بسمه تعالی

رله و حفاظت

فلسفه رله گذاری و حفاظت در سیستمهای قدرت

- معمولاً فکر می کنیم که یک سیستم قدرت الکتریکی ببر حسب قسمت های مهم و مؤثرش،نیروگاه های بزرگ، ترانسفورماتورها، خطوط فشار قوی و ...می باشند، اما اجزاء ضروری و مهم دیگری نیز وجود دارد.که رله های حفاظتی یکی از این اجزاء می باشند.
- نقش رله ها
- 1– بهره برداری عادی
- بهره برداری نرمال: فرض عدم شکست الکتریکی دستگاه ها، عدم خطای اشخاص و عدم حوادث طبیعی.
- ۲– پیشگیری از شکست الکتریکی
- ۳– کاهش تأثیرات شکست الکتریکی

POWEREN.IR

- در سیستم های قدرت شکست دستگاه هـــای الکتریکـــی ، قطعی های تحمل ناپذیری را باعث می شوند. جهـــت بـــه حداقل رسانیدن آسیب به دستگاه ها و همچنین کـــاهش قطعی ها در زمان رویداد خطادو راه چاره وجود دارد :

- ۱– یکی کردن مشخصات طراحی برای جلوگیری از شکست .

- ۲– کم کردن تأثیرات شکست وقتی که خطا رخ می دهد.

POWEREN.IR

- **از دو راه ذکر شده کدام مناسب تر است؟**
- **در سیستم های قدرت مدرن، درجات مختلفی از دو چاره به کار برده می شود. با توجه به شرایط خاص و ملاحظات اقتصادی، پیشرفت قابل توجه بسوی قابلیت اطمینان بیشتر در حال ادامه است.اتکا به سیستم الکتریکی، بطور فزاینده ای رو به افزایش است ، همزمان خطاهای سیستم و قطعی ها رو به کاهش ، اما پیشگیری کامل از خطا از لحاظ اقتصادی بسیار هزینه بر است و این خیلی سودمندتر است که اجازه دهیم بعضی از خطاها اتفاق بیافتد و پس از آن، به کاهش اثرات آن بپردازیم.**

POWEREN.IR
PowerEn.ir

پارامترهای پیشگیری از ایجاد خطا

- رعایت ضوابط عایق مناسب
- هما هنگی مقاومت عایقی اجزاء سیستم با مقررات برق گیرها ؟
- استفاده از سیم گارد مناسب بالای دکل ها با مقاومت پای دکل پایین
- طراحی برای مقاومت مکانیکی مناسب برای کاهش اثرات تابش و بـــه حداقل رساندن احتمال ایجاد خطا بوسیلهٔ حیوانات، پرندگان، آلودگی و غیره
- بهره برداری مناسب و استفاده از شیوه های مناسب تعمیرات و نگهداری

پارامترهای کاهش اثرات خطا

- محدود کردن جریان اتصال کوتاه ؟
- مقاومت بالا در برابر استرس های مکانیکی و پرداخت های حرارتی در برابر جریان های اتصال کوتاه
- تأخیر زمانی فالت Under Voltage بر روی بریکرها برای جلوگیری از خارج شدن بارها در برابر افت ولتاژهای لحظه ای
- رله های حفاظتی
- بریکرهای با ظرفیت قطع کافی (بالا)
- فیوزها
- ریکلوزر ؟
- AVR (کمک به پایداری سیستم)
- مشاهده، بررسی، ضبط، ثبت و نگهداری داده های مهم سیستم

- وقتی می گوییم رله ها حفاظت می کنند، منظورمان این است که رله ها با دیگر دستگاه ها، با هم به کاهش آسیب و بهبود سرویس دهی کمک می کنند.
- پس واضح است که هر یک از پارامترهای فوق، بستگی به دیگر پارامترها، برای موفقیت در به حداقل رساندن اثرات خطا دارد.
- « پس امکانات، توانایی و ملزومات کار بر روی رله های حفاظتی دستگاه ها، باید با دیگر پارامترها، مد نظر قرار گرفته شوند. » این جمله دارای تأکید است؛ زیرا گاهی اوقات، بعد از همهٔ ملاحظات طراحی، به فکر رله های حفاظتی دستگاه ها می افتند که بسیار اشتباه می باشد.

عملکرد رله هاي حفاظتي

- عملکرد رله های حفاظتی بدین شکل است که قسمتی از سیستم قدرت را که متحمل اتصال کوتاه شده است، یا زمانی که استارت می شود، در شرایط غیر نرمال که ممکن است به دیگر اجزاء سیستم آسیب برساند یا با بهره برداری مؤثر سیستم تداخل پیدا کند، را فوراً از سرویس خارج کند.
- دومین عملکرد رله های حفاظتی، تعیین و نشان دادن محل و نوع خطا می باشد.
- این داده ها نه فقط به سرعت در تعمیر و رفع خطا کمک می کند، بلکه با مقایسهٔ مشاهدات ثبت شده توسط اپراتورها و همچنین اطلاعات ضبط شده توسط اسیلوگراف اتوماتیک و آنالیز آنها، می توان عوامل مؤثر در پیشگیری از خطا و همچنین عوامل کاهش اثرات آن را شناسایی کرد.

POWEREN.IR

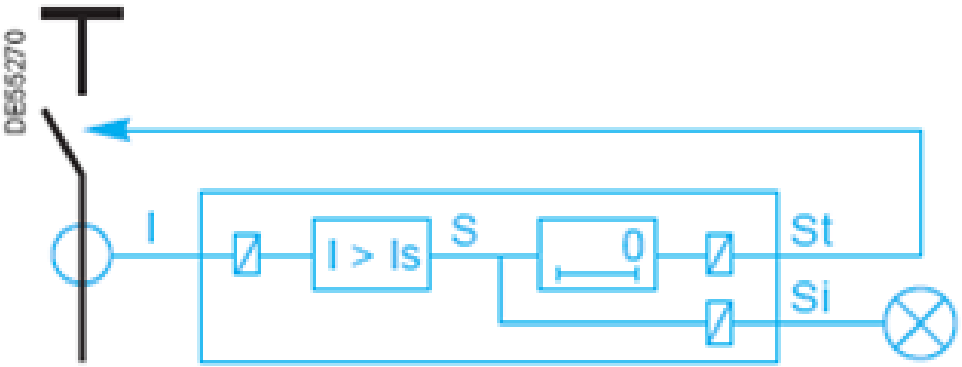
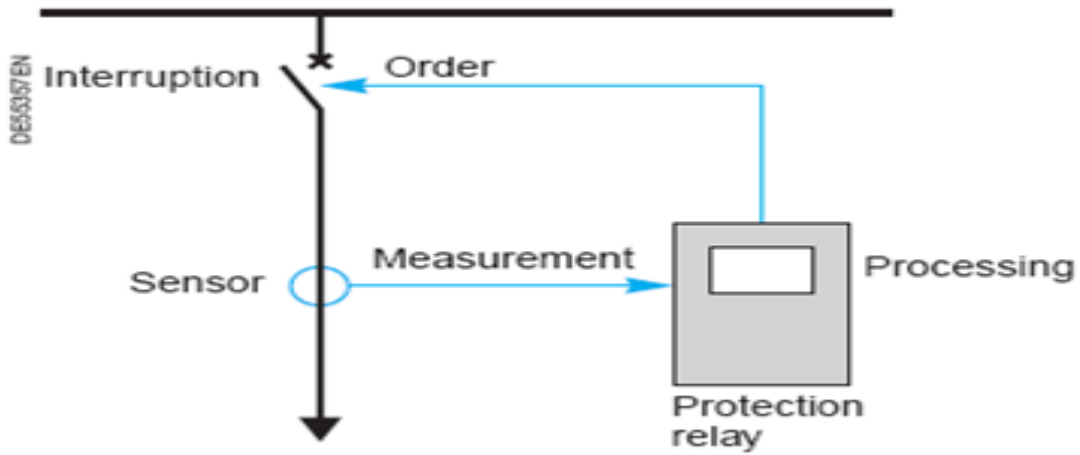


Fig. 1. Relay operating principle.
(example of ANSI 51 phase overcurrent protection relay)



PowerEn.ir

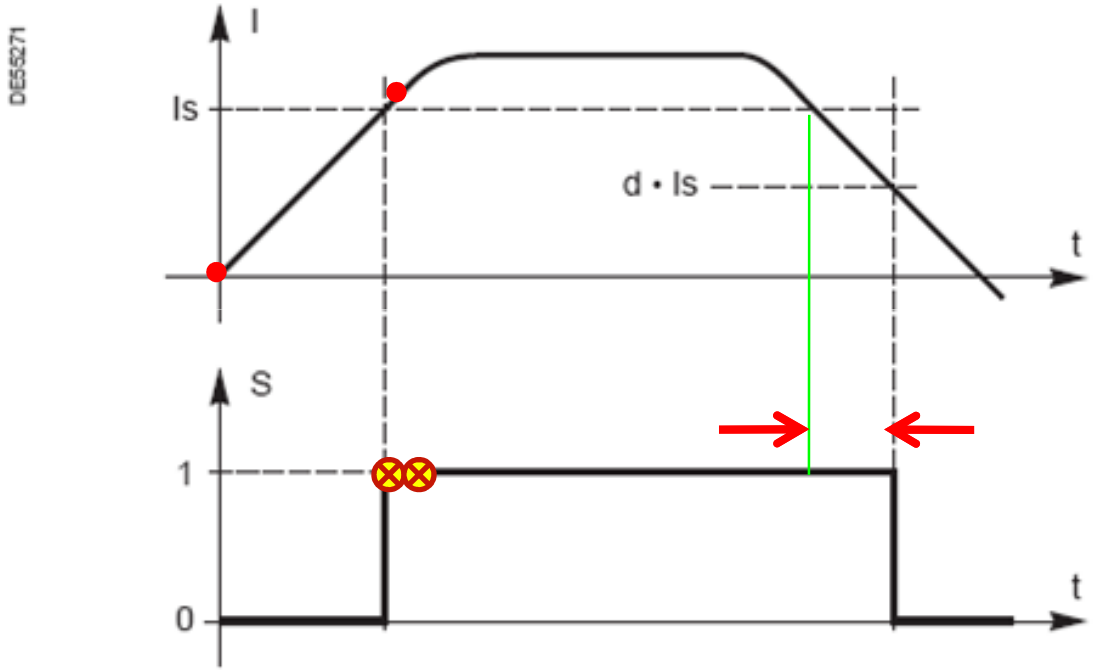


Fig. 3. Drop out/pick up ratio.

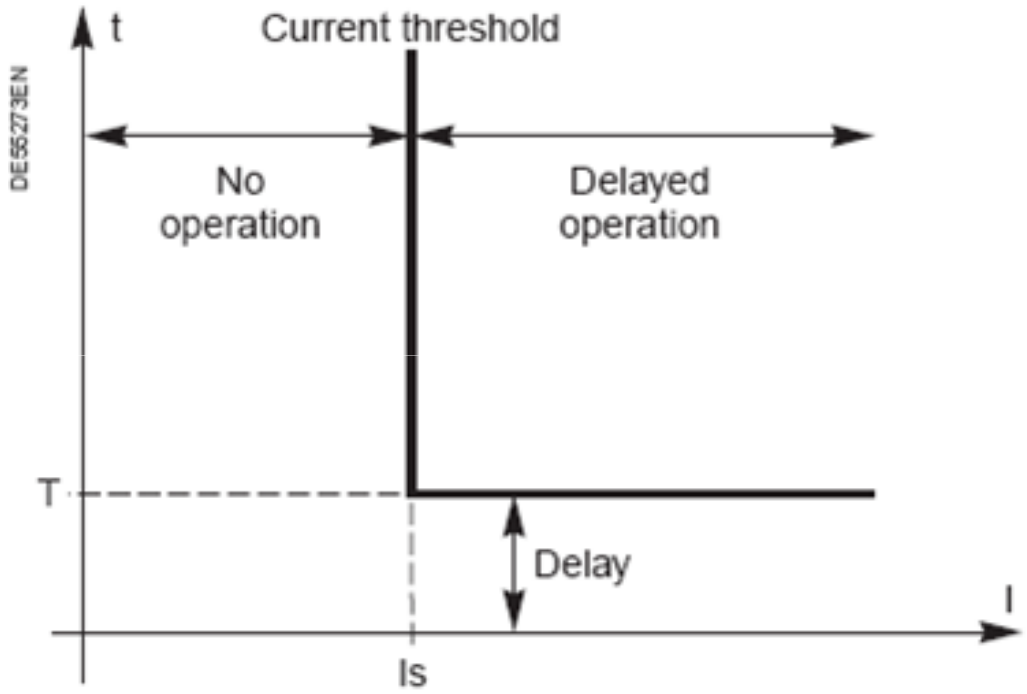
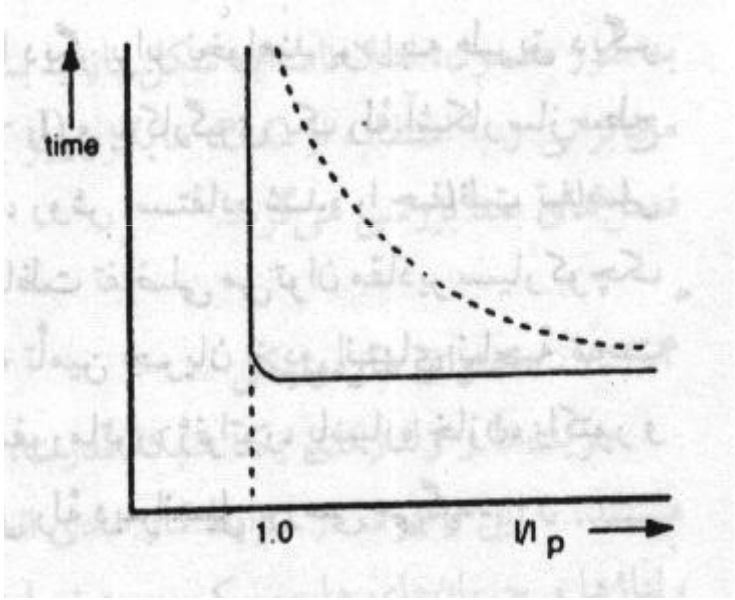
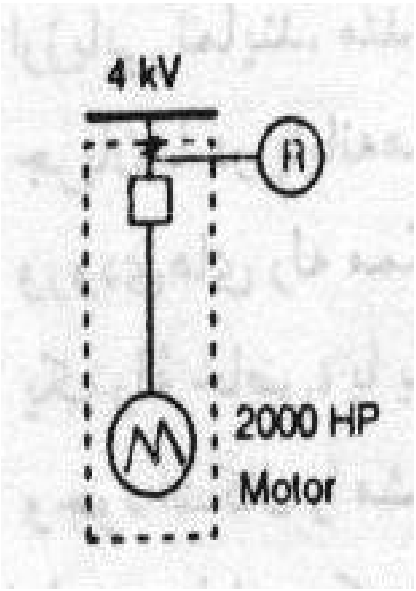


Fig. 1. Definite time tripping principle.

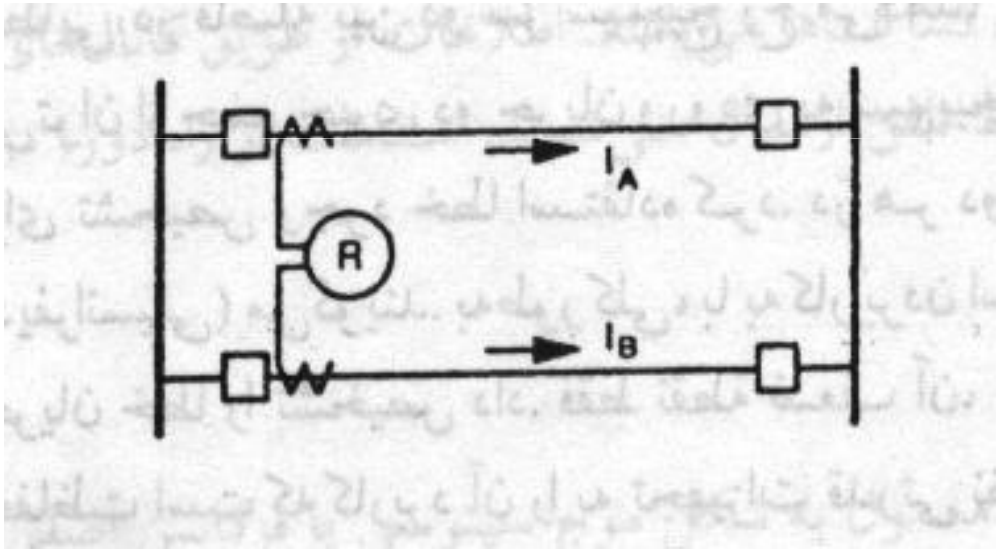
دسته بندی رله ها براساس نوع آشکار سازی خطا

- بر اساس دامنه

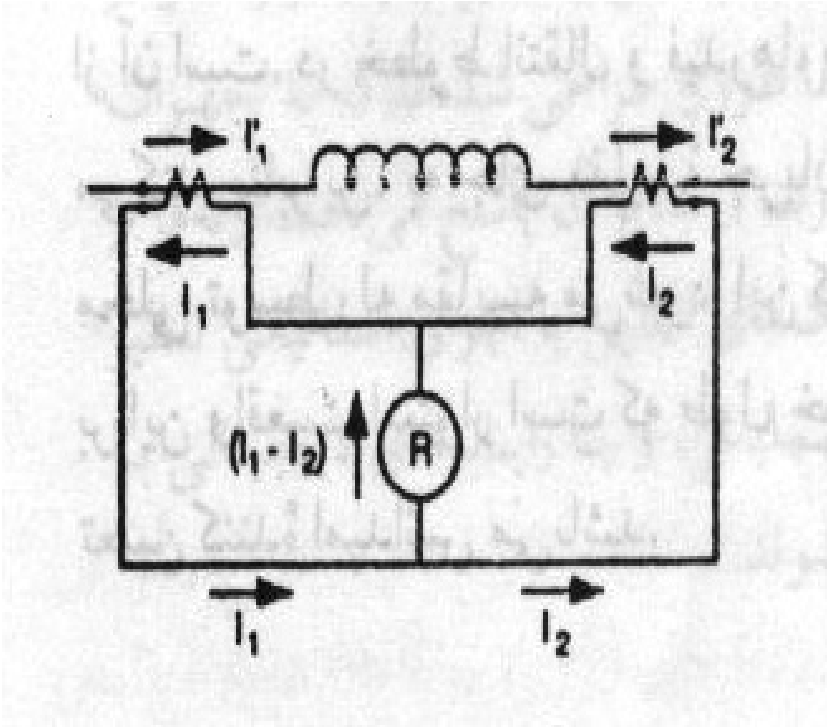




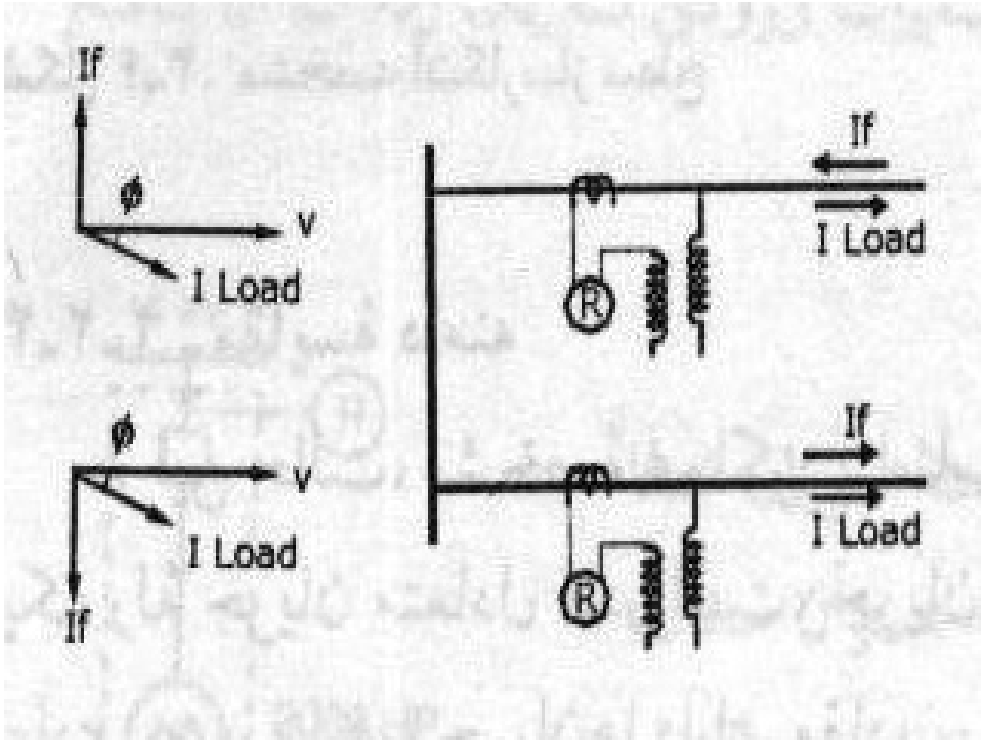
- **مقایسه دامنه**



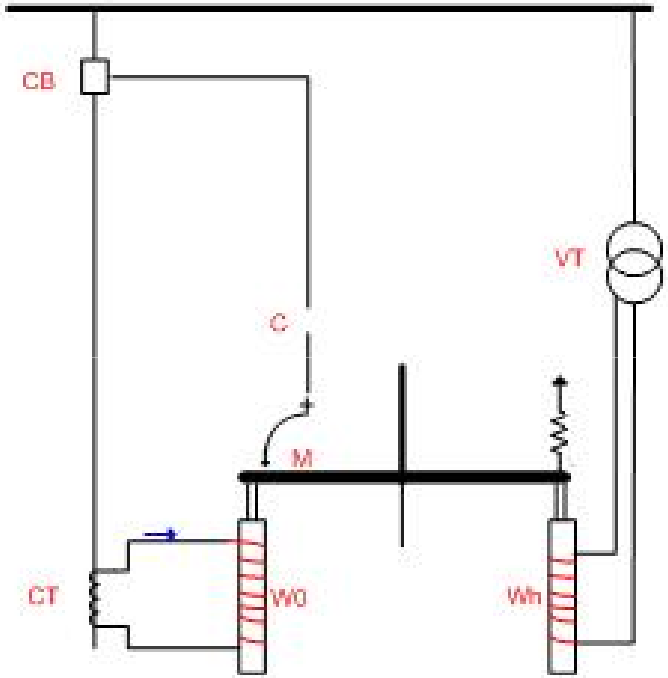
- **مقایسه تفاضلی**



- **مقایسه زاویه فاز**



- سنجش فاصله
- بر اساس هارمونیک
- سنجش فرکانس

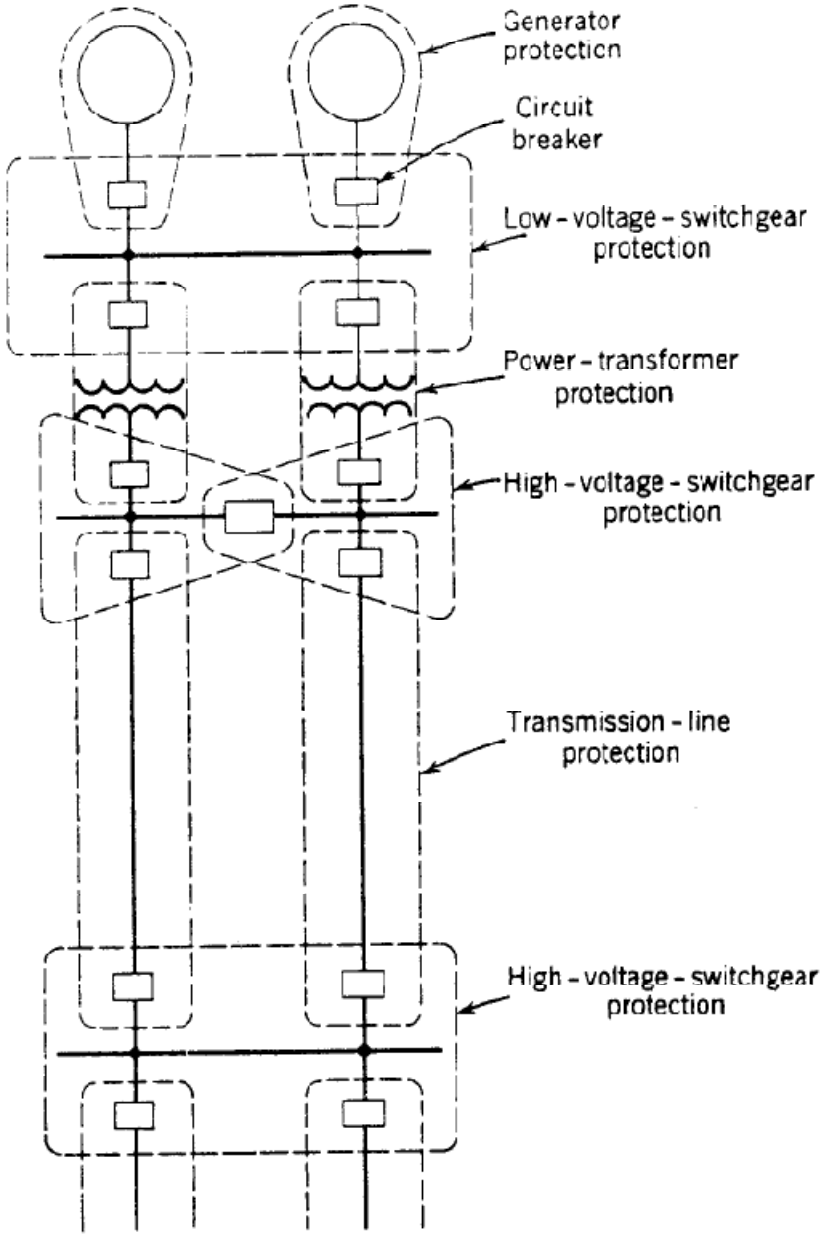


اطلاعات اساسی و ضروری برای طراحی در حفاظت

- **دیاگرام تک خطی و آرایش شبکه**
  - **اهمیت حفاظت لازم**
  - **عملکرد فعلی سیستم و استانداردها**
  - **ملاحظات توسعه آینده**
  - **اطلاعات امپدانس خطوط و ترانسفورماتورها و غیره**
  - **مطالعات خطا بر حسب** MAX ,MIN **جریانهای اتصالی**
  - **نسبت تبدیل و مکان نصب** CT **ها ،** PT **ها**
  - **پیک و حداقل بارهای سیستم**

چند اصطلاح در حفاظت

- **وسایل حفاظتی : CTها ، PTها ، وایرینگ AC و DC، فیوزها ، کلیدها .**
- **رله حفاظتی : برای تشخیص خطا، تولید آلارم و فرمان تریپ و...**
- **سیستم حفاظت : ترکیبی از وسایل حفاظتی که در شرایط غیر نرمال ارسال سیگنال آلارم و یا فرمان قطع و جدا سازی قسمت معیـــوب را عهده دارند.**
- **طرح حفاظت : چند سیستم حفاظتی هماهنگ شده برای حفاظت یک یا چند عنصر یا بخشی از سیستم را می گویند.**



- بریکرها را در محل اتصال اجزاء سیستم
- Zone هاي حفاظتي
- Overlap (قسمت مشترك دو Zone مجاور)

ویژگیهای اساسی یک سیستم حفاظتی

- قابلیت اطمینان
- سرعت
- ساده بودن
- فرق گذاری
- قابلیت انتخاب

- تفاوت قابلیت انتخاب و فرق گذاری؟

- **قابليت اطمينان:** اطمينان براي درجه عملكرد صحيح بر اساس Setting به هنگام لزوم و دوري از عملكرد بي جاي رله.
- رله هاي قابل اطمينان ، انتخاب صحيح حفاظت ، اصل اندازه گيري و تنظيم صحيح رله ها ، بررسي هاي به موقع و تنظيم سيستم حفاظت.

