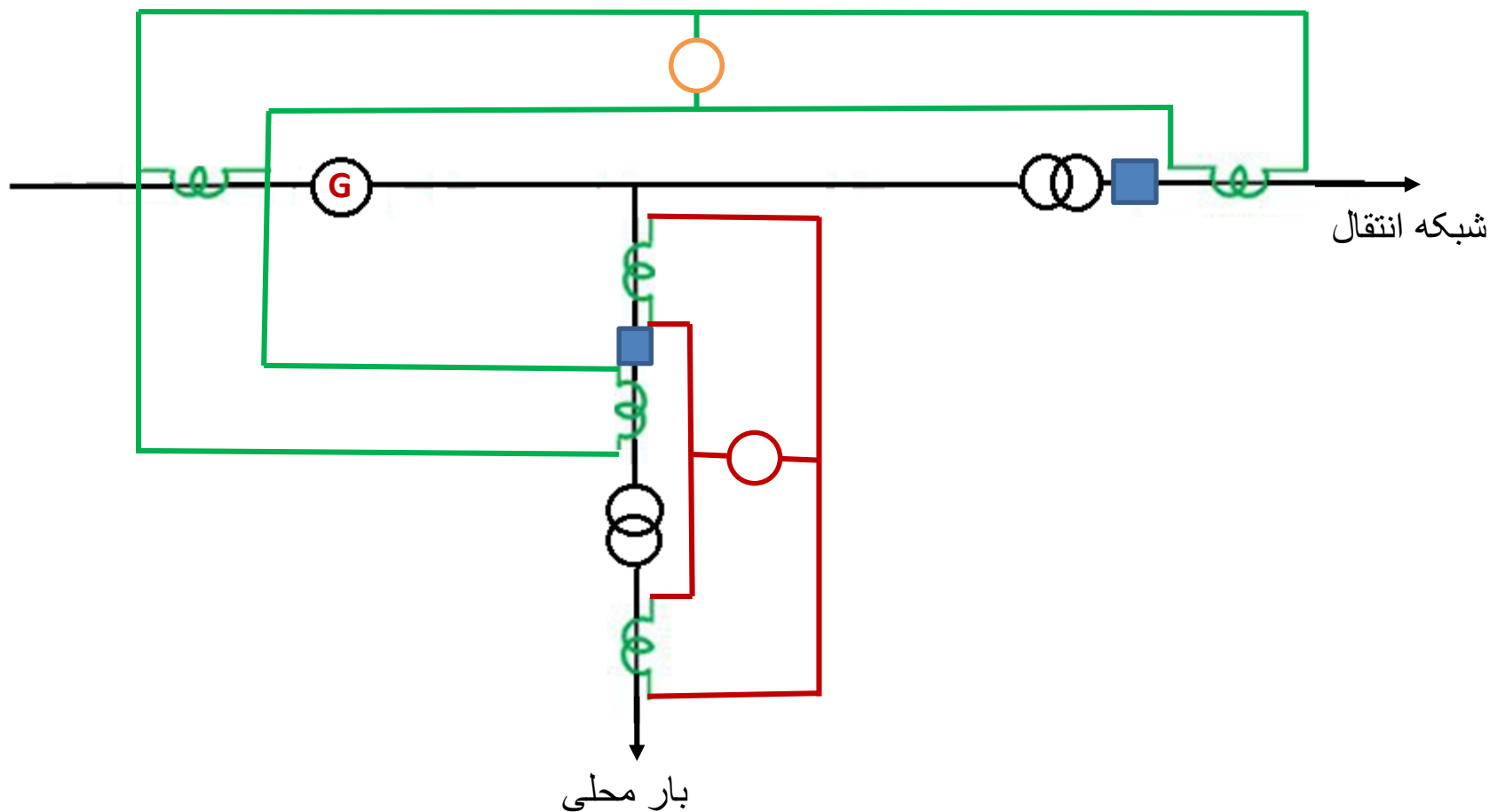
مسئله جریان هجومی ترانسفورماتور مطرح نیست زیرا:

- ۱- ولتاژ به یکباره به ترانسفورماتور اعمال نمی شود.
- ۲- برطرف کردن اتصال کوتاه در عبور از صفر جریان (پیک ولتاژ) اتفاق می افتد که در آن کمترین شار گذرا ظاهر می شود.
- ۳- هر جریان هجومی دیگر برای این ترانسفورماتور، جریان عبوری محسوب می شود.



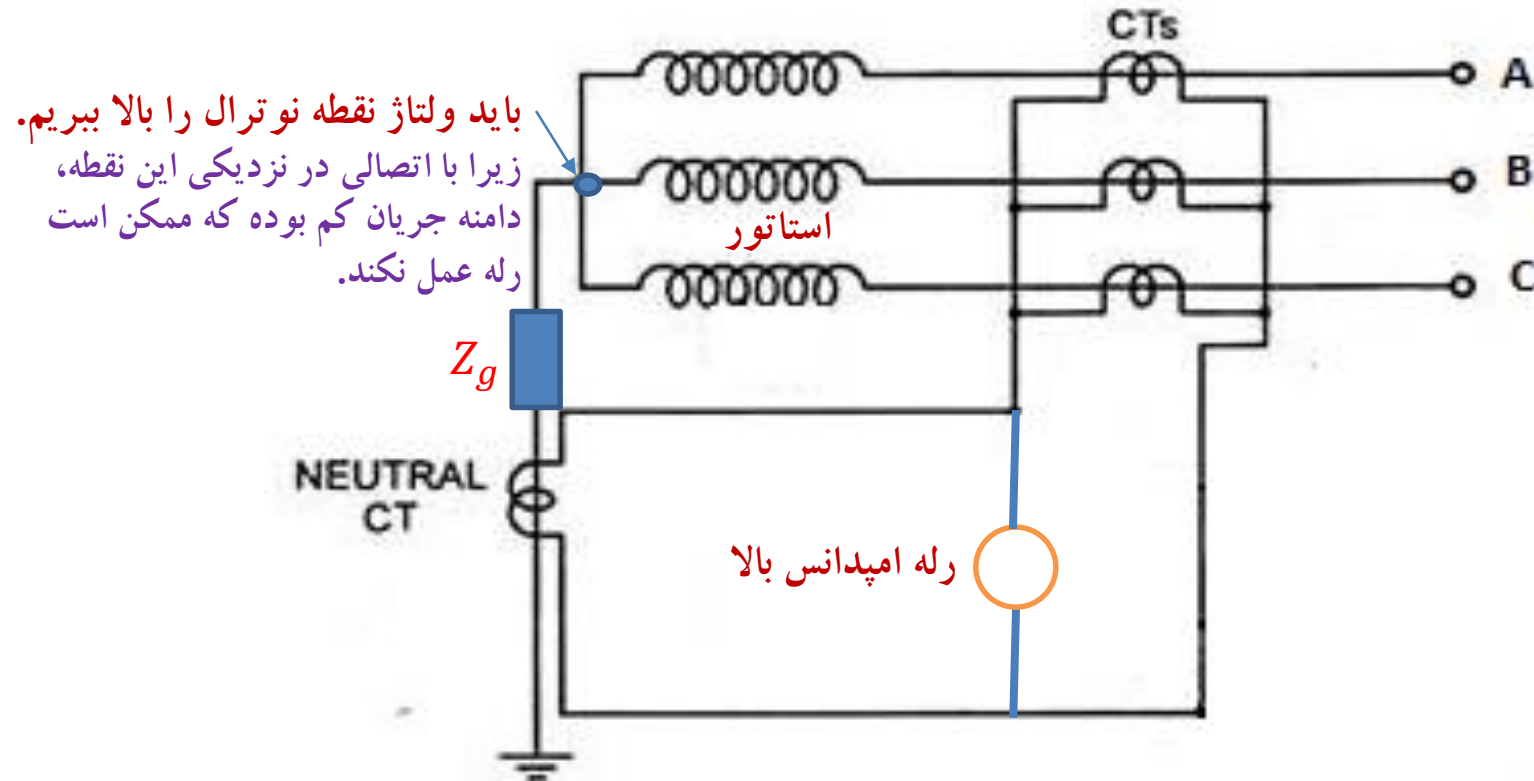
➤ حفاظت ژنراتورها

-حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتور واحد- اتصال فاز و زمین





-حفاظت ژنراتور- اتصال زمین (Restricted Earth Fault)