- **ساده بودن :** نشانه طراحي خوب از نظر كمترين تجهيزات و مدارات است . به طور معمول وسيله حفاظتي نبايد قيمتي بيش از ۵ درصد وسيله مورد حفاظت داشته باشد . با اين حال قابليت اطمينان در اولويت بيشتري نسبت به ملاحظات اقتصادي قرار دارد.

- **قابليت انتخاب:** سيستم حفاظت بايد سيستم قدرت را كاملا تحت پو شش قرار دهد و هنگام وقوع خطا نزديكترين كليدها قطع شود و بقيه سيستم به كار خود ادامه دهد كه بستگي به ZONE هاي حفاظتي ، حفاظت واحد؟ ، و طراحي سيستم دارد .
- عوامل مؤثر در سلكتويته عبارتند از: سيستم هاي درجه بندي شده زمان ، سيستم هاي واحد كه در حفاظت واحد محدوده خاصي را حفاظت كرده و به خطاهاي خارج از آن محدوده پاسخي نخواهد داد .

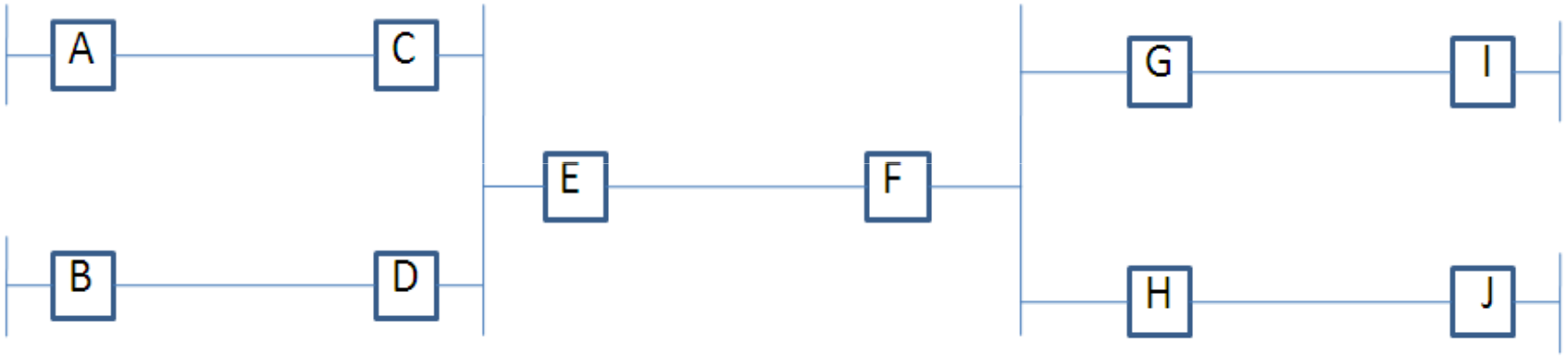
- **سرعت:** سيستم حفاظت بايد در كمترين زمان ممكن از تداوم خطا جلو گيري كند. كه اين عمل باعث پايداري كلي سيستم ، و باقي ماندن ديگر قسمتهاي سالم در سرويس بدون از دست رفتن سنكرونيزم مي شود .
- **فرق گذاری:** يعني حفاظت حساسيت كافي داشته و در شرايط خطا با كمترين جريان اتصال كوتاه عمل كرده و در بار حداكثر باقي بماند . بين خطا و اضافه بار تفاوت قايل شود و جريان مغناطيس كننده هجومي ترانسفورمر را تشخيص دهد .

حفاظت MAIN و حفاظت BACK Up

- در ZONEهای حفاظتی رله های مخصوص به خـــود ZONEجهـــت وجود خطا در آن ناحیه برای قطع کلیدهای ناحیه خود بکار میروند اما به این دلایل زیر ممکن است سیستم حفاظت عمل نکند :
- الف : عیب رله
- ب : قطع مدار تغذیه رله
- ج : اشکال در CTها وPTها
- د: اشکال در مکانیزم قطع کلید و غیره

- لذا برای افزایش اطمینان حفاظت اصلی پشتیبانی شده که از رله Back up استفاده میشود، حفاظت پشتیبان باید در زمان اشـــکال در حفاظـــت اصلی عمل کرده و در شرایط نرمال فاقد عملکرد باشد .

حفاظت MAIN و حفاظت BACK Up



Protection	ANSI code
Phase overcurrent (1)	50/51
Earth fault / Sensitive earth fault (1)	50N/51N 50G/51G
Breaker failure	50BF
Negative sequence / unbalance	46
Thermal overload for cables	49RMS
Thermal overload for machines (1)	49RMS
Thermal overload for capacitors	49RMS
Capacitor bank unbalance	51C
Restricted earth fault	64REF
Two-winding transformer differential	87T
Machine differential	87M
Directional phase overcurrent (1)	67
Directional earth fault (1)	67N/67NC
Directional active overpower	32P
Directional reactive overpower	32Q
Directional active underpower	37P
Phase undercurrent	37
Excessive starting time, locked rotor	48/51LR
Starts per hour	66
Field loss (underimpedance)	40
Pole slip	78PS
Overspeed (2 set points) (2)	12
Underspeed (2 set points) (2)	14
Voltage-restrained overcurrent	50V/51V
Underimpedance	21B
Inadvertent energization	50/27
Third harmonic undervoltage / 100 % stator earth fault	27TN/64G2 64G
Overfluxing (V / Hz)	24
Positive sequence undervoltage	27D
Remanent undervoltage	27R
Undervoltage (L-L or L-N)	27
Overvoltage (L-L or L-N)	59
Neutral voltage displacement	59N
Negative sequence overvoltage	47
Overfrequency	81H
Underfrequency	81L
Rate of change of frequency	81R
Recloser (4 cycles) (2)	79
Thermostat / Buchholz (2)	26/63
Temperature monitoring (16 RTDs) (3)	38/49T
Synchro-check (4)	25

Earthing

- **دلایل استفاده از سیستم ارت:**

۱- ایجاد ولتاژ مرجع جهت سیستم
- جلوگیری از ایجاد ولتاژ شناور
- جلوگیری از استرس های عایقی

Earthing

۲- آشکار سازی خطای تک فاز

- جریان خطا براحتی قابل اندازه گیری است.

- از دامنه جریان برای تریپ وسایل حفاظتی استفاده می شود.

۳- جلوگیری از ایجاد ولتاژ تماسی

۴- تخلیه اضافه ولتاژ

Earthing

- انواع زمین کردن :
- ۱ـ زمین کردن حفاظتی
- ۲ـ زمین کردن الکتریکی

- ۱ـ زمین کردن حفاظتی
- زمین کردن حفاظتی عبارت است از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم (فلزبه فلز) با مدار الکتریکی قرار ندارد . این زمین کردن بخصوص برای حفاظت اشخاص درمقابل اختلاف سطح تماس زیاد به کار گرفته می شود .

جريانهاي خطرناك؟

جریانهای تا ۰,۰۲ آمپر برای انسان قابل تحمل است .

جریانهای تا حدود ۰,۰۵ آمپر خطرناک و جریانهای از ۰,۱ آمپر بالا خطر جانی دارد .

برای افراد تا وزن ۵۰ کیلوگرم $I = \frac{۰/۱۱۶}{\sqrt{t}}$

برای افراد تا وزن ۷۰ کیلوگرم $I = \frac{۰/۱۵۷}{\sqrt{t}}$

(ولتاژ ۵۰ ولت متناوب برای محیطهای عادی زندگی و کار، حداکثر ولتاژی است که از نظر برق گرفتگی در ایران ایمن تشخیص داده شده است.)

- **۲ـ زمین کردن الکتریکی:**

- **زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه ای از دستگاه های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی ازمدارالکتریکی می باشد.**
  مثل زمین کردن مرکز ستارهً سیم پیچ ترانسفورماتور یا ژنراتور .
  که این زمین کردن بخاطرکارصحیح دستگاه و جلوگیری از ازدیاد فشار الکتریکی فازهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازهای دیگر با زمین است .

Earthing

- **Isolated Neutral**

- **Earthed Neutral**
  - **Resistance Earthing**
  - **Reactance Earthing**
  - **Compensation reactance Earthing**
  - **Solidly Earthed Neutral**

Isolated Neutral

- جريان خطا فقط خازني و ناچيز است. بعنوان مثال براي يك شبكة KV با كابل 150 كه ظرفيت خازني 3 0. دارد، اين جريان 2 A مي باشد.
- مزايا : باعث تريپ اتوماتيك مدار نمي شود.
- معايب :

-اضافه ولتاژ گذرا

- در صورت گرفتن يك فاز به زمين، ولتاژ بين زمين و فاز ديگر V_L مي شود.

-همچنين عايق گرانتر لازم مي شود .(؟)

-Insulation Monitoring Device (IMD) در زمان فالت اول همچنان باقي مي ماند.

- ابزار تشخيص فالت بايد حساس و قوي باشد. (؟)

- خطر Over V.

- **كاربرد :** سيستم هاي صنعتي ≤15KV
- اسپانيا، ايتاليا، ژاپن

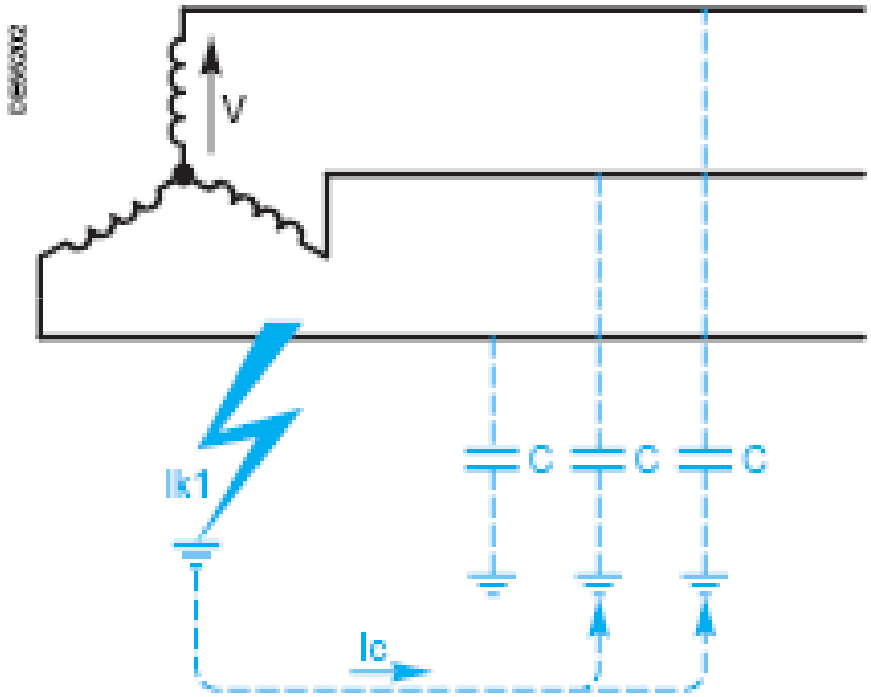


Fig. 1. Capacitive fault current in isolated neutral system.

Resistance Earthed Neutral

- در سيستم هاي صنعتي 15 – 50 A جريان خطا محدود مي شود. بايد جريان $2 I_C \leq I_{RN}$ باشد، تا اضافه ولتاژ هاي ناشي از Switching تخليه شوند.
- در سيستم هاي توزيع جريان خطا به 100~300 A محدود مي شود، براي تخليه Over Vهاي ناشي از صاعقه.
- **مزايا :** جريان خطاي محدود، اضافه ولتاژ رضايت بخش ، عايق بين فاز و زمين نيازي نيست.كه مثل عايق بين فاز و فاز در نظر گرفته شود ، حفاظت آسان و ساده مي باشد.

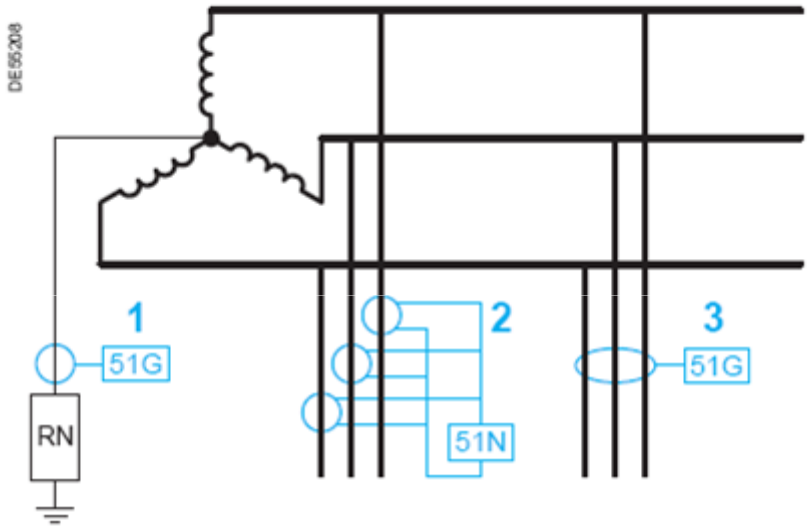


Fig. 5. Earth fault protection solutions.

Reactance Earthing

- جهت شبكه هاي بيشتر از 40 KV (Reactance)
- زيرا جريان خطا زياد بوده و مقاومت ايجاد حرارت زياد مي نمايد.
- در شبكه هاي توزيع جريان خطا را 300~1000 A محدود مي كنند تا اجازه دهد Over Voltage هاي صاعقه تخليه شوند.
- **مزايا :** دامنه جريان خطا را كاهش مي دهد ، فرق گذاري آسان تر است، انرژي حرارتي كمتري در سلف بوجود مي آيد و حجم سلف كوچكتر از مقاومت مي شود ، از نظر اقتصادي در H.V مناسب تر است.

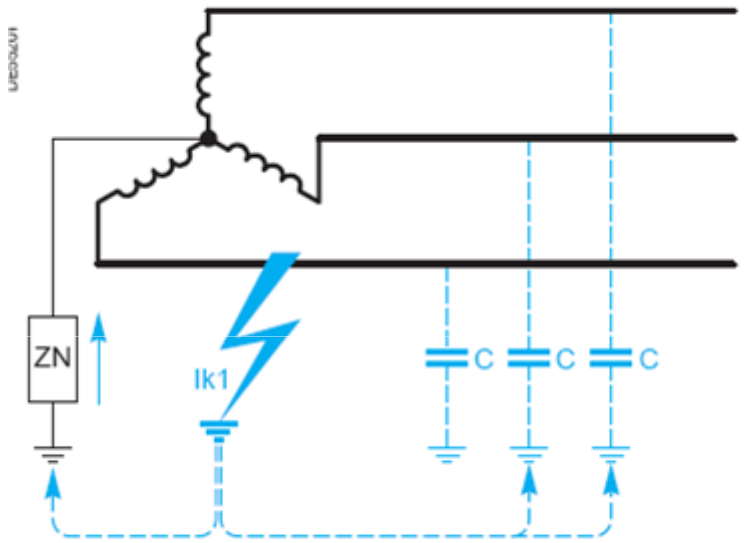


Fig. 1. Equivalent diagram of a power system with an earth fault.

- **معايب :** ادامة سرويس دهي بعد از Fault وجود ندارد و فالت بايد به زودي رفع شود ، زمان رفع فالت Over V ناشي از رزونانس زياد است. (بين خازنهای سيستم و سلف زمين)
- كاربرد در MV با جريان هاي چند صد آمپر

Compensation reactance Earthing

- جريان خطا تا صفر محدود مي شود. جريان مقاومت ناچيز است.
- **مزايا :** جريان خطا محدود مي شود حتي اگر كاپاسيتانس شبكه زياد باشد، بوسيلة سلف جبرانگر جريان زمين صفر مي شود. فالت اوليه بوسيلة جريان سلف تشخيص داده مي شود.
- **معايب :** قيمت سلف ارتينگ گران مي باشد. زيرا سلف براي جبران سازي نياز به تغيير دارد ، بايد مطمئن بود كه جريان خطا براي افراد و دستگاه ها خطرناك نباشد ، ولتاژ گذاري بالايي (Over Voltage) در زمان فالت ايجاد مي شود ، مرتب مراقبت نياز دارد ، فرق گذاري براي فالت اوليه مشكل است.(؟)
- **كاربرد :** شبكه هاي با ظرفيت خازني بالا.

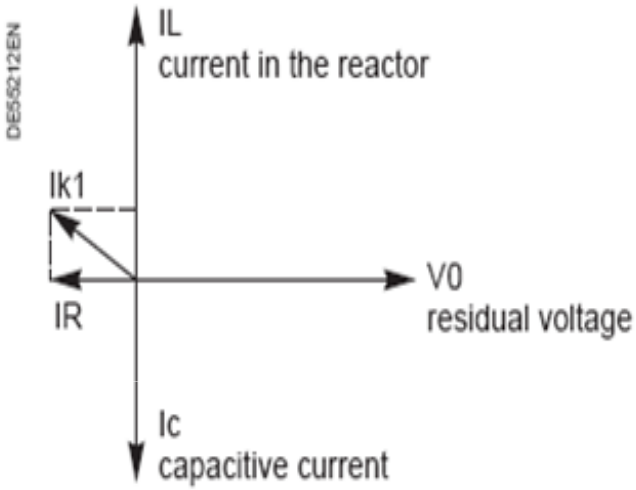


Fig. 2. Vector diagram of currents during an earth fault.

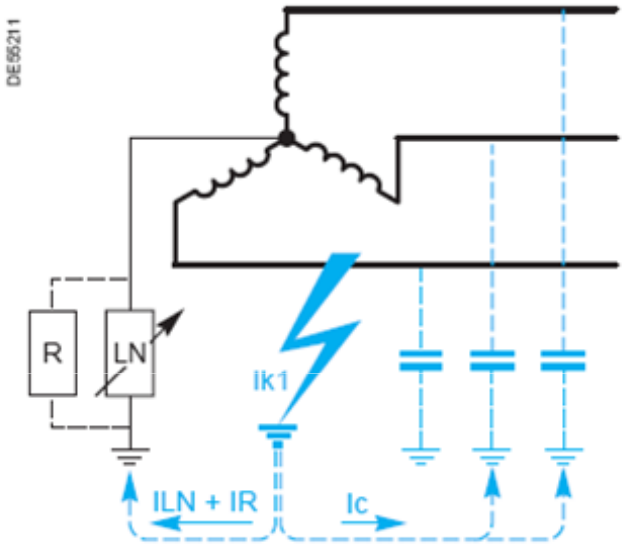


Fig. 1. Earth fault in power system with compensation reactance earthing.

Solidly Earthed Neutral

- چون نوترال مستقيم ارت شده، جريان اتصال كوتاه بالاست.
- **مزايا :**

- تخلية اضافه ولتاژها ايده آل است.
- عايق كاري جهت ولتاژ فاز و نول موريد نياز است.
- رلة ارت فالت خاصي نياز ندارد و رلة اضافه جريان مي تواند خطاي زمين را تشخيص دهد.

- **معايب :**

- جريان ارت فالت شديد (بيشترين آسيب و اغتشاش)
- حفاظت اشخاص بعلت بالا بودن ولتاژ تماسي در حين فالت پايين است.
- عدم امكان ادامه سرويس دهی در زمان فالت

- **کاربرد :** هادي نوترال توزيع ، توزيع سه فاز و نول ، دو فاز و نول ، فاز ونول و جايي كه جريان اتصال كوتاه سيستم زياد نباشد.

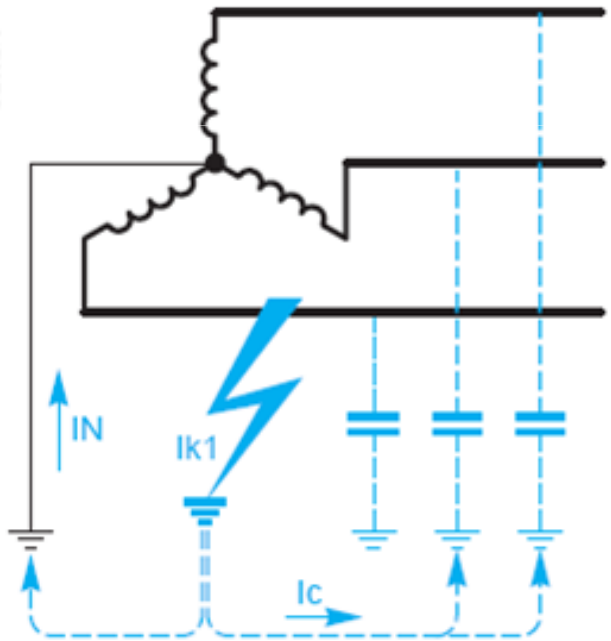


Fig. 1. Earth fault in a solidly earthed neutral power system.

تقسيم بندي سيستم هاي فشار ضعيف از نظر روش زمين كردن (سيستم ارت)

- در فشار ضعيف سه نوع سيستم ارت (سيستم زمين) معمول ميباشد.

۱- سيستم **TN** كه خود به سه گونه مختلف ميباشدكه عبارتند از :

TN-C-S

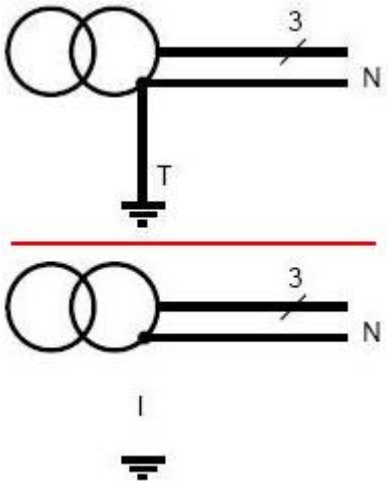
TN-C

TN-S

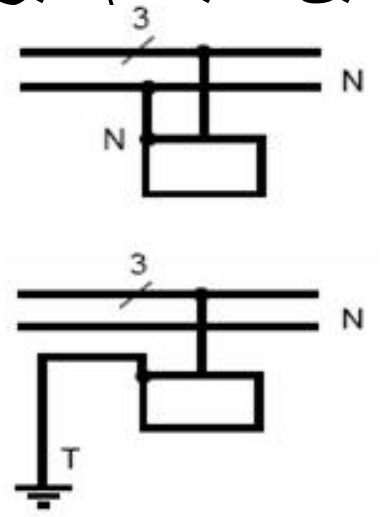
۲- سيستم **TT**

۳- سيستم **IT**

- حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه نول سیستم با زمین است به این صورت که:
- T يعني نقطه نول مستقيماً به زمين وصل است.
- I يعني نقطه نول از طريق يک امپدانس به زمين متصل است يا نسبت به زمين ايزوله است.



- حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه هاي هادي تاسيسات با زمين است به اين صورت كه:
- N يعني بدنه هاي فلزي تجهيزات از نظر الكتريكي مستقيماً به نقطه زمين شده ترانس اصلي متصل شده اند.
- Tيعني بدنه هاي فلزي مستقل از اتصال زمين سيستم نيرو به زمين وصل ميشوند.