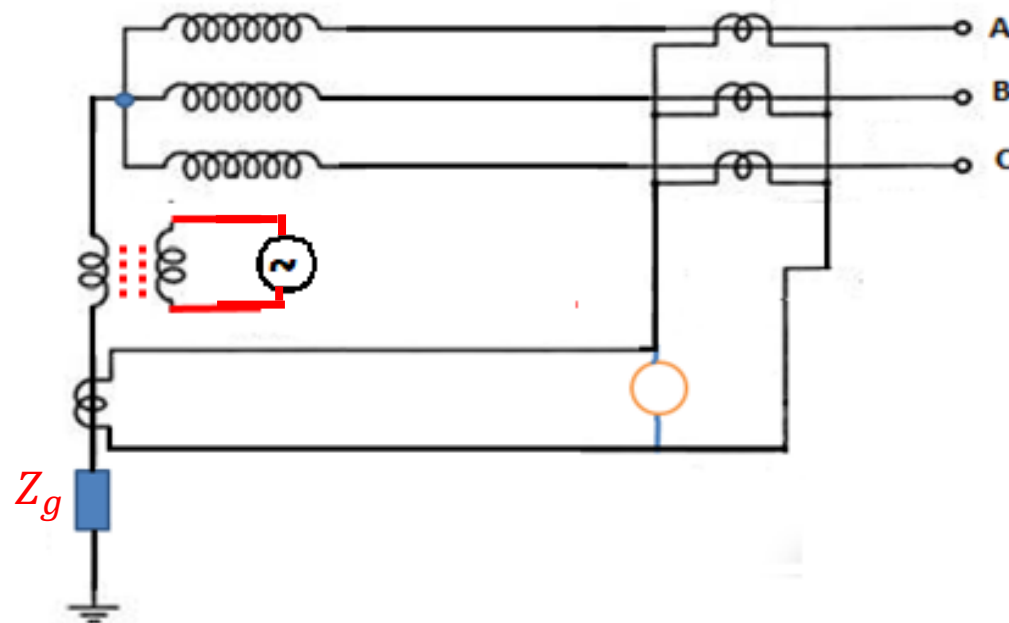
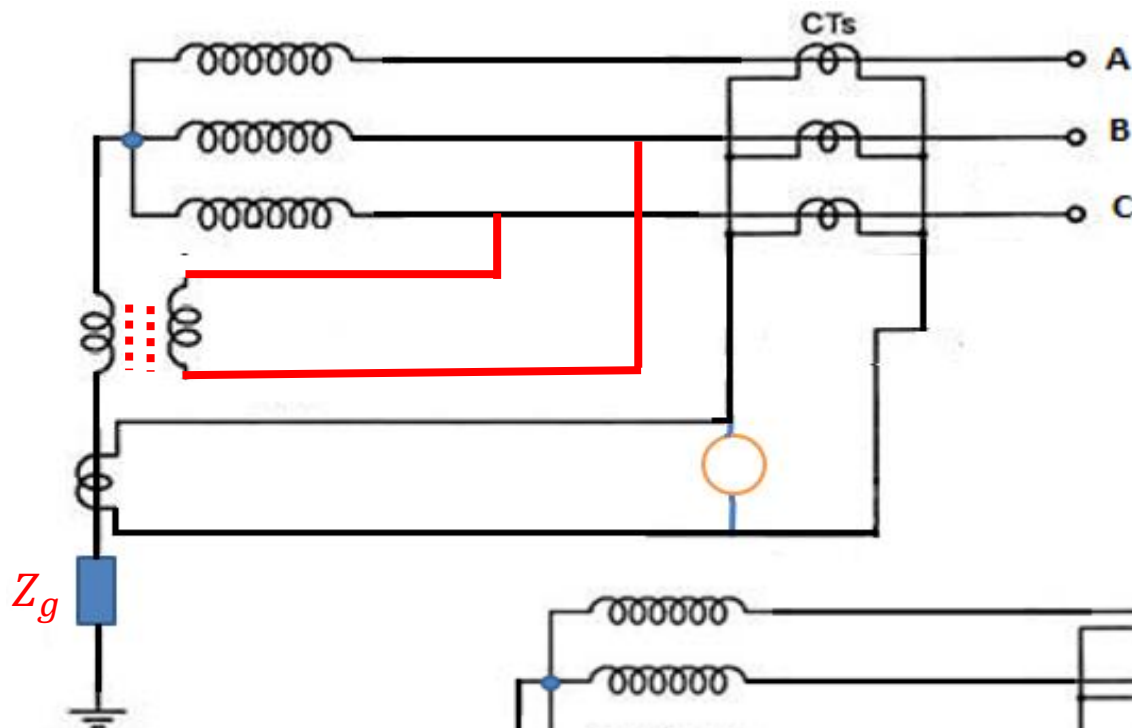
نکات مهم:

- در صورتی که اتصالات سه فاز استاتور در سمت نقطه ستاره در دسترس نباشد از این طرح استفاده می شود.
- در اتصال زمین، میزان جریان اتصال کوتاه وابسته به محل اتصال کوتاه است.
- در هر دو طرح حفاظت فاز و حفاظت زمین، برای محدودسازی اثر اضافه ولتاژ گذرا، علاوه بر مقاومت پایدار ساز در شرایط اتصالی، از یک مقاومت غیرخطی به موازات رله امپدانس بالا استفاده می نمایند.



-حفاظت ژنراتور- اتصال زمین (Restricted Earth Fault)

- رفع مشکل فوق:



یا

حفاظت ژنراتورها • اتصال زمین

- هدف: مقدار Z_g به گونه ای محاسبه می شود که در شرایط اتصال زمین در ترمینال خروجی ژنراتور، بیشترین مقدار جریان معادل جریان نامی ژنراتور باشند.

$$I_{n,neutral} = \frac{E}{Z_g} = I_{LG,max}$$



$$x_{max} = 1 - \frac{I_{set,relay}}{I_{n,neutral}}$$

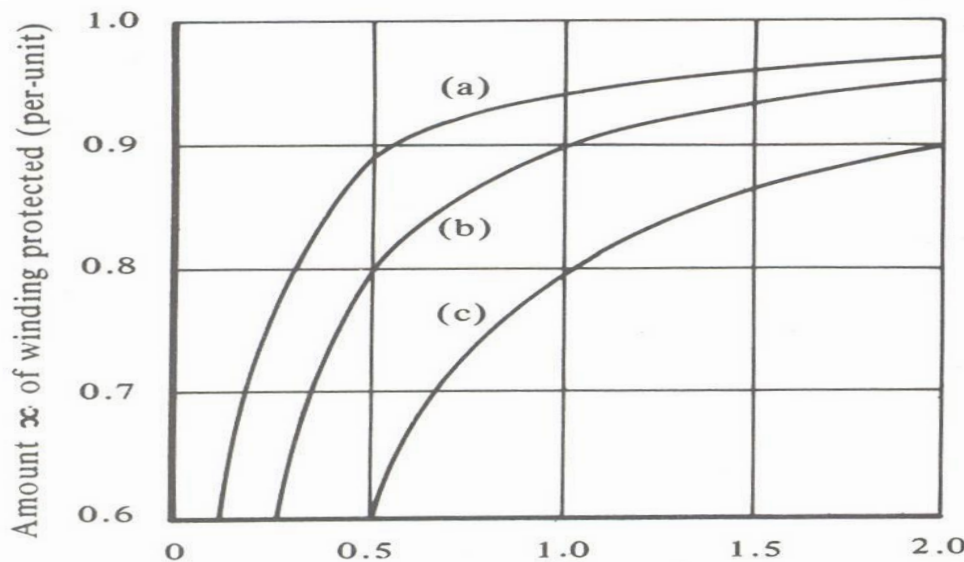
$$I_{set,relay} = \frac{(1 - x_{max})E}{Z_g}$$

$$I_{n,neutral}/I_{n,gen}$$

a) 5%

b) 10%

c) 20%

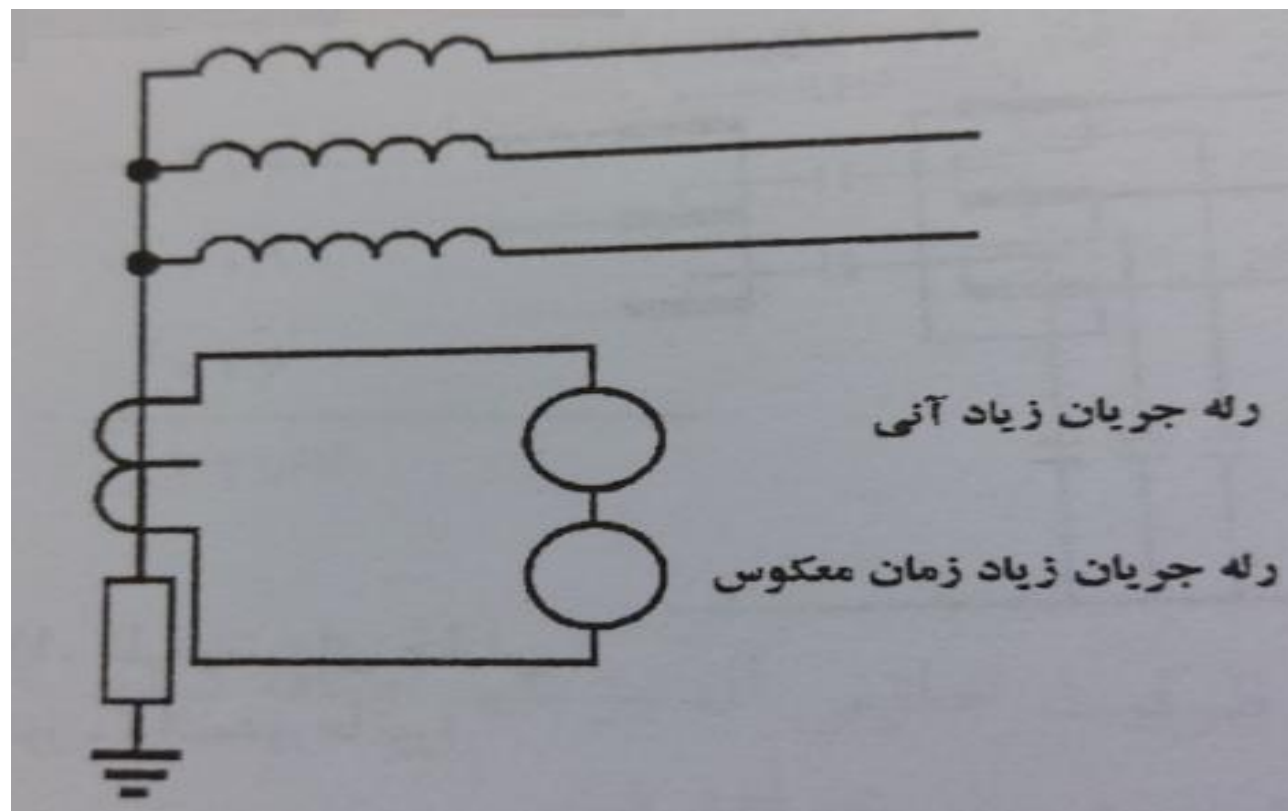


$$I_{n,neutral}/I_{n,gen}$$

➤ حفاظت ژنراتورها

- حفاظت ژنراتورهایی که بطور مستقیم به سیستم های انتقال یا توزیع متصل می شوند (بجای REF)

✓ طرح ۱



$I_{LG,max}$ →
 $I_{set} = 0.1 I_{n,neutral}$ (1)

$I_{set} = 0.05 I_{n,neutral}$ (2)

(1) این مقدار تنظیمی برای جلوگیری از عملکرد غلط رله ناشی از جریان های گذرای سیستم انتقال که از طریق خازن های بین سیم پیچ های استاتور و اتصالات آن، مدارش بسته می شود می باشد. (حداکثر ۹۰ درصد سیم پیچ استاتور را حفاظت می کند)

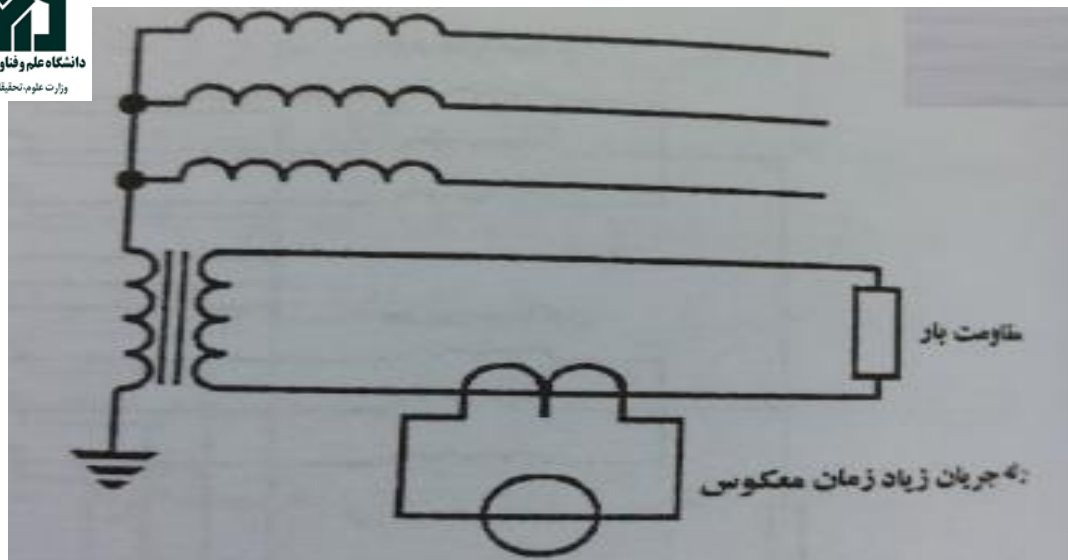
(2) برای ژنراتورهای بزرگ استفاده از یک رله کاهشی به همراه یک رله آنی با تنظیمات فوق توصیه می شود. (حفاظت تا ۹۵٪ سیم پیچ استاتور برقرار می شود)



➤ حفاظت ژنراتورها

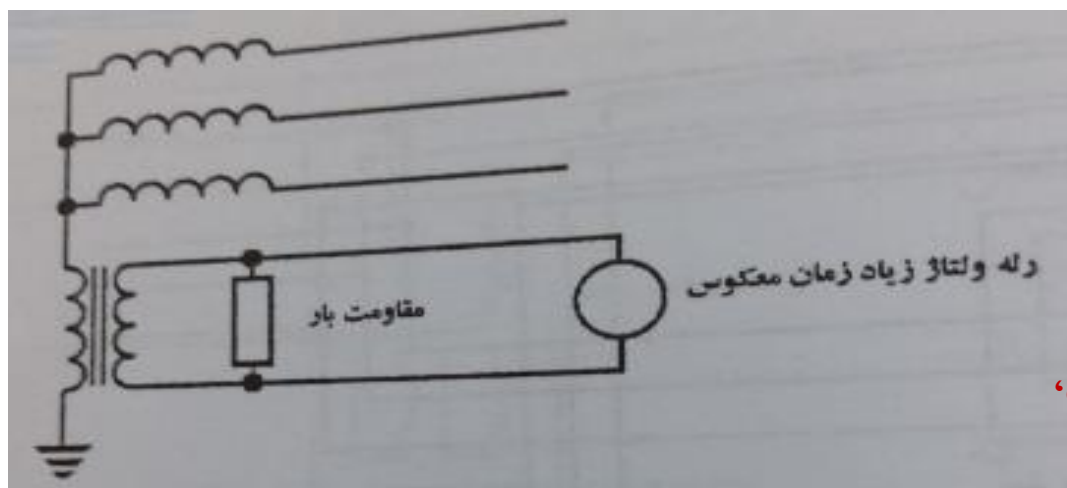
✓ طرح ۲

این رله باید متناسب با ۵ درصد جریان اتصال کوتاه در بیشترین ولتاژ نامی تنظیم شود. همچنین باید به فیلتر هارمونیک سوم مجهز باشد تا از عملکرد غلط رله جلوگیری کند.



✓ طرح ۳

این رله ها باید در برابر جریان هارمونیک سوم غیر فعال بمانند تا در اثر جریان های مولفه صفر عمل نکنند. مقدار تنظیمی این رله باید به گونه ای باشد که ۹۵ درصد از سیم پیچ استاتور را حفاظت نماید. لازم بذکر است که احتمال وقوع اتصالی در ۵ درصد نزدیک به نقطه ستاره به دلیل ولتاژ کم آن، بسیار کم است.



نکته : هیچ کدام از طرح های فوق پوشش حفاظتی ۱۰۰ درصد سیم پیچ را انجام نمی دهند.

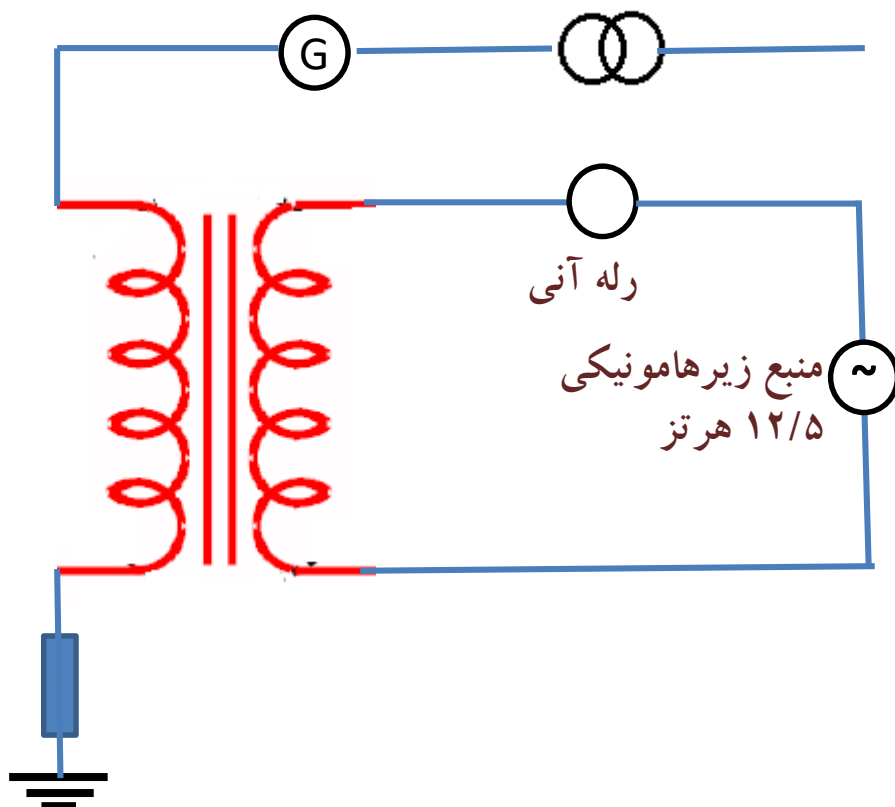


➤ حفاظت ژنراتورها

حفاظت ژنراتور- اتصال زمین ۱۰۰٪

1 تزریق ولتاژ زیرهارمونیکی

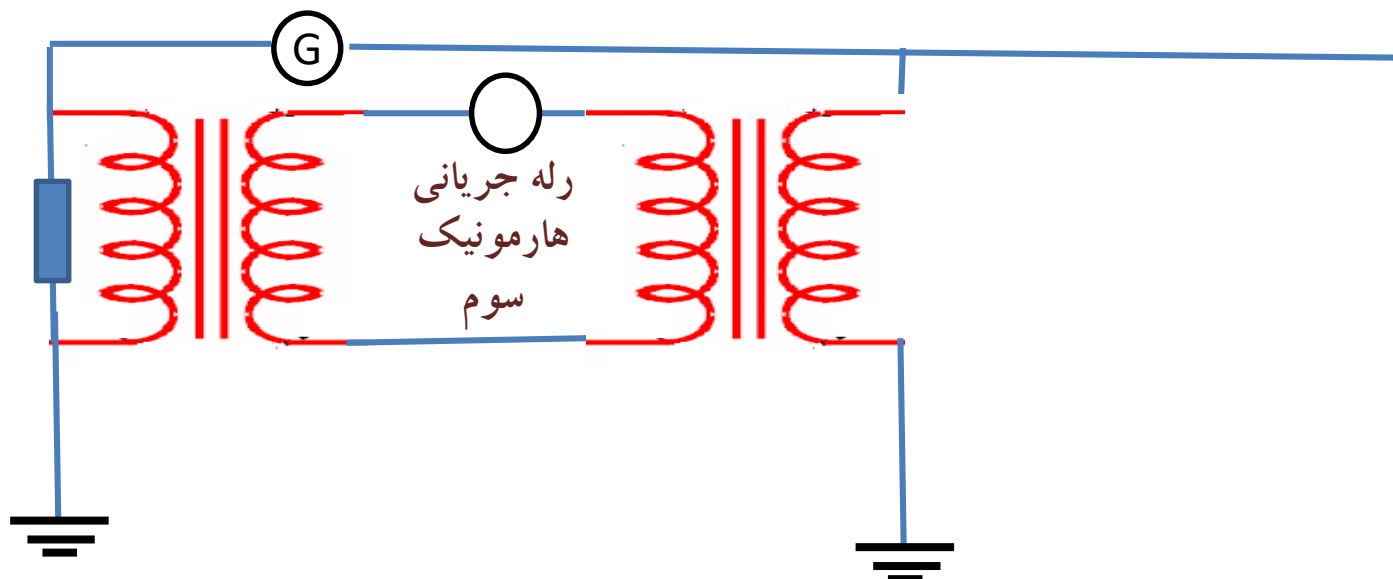
- افزایش جریان زیر هارمونیکی عبوری از رله به ازای وقوع اتصال زمین در همه نقاط بخصوص در نزدیکی نقطه نوترال