TERRA-T= زمین

NEUTRAL-N= خنثی

ISOLATED-I= مجزا شده

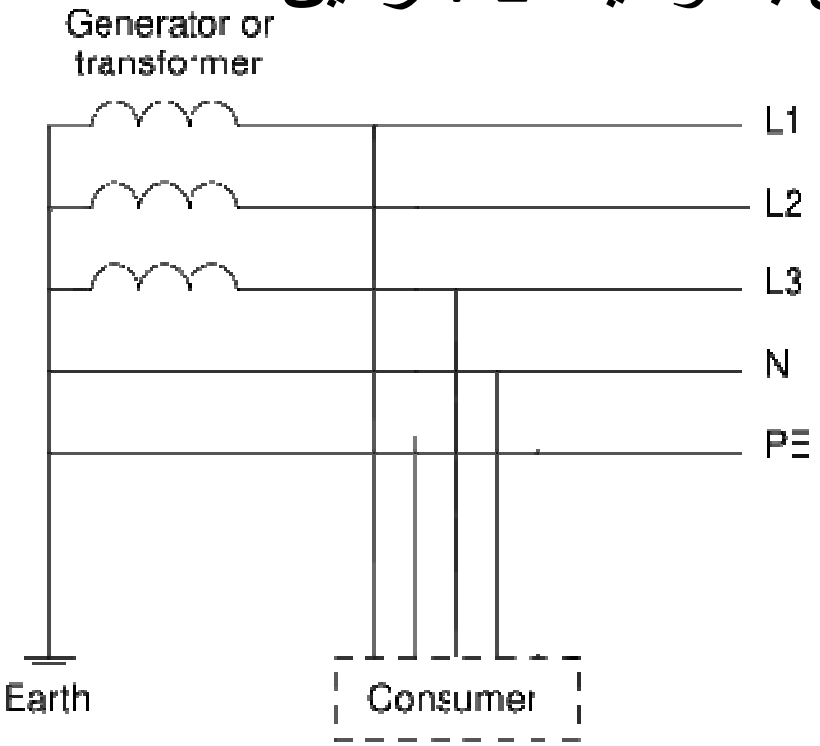
COMBINED-C= مشترک

SEPARATED-S= جدا شده

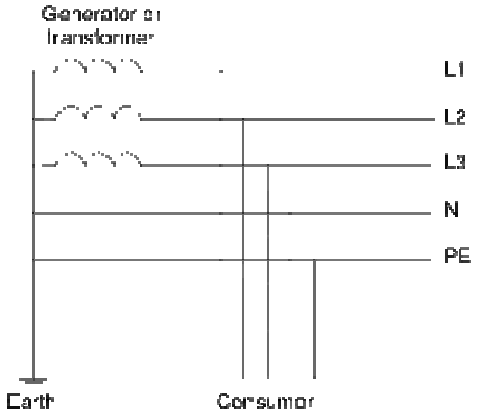
PROTECTIVE EARTHING-PE= اتصال زمین حفاظتی

PROTECTIVE EARTHING & NEUTRAL-PEN= هادی مشترک حفاظتی و خنثی

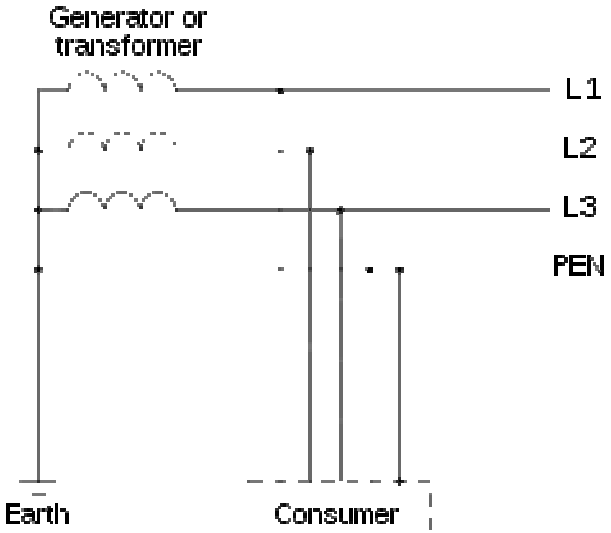
- TN
- ژنراتور یا ترانس (نقطه ستاره سیستم سه فاز) ارت شده است. بدنه دستگاههاي الكتريكي به وسيله PE زمين شده است.



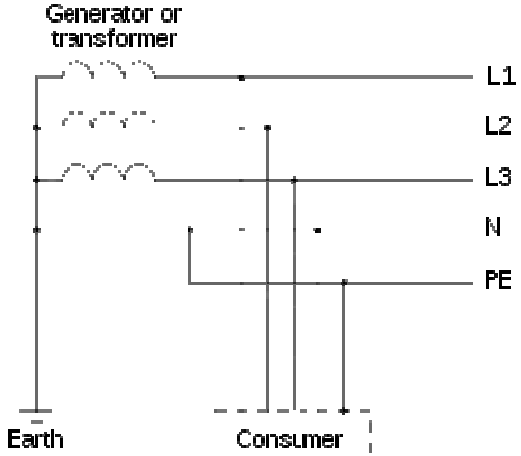
- TN-S
- PE و N فقط در نزديكي منبع به هم وصل هستند و تا مصرف كننده جدا هستند.



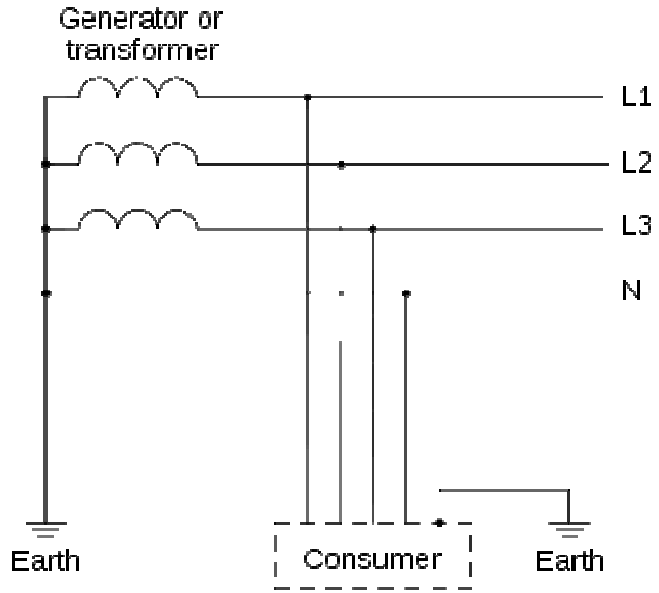
- TN-C
- PEN ترکیب شده تقش هر دو هادي را ايفا ني کند. (از ترانسفور ماتور يا ژنراتور تا مصرف کننده)



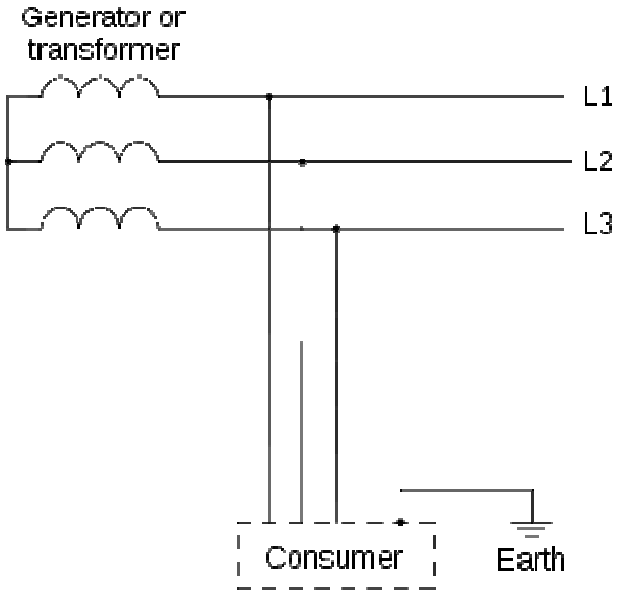
- TN-C-S
- قسمتي از سيستم PEN تركيب شده استفاده شده و قسمتي بصورت ايزوله. معمولا از ترانسفور ماتور (ژنراتور) بصورت PEN تركيب شده و از آنجا تا مصرف كننده جدا ي از هم مي باشند. در انگليس با عنوان Protective multiple Earthing (PME) و در استراليا به اسم multiple Earthed neutral (MEN) شناخته شده است.



- TT
- مصرف کننده مستقل از ارت سیستم تغذیه (ترانسفور ماتور یا ژنراتور) بصورت محلي زمین شده است.

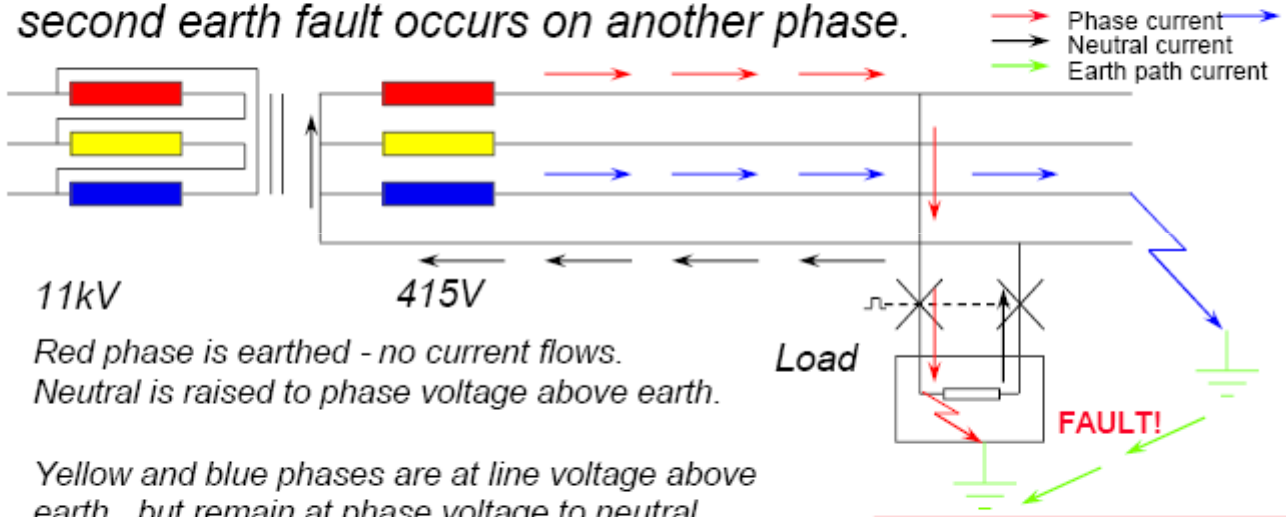


- IT
- در ين شبكه سيستم توزيع هيچ اتصال زميني ندارد يا با امپدانس بالايي خواهد داشت. در چنين سيستمي از IMD امپدانس عايقي استفاده مي شود.



Neutral not earthed

- *Cannot detect a single earth fault by overcurrent unless a second earth fault occurs on another phase.*



Red phase is earthed - no current flows.
Neutral is raised to phase voltage above earth.

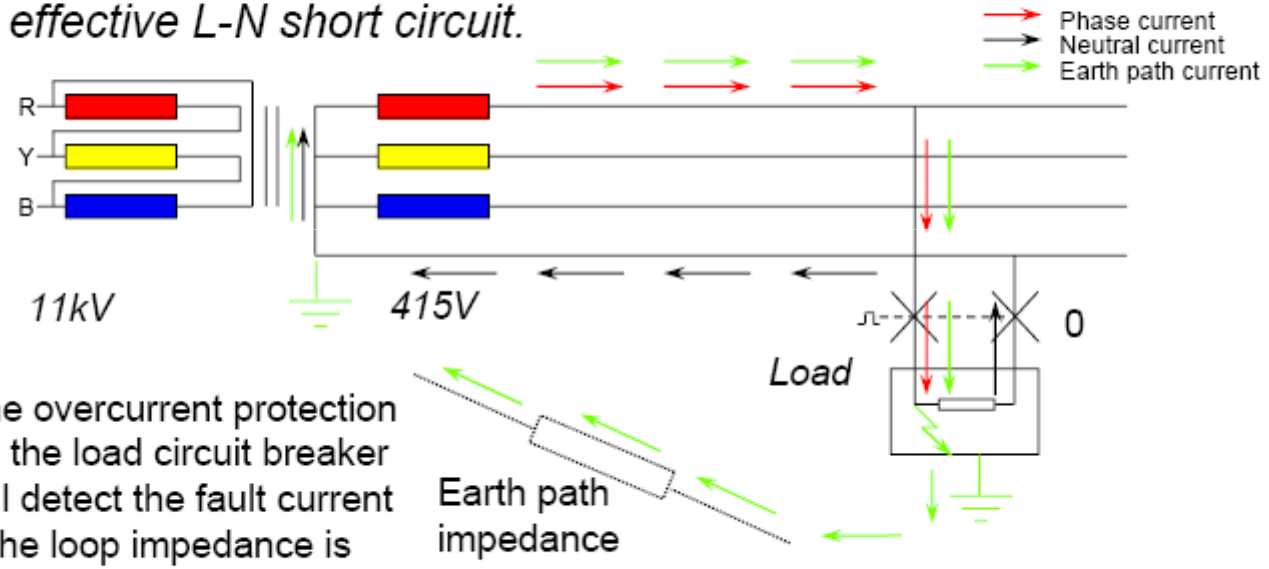
Yellow and blue phases are at line voltage above earth, but remain at phase voltage to neutral.

Fire risk if grounding contact is loose - arcing - due to cable capacitance currents to earth.

Shock hazard if person provides the earth connection - capacitance current.

Neutral earthed - EEBADS

- *Fault current flows through the earth path - producing an effective L-N short circuit.*

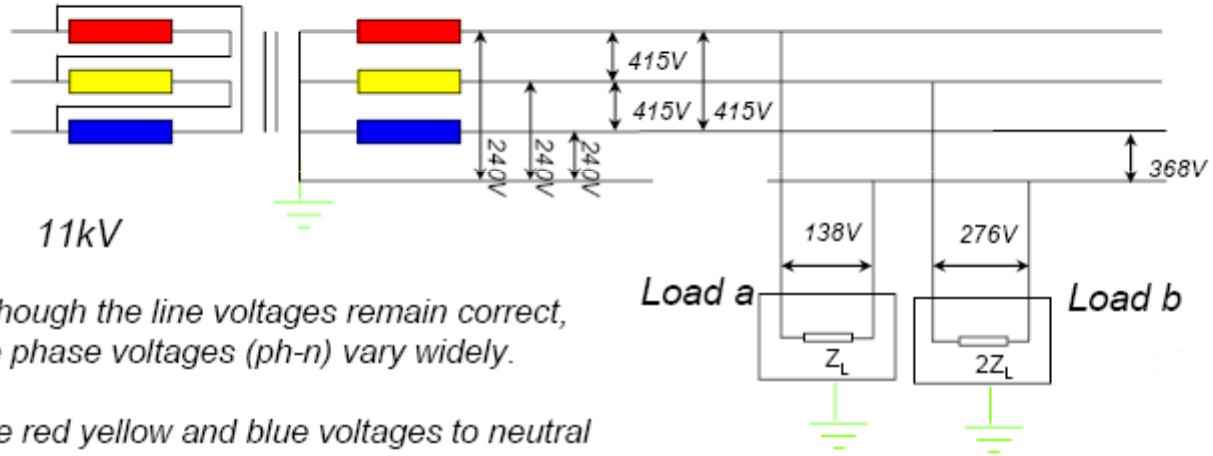


The overcurrent protection on the load circuit breaker will detect the fault current if the loop impedance is low enough to allow sufficient current to flow.

The loop impedance can be lowered by including more conductors in the earth path - e.g. cross bonding.

Broken neutral

- *A serious problem:*



Although the line voltages remain correct, the phase voltages (ph-n) vary widely.

The red yellow and blue voltages to neutral will depend on the connected load quantity and balance, but could approach line voltage.

Voltage	Power source	Transformer
11kV	Generator neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault current shall be limited to 20A per generator.	Transformer neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault current shall be limited to 20A per transformer.
6.6kV	Generator neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault current shall be limited to 20A per generator	Transformer neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault shall be limited to 20A per transformer.
690V	Generator neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault current shall be limited to 100A per generator.	Transformer neutral shall be high resistance earthed. Maximum earth fault current shall be limited to 100A per transformer.
400/230V TN systems		Transformer neutrals shall be solidly earthed.
230V UPS IT	Isolated.	
D.C. V	Both poles isolated. (1)	

در سیستمهای TN، حداکثر مقاومت اتصال زمین معادل کلیه الکترودهای موازی (با احتساب الکترودهای زمین اختصاصی مشترکین)، نباید از ۲ اهم تجاوز کند.

حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی متناسب با هادی فاز S (میلیمترمربع)	سطح مقطع هادی فاز در تاسیسات S (میلیمترمربع)
S ۱۶ S/ ۲	S≤ ۱۶ ۱۶< S≤ ۳۵ S>۳۵

❑فیوز:

- وسیله ای است که با مصرف کننده بطور سری قرار می گیرد و عناصر مدار را در مقابل اتصال کوتاه یا جریان زیاد محافظت می کند.
- فیوزها به دو نوع ذوب شونده و اتوماتیک تقسیم می شوند.
- نوع دیگر تقسیم بندی فیوزها تندکار و کندکار است.

MERLIN GERIN
C60N

FUSE

SIEMENS
3NW1120-0A
160 A
SIEMENS
3NW1100-0A
100 A

الف - فیوزلینک "g" (فیوزلینک با ظرفیت قطع در تمام محدوده)

ب - فیوزلینک "a" (فیوزلینک با ظرفیت قطع در بخشی از محدوده)

" gG" عبارت از فیوز لینکی است که توانایی قطع در تمامی محدوده کاری را دارا بوده و برای کاربردهای عمومی بکار برده می شوند.

"g M" عبارت از فیوزلینکی است که توانایی قطع در تمامی محدودهٔ کاری را دارا بوده و برای حفاظت موتورها بکار می رود.

" aM" عبارت از فیوزلینکی است که توانایی قطع در بخشی از محدودهٔ کاری را دارا بوده و برای حفاظت موتورها بکار می رود.

LINDNER
DII 2 A
500V~50KA
gG-gL CE
VDE0636 IEC269
LINDNER
DII 4 A
gG-gL CE
VDE0636 IEC269
LINDNER
DII 6 A
gG-gL
LINDNER
DII 6 A
gG-gL CE

SYU
GL 63A
SYU
GL 32A
SYU
GL10A
500V~
32A
RT18-32
10X38
IEC63211
500V~
32A
RT18-32
10X38
IEC63211

SHNNHS
NT00
160 A
SHNNHS
NT00C
100 A

۵-۱- مقادیر استاندارد ولتاژ نامی فیوزهای فشار ضعیف

ولتاژ a.c	—	۲۲۰		۳۸۰		۵۰۰		۶۶۰	
ولتاژD.C	۱۱۰	۱۲۵	۲۲۰	۲۵۰	۴۴۰	۴۶۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۵۰

ولتاژ A.C بهره برداری بطور کلی بین ۱۰٪ - تا ۱۰٪+ **ولتاژ نامی سیستم تغییر میکند، در ولتاژهای** D.C رسیل مجاز که برروی ولتاژ D.C **سوار می شود حداکثر ۵٪ مقدار مجاز ولتاژ نامی سیستم** (۱۱۰٪ مقدار ولتاژ نامی) **می باشد.**

مقادیرجریانهای نامی فیوزلینک برحسب آمپر بیان می شود و بطور استاندارد مقادیر زیر را داراست :

۲-۴-۶-۸-۱۰-۱۲-۱۶-۲۰-۲۵-۳۲-۴۰-۵۰-۶۳-۸۰-۱۰۰-۱۲۵-۱۶۰-۲۰۰

۲۵۰-۳۱۵-۴۰۰-۵۰۰-۶۳۰-۸۰۰-۱۰۰۰-۱۲۵۰

صرفنظر از فرکانس نامی فیوز ، تمامی فیوزها بایستی طوری طراحی و ساخته شوند که توانایی تحمل تغییرات فرکانس از ۴۵ هرتز تا ۶۲ هرتز را داشته باشند.

حد مشخصهٔ جریان - زمان براساس درجهٔ حرارت محیط یعنی Ta=25 c مشخص و بیان می شود.

سازنده می باید منحنی های مشخصه زمان - جریان فیوز لینک ها را در مرحله ساخت ارائه نماید. تغییرات منحنی مشخصهٔ زمان - جریان نبایستی بیشتر از ۱۰٪ مقدار تعیین شده از طرف سازنده باشد.

In جریان نامی برای "gG"	زمان قراردادی (h)	جریان قرار دادی	
		(If)	(Inf)
In≤16	1	1.6*In	1.25*In
16≤In≤63	1		
63<In≤160	2		
160<In≤400	3		
In≥400	4		

If : مقدار جریانی که باعث عمل کردن فیوزلینک در زمان مشخص شده می شود.

Inf : مقدار جریانی که اگر تحت شرایط مشخص شده در استاندارد IEC 60269 و در زمان معین از فیوز لینک عبور کند باعث ذوب شدن آن نشود.

In جریان نامی (آمپر)	زمان قراردادی (ساعت)	جریان قراردادی	
		If	Inf
In≤4	1	2.1	1.5*In
4<In≤16	1	1.9*In	1.5*In

Imax (0.1s)	Imin (0.1s)	Imax (5s)	Imin (10s)	In برای gG Icn برای gM
۱۵۰	۸۵	۶۵	۳۳	۱۶
۳۰۰	۱۱۰	۸۵	۴۲	۲۰
۲۶۰	۱۵۰	۱۱۰	۵۲	۲۵
۳۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۷۵	۳۲
۴۵۰	۲۶۰	۱۹۰	۹۵	۴۰
۶۱۰	۳۵۰	۲۵۰	۱۲۵	۵۰
۸۲۰	۴۵۰	۳۲۰	۱۶۰	۶۳
۱۱۰۰	۶۱۰	۴۲۵	۲۱۵	۸۰
۱۴۵۰	۸۲۰	۵۰۰	۲۹۰	۱۰۰
۱۹۱۰	۱۱۰۰	۷۱۵	۳۵۵	۱۲۵
۲۵۹۰	۱۴۵۰	۹۵۰	۴۶۰	۱۶۰
۳۴۲۰	۱۹۱۰	۱۲۵۰	۶۱۰	۲۰۰
۴۵۰۰	۲۵۹۰	۱۶۵۰	۷۵۰	۲۵۰
۶۰۰۰	۳۴۲۰	۲۲۰۰	۱۰۵۰	۳۱۵
۸۰۶۰	۴۵۰۰	۲۸۴۰	۱۴۲۰	۴۰۰
۱۰۶۰۰	۶۰۰۰	۳۸۰۰	۱۷۸۷	۵۰۰
۱۴۱۴۰	۸۰۶۰	۵۱۰۰	۲۲۰۰	۶۳۰
۱۹۰۰۰	۱۰۶۰۰	۷۰۰۰	۳۰۶۰	۸۰۰
۲۴۰۰۰	۱۴۱۴۰	۹۵۰۰	۴۰۰۰	۱۰۰۰
۳۵۰۰۰	۱۹۰۰۰	۱۳۰۰۰	۵۰۰۰	۱۲۵۰

Imin (10s): عبارت از کمترین جریانی که زمان پیش جرقه آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد

Imax (5s): ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد

In: جریان نامی فیوزلینک و حامل فیوز Icn : مقدار جریان مربوط به مشخصهٔ زمان- جریان

مقادیر محدوده کار استاندارد شده برای فیوزهای gG

In (A)	Imin (10s)	Imax (5s)	Imin (0.1s)	Imax (0.1s)
۲	۳/۷	۹/۲	۶	۲۳
۴	۷/۸	۱۸/۵	۱۴	۴۷
۶	۱۱	۲۸	۲۶	۷۲
۸	۱۶	۳۵/۲	۴۱	۹۲
۱۰	۲۲	۴۶/۵	۵۸	۱۱۰
۱۲	۲۴	۵۵/۲	۶۹/۶	۱۴۰/۴

Imin (10s): عبارت از کمترین جریانی که زمان پیش جرقه آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد

Imax (5s): ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد

مقادیر محدوده کار استاندارد شده برای فیوزهای پیچی

In (A)	Imin (10s)	Imax (5s)	Imin (0.1s)	Imax (0.1s)
۲	۳/۴	۵	۴/۶	۷/۵
۴	۶/۵	۱۰/۵	۱۰	۱۸/۵
۶	۱۰	۱۸	۱۷	۳۵
۱۰	۱۵	۳۶	۳۵	۶۰

Imin (10s): عبارت از کمترین جریانی که زمان pre-arcing آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد

Imax (5s): ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد

In (A)	Imin (10s)	Imax (5s)	Imin (0.1s)	Imax (0.1s)
۲	۳/۴	۵	۴/۶	۷/۵
۴	۶/۵	۱۰/۵	۱۰	۱۸/۵
۶	۱۰	۱۸	۱۷	۳۵
۱۰	۱۵	۳۶	۳۵	۶۰

Imin (10s): عبارت از کمترین جریانی که زمان pre-arcing آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد

Imax (5s): ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد

مقادیر مربوط به ابعاد مکانیکی فیوزهای چاقویی(mm)

اندازه	a2	a1	a3	a4	b(min)	c1±0.8	c2	d	e1(max)	e2(max)	e3	e4±0.2	f(max)
۰۰	۷۸/۵±۱/۵	۵۴-۶	۴۵±۱/۵	۴۹±۱/۵	۱۵	۳۵	۱۰-۱	۲ +۱ ۲-۰/۵	۴۸	۳۰	۲۰±۵	۶	۱۵
۰	۱۲۵±۲/۵	۶۸-۸	۶۲+۳ ۶۲-۱/۵	۶۸+۱/۵ ۶۸-۳	۱۵	۳۵	۱۱-۲	۲+۱/۵ ۲-۰/۵	۴۸	۴۰	۲۰±۵	۶	۱۵
۱	۱۳۵±۲/۵	۷۵-۱۰	۶۲±۲/۵	۶۸±۲/۵	۲۰	۴۰	۱۱-۲	۲/۵+۱/۵ ۲/۵-۰/۵	۵۳	۵۲	۲۰+۵ ۲۰-۲	۶	۱۵
۲	۱۵۰±۲/۵	۷۵-۱۰	۶۲±۲/۵	۶۸±۲/۵	۲۵	۴۸	۱۱-۲	۲/۵+۱/۵ ۲/۵-۰/۵	۶۱	۶۰	۲۰+۵ ۲۰-۲	۶	۱۵
۳	۱۵۰±۲/۵	۷۵-۱۰	۶۲±۲/۵	۶۸±۲/۵	۳۲	۶۰	۱۱-۲	۲/۵ +۱/۵ ۲/۵-۰/۵	۷۶	۷۵	۲۰+۵ ۲۰-۲	۶	۱۸
۴	۲۰۰±۳	۹۰(max)	۶۲±۲/۵	۶۸±۲/۵	۴۹	۸۷	۱۱-۲	۲/۵ +۱/۵ ۲/۵-۰/۵	۱۱۰	۱۰۵	۲۰+۵ ۲۰-۲	۸	۲۵
۴a	۲۰۰±۳	۱۰۰(max)	۸۴±۳	۹۰±۳	۴۹	۸۵±۲	۱۱-۲	۲/۵+ ۱/۵ ۲/۵-۰/۵	۱۱۰	۱۰۲	۳±۱۰ ۰	۶	۳۰

مطابق با استاندارد ملي ٢٦١١ و IEC/EN 60947 , IEC/EN 60898

- كليدهاي مينياتوري در دو نوع ACاز رنج ١ آمپر تا ١٢٥ آمپر در تيپ های C,B و Dو نوع DC از رنج ١ تا ٥٠ آمپر در تيپهاي Bو Cتوليد مي گردند.
- **پوسته :**
- قطعه اي است كه قطعات اصلي كليد از جمله مگنت ،شاسي ، فنر ،جرقه گير و ديگر اجزاء كليد درون آن جاي مي گيرد و بايد از مواد عايق و غير قابل اشتعال باشد كه معمولاً از پلي آميد استفاده مي كنند .
- **مگنت :**
- مگنت از سيم پيچ ، هسته و ديگر اجزا تشكيل شده است و در برابر اضافه جريان و اتصال كوتاه واكنش نشان مي دهد و باعث قطع كليد مي گردد.

- **شاسي كليد :**
- شاسي كليد وسيله اي براي دو حالت قطع و وصل قراردادن كليد مي باشد كه بايد از مواد عايق و با استحكام كافي ساخته شده باشد.
- **بي متال :**
- رله اضافه بار بكار رفته در روي كليدهاي مينياتوري يك بي متال است كه در زمان توليد بوسيله يك پيچ ، آمپر دقيق آن تنظيم و بايد توسط كارخانه لاك شود .

- **جرقه گير :**
- جرقه گير از صفحات فلزي كه بصورت موازي و توسط لايه هاي عايق از هم جدا شده، تشكيل شده است و در زمان قطع با تقسيم جرقه ، به جرقه هاي كوچكتر از ايجاد جرقه خطرناك و ايجاد صداي زياد جلوگيري مي نمايد .
- **سراميك :**
- اين وسيله كنار جرقه گير قرار مي گيرد و براي جلوگيري از آسيب رساندن حرارت جرقه گير به پوسته بكار مي رود.

- **فنرها و اتصالات :**
- اين اجزاء بايد از توان مكانيكي و ساختار ويژه اي برخوردار باشند و همچنين بايد در برابر زنگ زدگي مقاوم باشند و خواص طبيعي خود را از دست ندهند .
- **ترمينالها :**
- ترمينالها براي اتصال كليد به مدار طراحي شده اند و بايد در برابر زنگ زدگي مقاوم باشند . همچنين بايد هادي را بين دو سطح فلزي محكم نگهدارند و ابعاد آنها بايد طوري طراحي شود كه بتوان هاديها را براحتي در ترمينالها قرار داد.
- **قدرت قطع** (قدرت قطع ۱۵ تا ۲۵ كيلو آمپر و براي كليدهاي DC، ۱۰ كيلو آمپر مي باشد .)

- **رنـگ بندي كليدها :**
- با توجه به تاكيد استاندارد مبني بر ثبات مشخصات كليد و همچنين عمر طولاني اين كليدها ، استفاده از رنـگ بندي در شاسي كليدها به عنوان يك نشانه ماندگار در كارخانه هاي معتبر بكار رود .
- رنـگ شاسي كليدها طبق استاندارد به شرح ذيل مي باشد :
- ٢ آمپر: صورتي، ٤ آمپر: قهوه اي، ٦ آمپر: سبز ، ١٠ آمپر: قرمز ، ١٦ آمپر: طوسي ٢٠ آمپر : آبـي ، ٢٥ آمپر : زرد ، ٣٢ آمپر : شكلاتي ، ٤٠ آمپر: مشـكي ، ٥٠ آمپر : سفيد ، ٦٣ آمپر : نـارنـجي .

- **تنوع آمپراژ :**
- کلـيـدهاي مينيـاتـوري F&G داراي تمام رنجـهاي معمـول کليـدهاي مينيـاتوري (١ آمپر تا ٦٣ آمپر) مي باشد .
- **نوع چاپ :**
- علي رغم تاکيد استاندارد بر غيرقابل محو بودن مشخصات کليد قطع خودکار به وفور ديده شده که کارخانه ها از برچسب استفاده مي کنند ولي بايد علاوه بر رعايت اصل رنگ بندي داراي چاپي با کيفيت بالا ومطابق با خاصه استاندارد IEC/EN 0898 مي باشد.

- **كليدهاي DC :**
- علي رغم تاكيد استاندارد براستفاده نكردن كليدهاي AC بجاي DC متاسفانه در بسياري از موارد ديده شده است كه كليدهاي AC بجاي DC استفاده مي شود كه بعلت اختلافاتي كه در زير ذكر مي شود اين عمل مجاز نمي باشد .

١. مواد اوليه كه در مگنت كليدهاي AC بكار مي رود در مقابل جريان DC بخوبي واكنش نشان نمي دهد و مواد اوليه خاصي بايد در آن بكار برده شود .
٢. در ضمن روي هر دو سراميكهاي كليدهاي DC بايد يك تكه مغناطيس طبيعي به صورت قطب مخالف قرار گيرد تا عمل قطع راحتتر صورت پذيرد .

1. Actuator lever - used to manually trip and reset the circuit breaker.

2. Actuator mechanism - forces the contacts together or apart.

3. Contacts - Allow current to flow when touching and break the flow of current when moved apart.

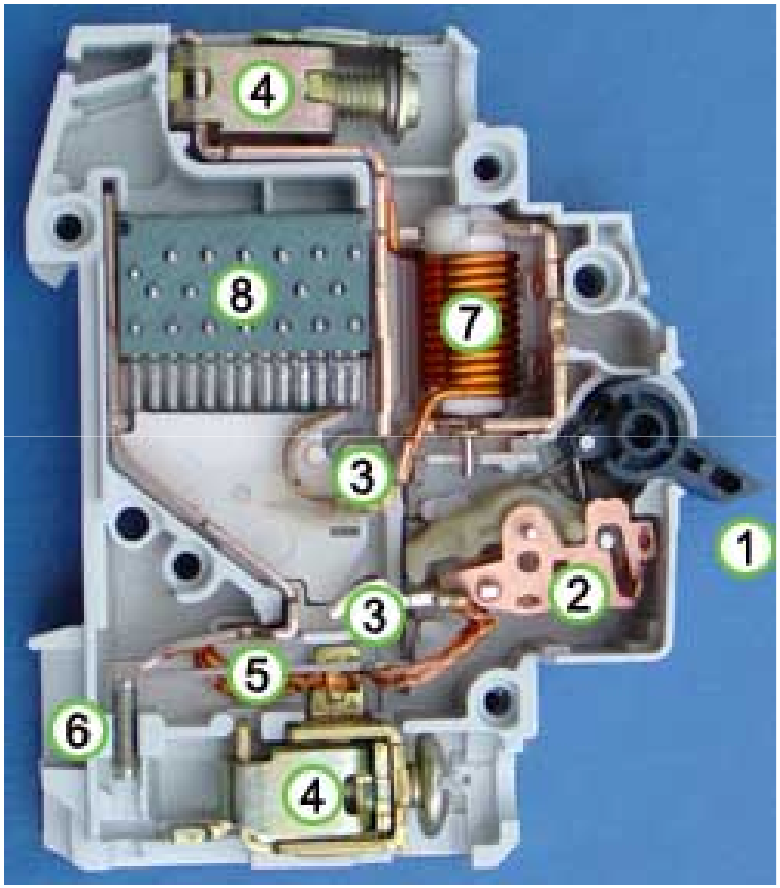
4. Terminals

5. Bimetallic strip

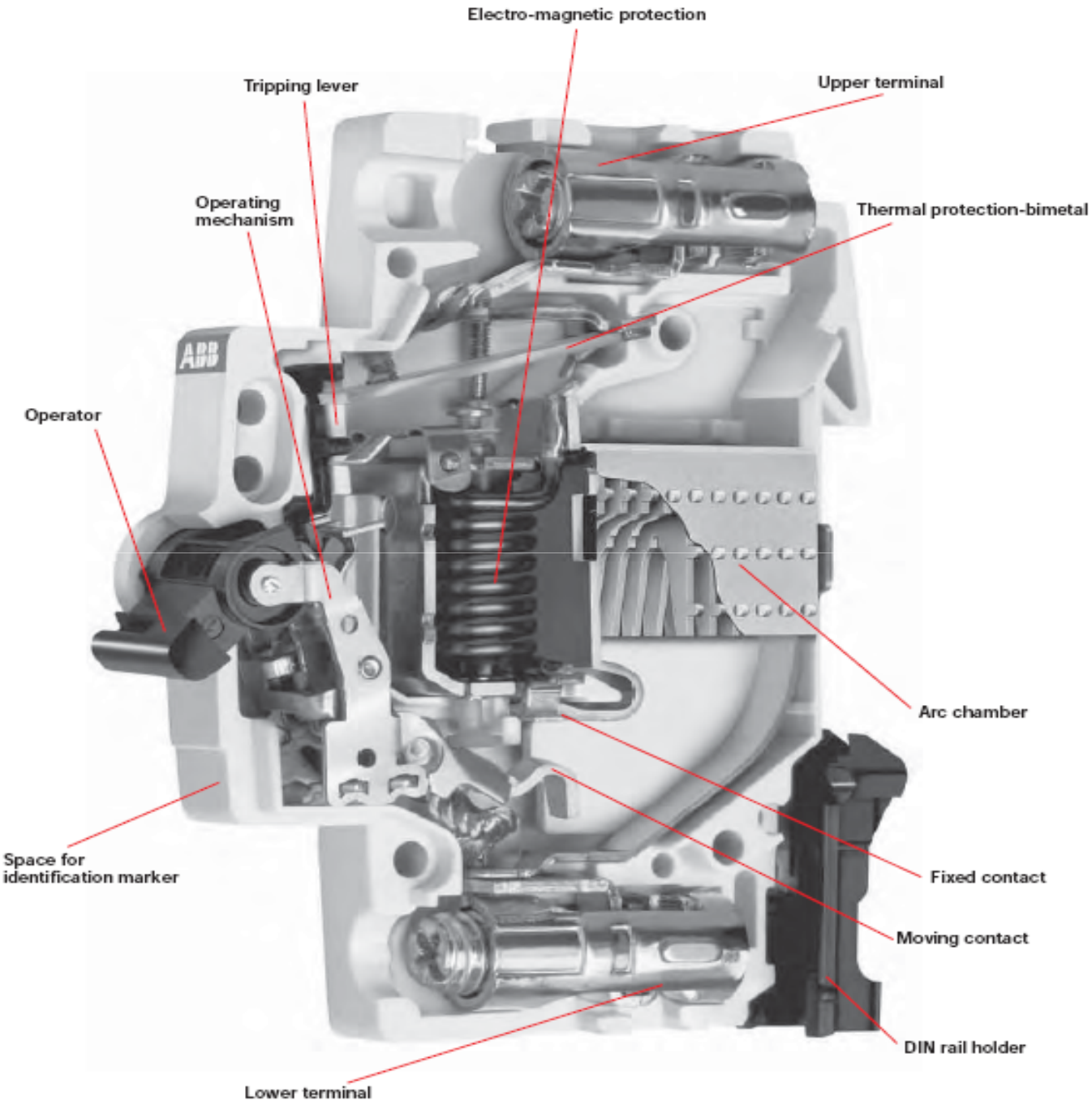
6. Calibration screw - allows the manufacturer to precisely adjust the trip current of the device after assembly.

7. Solenoid

8. Arc divider / extinguisher



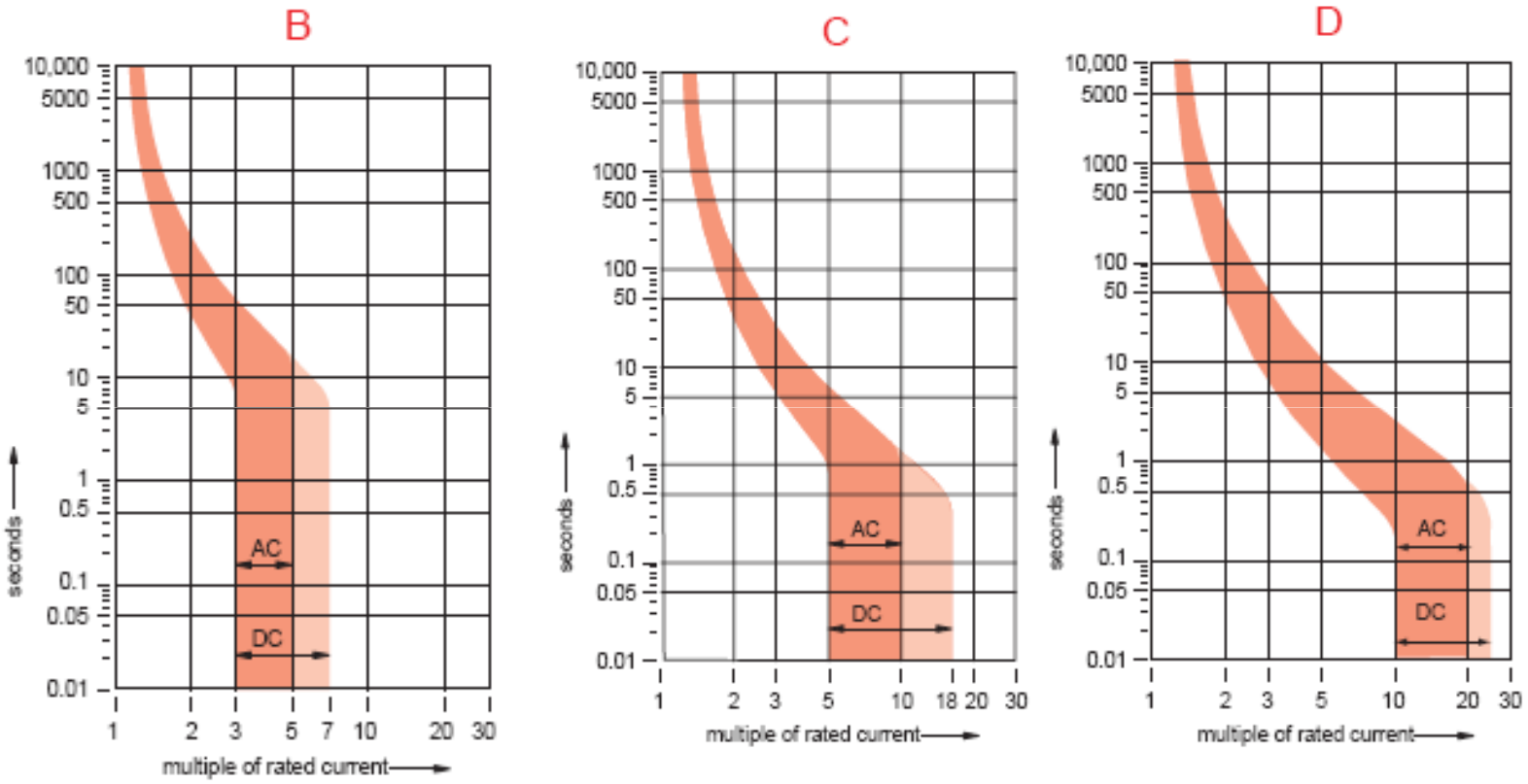
Photograph of the inside of a 10 amp thermal-magnetic circuit breaker.


Electro-magnetic protection
Tripping lever
Upper terminal
Operating mechanism
Thermal protection-bimetal
Operator
Arc chamber
Space for identification marker
Fixed contact
Moving contact
DIN rail holder
Lower terminal

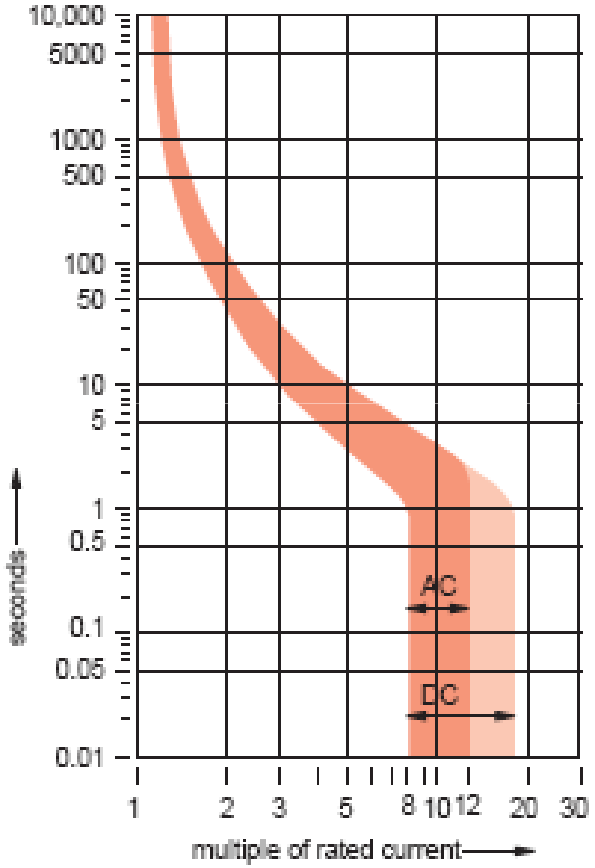
Technical Data

Specification	5SJ4 Mini-Breaker	
Tripping characteristic	C	D
Number of poles	1, 2, or 3	
Rated voltage (UL489)	VAC: 240 max. VDC: 60 max. (1-Pole) / 125 max. (2 & 3 Pole)	
Operating voltage, min.	V AC/DC: 24	
Rated Current	0.3 to 63 A	
Interrupting Rating (UL489) AC: Max. RMS Symmetrical	Type HSJ: V AC 240: 14 kA Type NSJ: V AC 240: 10 kA Type HSJ & NSJ: V DC 60 / 125: 10 kA	
Standards	UL 489, CSA CSA 22.2 No. 5-02, EN 60 898	
Certifications	UL 489 Listed, Certified to Canadian Standards, File E24314	
Degree of protection	IP 10 acc. to DIN EN 60 529; IP 40 when mounted on panels	
Device depth	70 mm	
Mounting technique	Standard 35 mm DIN rail	
Terminals	Identical screw terminals on both line and load sides	
Terminal tightening torque	31 lbs. in. (3.5 Nm)	
Wire Size	14 - 4 AWG (1.5 - 25 mm^2) 60/75°C, Cu only	
Recommended Wire Strip Length	0.59 in. (15 mm)	
Calibration base	40 °C (UL 489), 30 °C (EN 60 898)	
Storage temperature	- 40° to + 167°F (- 40° to +75°C)	
Resistance to vibration	60 m/s^2 at 10 Hz up to 150 Hz (60 068-2-6)	

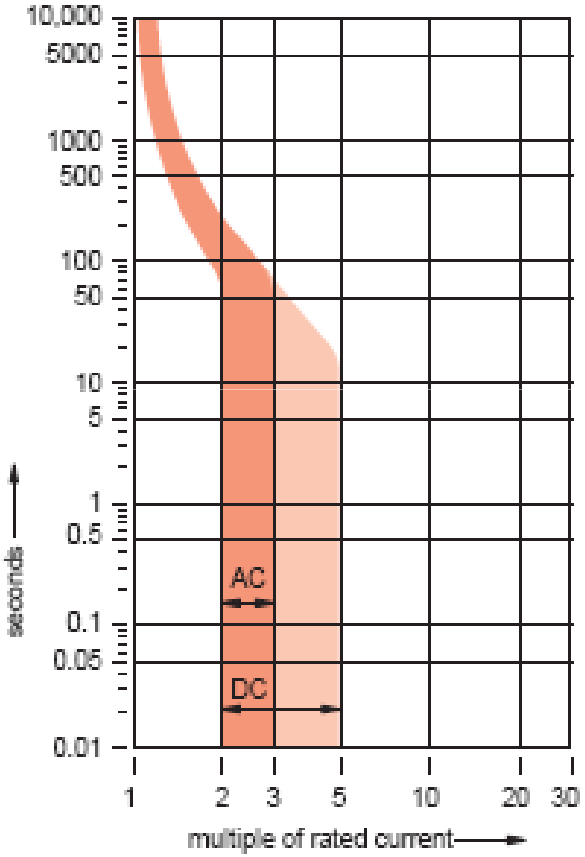
rated voltages of 400V or less, rated frequency of AC 50Hz / 60Hz, and rated current of 63A or less.
for equipment overload, short circuit protection and infrequent transformation of circuits in illumination systems and distribution
lines in office buildings, houses and other similar buildings.
accordance with the requirement of IEC60898, EN60898 standards
6KA &10KA breaking capacity.
Features:
1) Pole number: 1, 2, 3P
2) Rated voltage: 230 / 400V
3) Rated current: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A
4) Tripping characteristic: B (3-5In), C (5-10In)
5) Rated short-circuit capacity: 4.5k A, 6k A, 10k A (Class 3)
6) Rail dimension: 35mm
7) Mechanical life: 20,000 cycles (on/off)


B
C
D
10,000
5000
1000
500
100
50
10
5
1
0.5
0.1
0.05
0.01
seconds
AC
DC
1
2
3
5
7
10
18
20
30
multiple of rated current

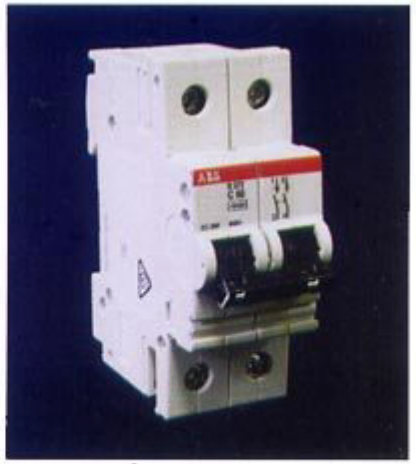
K


10,000
5000
1000
500
100
50
10
5
1
0.5
0.1
0.05
0.01
seconds
AC
DC
1
2
3
5
8
10
12
20
30
multiple of rated current

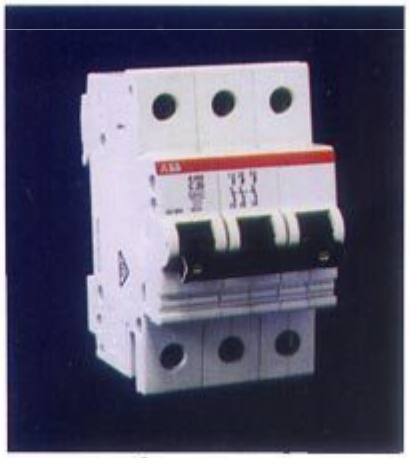
Z


10,000
5000
1000
500
100
50
10
5
1
0.5
0.1
0.05
0.01
seconds
AC
DC
1
2
3
5
10
20
30
multiple of rated current

รูป 1 pole



รูป 2 pole



รูป 3 pole

Tripping Curve type K

Rate Breaking Capacity acc. to IEC 947-2(10kA)

Rated Current (Amp)	รุ่น 1 pole Catalog No.	รุ่น 2 pole Catalog No.	รุ่น 3 pole Catalog No.
0.5	S271 K0.5	S272 K0.5	S273 K0.5
1	S271 K1	S272 K1	S273 K1
1.6	S271 K1.6	S272 K1.6	S273 K1.6
2	S271 K2	S272 K2	S273 K2
3	S271 K3	S272 K3	S273 K3
4	S271 K4	S272 K4	S273 K4
6	S271 K6	S272 K6	S273 K6
8	S271 K8	S272 K8	S273 K8
10	S271 K10	S272 K10	S273 K10
13	S271 K13	S272 K13	S273 K13
16	S271 K16	S272 K16	S273 K16
20	S271 K20	S272 K20	S273 K20
25	S271 K25	S272 K25	S273 K25
32	S271 K32	S272 K32	S273 K32
40	S271 K40	S272 K40	S273 K40
50	S271 K50	S272 K50	S273 K50
63	S271 K63	S272 K63	S273 K63

Rate Breaking Capacity acc. to IEC 947-2(15kA)

Rated Current (Amp)	รุ่น 1 pole Catalog No.	รุ่น 2 pole Catalog No.	รุ่น 3 pole Catalog No.
0.5	S281 K0.5	S282 K0.5	S283 K0.5
1	S281 K1	S282 K1	S283 K1
1.6	S281 K1.6	S282 K1.6	S283 K1.6
2	S281 K2	S282 K2	S283 K2
3	S281 K3	S282 K3	S283 K3
4	S281 K4	S282 K4	S283 K4
6	S281 K6	S282 K6	S283 K6
8	S281 K8	S282 K8	S283 K8
10	S281 K10	S282 K10	S283 K10
16	S281 K16	S282 K16	S283 K16
20	S281 K20	S282 K20	S283 K20
25	S281 K25	S282 K25	S283 K25
32	S281 K32	S282 K32	S283 K32
40	S281 K40	S282 K40	S283 K40
50	S281 K50	S282 K50	S283 K50
63	S281 K63	S282 K63	S283 K63