2 مقایسه ولتاژ هارمونیک سوم در نقطه نوترال و خروجی

- تغییر مقدار نسبت ولتاژ هارمونیکی خروجی ژنراتور با وقوع اتصال کوتاه





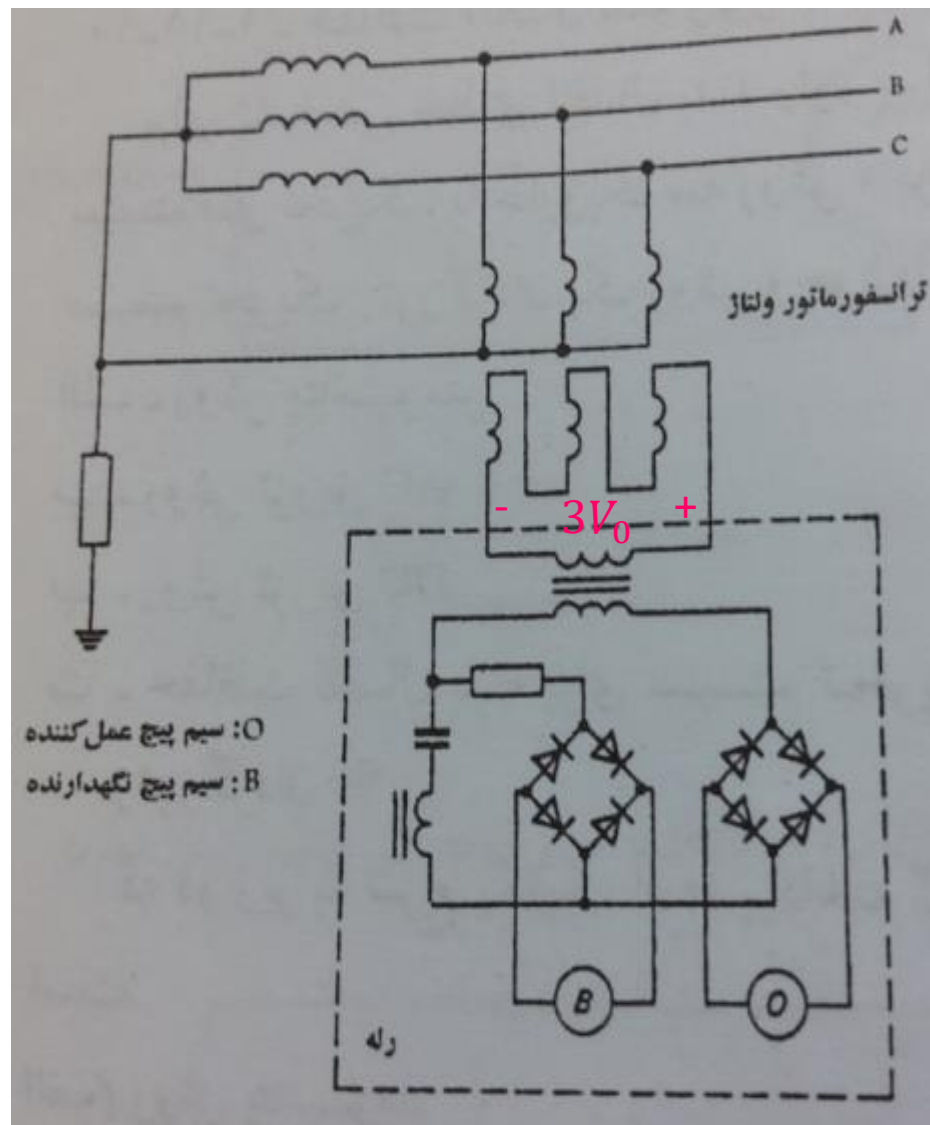
➤ حفاظت ژنراتورها

• حفاظت اتصال حلقه

- در ژنراتورهایی را که در هر فاز یک سیم پیچ دارند می توان با اندازه گیری ولتاژ توالی صفر، خطای اتصال حلقه را تشخیص داد. در شرایط عادی، نباید مولفه توالی صفر وجود داشته باشد ولی با بروز اتصال بین دو یا چند حلقه در یک فاز، نیروی محرکه تولیدی دارای مولفه صفر خواهد شد.

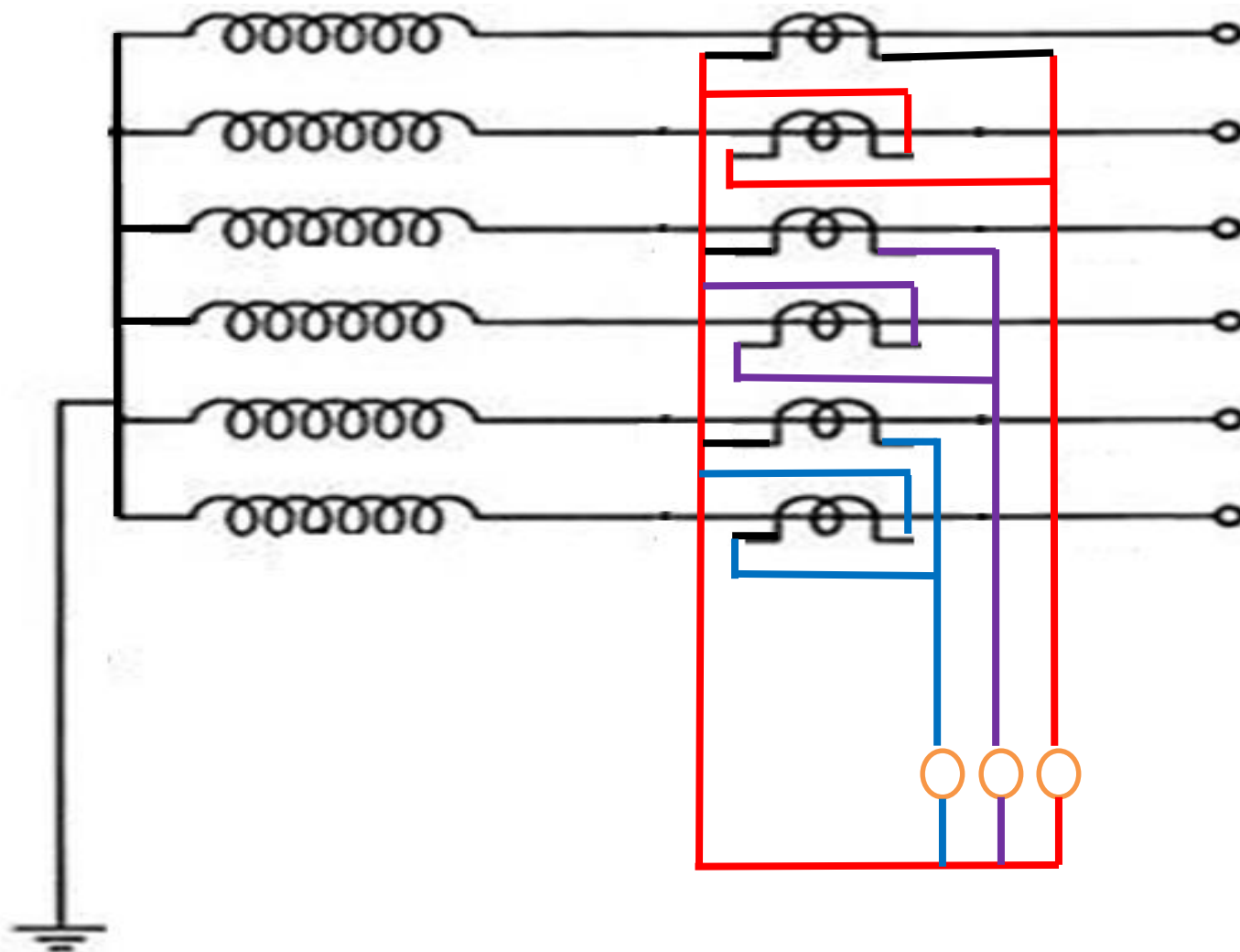
۱- مولفه هارمونیک سوم، بخش بزرگی از نیروی محرکه توالی صفر را تشکیل می دهد. و به احتمال زیاد اندازه آن بیش از مقدار تنظیمی رله است. بنابراین برای جلوگیری از عملکرد اشتباه رله، یک فیلتر هارمونیک سوم در خروجی PT (برای تغذیه سیم پیچ مقاوم B) قرار می گیرد.