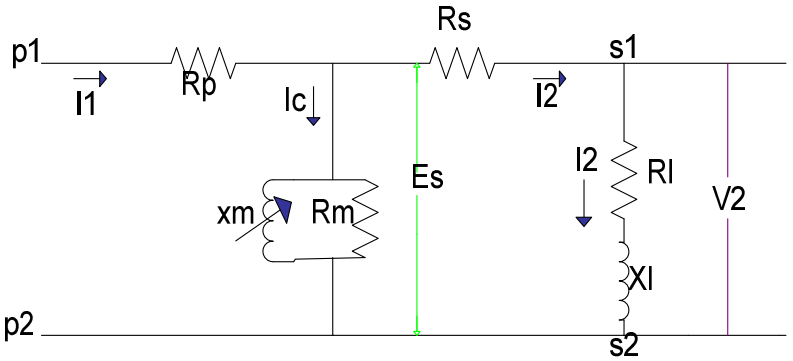
Standards

- Underwriters Laboratories (UL)
- National Electrical Code (NEC)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CSA (Canadian Standards Association)
- Canadian Electrical Code (CEC)

ردیف	عنوان	شماره استاندارد	سال انتشار
۱	آزمون حفاظت در برابر شوك الكتريكي	IEC60898	۲۰۰۳
۲	آزمون مقاومت در برابر گرماي غير عادي و غير قابل اشغال بودن كليد	IEC60898	۲۰۰۳
۳	آزمون غير قابل پاك شدني بودن علامت گذاري ها	IEC60898	۲۰۰۳
٤	آزمون صحت علامت گذاري ها	IEC60898	۲۰۰۳
٥	آزمون مقاومت در برابر شوك و ضربه مكانيكي	IEC60898	۲۰۰۳
٦	آزمون مقاومت در برابر زنگ زدگي	IEC60898	۲۰۰۳
۷	آزمون قابليت اطمينان كليدهاي از نوع ترمينال پيچي براي اتصال به سيم هاي خارجي	IEC60898	۲۰۰۳
۸	آزمون قابليت اطمينان پيچها، قيمتهاي هادي جريان و اتصالات	IEC60898	۲۰۰۳
۹	آزمون مشخصه قطع كليد	IEC60898	۲۰۰۳
۱۰	آزمون ۲۸روزه	IEC60898	۲۰۰۳
۱۱	آزمون غير قابل تعويض پذيري كليد	IEC60898	۲۰۰۳
۱۲	آزمون دوام مكانيكي و الكتريكي كليد	IEC60898	۲۰۰۳

ترانسفور ماتور جريان (Current Transformer)

- تعريف: ترانس جريان، نوعي از ترانس است كه اوليه آن از يك يا چند حلقه تشكيل شده و ثانويه آن به گونه اي طراحي مي شود كه جريان سيستم قدرت را به مقداري مناسب جهت استفاده در دستگاه هاي اندازه گيري و حفاظتي تبديل كرده، ضمن اينكه سيستم اندازه گيري يا حفاظتي را از سيستم قدرت ايزوله كند.
- مقدار جريان خروجي (ثانويه CT (مطابق استاندارد) IEC 185 سال ١٩٦٦) 2،1 و 5 آمپر مي باشد. البته 1و5 آمپر متداول تر است.
- جريان اوليه ترانسفورماتورهاي در فاصله 50A تا 4000A متفاوت مي باشد. با بروز خطا جريان طرف اوليه ترانسفورماتورهاي جريان تا مقدار جريان خطا ، بالغ بر چند هزار آمپر افزايش يافته ، جريان ثانويه 100A-200A متناسب با جريان خطا بالغ بر چندين كيلو آمپر در سيم پيچ جريان رله برقرار مي شود .



$$n = \frac{I1}{I2} \qquad N1I2 = N2I1$$

% کمتر از جريان حاصل طبق نسبت تبديل نامي مي باشد. علت آن 0.5-1طبق مدار بالا جريان ثانويه تا ميزان مصرف ناچيز از جريان اوليه به منظور ايجاد فوران مغناطيسي در هسته مي باشد. جريان فوق به جريان مغناطيس موسوم مي باشد . Exciting Currentکننده يا جريان تحريک مدار مغناطيسي يا بطور خلاصه جريان تحريک مفهوم جريان مغناطيس کننده با توجه به مدار معادل ترانسفورماتور جريان طبق شکل ترانسفورماتور جريان طبق به عنوان مدار مغناطيس کننده ، راکتانس X و Rشکل آشکار مي شود. در مدار فوق شاخه شامل دو مدار موازي تشکيل مي دهد. طبق مدار فوق جريان ثانويه به Iμمتناسب با کيفيت مغناطيسي فولاد هسته را در مسير جريان شرح زير نوشته مي شود:

نسبت تبديل

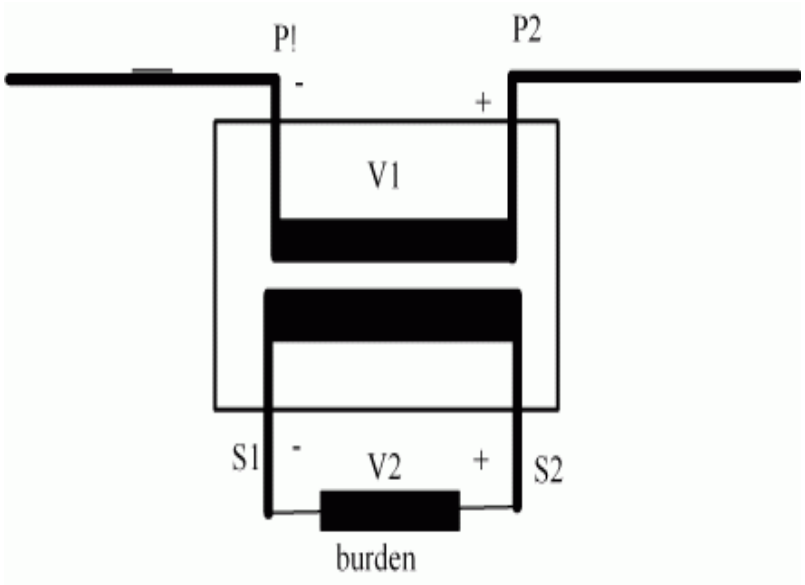
$$N=(I2-Iu)/I2$$

- نسبت تبديل واقعي ناميده مي شود.N

شرايط معمول بهره برداري از جريان ناچيز مغناطيس کننده صرف نظر شده، نسبت تبديل واقعي برابر با نسبت تبديل نامي در نظر گرفته مي شود، n=N

- CT : مدار اوليه و ثانويه با كوپل مغناطيسي
- Wound – Primary Type
- Bar – Primary Type شمش مسي
- Support Type (اوليه با هادي بدون عايق)
- Toroidal Type (اوليه با كابل عايق دار)

- با توجه به فرمول اساسی ترانسها (N1/N2=V1/V2=I2/I1) در حالت ایده ال به هر میزان جریان ثانویه یك CT كاهش یابد، به همان اندازه ولتاژ ثانویه افزایش مي یابد. حال در یك سیستم فشار قوي مثلاً 132KV با فرض جریان ۱۰۰۰ آمپرآیا براي یك CT 1000/1 در ثانویه ولتاژي برابر با 1000*132kv=132MV خواهیم داشت؟



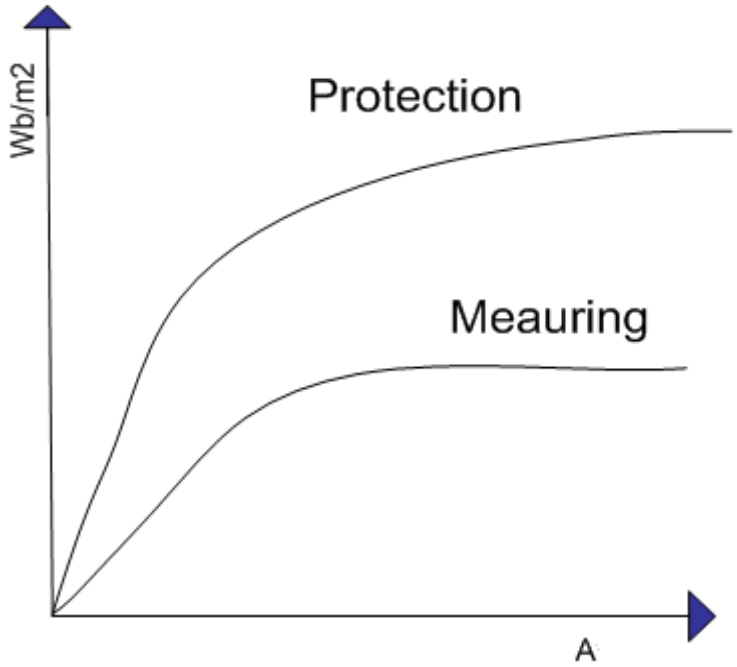
، برابر با ولتاژ CT مسلماً پاسخ منفي است. ولتاژ اولیه خط نیست بلكه برابر با حاصلضرب جریان عبوري از اولیه در میزان مقاومت آن قسمت از هادي است كه از عبور مي كند. مقدار این مقاومت بسیار CT درون اولیه ، مقدار ولتاژ دو V=RI بسیار ناچیز است و طبق رابطه مقداري در حد میلي ولت است. و بنابراین CT سر اولیه .در حد چندین ولت است CT ولتاژ القاء شده در ثانویه CT البته موارد ذكر شده مربوط به زمانیست كه ثانویه اتصال باز نباشد.

- **نكته بسيار مهم:** هيچوقت ترمينالهاي ثانويه يك CT را باز باقي نگذاريد و ترمينالهاي بدون استفاده را اتصال كوتاه كنيد.و همچنين در هنگام تعمير دستگاه وصل شده به ثانويه لازم است قبل از بيرون آوردن آن،ابتدا ثانويه را اتصال كرد.و پس از جايگذاري مجدد، اتصال كوتاه را برداشت. دليل اين امر چيست؟
- همانطور كه مي دانيم در ترانسفورماتورها، جريان اوليه تابعي از جريان ثانويه است. يعني به نسبت باري كه به ثانويه ترانس متصل است جرياني از ثانويه عبور كرده و با توجه به نسبت تبديل ترانس، به همان نسبت جرياني از اوليه نيز خواهد گذشت. يعني اگر از جريانهاي نشتي و بي باري و ... صرف نظر كرده و ترانس را ايده ال در نظر بگيريم، زماني كه باري به ثانويه وصل نيست، از اوليه نيز جرياني عبور نخواهد كرد. اما از آنجا كه ترانسهاي جريان(CT-ها) به صورت سري در مدار قرار مي گيرند، همواره عبور جريان از اوليه را خواهيم داشت،و متعاقب آن آمپردوري در اوليه توليد خواهد شد اما از آنجا كه در ثانويه باري وجود ندارد پس جرياني از آن نمي گذرد و در نتيجه آمپر دوري نيز وجود ندارد كه با آمپر دور اوليه مخالفت كند . بنابراين فلو در طرف اوليه بالاتر رفته و اين افزايش فلو باعث ايجاد ولتاژ بسيار بزرگي(در حد چندين كيلو ولت) در ثانويه و همچنين گرم شدن هسته مي شود و اين امر سبب بروز جرقه در ثانويه يا حتي انفجار CT مي گردد.

ترانسفورماتورهاي جريان با دو هسته اندازه گيري و حفاظتي

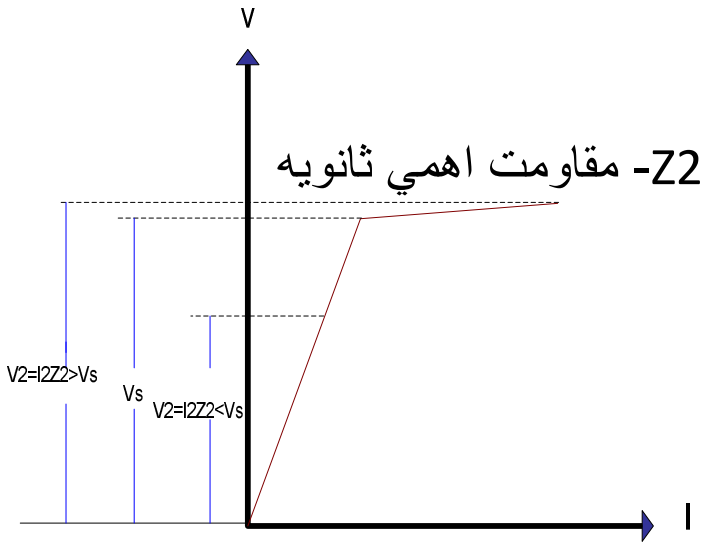
- در هنگام برقراري جريان هاي خطا تا حدود 40-20 برابر جريان بار، جريان ثانويه نيز به همين نسبت افزايش يافته، آمپرمترها در معرض جريان خطا معادل 400A-100 واقع مي شوند در حاليكه در شرايط عادي بهره برداري تحت جريان بار نامي 5A و چند برابر واقع مي باشند. برقراري جريان هاي خطا به ميزان فوق صدمه به تجهيزات اندازه گيري را موجب مي شود. به منظور جلوگيري از صدمه به تجهيزات اندازه گيري در قبال برقراري جريانهاي خطا، در ترانسفورماتورهاي جريان از دو هسته با كيفيت مغناطيسي متفاوت استفاده مي شود هسته اول شامل سيم پيچ تغذيه تجهيزات اندازه گيري به سيم پيچ اندازه گيري يا "Measuring" و هسته ديگر شامل سيم پيچ تغذيه رله هاي حفاظتي به سيم پيچ حفاظت يا "Protection" موسوم مي باشد.
- با توجه به كيفيت مناسب هسته سيم پيچ اندازه گيري و منحني مغناطيس كننده انتخاب شده آن، هسته فوق در قبال برقراري جريان هاي اوليه تا حدود 5-3 برابر جريان نامي اوليه اشباع شده ، با بروز اشباع جريان در سيم پيچ ثانويه تا حدود صفر كاهش يافته، مانع از بروز جريان قابل ملاحظه در ثانويه ، طبق نسبت تبديل نامي و صدمه به تجهيزات اندازه گيري مي شود.

- سيم پيچ تغذيه رله ها به عنوان سيم پيچ با هسته حفاظتي، در قبال برقراري جريان هاي خطا تا حدود 30-20 برابر جريان نامي اشباع نشده، تغييرات خطي فوران با تعداد دور سيم پيچ حفظ شده، نسبت تبديل نامي صدق مي نمايد.در شكل منحني مغناطيس كننده هسته هاي اندازه گيري و حفاظتي نشان داده شده اند.چنانكه اشاره شد بروز اشباع و يا عدم اشباع،در هسته مغناطيسي ، و مقدار ولتاژ اشباع طبق منحني هاي مغناطيس كننده ، به جنس هسته و نوع آن بستگي دارد.

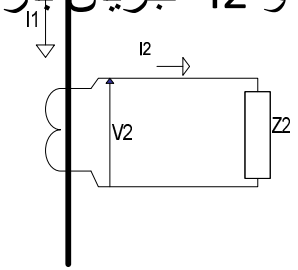


- استاندارد آمريكا تعيين شده، كليه كارخانجات سازنده، هسته ترانسفورماتورو مشخصات مناسب ترانسفورماتور را به منظور ارائه ولتاژ زانويي معادل مقاديراستاندارد پيش بيني طراحي مي نمايند. ولتاژ فوق در قبال برقراري جريان هاي خطا تا ميزان ۲۰ برابر جريان نامي اوليه حفظ شده تغييرات خطاي نسبت تبديل در شرايط فوق از حدود۱۰±% جريان تجاوز نمي نمايد.ولتاژهاي اشباع تعيين شده در استاندارد امريكا چهارمقدار به شرح زير مي باشند.
- Vs=100,200,400,800
- هنگامي كه مقاومت بار وصل شده ، جريان در ثانويه برقرار شود، ولتاژ ثانويه ، بين ترمينالها خواهد بود :

$$V2 = I2 \times Z2$$



- V2- ولتاژ در ترمينالهاي ثانويه و I2- جريان بار ثانويه و Z2- مقاومت اهمي ثانويه



- افزايش ولتاژ در فاصله ترمينالها در ثانويه تا بيش از مقدار اشباع به دو علت زير روي مي دهد.
۱-بالا بودن مقدار جريان خطا
۲- بالا بودن مقاومت اهمي ثانويه به عنوان مقاومت بار

مشخصات ترانسفورماتور جريان

- مشخصات طبق : IEC 0044
- H.V اوليه اعمال مي شود
- ازثانويه يكي ارت مي شود.

- Max Voltage For 1 min at Power Freq.
- Max impulse Voltage.
- Example : For 24 KV , 50 KV 1 Min , 125 KV Impulse
- Ratio: X/1 , 5
- Max Current in KA For 1 Sec (i_{th}) , i_{th} / $\sqrt{t}$
- Burden (VA) , Temperature
- CT For Over Current Protection $I_{SC\max} \langle 1.5 I_{Sat}$
- 2.5. تحمل الكتر و دينامبكي ببك جر يان معادل : i_{th}

مشخصات ترانسفورماتور جريان

- نسبت تبديل نامي: چنانكه ديده شد نسبت تبديل نامي عبارت از نسبت جريان نامي اوليه به جريان نامي ثانويه مي باشد. جريان نامي مدار اوليه معادل جريان نامي فيدر مي باشد.
- جهت جريان در ثانويه : جهت جريان در هنگام تغذيه رله هاي اضافه جريان مورد نظر نمي باشد. با اين همه هنگامي كه رله هاي زمين از ترانسفورماتورهاي جريان تغذيه ميشوند، لازم است جهت جريانها در ثانويه ترانسفورماتورهاي جريان با توجه به Polarity رله تعيين شود. تا بدين ترتيب جريان RESIDUAL صفر در شرايط عادي برقرار باشد. در هنگام تغذيه رله هاي قدرت جهتي لازم است جريان برقرار شده در رله اختلاف فاز مناسب را با كميت يا بردار مبنا دارا باشد، به عبارت ديگر جريان ثانويه در جهت مناسب برقرار با شد.
- در هنگام تغذيه رله هاي قدرت جهتي لازم است جريان برقرار شده در رله اختلاف فاز مناسب را با كميت يا بردار مبنا دارا باشد، به عبارت ديگر جريان ثانويه در جهت مناسب برقرار با شد.

POWEREN.IR

- **ظرفیت** (burden): بردن عبارتست از مجموع کل امپدانسهای تجهیزات وصل شده به ثانویه CT. (شامل دستگاه های اندازه گیری یا حفاظتی، کابلهای ارتباطی) مقدار بردن با ولت آمپر مشخص می گردد.
- **جریان حرارتی** Ith (thermal): عبارت است از مقدار جریانی که به اولیه ترانس جریان، به مدت یک ثانیه اعمال می شود و از نقطه نظر حرارتی مشکلی برای آن بوجود نمی آید.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- جریان دینامیکی:حداکثر جریانیست که از اولیه CT می گذرد و از نقطه نظر نیروی مکانیکی اعمال شده، CT با مشکل مواجه نخواهد شد.میزان این جریان معمولاً 2.5 برابر Ith می باشد.
- خطای جابجایی فاز(Phase displacement error): اختلاف فاز بین جریانهای اولیه و ثانویه یک ترانس جریان بر حسب رادیان می باشد. در صورتی که خطایی وجود نداشته باشد این مقدار برابر با صفر است.
- کلاس دقت: برای CT اندازه گیری عبارت است از حداکثر خطای جریان مجاز در جریان نامی بر حسب درصد. برای CT-های اندازه گیر این کلاس ها عبارتند از:0.1 ، 0.2 ،0.5 ، 1 ، 3 و 5 . به عنوان مثال کلاس دقت CL=1 يعني 1% خطا در جريان نامي
- برای CT-های حفاظتی عبارتست از حداکثر خطای مرکب مجاز در دقت نامی حد جریان اولیه و با حرف P نمایش داده می شود.و طبق استاندارد شامل 15P,10P,5Pمی باشد.
- براي هسته هاي حفاظتي درصد خطاي جريان را بصورت a P b بيان مي كنند. مثلا 5P20 و اين بدين معناست كه در b برابر جريان نامی خطای مرکب کمتر از % a باشد.(در 20 برابر جریان نامی حداکثر خطا 5%)

POWEREN.IR

- ضریب ایمنی Security factor: عبارتست از نرخ جریان اولیه محدود به جریان اولیه نامی. بنابراین یک SF بالا نشان دهنده یک تغییر زیاد از جریان اولیه است که می تواند به تجهیزات وصل شده به ثانویه آسیب وارد نماید.
- نقطه اشباع یا نقطه زانو(Knee point): نقطه ایست که در آن به ازای 10%افزایش در ولتاژ ، جریان به اندازه 50% تغییرات داشته باشد.

تست های CT

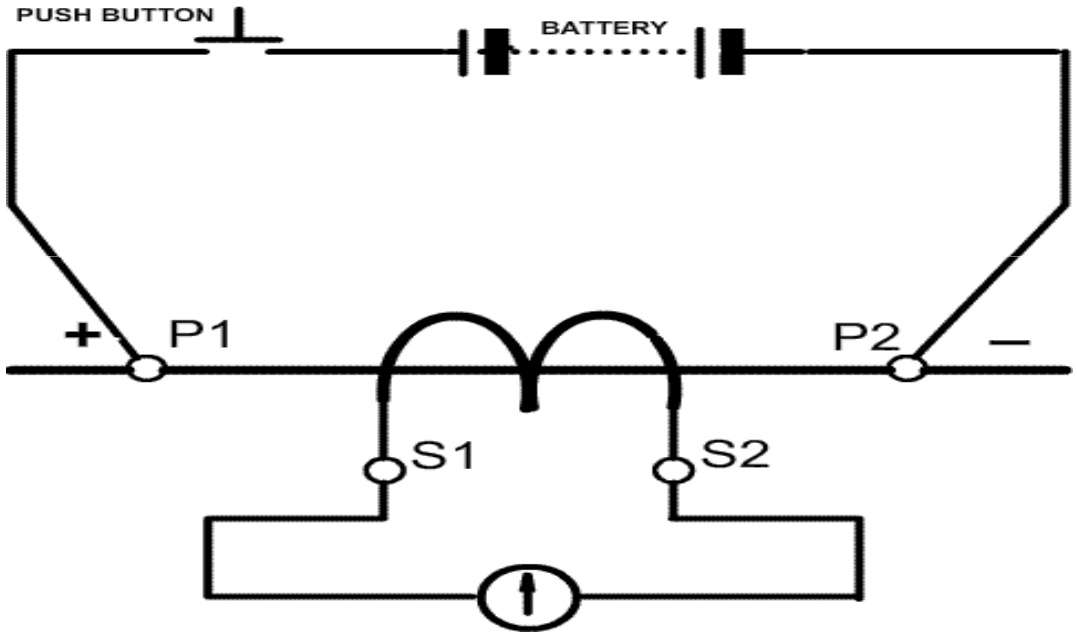
POWEREN.IR

- میگر تست: این تست براي تعيين مقاومت عايقي بين اوليه و ثانويه (ها) ، اوليه و زمين ، ثانويه ها و زمين و سيم پيچهاي مختلف ثانويه با هم انجام مي گيرد. مقدار ولتاژ اعمالي 500V مي باشد. لازم به ذکر است قبل از انجام این تست باید Earth از سمت ثانویه باز شود.
- تست نسبت تبدیل Ratio Test: ثانويه هاي تمامي هسته هاي CT را اتصال کوتاه کرده و توسط دستگاه تزریق جریان (Current Injection Set)،جریانی برابر جریان نامی به اولیه CT اعمال نموده و مقدار جریان به دست آمده در سمت ثانویه را یادداشت می کنند.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- continuity test & Polarity Test:



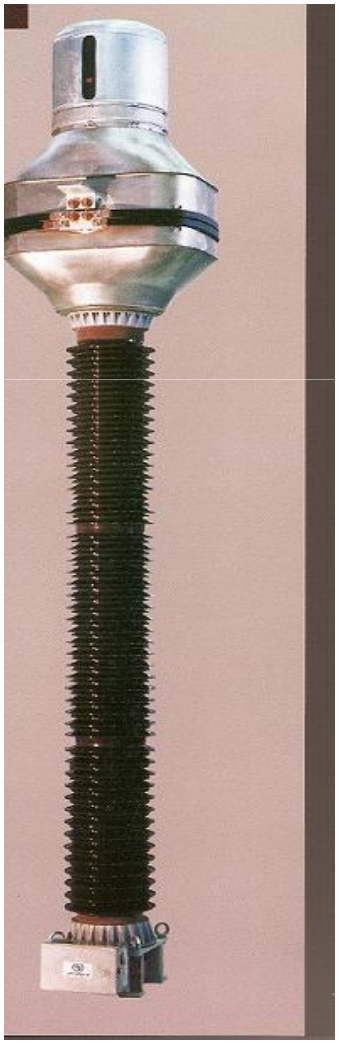
PowerEn.ir

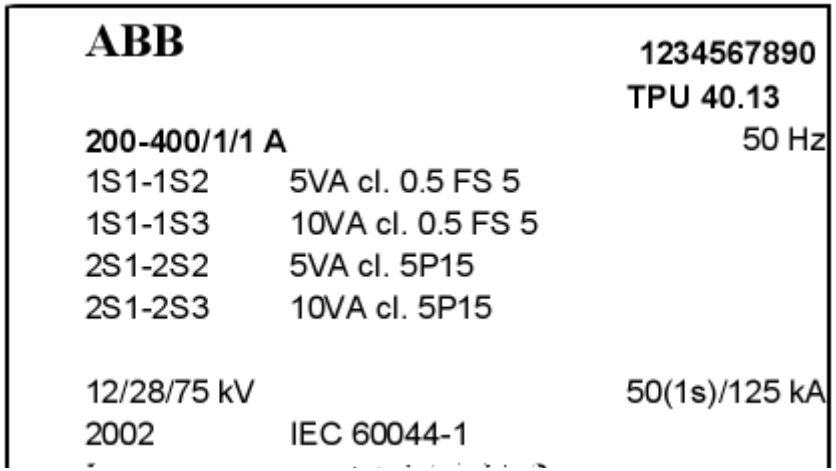
- تعيين مقاومت اهمي سيم پيچ ثانويه:

POWEREN.IR

- منحني مغناطيس شوندگي:**هدف از انجام اين تست به دست آوردن ولتاژ نقطه زانو(Knee point) و مقايسه آن با مقدار تعيين شده توسط كارخانه است.همانطور كه اشاره شد نقطه اشباع (زانو) نقطه ايست كه در آن به ازاى ١٠% افزايش در ولتاژ، جريان مغناطيس كنندگي به اندازه ٥٠% تغييرات داشته باشد. منحني تحريك تا نقطه اي كه در آن به ازاي ١٠% افزايش ولتاژ، ١٠٠% افزايش جريان داشته باشيم، ادامه مي يابد.**
- ***نكته: پس از انجام تست ولتاژ را به تدريج كم كرده و سپس منبع تغذيه را جدا مي كنيم زيرا ؟***
- ***يك تغيير ناگهاني در فلو (شار) مي تواند باعث توليد ولتاژي در سمت ثانويه گردد كه اين ولتاژ براي آسيب رسانيدن به ايزولاسيون سيم پيچ ثانويه كافيست.***

POWEREN.IR





Where:	
1234567890	serial number
TPU 40.13	transformer type code
50Hz	rated frequency
200-400/1/1 A	rated transformer ratio
1S1-1S2	terminal marking for core number 1, first tap
1S1-1S3	terminal marking for core number 1, second tap
5VA	rated output (burden)
0.5, 5P	accuracy classes
FS5	instrument security factor
12/28/75 kV	highest voltage for equipment / power-frequency withstand voltage / rated lightning-impulse voltage
IEC 60044-1	referred standard(s)
50(1s)/125kA	rated short time thermal current (thermal time) / rated dynamic current
2002	year of production

POWEREN.IR
PowerEn.ir

POWEREN.IR

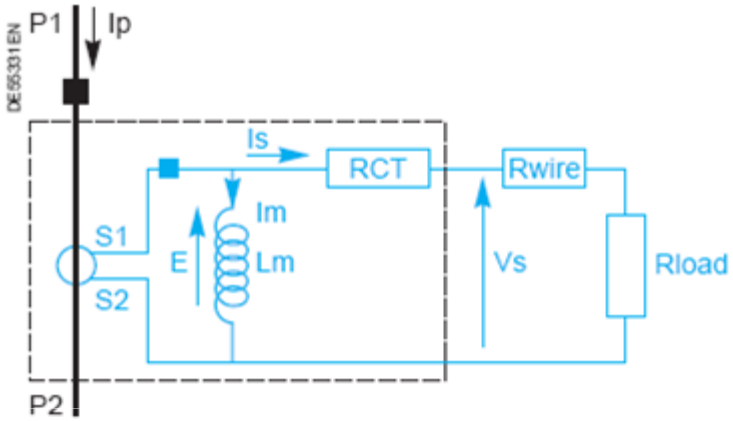


Fig. 1. Equivalent diagram of a CT secondary current...

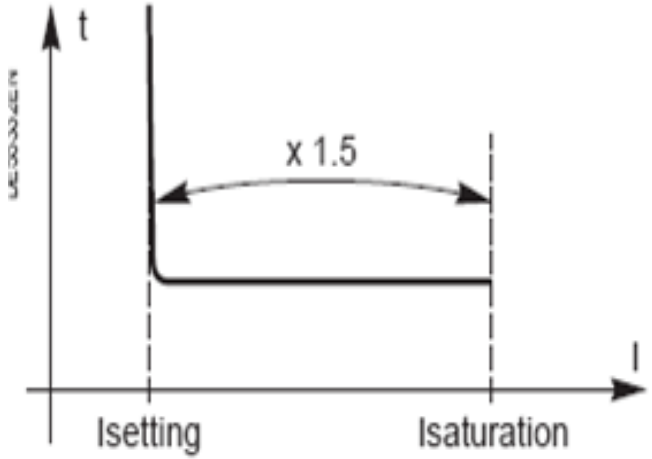


Fig. 2.

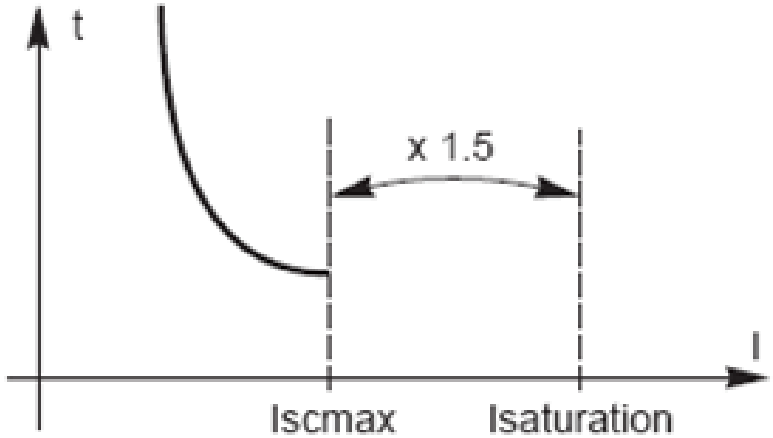


Fig. 3.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

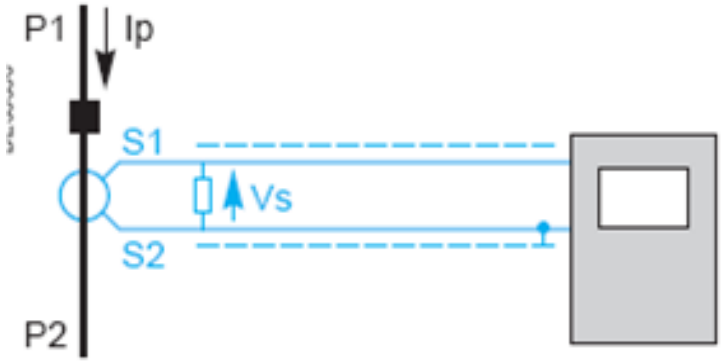


Fig. 1. LPCT-type current sensors.

Example of measurement characteristics as per IEC 60044-8

- Rated primary current Ipn = 100 A
- Rated extended primary current Ipe = 1250 A
- Secondary voltage Vsn = 22.5 mV
- Class 0.5:
  - accuracy 0.5% from 100 A to 1250 A,
  - accuracy 0.75% at 20 A,
  - accuracy 1.5% at 5 A.

Example of protection characteristics as per IEC 60044-8

- Primary current Ipn = 100 A
- Secondary voltage Vsn = 22.5 mV
- Class 5P from 1.25 kA to 40 kA (fig.2).

POWEREN.IR

Applications	Through Imax	Excess through Imax	Comments
BB differential protection	Switchboard real I_{sc}	Switchboard I_{th}	Take real I_{sc} if no increase possible. Else take I_{th}
Motor differential protection	Motor starting I	7 I_n (motor) otherwise 7 x I_n (CT)	If you know neither the starting I nor the motor I_n, take 7 x I_n (CT)
Generator differential protection	Generator I_{sc} contribution only, i.e. I_n (100 / X")	7 I_n (generator) otherwise 7 x I_n (CT)	X" = generator subtransient reactance as a %. If unknown, we assume X" % ≥ 15 i.e. 100/15 = 6.67 (7 is taken by excess)

Length (m)	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**	**200**	**400**
Wiring losses (VA) for:							
I_n = 1 A	0.04	0.08	0.16	0.4	0.8	1.6	3.2
I_n = 5 A	1	2	4	10	20	40	80

ترانسفور ماتور ولتاژ(Voltage Transformer)

- داراي دو تايپ مغناطيسي (VT) و خازني (CVT) مي باشد كه VT براي ولتاژهاي در حد 45KV مي تواند اقتصادي باشد و CVT براي ولتاژهاي بالاتر.از CVT در سيستم PLC براي ارتباط به وسيله خطوط انتقال H.V استفاده مي شود.
- درشبكه ايران بيشتر بين فاز و زمين متصل مي شوند. استاندارد (IEC 18) مربوط به PTهاست. جهت كاهش دامنة زياد ولتاژ به ميزان كمتر و استاندارد، براي اندازه گيري و حفاظت از PT ها استفاده مي شود.
- قوانين ترانسفورماتوهاي معمولي در PTها صادق است.
- براي يك ترانسفورماتور اتصال كوتاه شده :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

- براي يك ترانسفورماتور بدون بار :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

POWEREN.IR
PowerEn.ir
POWEREN.IR

POWEREN.IR

- VT در شرايط No Load (جريان بار صفر است) و افت ولتاژ فقط با جريان مغناطيس كنندگي است و قابل صرفنظر مي باشد.

- اما در عمل اين شرايط ايده آل اتفاق نمي افتد و VT داراي باري با ظرفيت رله ها، دستگاه هاي اندازه گيري و كابل هاي ارتباطي مي باشد و جريان بار سبب خطاي افت ولتاژ خواهد شد.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

Class	Percentage voltage (ratio) error ±	Phase error Minutes
0,1	0,1	5
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1,0	1,0	40
3,0	3,0	Not specified

POWEREN.IR

Recommended class of accuracy for different types of meters

	Application	*Class of accuracy*
1	Precision testing or as a standard VT for the testing of other VTs	0.1
2	Meters of precision grade	0.5
3	Commercial and Industrial meters	1.0
4	Precision Industrial meters (Indicating instruments, recorders and electronic integrating meters)	0.2 or 0.5
5	General industrial measurements (Indicating instruments and recorders)	1 or 3
6	Purposes where the ratio is of less importance	3

POWEREN.IR

• ضریبی است که با اعمال آن در ولتاژ نامی، ولتاژی (Rated Voltage Factor)ضریب ولتاژ نامی : می تواند با توجه به شرایط گرمایی ایجاد شده برای آن، در یک مدت زمان VTبه دست می آید که محدود، بدون اینکه کلاس دقت آن کاهش یابد آنرا تحمل نماید.

Table 2 – Standard values of rated voltage factors

Rated voltage factor	Rated time	Method of connecting the primary winding and system earthing conditions
1,2	Continuous	Between phases in any network Between transformer star-point and earth in any network
1,2	Continuous	Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (2.1.25 a))
1,5	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (2.1.25 b)) with automatic earth-fault tripping
1,9	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in an isolated neutral system (2.1.20) without automatic earth-fault tripping or in a resonant earthed system (2.1.23) without automatic earth-fault tripping
1,9	8 h	

PowerEn.ir

POWEREN.IR

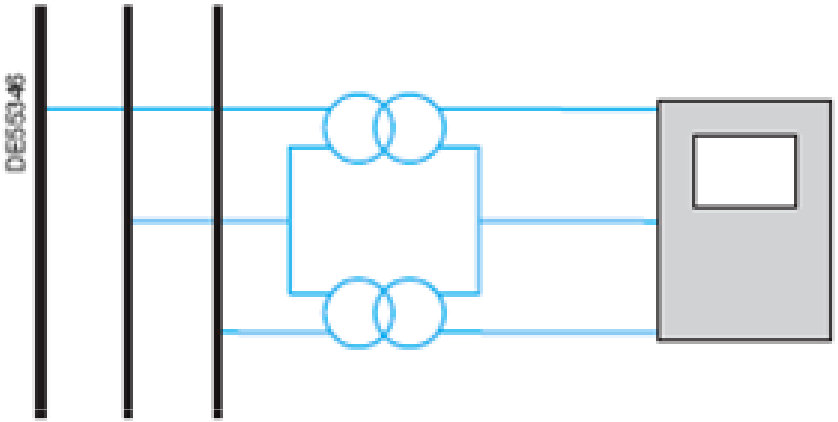


Fig. 2. V-connected voltage transformers (VT).

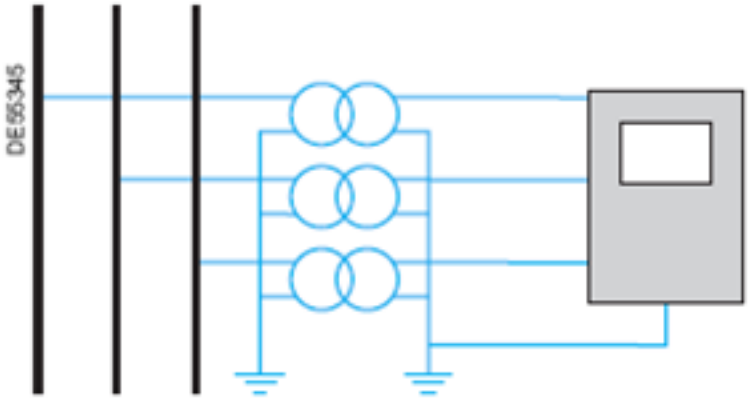


Fig. 1. Star-connected voltage transformers (VT).

PowerEn.ir

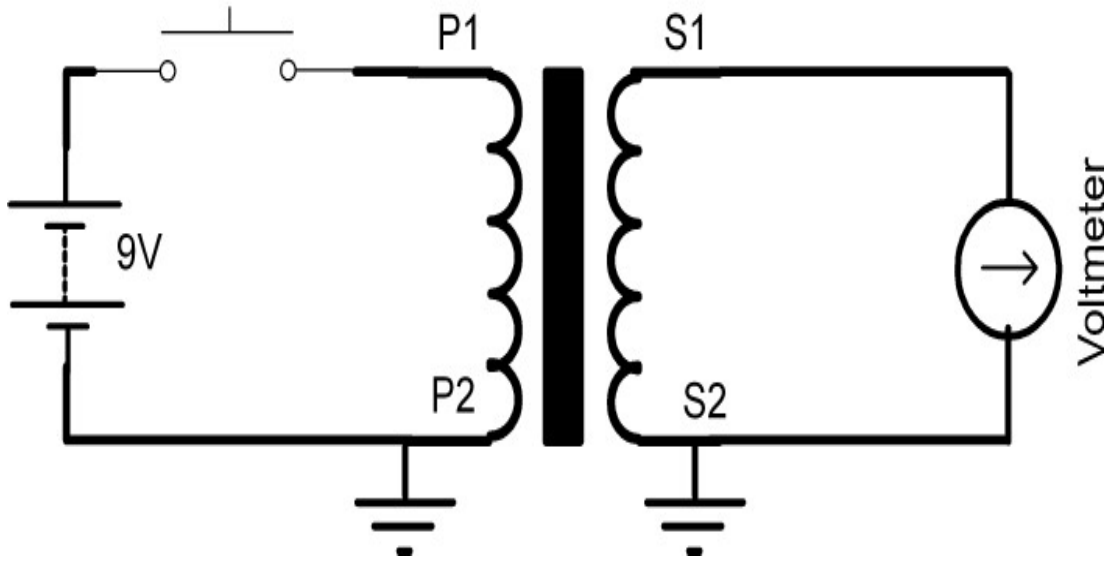
تستهای PT

POWEREN.IR

- بررسی وضعیت ظاهری PT
- بررسی اتصال زمین ترمینالهای S2 و P2 سیم پیچ های اولیه و ثانویه
- تست پلاریته
- Continuity test سیم پیچ ها
- تست نسبت تبدیل
- تست مقاومت عایقي بين سيم پيچها با هم و زمين
- اندازه گيري مقاومت ثانويه
- بررسي Phase rotation

تست پلاريته و Continuity test

- ولتمتر بكار رفته در اين مدار، يك ولتمتر داراي نقطه صفر مركزي (central zero scale) يا يك گالوانومتر مي باشد. در صورت صحيح بودن پلاريته، با بستن كليد يك پالس مثبت و با باز شدن مجدد كليد يك پالس منفي ايجاد خواهد شد. و هرگونه حركت عقربه نشان دهنده پيوستگي (continuity) سيم پيچ هاست.



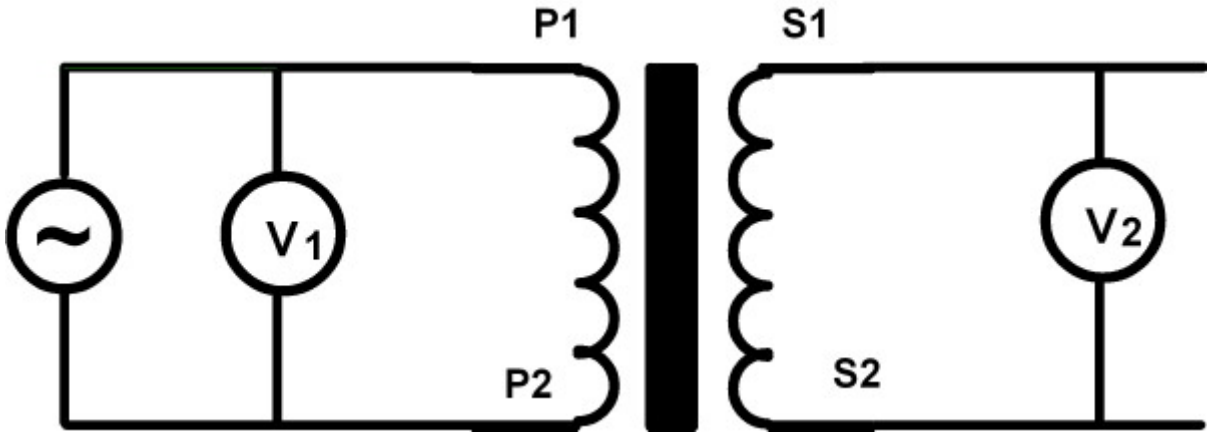
POWEREN.IR

POWEREN.IR

تست نسبت تبديل

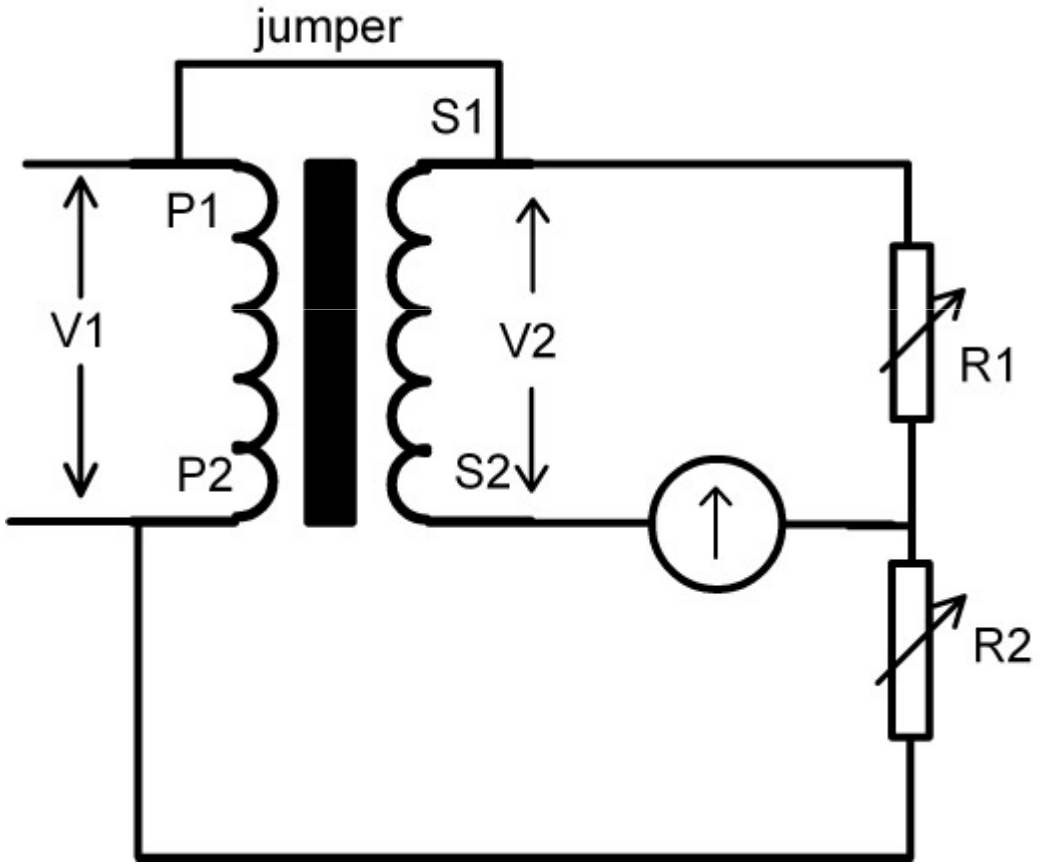
- با تزريق ولتاژي بين 0.5 تا 1.2 ولتاژ نامي به اوليه PT و اندازه گيري ولتاژ ثانويه مي توان نسبت تبديل را بدست آورد.

Ratio= V1/V2



PowerEn.ir

POWEREN.IR



PowerEn.ir

POWEREN.IR

- مطابق با استانداردها تا ±0.5% خطا در محاسبات قابل چشم پوشی است. درصد خطای اندازه گیری طبق فرمول زیر محاسبه می شود:
- %e=100*[measured ratio-calculated ratio]/calculated ratio

$$\frac{\frac{V_1}{V_2} - \frac{V1 - \Delta V}{V_2}}{\frac{V_1}{V_2}} \times 100 = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = (\varepsilon)\%$$

- در پایان نتیجه تست را با مقدار ذکر شده در Name plate ترانس مقایسه می کنیم.

تست مقاومت عایقی و اندازه گیری مقاومت ثانویه PT

- با استفاده از megger (میگر یا مگا اهم متر) 500V مقاومت عایقی بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه و همچنین ثانویه و Earth را اندازه می گیریم.

- میزان مقاومت سیم پیچ ثانویه را می توان بوسیله پل وتستون به دست آورد.
- بررسی توالی چرخش فازها (Phase Rotation Check)

POWEREN.IR

Over &Under Frequency

POWEREN.IR

- **تغییرات فرکانس علاوه بر وارد آوردن صدمات به تأسیسات شبکهٔ برق رسانی، بر وسایل مشترکین برق نیز اثرات زیان باری خواهد داشت. همچنین اگر فرکانس شبکه در حد مجاز و مطلوب کنترل نگردد، موجب عدم پایداری و حتی فروپاشی شبکه خواهد شد.**

حد مجاز فرکانس

درکلیه سطوح ولتاژی ، میزان تغییرات فرکانس درحالت نرمال باید در محدوده ۰/۳ ± هرتز باشد.

۱/٦ تا ۳/۲ درصد	برنامه حذف بار توسط رله های حذف بار
بالای ۳/۲ درصد	قطع تأخیری نیزوگاه توسط رله فرکانسی
بالای ٤ درصد	قطع سریع نیروگاه توسط رله فرکانسی

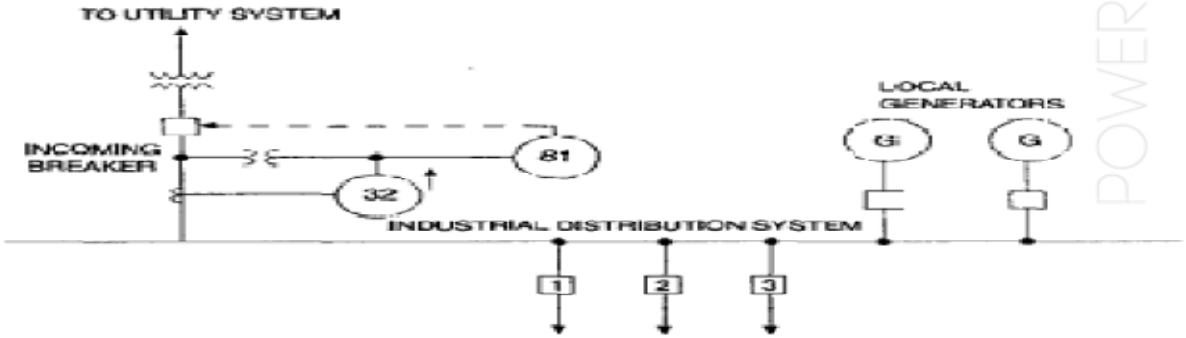
PowerEn.ir

POWEREN.IR

- **رلهٔ فرکانسی : رله ایست که بر اساس دامنهٔ فرکانس عمل می کند و سیستم را در برابر تغییرات غیر عادی فرکانس** (Over and Under Frequency)**محافظت می‌کند؛ که در فرکانس‌های بالا و پایین از پیش تعیین شده عمل می کند.اگر از میزان نامی کاهش یابد، توسط رلهٔ** Under Frequency **و اگر از میزان نامی بالاتر رود، توسط رلهٔ** Over Frequency **حفاظت می شود.**

PowerEn.ir

POWEREN.IR



SFT2841 - Sepam serie 40 - [Substation 40_1]

File Edit Operation Sepam Application Options Window ?

Fct

50/51 | 50N/51N | 50BF | 46 | 27/27S | 59 | 59N | 47 | 81 | 79

81H : Overfrequency

Open advanced parameters | Apply | Cancel

	On	Latching	Trip C.B.	Frequency threshold		Delay	
Element 1	☐	☐	☐	53	Hz	100	ms
Element 2	☐	☐	☐	53	Hz	100	ms

Tripping behaviour

	O1	O2	O3	O4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	English	Local	Rec.
Element 1														14	14	X
Element 2														14	14	X

81L : Underfrequency

	On	Latching	Trip C.B.	Frequency threshold		Delay	
Element 1	☐	☐	☐	45	Hz	100	ms
Element 2	☐	☐	☐	45	Hz	100	ms
Element 3	☐	☐	☐	45	Hz	100	ms
Element 4	☐	☐	☐	45	Hz	100	ms

Tripping behaviour

	O1	O2	O3	O4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	English	Local	Rec.
Element 1														15	15	X
Element 2														15	15	X
Element 3														15	15	X
Element 4														15	15	X

Disconnected | Substation S40 | sepam xxx | 21/04/2008 07:48:24

نوع شبکه	علامت اتصال	حداکثر ولتاژ سیستم (کیلوولت)	سطوح نامی ولتاژ (کیلوولت)
فشارضعیف (توزیع	LV	—	۰/٤
فشار متوسط (توزیع)	MV	۲٤(۱۲و۳٦) *	۲۰ (۱۱و۳۳) *
فشار قوی (فوق توزیع)	HV	۷۲/۵	٦۳
فشارقوی (فوق توزیع)	HV	۱٤۵	۱۳۲
فشارقوی (انتقال)	HV	۲٤۵	۲۳۰
فوق فشارقوی (انتقال)	EHV	٤۲۰	٤۰۰

- این رده ولتاژ فقط در تعداد محدودی از شرکت های برق منطقه ای مورداستفاده قرار می گیرد.