۲- چون اتصال زمین در شبکه نیز می تواند بر رله اثر داشته باشد، در ژنراتورهایی که به صورت مستقیم به شبکه متصل هستند، این رله از نظر زمانی با رله اتصال زمین شبکه باید هماهنگ شود (این هماهنگی در ژنراتورهای متصل از طریق ترانسفورماتور مثلث / ستاره ضرورتی ندارد)

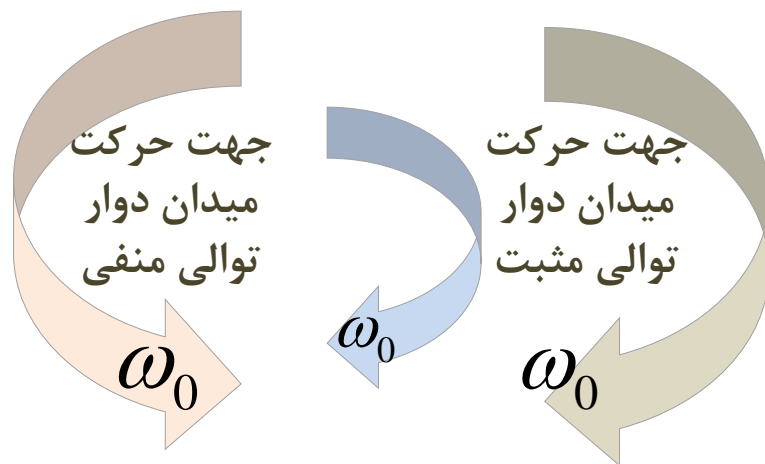




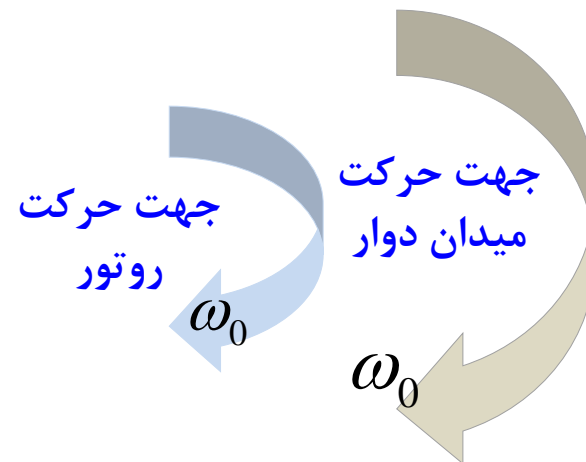
❑ تشخیص جریان دیفرانسیلی ناشی از اتصال حلقه در ژنراتورهای بزرگ
(بایاس درصدی)



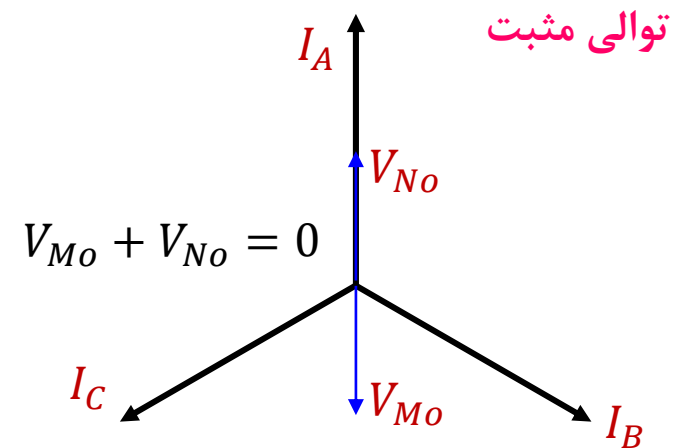
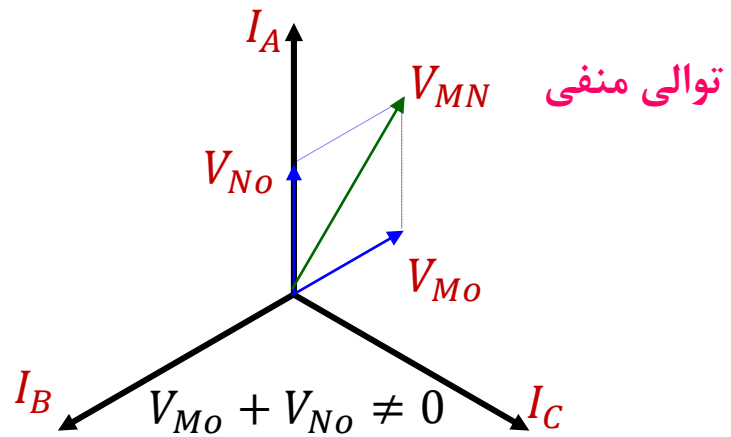
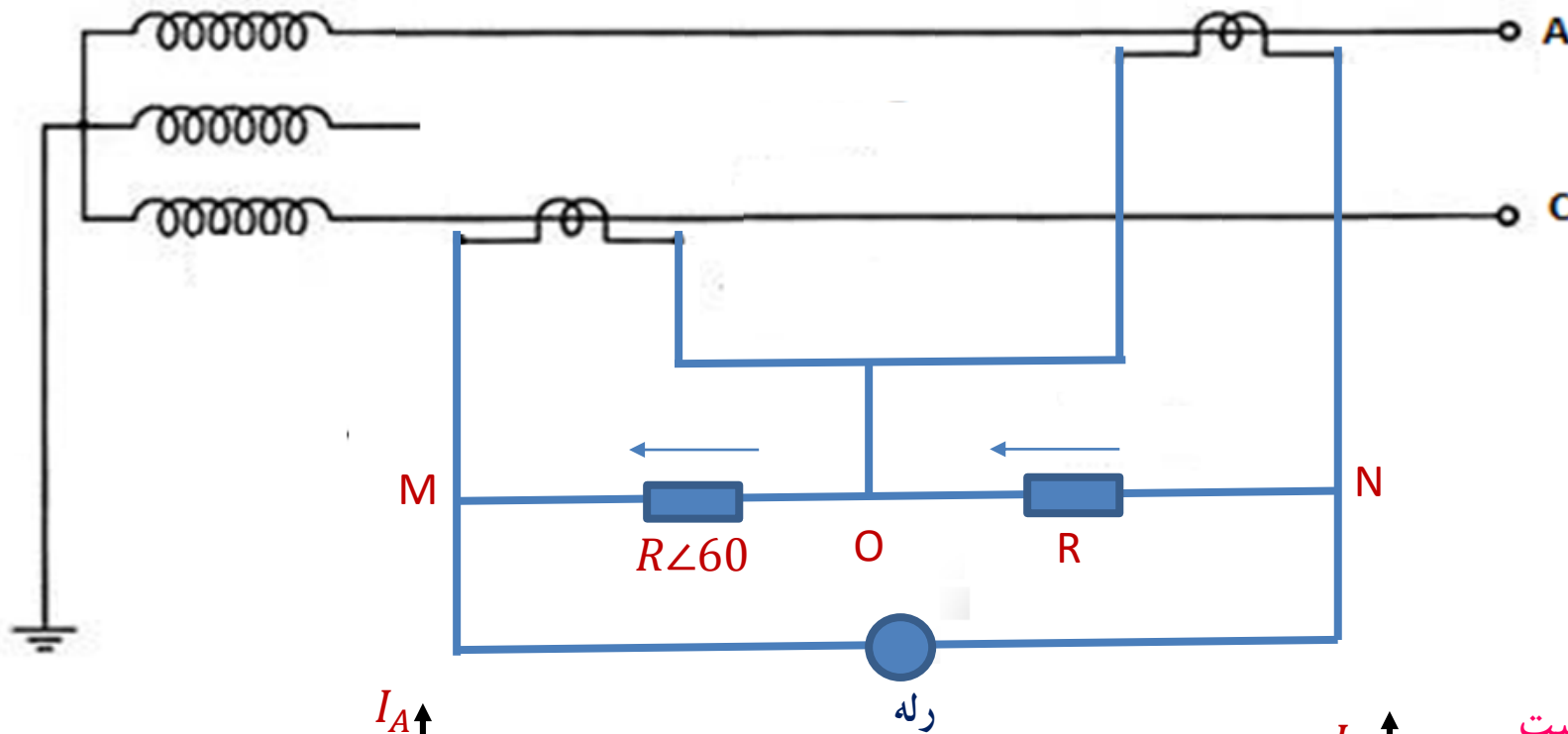
در بار نامتعادل



در بار متعادل



□ رله توالی منفی:



۱- اتصال زمین

۲- قطع تحریک

۱- اتصال زمین روتور

- چون مدار تحریک، مداری ایزوله است اولین اتصالی دیده نمی شود.

- ولی دومین اتصالی بخشی از سیم پیچ تحریک را اتصال کوتاه کرده و از مدار خارج می کند.

خسارات ناشی از اتصال زمین:

۱- افزایش سریع درجه حرارت هادی مدار تحریک

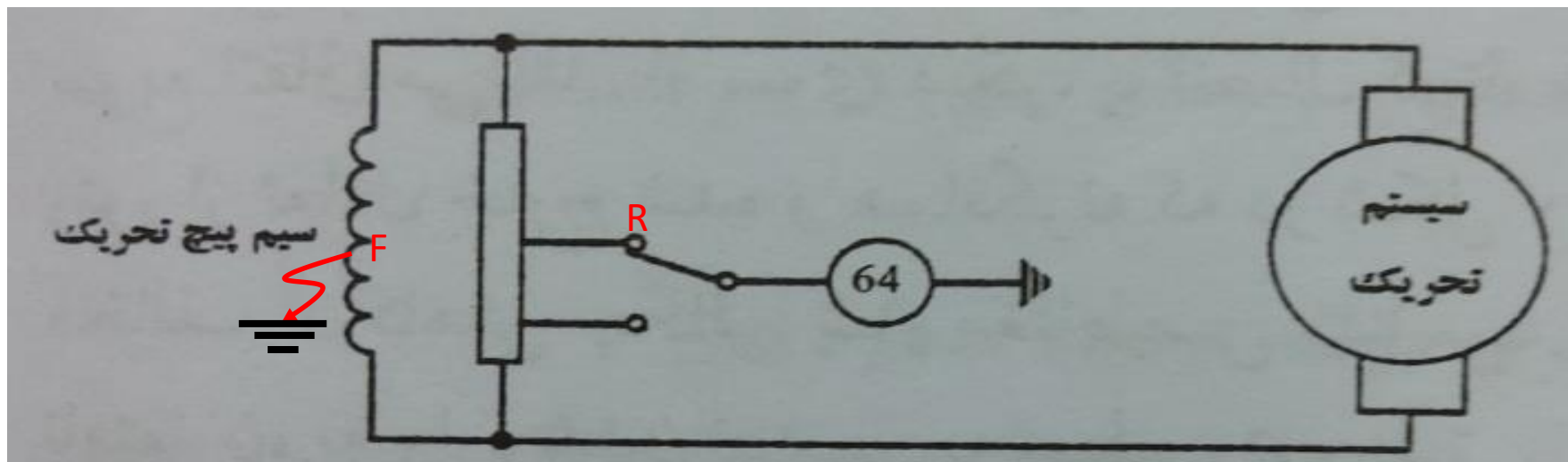
۲- برهم خوردن تعادل مکانیکی در چرخش روتور



➤ حفاظت ژنراتورها-روتور

- **روش عمومی حفاظت:** ایجاد اولین اتصال زمین در مدار تحریک بطور عمدی و اعلام خطر به ازای اولین عملکرد رله
- ✓ اتصال زمین روتور

1. روش پتانسیو متری: این روش برای حفاظت DC مثل باتری خانه پست‌ها روش مناسبی است.