POWEREN.IR

حدود مجاز تغییرات بلندمدت ولتاژ

POWERENIR

الف – ولتاژ عادی: افزایش تا ۲٪ و یا کاهش تا ۲٪ ولتاژ نامی.

ب – ولتاژ غیرعادی: افزایش تا ۵٪ و یا کاهش تا ۱۰٪ ولتاژ نامی.

ج – ولتاژ غیرقابل تحمل: افزایش بیش از ۵٪ و یا کاهش بیش از ۱۰ ٪

موارد الف وب حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ می باشند.

POWERENIR
PowerEn.ir

POWEREN.IR

حدود مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ

- تعریف عدم تعادل ولتاژ؟

نوع شبکه	شبکه توزیع و فوق توزیع فشارضعیف ومتوسط	شبکه انتقال فشارقوی وفوق فشارقوی
درصد عدم تعادل ولتاژ	۲	۱

PowerEn.ir

Over & Under Voltage

POWEREN.IR

- **اضافه ولتاژهای گذرای ضربه ای**
- **اضافه ولتاژهای با فرکانس قدرت**
- **در خطوط انتقال ٪ ۲± ، خطوط فوق توزیع و توزیع ٪ ۵± محدوده ولتاژ عادی و ٪ ۵+ افزایش، ٪ ۱۰– کاهش در انتقال و ٪ ۷+ افزایش، ٪ ۱۰– کـاهش در خطوط فوق توزیع محدوده ولتاژ بحرانی می باشد.**

- **کنترل سطح ولتاژ روی باس بارها و یا ژنراتورها**
- **حفاظت بارها و مدارت حساس به ولتاژ بار با رلهٔ سادهٔ** Over Voltage
  - **آشکار سازی خطای زمین** (Ground Fault)

Measuring circuits

Rated voltage U_N		100 V to 125 V (selectable)
Rated frequency f_N		50 Hz/60 Hz (selectable)
Power consumption	voltage path at 100 V	≤ 0.2 VA per input
Linearity range	voltage path	170 Vac
Overload capability – thermal (r.m.s.)	voltage path	200 V continuous 230 V for ≤10 s

Rated auxiliary voltage U_H dc	24/48 Vdc	60/110/125 Vdc	220/250 Vdc
Permissible variations	19 to 58 Vdc	48 to 150 Vdc	176 to 300 Vdc

Output contacts

Output relays, number, total		6 (can be marshalled)
two-channel controlled and monitored command relays (K1 and K2)		2 (can be marshalled)
Contacts per relay	K1 to K5	1 NO
	K6	1 NC or 1 NO (reconnectable)
Switching capacity	MAKE	1000 W/VA
	BREAK	30 W/VA
Switching voltage		250 V
Permissible current		5 A continuous
		30 A for 0.5 s

– Standard	RS485
– Test voltage	2.8 kV d.c.
– Connection	data cable at housing terminals, two data wires, one frame reference, for connection of a personal computer or converter RS485/fibre-optic; core pairs with individual and common screening, screen must be earthed at both sides;
	characteristic impedance 120 Ω (>100 kHz)
	capacitance per unit length <60 nF/km
	loop resistance per unit length <160 Ω/km
	major diameter > 0.53 mm
– Transmission speed	as delivered 9600 Baud min. 1200 Baud; max. 19200 Baud
– Protocol	according to IEC 60870–5–103

3.2 Undervoltage protection U< (U_x<, U_1<[1)], Up<[1)])

Setting ranges/steps

Undervoltage	U< (U_x<, U_1<[1)], Up<[1)])	20 V to 120 V	(steps 1 V)
Time delay for definite time characteristic and additional time delay	T(U<, U_x<, U_1<[1)], T Up<	0.00 s to 60.00 s or ∞	(steps 0.01 s)
Time multiplier for inverse time characteristic	TM	0.10 s to 5.00 s	(steps 0.01 s)

Operating times

– pick-up time	approx. 50 ms
– drop-off time	approx. 50 ms
Reset ratio undervoltage U< (U_x<, U_1<[1)], Up<[1)])	approx. 1.05

Trip time characteristic (refer to Figure 3.1)

$$t = \frac{1}{1 - \frac{U}{U_p}} \cdot T_M + T_{Up<}$$

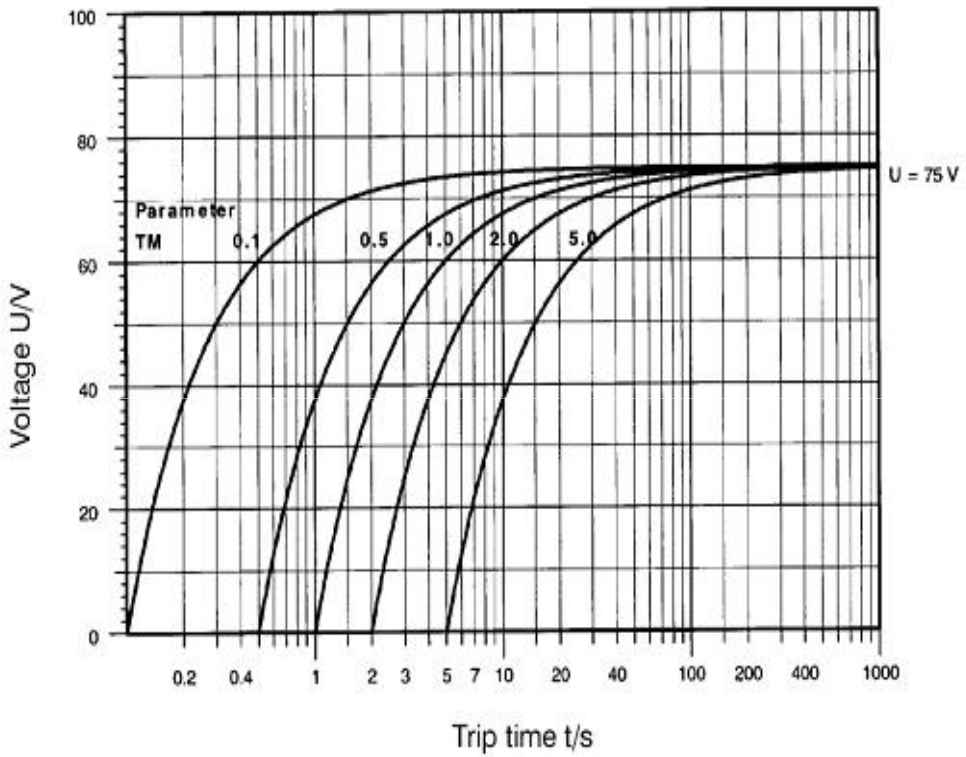
t	tripping time
U	voltage
U_p	setting value (address 1902), valid for $t \rightarrow \infty$
T_M	time multiplier (Parameter 1903)
$T_{Up<}$	additional time delay (Param. 1904)

Tolerances

– voltage limit values U< (U_x<, U_1<[1)], Up<[1)])	3 % of set value or 1 V
– Inverse time characteristic	3 % referred to U
– delay times T, T Up<	1 % of set value or 10 ms

POWERENN.IR

POWEREN.IR



Trip characteristic of the undervoltage protection
for setting value Up< = 75 V, without additional delay time (T Up< = 0)

PowerEn.ir

Over Current

بطور کلی به دو صورت طراحی می شود :

– درجه بندی شده جریان و زمان غیر جهت دار

– درجه بندی شده جریان و زمان جهت دار با اضافه بار متفاوت است. در حفاظت اضافه بار عملکرد با ظرفیت حرارتی بخش مورد حفاظت در ارتباط است.

در حفاظت اضافه جریان تا حدودی حفاظت اضافه بارهای شدید نیز بدست می آید.

POWEREN.IR
PowerEn.ir

کاربرد و انواع

POWEREN.IR

- **با توجه به جریان تنظیمی و زمان عملکرد مشخصه های مختلف زمان– جریان بصورت زیر خواهیم داشت :**
- **زمان معین** (Definite Time)
- **معکوس با زمان حداقل معین استاندارد** (IDMT)
- **بسیار معکوس** Very Inverse
- **فوق العاده معکوس** Extremely Inverse

- **در فیدرهای توزیع و فوق توزیع با سیستم ولتاژ کمتر از** 3KV **که تغذیه فقط از یک طرف است، در این مدارات با فیوزها هماهنگ می شوند.**
- **در سطوح ولتاژ بالا و در خطوط انتقال از نوع جهت دار یا غیر جهت دار بعنوان حفاظت و پشتیبان رله های حفاظتی اصلی با عملکرد آنی استفاده می شود.**
- **در رله های اتصال زمین برای تشخیص خطاهای زمین مورد استفاده قرار می گیرند.**

رلهٔ Definite Time

- در صورتیکه زمان کار رله برای همهٔ جریان های بزرگتر از Iset ثابت باشد رله را D.T می نامند.
- هنگامیکه امپدانس شبکه و جریان خطای سیستم بصورت گسترده تغییر می کند و همچنین زمانی که همراه با مشخصهٔ معکوس استفاده شود، این مشخصه برای هماهنگی رله های پشت سر هم مناسب است.
- دراینصورت مزیت مشخصهٔ معکوس در جریان های بالای خطا با مزیت DT در مقادیر کوچک جریان خطا، توأم بدست می آید.
- این رله ها در کاربردهای زیادی قابل استفاده اند.اما در شرایطی که جریان خطا با افزایش فاصله از منبع توان کاهش می یابد، نمی توانند جایگزین رله های IDMT یا VI شوند.

POWEREN.IR

رله IDMT

POWEREN.IR

- مشخصهٔ زمان – جریان رله IDMT استاندارد در جریان های کمتر، معکوس بوده و در نهایت شکل DT را پیدا می کند. دارای زمان عملکرد طولانی در جریان های کمتر و زمان عملکرد کمتر در جریان های بزرگتر است.
- روابط ریاضی مختلفی برای رله های IDMT وجود دارد که از جملهٔ آنها دو رابطهٔ ریاضی ساده شدهٔ زیر است :
- t = 3 (Log M)^(-1) & t=0.14/((M^0.12)-1)
- که در این روابط :
- t : زمان عملکرد رله بر حسب ثانیه
- M : ضریبی از جریان تنظیمی بر حسب(PU)
-
- از رابطهٔ اول نتیجه می شود که در دو برابر جریان تنظیمی 10 S و در پنج برابر 4.3 و در ده برابر 3 S زمان عملکرد رله خواهد بود.

PowerEn.ir

رله VI

- **از مشکلات رله های (IDMT) این است که با نزدیکتر شدن به منبع، زمان برطرف شدن خطا افزایش می یابد. اگر اختلاف فاحشی در سطح اتصال کوتاه بخش های متوالی سیستم باشد، با رلهٔ VI می توان وضعیت را بهبود بخشید.**
- **در این رله ها مشخصهٔ زمان–جریان در دامنهٔ بزرگتری از جریان معکوس است و شیب مشخصه نیز بزرگتر است.**
- **مشخصهٔ این رله ها به گونه ای است که زمان عملکرد رله با کاهش جریان از ۷ به ۴ برابر به دو برابر می رسد.**
- **بطور کلی جایی که جریان خطا بین نقاط رله گذاری، اختلاف زیادی با هم دارند، استفاده از VI بهتر است. روابط ریاضی سادهٔ ارائه شده برای رلهٔ VI عبارت است از :**
- t = 1. (Log M)^(-1) & t=13.5/(M-1)
- 17. 5-3.275-1.

POWEREN.IR
PowerEn.ir

رله EI

POWEREN.IR

- مشخصهٔ IDMT با مشخصهٔ فیوزها تفاوت بسیاری دارد. مشخصهٔ زمان – جریان رله های EI برای هماهنگ کردن با فیوزها در فیدرهای توزیع که در هنگام وصل به منبع در معرض جریان های شدید هستند، بسیار مناسب است.

- زمان عملکرد طولانی این رله ها، در مقادیر حداکثر بار عادی، آنها را برای هماهنگی با فیوزها مناسب می سازد.

- کاربرد دیگر این رله ها همراه با Recloser در مدارهای توزیع ولتاژ کم است.

رله EI

- روابط سادهٔ ریاضی برای رله های فوق بدین صورت است :
- t = 0. (Log M)^(-3) & t=80/((M^2)-1)
- از رابطهٔ نخست زمان عملکرد برای دو برابر، پـــنج برابـــر و ده برابر به ترتیب 22 ، 1.7 و .0 ثانیه بدست می آید.
- در این رله ها در دامنه بزرگتری از جریان، مشخصه معکـــوس است. به علاوه شیب مشخصه بزرگتر و در جریان هـــای بســـیار بزرگتر به DT میل می کند.

Relay Characteristic	Equation (IEC 60255)
Standard Inverse (SI)	$t = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
Very Inverse (VI)	$t = TMS \times \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely Inverse (EI)	$t = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$
Long time standard earth fault	$t = TMS \times \frac{120}{I_r - 1}$

(a): Relay characteristics to IEC 60255

POWEREN.IR

Table of K values

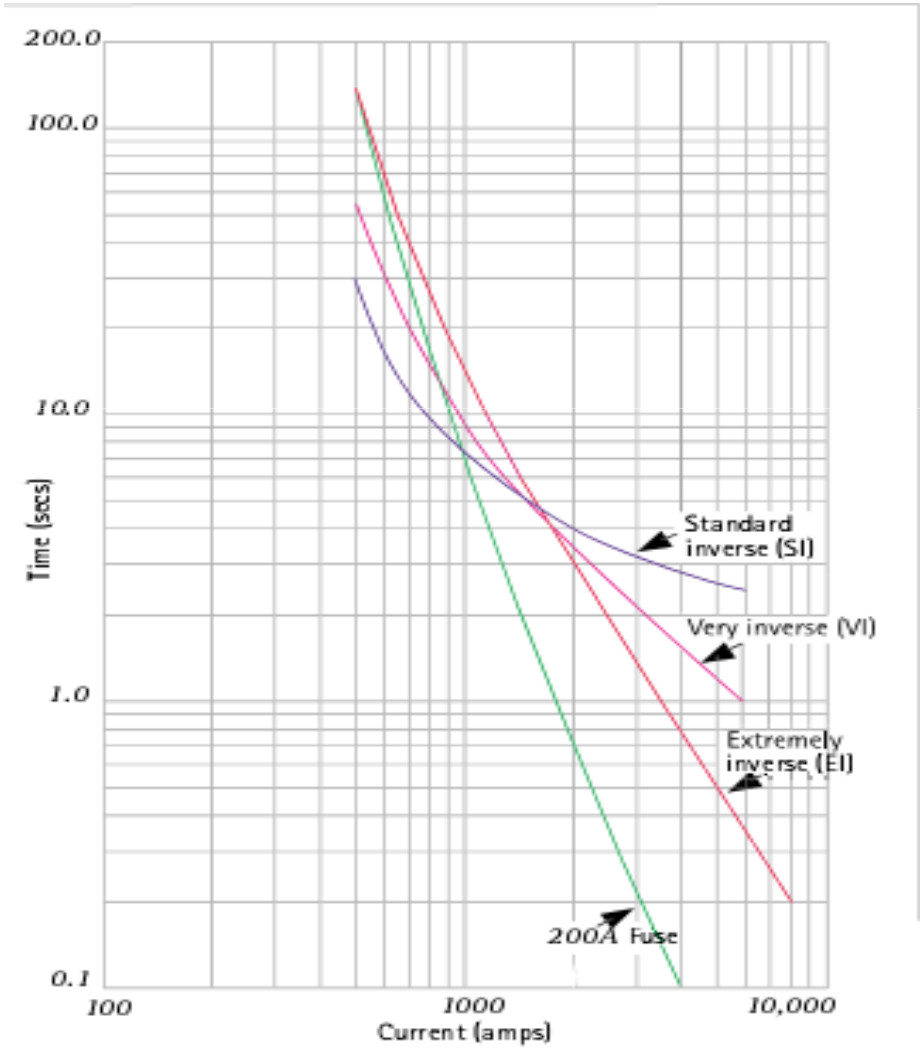
I/Is	SIT and IEC/A	VIT, LTI and IEC/B	EIT and IEC/C	UIT	RI	IEEE MI (IEC/D)	IEEE VI (IEC/E)	IEEE EI (IEC/F)	IAC I	IAC VI	IAC EI
1.0	—	—	—	—	3.062	—	—	—	62.005	62.272	200.226
1.1	24.700 (1)	90.000 (1)	471.429 (1)	—	2.534	22.461	136.228	330.606	19.033	45.678	122.172
1.2	12.901	45.000	225.000	545.905	2.216	11.777	65.390	157.946	9.413	34.628	82.899
1.5	5.788	18.000	79.200	179.548	1.736	5.336	23.479	55.791	3.891	17.539	36.687
2.0	3.376	9.000	33.000	67.691	1.427	3.152	10.199	23.421	2.524	7.932	16.178
2.5	2.548	6.000	18.857	35.490	1.290	2.402	6.133	13.512	2.056	4.676	9.566
3.0	2.121	4.500	12.375	21.608	1.212	2.016	4.270	8.970	1.792	3.249	6.541
3.5	1.858	3.600	8.800	14.382	1.161	1.777	3.242	6.465	1.617	2.509	4.872
4.0	1.676	3.000	6.600	10.169	1.126	1.613	2.610	4.924	1.491	2.076	3.839
4.5	1.543	2.571	5.143	7.513	1.101	1.492	2.191	3.903	1.396	1.800	3.146
5.0	1.441	2.250	4.125	5.742	1.081	1.399	1.898	3.190	1.321	1.610	2.653
5.5	1.359	2.000	3.385	4.507	1.065	1.325	1.686	2.671	1.261	1.473	2.288
6.0	1.292	1.800	2.829	3.616	1.053	1.264	1.526	2.281	1.211	1.370	2.007
6.5	1.236	1.636	2.400	2.954	1.042	1.213	1.402	1.981	1.170	1.289	1.786
7.0	1.188	1.500	2.063	2.450	1.033	1.170	1.305	1.744	1.135	1.224	1.607
7.5	1.146	1.385	1.792	2.060	1.026	1.132	1.228	1.555	1.105	1.171	1.460
8.0	1.110	1.286	1.571	1.751	1.019	1.099	1.164	1.400	1.078	1.126	1.337
8.5	1.078	1.200	1.390	1.504	1.013	1.070	1.112	1.273	1.055	1.087	1.233
9.0	1.049	1.125	1.238	1.303	1.008	1.044	1.068	1.166	1.035	1.054	1.144
9.5	1.023	1.059	1.109	1.137	1.004	1.021	1.031	1.077	1.016	1.026	1.067
10.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10.5	0.979	0.947	0.906	0.885	0.996	0.981	0.973	0.934	0.985	0.977	0.941
11.0	0.959	0.900	0.825	0.787	0.993	0.963	0.950	0.877	0.972	0.957	0.888
11.5	0.941	0.857	0.754	0.704	0.990	0.947	0.929	0.828	0.960	0.939	0.841
12.0	0.925	0.818	0.692	0.633	0.988	0.932	0.912	0.784	0.949	0.922	0.799
12.5	0.910	0.783	0.638	0.572	0.985	0.918	0.896	0.746	0.938	0.907	0.761
13.0	0.895	0.750	0.589	0.518	0.983	0.905	0.882	0.712	0.929	0.893	0.727
13.5	0.882	0.720	0.546	0.471	0.981	0.893	0.870	0.682	0.920	0.880	0.695
14.0	0.870	0.692	0.508	0.430	0.979	0.882	0.858	0.655	0.912	0.868	0.667
14.5	0.858	0.667	0.473	0.394	0.977	0.871	0.849	0.631	0.905	0.857	0.641
15.0	0.847	0.643	0.442	0.362	0.976	0.861	0.840	0.609	0.898	0.846	0.616
15.5	0.836	0.621	0.414	0.334	0.974	0.852	0.831	0.589	0.891	0.837	0.594
16.0	0.827	0.600	0.388	0.308	0.973	0.843	0.824	0.571	0.885	0.828	0.573
16.5	0.817	0.581	0.365	0.285	0.971	0.834	0.817	0.555	0.879	0.819	0.554
17.0	0.808	0.563	0.344	0.265	0.970	0.826	0.811	0.540	0.874	0.811	0.536
17.5	0.800	0.545	0.324	0.246	0.969	0.819	0.806	0.527	0.869	0.804	0.519
18.0	0.792	0.529	0.307	0.229	0.968	0.812	0.801	0.514	0.864	0.797	0.504
18.5	0.784	0.514	0.290	0.214	0.967	0.805	0.796	0.503	0.860	0.790	0.489
19.0	0.777	0.500	0.275	0.200	0.966	0.798	0.792	0.492	0.855	0.784	0.475
19.5	0.770	0.486	0.261	0.188	0.965	0.792	0.788	0.482	0.851	0.778	0.463
20.0	0.763	0.474	0.248	0.176	0.964	0.786	0.784	0.473	0.848	0.772	0.450

(1) Values suitable only for IEC A, B and C curves.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

مقایسه مشخصه های رله های معکوس زمانی



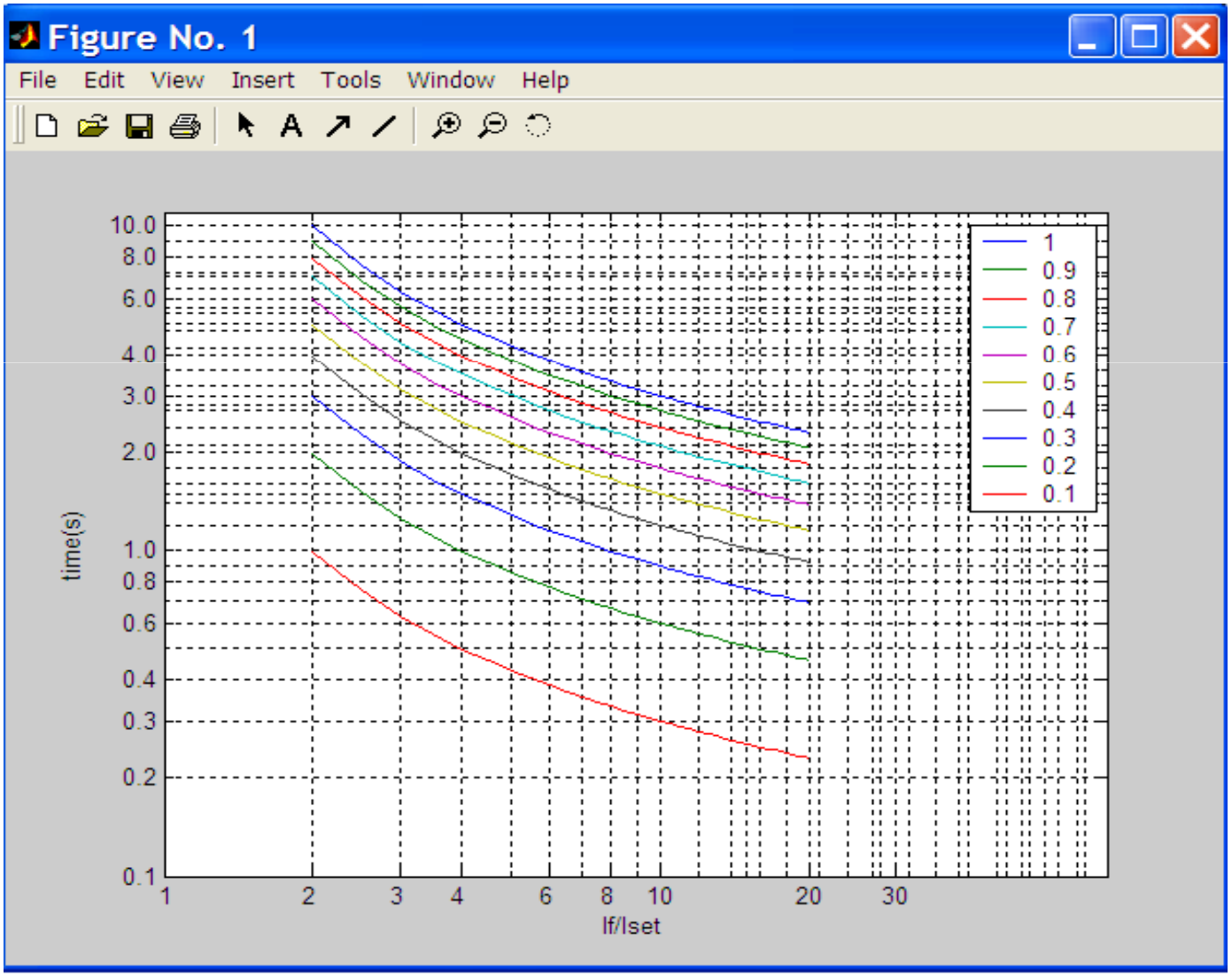
PowerEn.ir

Relay setting

POWEREN.IR

- تنظیم جریان و تنظیم زمان.
- جریان عملکرد رله در واقع ۵ تا ۳۰ درصد از جریان تنظیمی رله بیشتر است. در رله های امروزی بصورت دیجیتالی از روی خود رله بوسیلهٔ Key Pad مخصوص تنظیم می شود و یا از طریق نرم افزار به رله اعمال می شود.
- جریان ممکن است بر حسب آمپر و یا بصورت درصدی از جریان نامی روی رله تنظیم شود.
- بعنوان مثال 50 ، 75 ، 100 ، 125 ، 175 و 200 درصد جریان نامی باشد.
- زمان عملکرد رله نیز مانند جریان تنظیم می شود که یا بر حسب ثانیه و اعدادی است که نشان دهندهٔ یک منحنی مشخصه است، که به اصطلاح آن را ضریب تنظیم زمانی (TMS) می گویند.
- معمولاً TMS ها از 0.1 تا 1 بیان می شود و گاهاً از 1 تا 10.
- در صورتی که TMS برابر یک باشد، به ازای یک جریان معینی بیشترین زمان عملکرد حاصل می شود و برعکس اگر روی 0.1 باشد، کمترین زمان عملکرد بدست می آید.