- اختلاف پتانسیل میان نقاط **F** و **R** باعث عبور جریان از رله می‌شود.

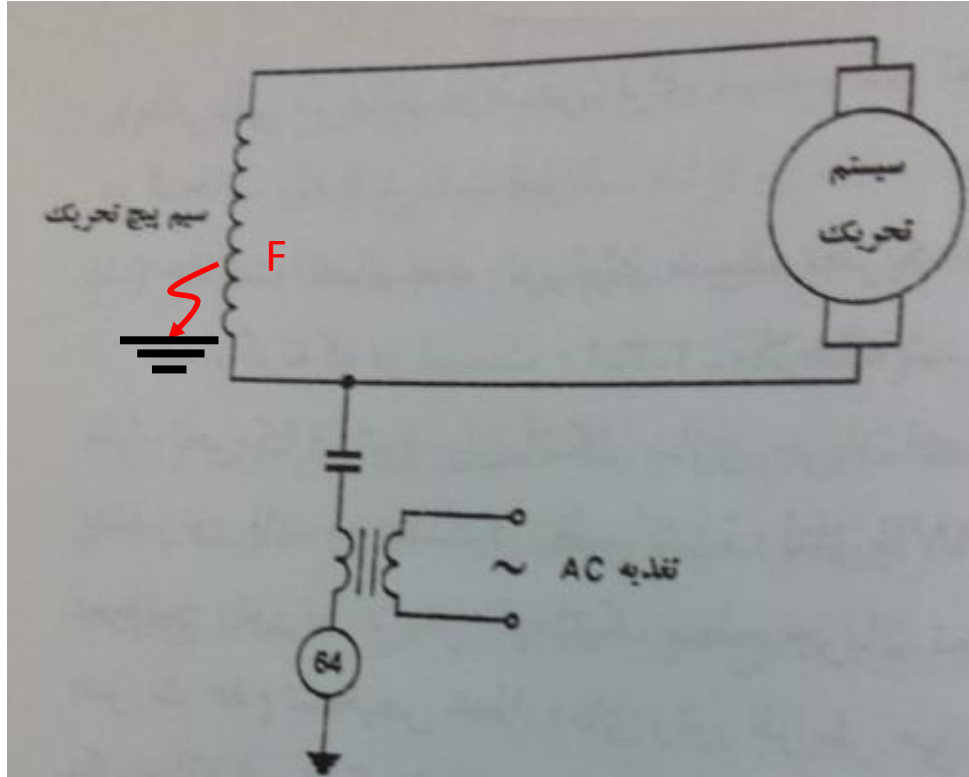
$$I_{set} < \frac{V_R - V_F}{Z_{RF}}$$

حل مشکل: برای اختلاف پتانسیل کوچک (برای نقاط اتصالی در وسط سیم پیچ یا نزدیکی آن) که ایجاد منطقه کور می‌کند می‌توان نقطه اتصال رله به صورت خودکار تغییر کند.

- مقدار ولتاژ تنظیمی رله در ۵ درصد ولتاژ نامی تحریک و مقاومت با توان بیش از ۶۰ وات مناسب است.

➤ حفاظت ژنراتورها-روتور ✓ اتصال زمین روتور

۱. روش تزریق AC: با وقوع اتصالی، امکان عبور جریان AC فراهم می شود.



خازن، دامنه تحریک را محدود می کند و ولتاژ DC تحریک را از رله ایزوله می نماید و از تخلیه جریان میدان از طریق رله جلوگیری می کند.

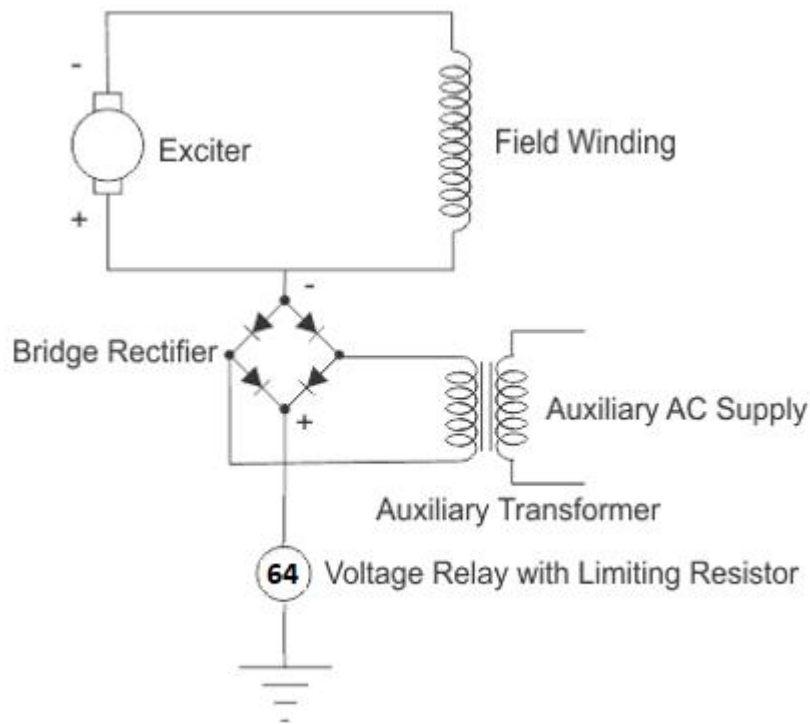
مزیت نسبت به روش پتانسیومتری:
نداشتن نقطه کور در سیم پیچ تحریک

عیب:

جریان های ناشی از طریق خازن های ناشی به بدنه و از بدنه روتور در محل اتصال مکانیکی به زمین و یاتاقان ها، باعث خوردگی می شود.

حل مشکل: استفاده از عایق مناسب در محل اتصالات مکانیکی

۲. روش تزریق DC: در این مدار اتصال بدنه در هر نقطه روتور به عبور جریان از رله ۶۴ منجر می شود.



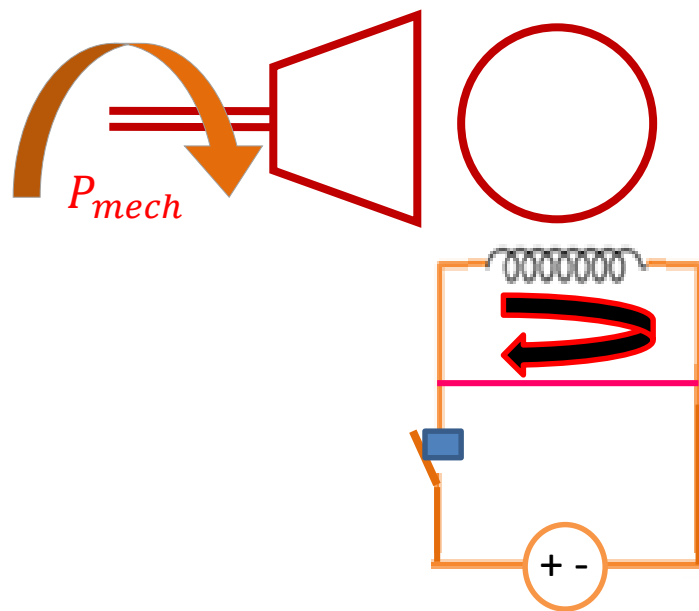
برای اجتناب از ایجاد جریان های خازنی در روش تزریق AC، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را می توان توسط یک پل دیودی یکسو کرد. دامنه تحریک را محدود می کند و ولتاژ DC تحریک را از رله ایزوله می نماید و از تخلیه جریان میدان از طریق رله جلوگیری می کند.

نکته:

برای جلوگیری از صدمه دیدن رله بهنگام وقوع خطا و عبور جریان سیستم تحریک از رله، از مقاومت محدود کننده بطور سری با رله استفاده می شود (مقاومت بالا در حدود چند ده کیلو اهم)

✓ قطع تحریک (Loss of Excitation)

LOE



$$P_{elec} = 0$$

$$\omega_0 = \omega_0 + \Delta\omega$$

ژنراتور با سرعتی بیش از سرعت سنکرون به کار خود ادامه می‌دهد.
در این شرایط، ژنراتور قطع تحریک شده از شبکه توان راکتیو زیادی می‌کشد.

۱. ژنراتور قطع تحریک شده یکی از ژنراتورهای شبکه است.	۱. تنها ژنراتور شبکه قطع تحریک شده	
عملکرد آسنکرون (بدلیل جریان اتصالی در بدنه روتور و سیم پیچ‌های میرایی)	افزایش سرعت روتور و خروج از سنکرون	۱- اتصال باز
عملکرد آسنکرون	افزایش سرعت روتور و خروج از سنکرون	۲- اتصال کوتاه

۱- قطع تحریک در ژنراتور تحریک

۲- اتصال کوتاه مدار تحریک

الف- اتصال کوتاه

۱- قطع تصادفی کلید مدار تحریک

۲- اتصال ضعیف در ذغالها

۳- خرابی اتصال در کلید مدار تحریک

ب- مدار باز

علل وقوع قطع تحریک:

مشکلات ناشی از قطع تحریک:

- افزایش درجه حرارت سیم پیچهای استاتور

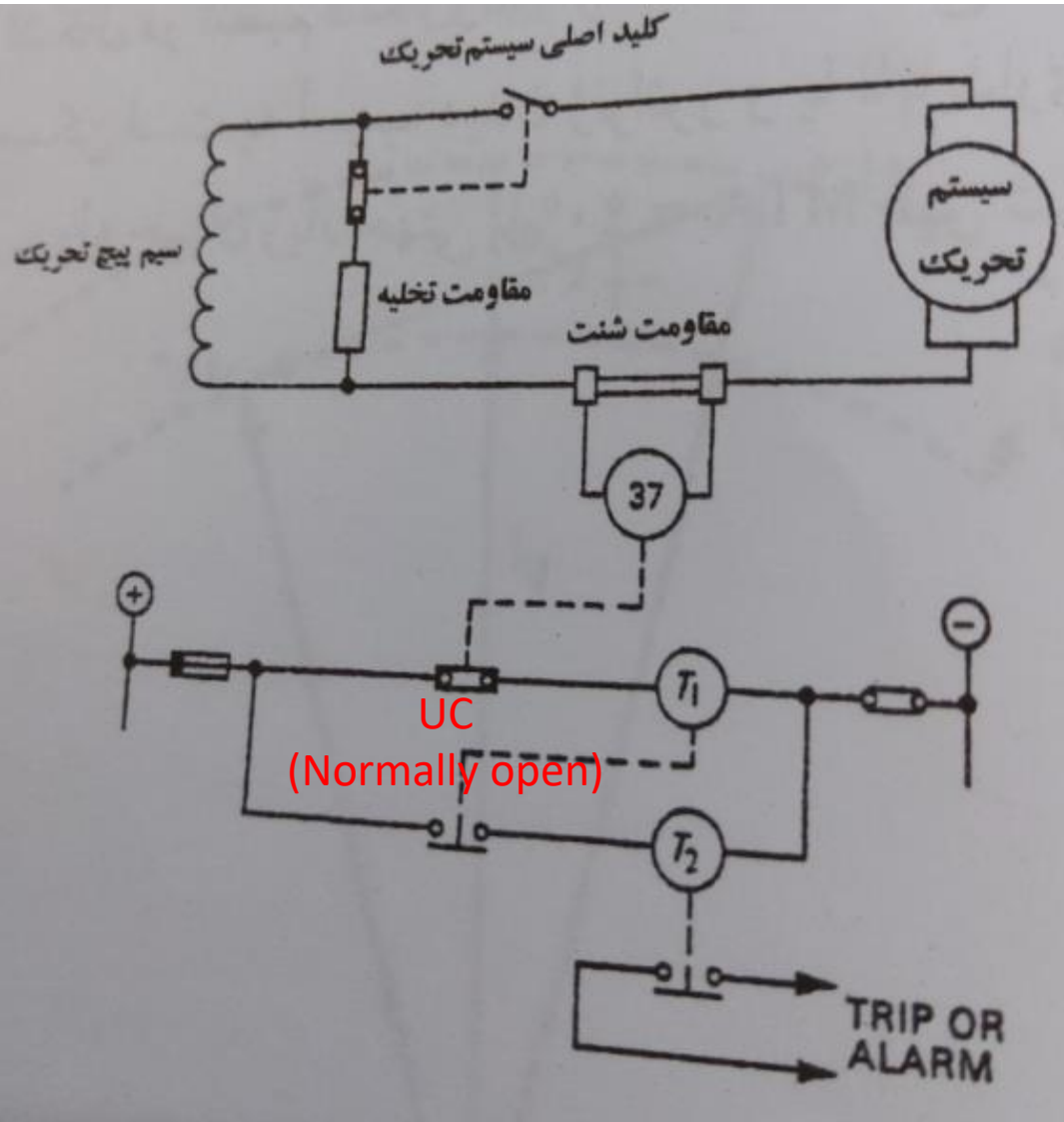
✓ برای آشکارسازی قطع تحریک روش‌های زیر وجود دارد:

۱. استفاده از رله جریان کم: (در ژنراتورهای کوچک)

این روش برای ژنراتورهای کوچکی که در مدت طولانی تری می‌توانند بصورت آسنکرون بهره برداری شوند بکار می‌رود (و همچنین برای ژنراتورهای بزرگی که با جریان‌های تحریک کوچک بهره برداری می‌شوند). مقدار تنظیمی این رله باید از حداقل جریان تحریک کمتر باشد (۵٪ جریان تحریک نامی).

نحوه عملکرد:

کنتاکت بسته رله جریان کم در شرایط قطع و یا کاهش شدید جریان تحریک، کنتاکت خود در مدار رله زمانی T_1 را خواهد بست. رله T_1 به سرعت رله T_2 را تحریک می‌کند که با زمان تاخیری قابل تنظیم ۲-۱۰ ثانیه فرمان قطع صادر می‌نماید. رله T_1 یک رله تاخیر در قطع می‌باشد که برای پایدارکردن رله در برابر اثر فرکانس لغزشی تعبیه شده است.





حفاظت ژنراتورها-روتور

✓ برای آشکارسازی قطع تحریک روش‌های زیر وجود دارد:

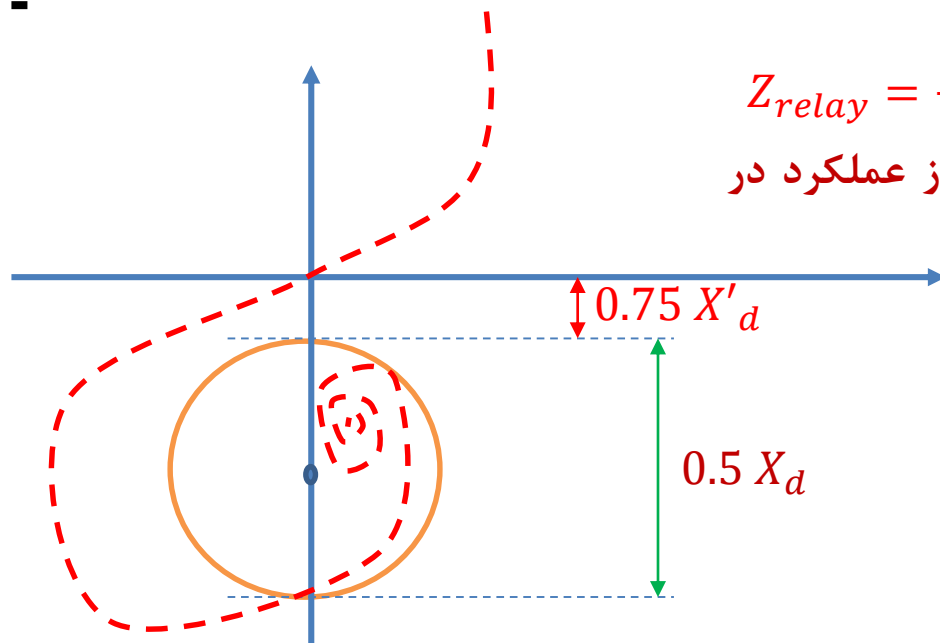
۲. استفاده از رله دیستانس در خروجی ژنراتور



-در قطع تحریک امپدانس دیده شده توسط رله:

$$Z_{relay} = -Z_G$$

تنظیم زمانی رله: ۰/۵ تا ۰/۶ ثانیه برای جلوگیری از عملکرد در برابر نوسان‌های پایدار



نکات:

- ۱- رله نباید در نوسان بار فعال شود.
- ۲- رله نباید در نوسان توان فعال شود.

در یک ژنراتور اگر سوخت و تحریک همزمان قطع شود، ژنراتور به موتور القایی تبدیل شده و بر اثر کاهش سرعت، استاتور بر روی روتور جریان القاء می‌کند و باعث ذوب شدن روتور می‌گردد. اگر فقط سوخت قطع شود و تحریک باقی باشد ژنراتور به موتور سنکرون تبدیل شده و با سرعت سنکرون شروع به گردش می‌کند.

در نیروگاه‌های بخار، در اثر قطع سوخت توان کمی در حدود ۲ تا ۳ درصد توان نامی از شبکه کشیده می‌شود و از نظر الکتریکی خساراتی وارد نمی‌کند. اما از نظر مکانیکی پره‌ها به ذرات معلق به شدت برخورد کرده و موجب بالا رفتن درجه حرارت توربین می‌شود.

نیروگاه‌های آبی نیز به حفاظت در برابر موتوری شدن نیازمند است. زیرا پره‌های توربین در اثر پدیده کاویتاسیون (عبور سریع توربین از منطقه کم فشار (هوا) به منطقه پر فشار (آب)) تغییر شکل می‌دهند.

در لوله‌های بخار رسان توربین بخار ممکن است دو اشکال پیش آید:

-یکی اینکه در اثر ترکیدن و یا سوراخ شدن لوله بخار، عمل رساندن بخار به توربین قطع گردد. در این صورت اگر این ژنراتور بطور موازی با ژنراتورهای دیگر بسته شده باشد، از شبکه انرژی الکتریکی می‌گیرد و به صورت موتور به گردش خود ادامه می‌دهد و توربین را با دور سنکرون می‌گرداند.

- در حالت دوم ممکن است دریچه بخار بسته شده، ولی به دلیل جذب نبودن سوپاپ خروجی، بخار صد در صد قطع نگردیده باشد و مقداری بخار به داخل توربین نشت کند بطوریکه حجم بخاری که وارد توربین می‌شود بیشتر از مقداری باشد که برای گرداندن توربین بدون بار لازم است. در صورتیکه در این حالت ژنراتور از شبکه قطع گردد، توربین سرعت گرفته و دور آن آنقدر زیاد می‌شود که به اصطلاح سبب از جا کندن توربین و خرد شدن یاتاقان‌های آن می‌شود.

استفاده از رله برگشت وات راهگشا است.

✓ باس بار از نقاط حیاتی شبکه و محل توزیع بار است.

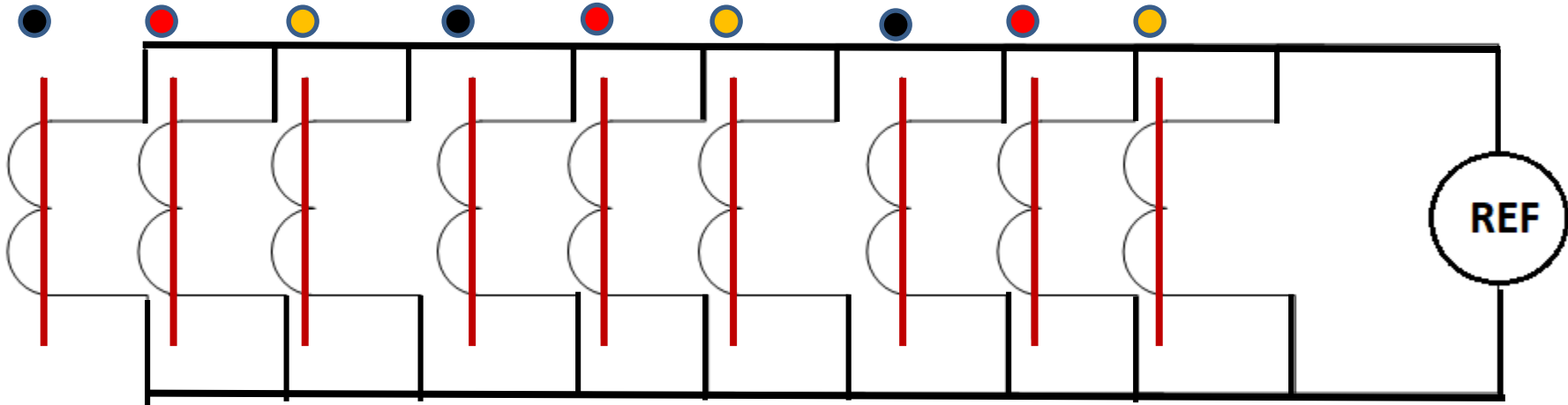
✓ اساس حفاظت باس بار

۱. حفاظت باس بار باید ساده، مطمئن باشد.
۲. حفاظت باید طوری انتخاب شود که شبکه پایدار بوده و از قطع غیر ضروری بار جلوگیری به عمل آید.
۳. حفاظت هر بخش باس بار امکان پذیر بوده و در برابر عیب فقط بخش معیوب خارج شود.
۴. سرعت عمل رله ها بالا باشد.

✓ استفاده از رله دیفرانسیل سریع:

- ۱- امپدانس زیاد بدون سیگنال مقاوم
- ۲- امپدانس پائین با سیگنال مقاوم

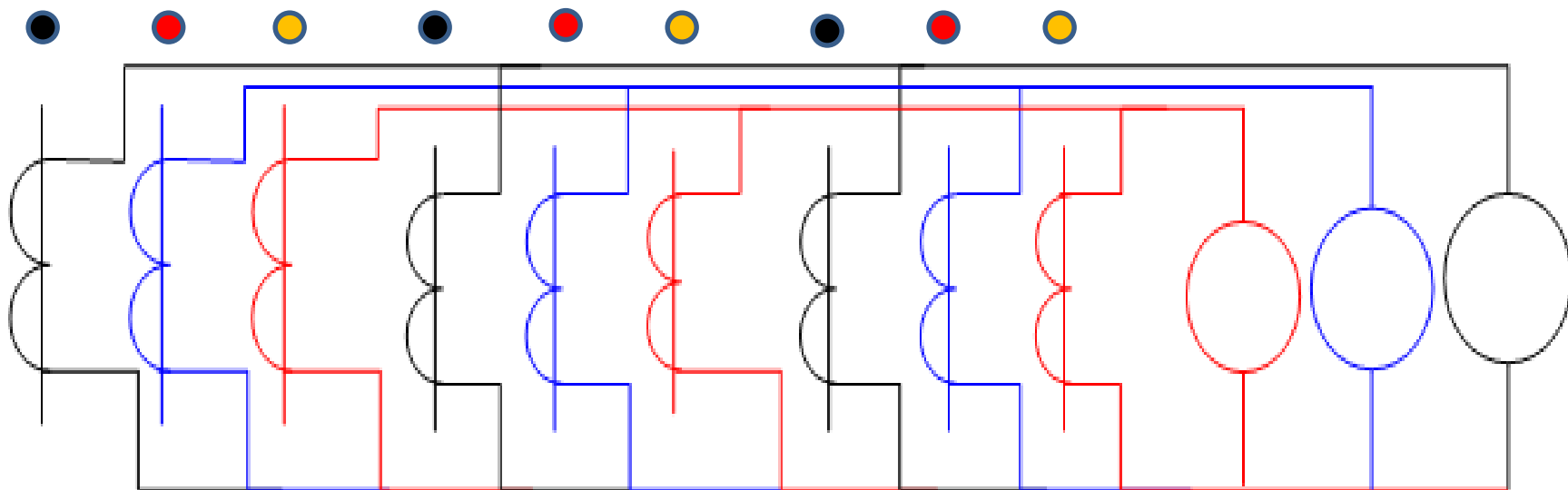
✓ اتصال زمین (Restricted Earth Fault)



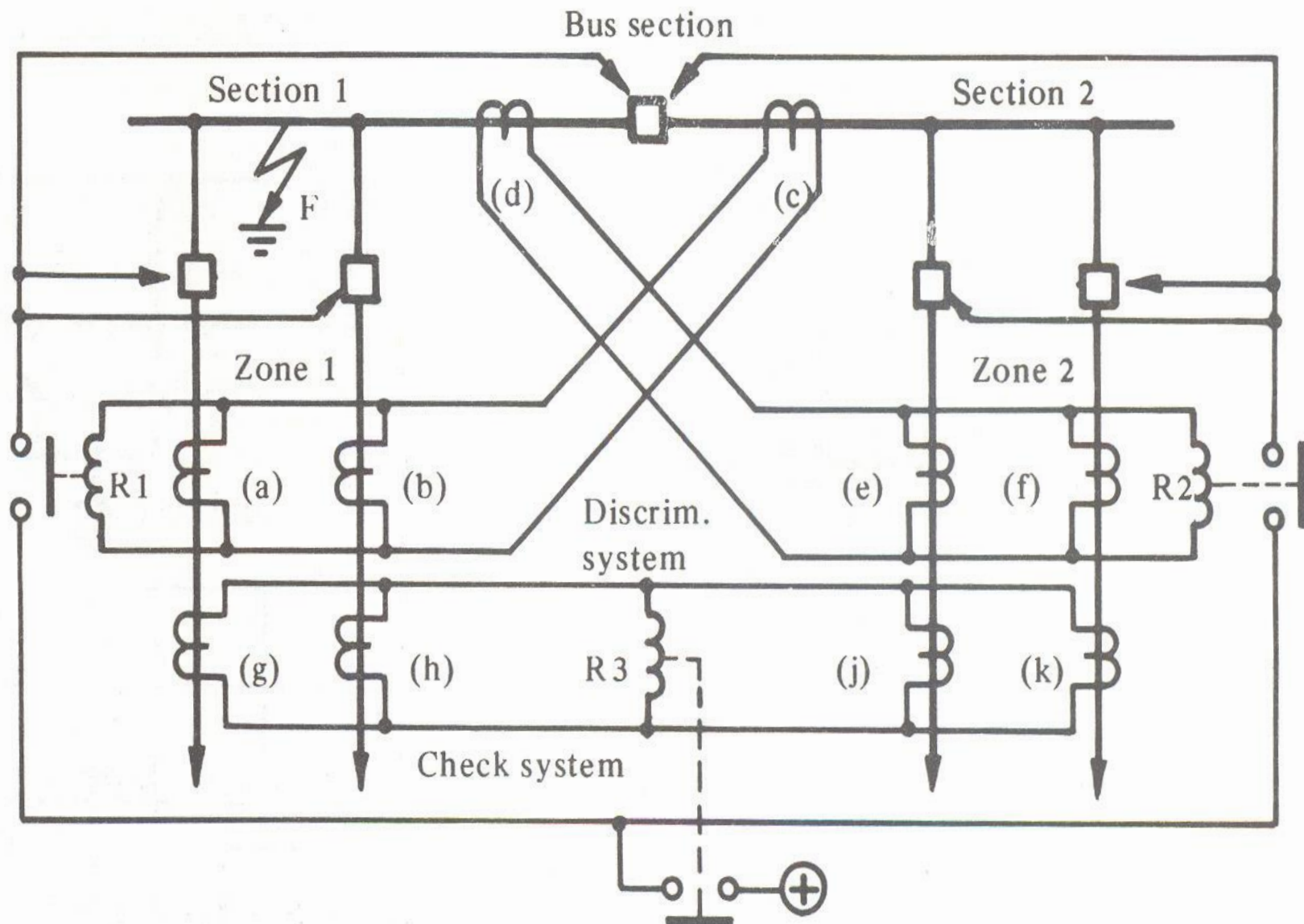
✓ اتصال کوتاه داخلی دو فاز و سه فاز توسط این رله دیده نمی شود.

➤ حفاظت شین ها

✓ اتصال فاز



✓ نمونه ای از تعبیه سیستم حفاظت بر روی شین مقطع





با آرزوی سلامتی، بهروزی و موفقیت