استانداردIDMTمنحنی مشخصه رله



POWEREN.IR

Coordination of over Current Relay

POWEREN.IR

موارد زیر برای تمظیم و هماهنگی رله ها مورد نیاز است:

-نمودار تک خطی سیستم قدرت که نوع و مقادیر نامی سیستم و وسایل حفاظتی و CT ها را نشان دهد.

-امپدانس همهٔ المنت های سیستم بر حسب اهم و یا P.U.

-حداکثر و حداقل جریان اتصال کوتاه که انتظار می رود از وسایل حفاظتی عبور کند.

-مقادیر جریان راه اندازی، زمان راه اندازی و ...

PowerEn.ir

POWEREN.IR

قوانین اساسی هماهنگی رله های Over Current

- -تا حد ممکن رله ها با مشخصه های عملکرد یکسان باشند.
- -باید اطمینان حاصل کرد که دورترین رله از منبع، دارای تنظیم جریانی برابر یا کمتر از تنظیم جریان رله های پشت سرخود باشد.

- رله ها در ابتدا به گونه ای تنظیم می شوند که حداکثر جریان خطا را در کمترین زمان ممکن از شبکه جدا کند. سپس به بررسی آن برای عملکرد در کمترین جریان خطا پرداخته می شود .

PowerEn.ir

POWEREN.IR

روشهای هماهنگی

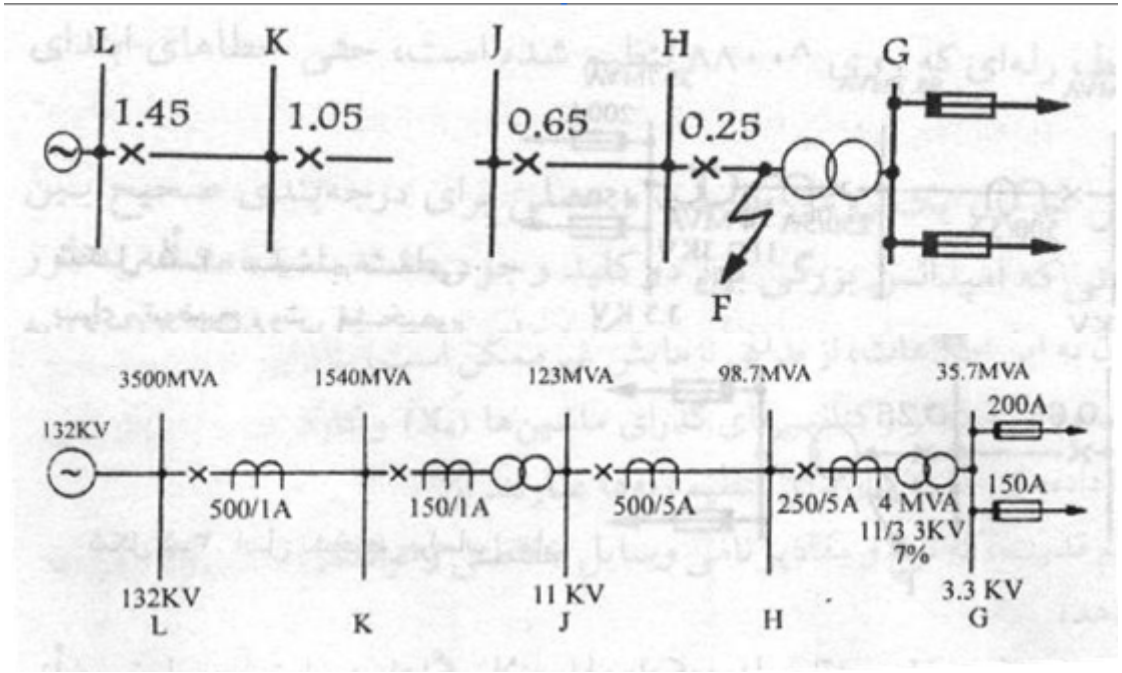
- ۱--درجه بند زمانی
- ۲--درجه بندی جریانی
- ۳--ترکیب زمان--جریان

$Z_{jH} = 0.24\ \Omega$ $Z_{S\,Max} = \frac{11^2}{130} = 0.93\ \Omega$ $Z_T = 0.07(\frac{11^2}{4}) = 2.12\ \Omega$

$Z_{HT} = 0.04\ \Omega$

250MVA تا 130MVA $Z_{S\,Min} = \frac{11^2}{250} = 0.485$

$$I_{jh} = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S\,Min} + Z_{jH}} = 8800^A \qquad I = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S\,Max}} = 6800^A$$



$$I_G = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S\,Min} + Z_{jH} + Z_{HT} + Z_T} = 2200^A$$

2200×1.3 = 28 0 A

$$I = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S\,Min} + Z_{jH} + Z_{HT}} = 8300^A$$

$$I = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S\,Max} + Z_{jH} + Z_{HT}} = 5250^A$$

درجه بندی توسط ترکیب زمان و جریان

- **دو روش زمان و جریان دارای معایبی هستند. در روش درجه بندی زمانی، عیب اساسی این است که خطاهای شدیدتر در زمان بیشتری برطرف می شوند و عیب مهم درجه بندی جریانی این است که فقط در جایی که بین دو کلید امپدانس بزرگی وجود دارد، قابل استفاده است.**

- **پس در روش ترکیب جریان و زمان، استفاده از رله های** IDMT **استاندارد،** VI **و** EI **(رله های** Over Current **زمان معکوس) مد نظر می باشد که می توان هماهنگی بسیار بهتری را ایجاد کرد.**

POWEREN.IR

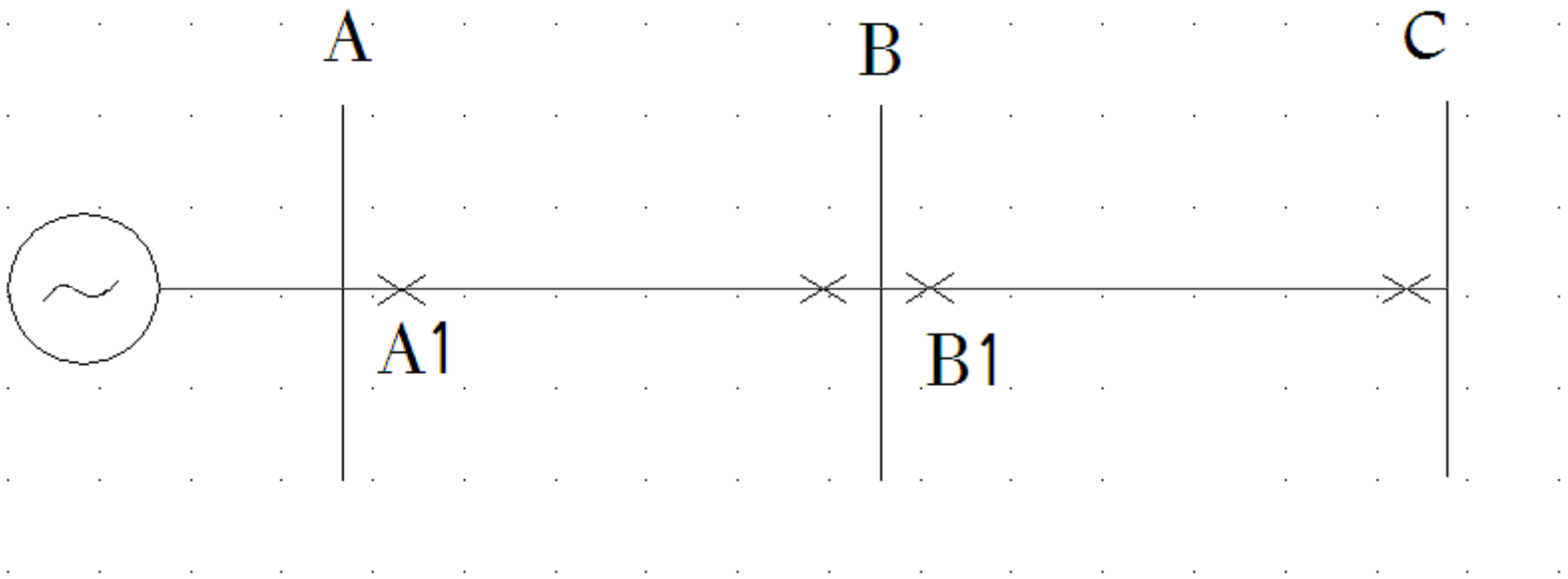
POWEREN.IR

تنظیم جریان رله های Over Current

- جریان رله باید از حداکثر جریان بار بیشتر باشد.
- در طی شرایط اضافه بار موقتی رله نباید عمل کند.
- رله باید بعنوان رلهٔ اصلی خط خودش و بعنوان رلهٔ Back Up ، خط مجاورش را بخوبی حفاظت کند. پس باید از حداقل جریان اتصال کوتاه خط مجاورش کمتر باشد.
- برای محاسبهٔ جریان اتصالی، مقاومت قوس نیز باید در نظر گرفته شود. یکی از روش های تجربی و تقریبی، این است که پس از محاسبهٔ حداقل جریان اتصال کوتاه آن را نصف می کنیم.
- رله نباید برای جریان راه اندازی بارهای سرد دچار عملکرد اشتباه شود.

PowerEn.ir

تنظیم زمانی رله های Over Current



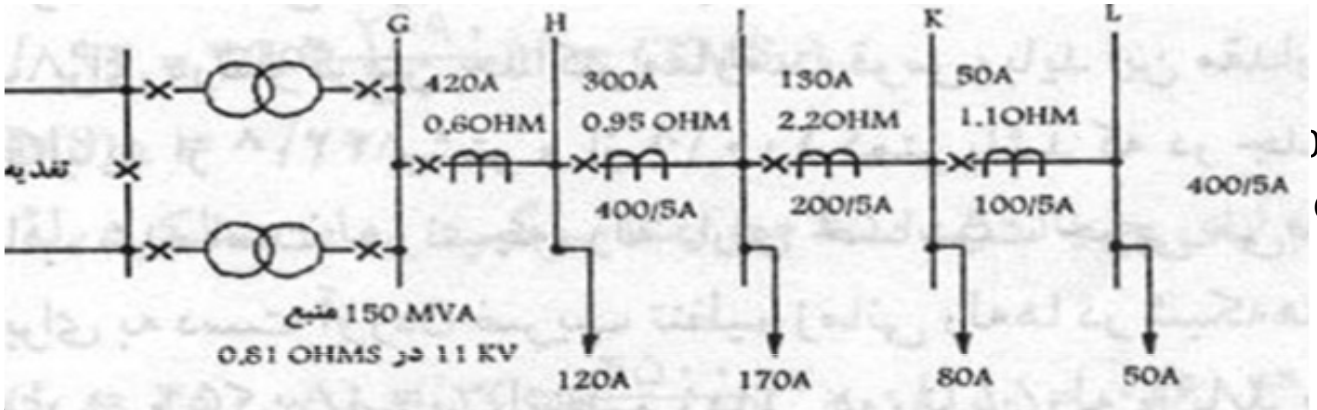
POWEREN.IR
PowerEn.ir

CTI

POWEREN.IR

- **زمان قطع کلید: زمان لازم برای قطع جریان خطا توسط کلید بطور متوسط100msمی باشد.اما در کلیدهای مدرن امروزی 0ms و حتی کمتر می باشد.**
- **۲. زمان مربوط به حرکت اضافی رلهٔ پشتیبان**
- **۳. خطاها : رله ها و CT ها**
- **۴. فاصلهٔ ایمنی**
- **CTI در سالهای گذشته 0.5 Sec در نظر گرفته می شد. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی در عرصهٔ سیستم های قدرت 0.4 Sec معقول است و در شرایط بهتر حتی فاصله زمانی کمتر نیز قابل قبول است.**

مثالی از تنظیم رله های over current



مکان	مجموع امپدانس (Ω)		جریان خطا (A)		حداکثر جریان‌بار (A)	نسبت CT	تنظیم جریان رله	
	حداقل	حداکثر	حداکثر	حداقل			درصد	جریان‌اولیه (A)
G	۰/۸۱	۱/۶۲	۷۸۰۰	۳۹۲۰	۴۲۰	۴۰۰/۵A	۱۵۰	۶۰۰
H	۱/۴۱	۲/۲۲	۴۵۰۰	۲۸۶۰	۳۰۰	۴۰۰/۵A	۱۲۵	۵۰۰
J	۲/۳۶	۳/۱۷	۲۶۹۰	۲۰۰۳	۱۳۰	۲۰۰/۵A	۱۰۰	۲۰۰
K	۴/۵۶	۵/۳۷	۱۳۹۵	۱۱۸۲	۵۰	۱۰۰/۵A	۱۰۰	۱۰۰

$$t_K(I_f = 1395^A) = 3(Log\frac{1395}{100})^{-1} \times 0.1 = 0.262^S$$

).2 2 + 0.4 = 0. 2S

$$0.662 = 3(Log\frac{1395}{100})^{-1} \times (TMS)j \Rightarrow TMS = 0.186$$

$$t_J(I_f = 2690A) = 3(Log\frac{2690}{200})^{-1} \times 0.186 = 0.494^S$$

0.494 + 0.4 = 0.894 Sec

$$t_H(I_f = 2690A) = 3(Log\frac{2690}{500})^{-1} \times (TMS) = 0.894^S$$

$$(TMS)_H = 0.218$$

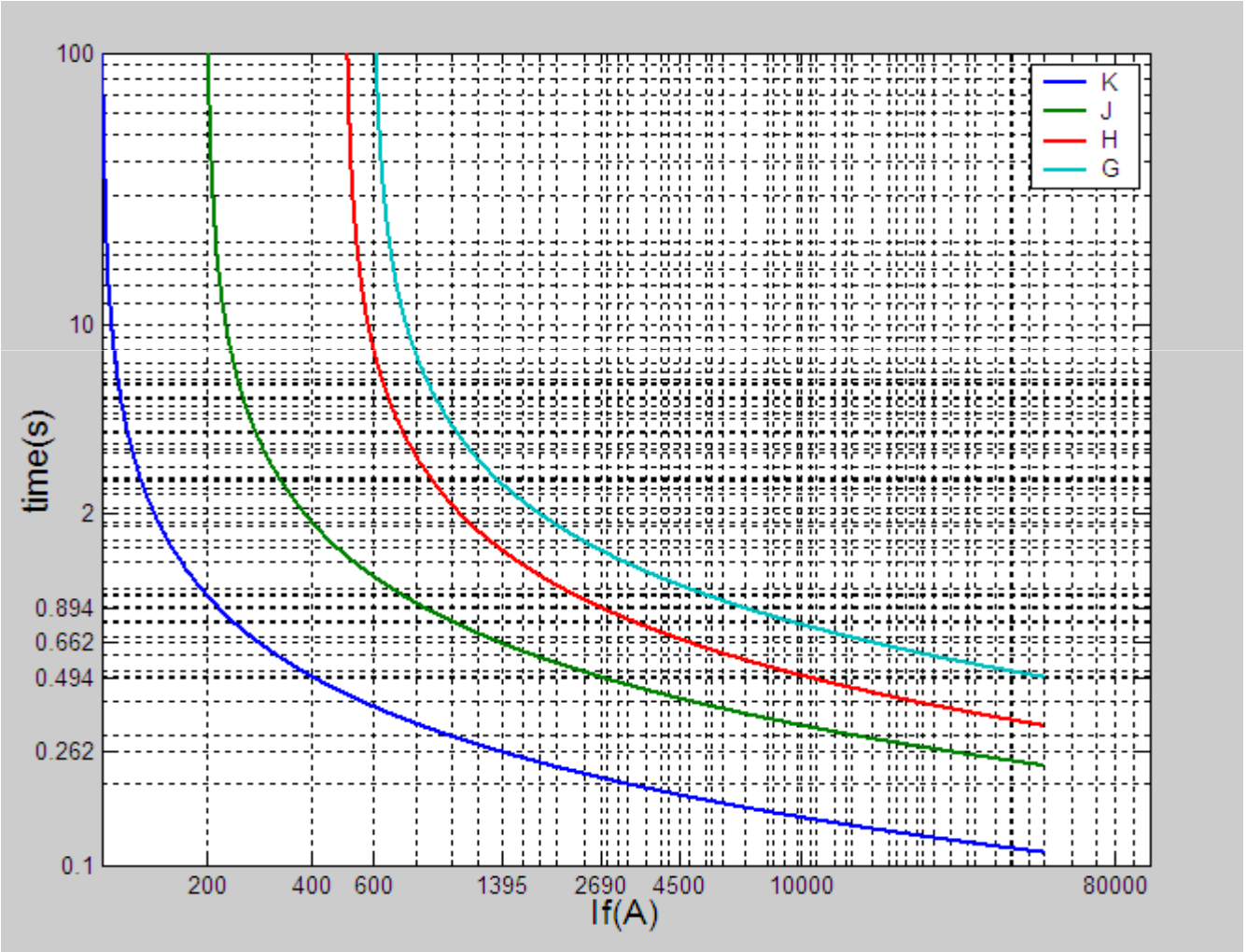
$$t_H(I_f = 4500A) = 3(Log\frac{4500}{500})^{-1} \times 0.218 = 0.684^S$$

$$0.684 + 0.4 = 1.084^S \ ,$$

$$1.084 = 3(Log\frac{4500}{600})^{-1} \times (TMS)_G$$

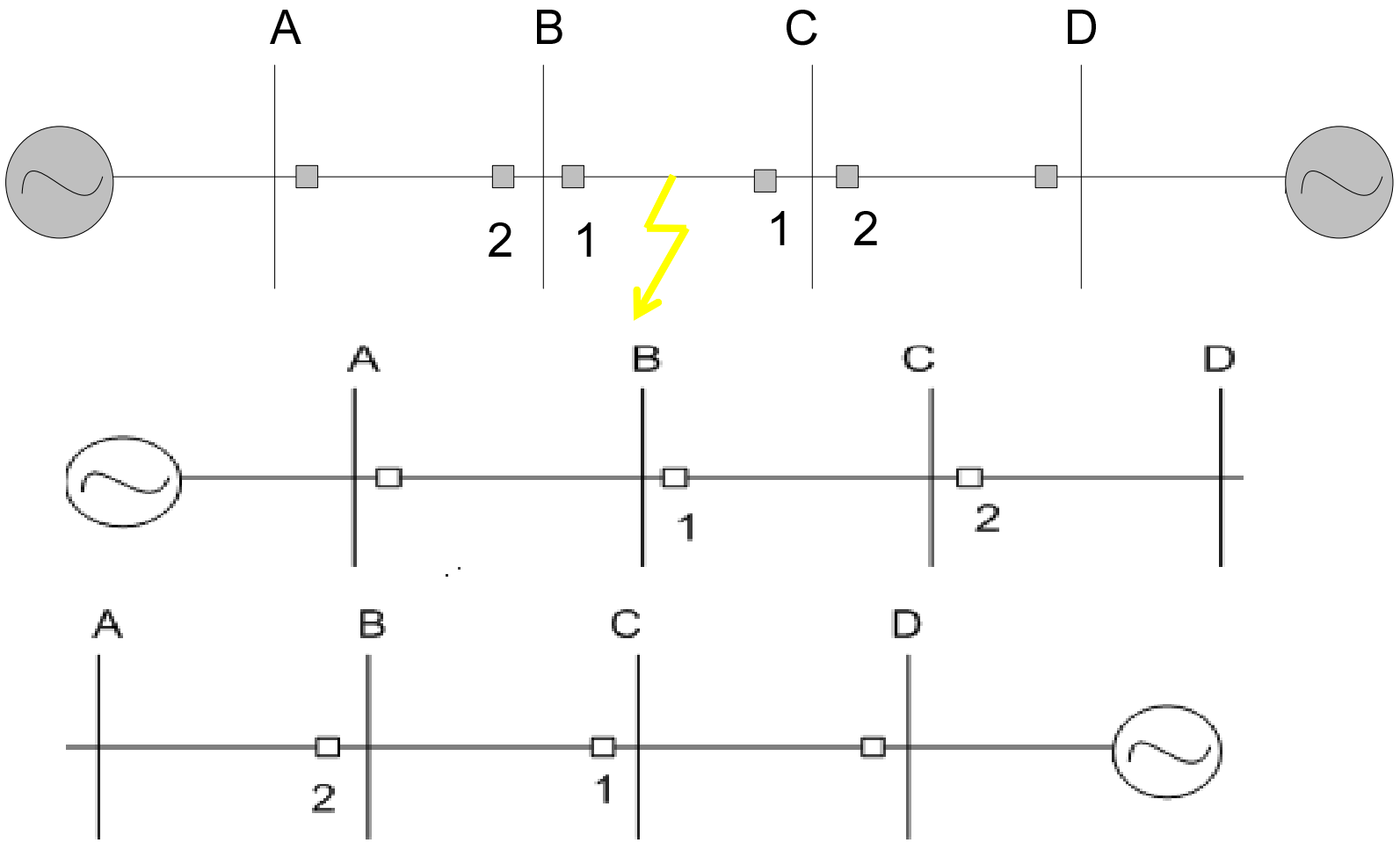
$$(TMS)_G = 0.316 \ S$$

مشخصه های عملکرد رله های مثال قبل با تنظیمات فوق



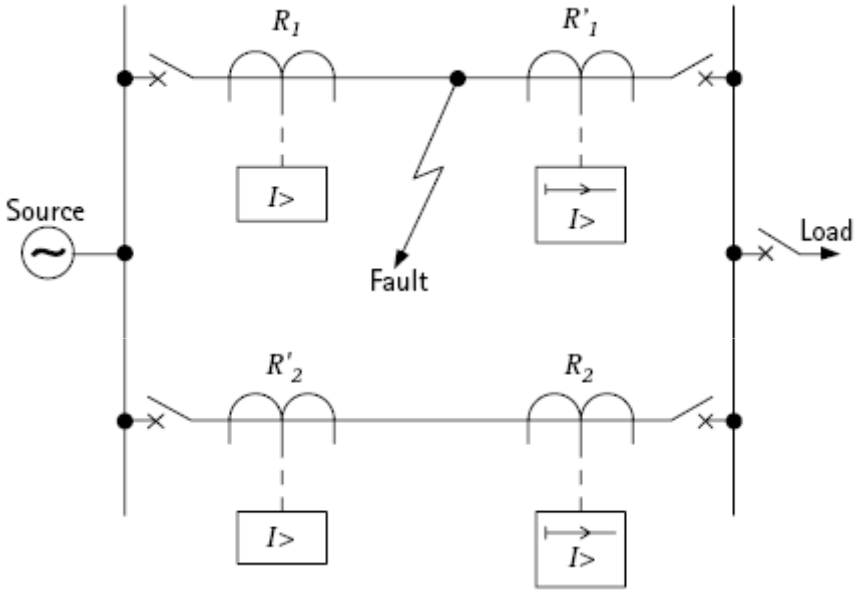
POWEREN.IR
PowerEn.ir

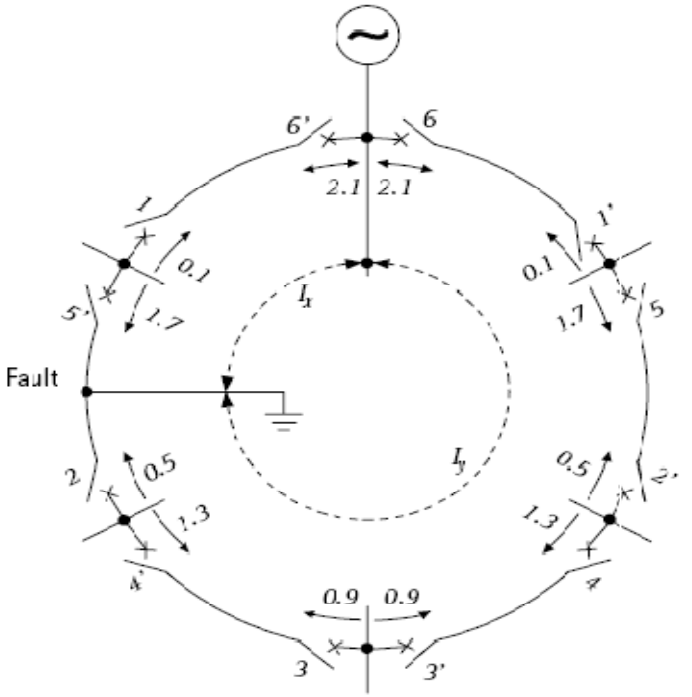
رله های جهت دار (D.O.C)

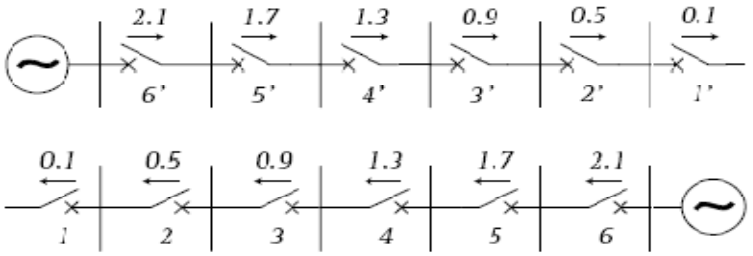


POWEREN.IR
PowerEn.ir

POWEREN.IR


R_1
R'_1
Source
I>
I>
Fault
Load
R'_2
R_2
I>
I>


6'
6
2.1
2.1
1
1'
0.1
0.1
1.7
1.7
5'
5
Fault
I_x
I_y
2
2'
0.5
0.5
1.3
1.3
4'
4
0.9
0.9
3
3'


2.1
1.7
1.3
0.9
0.5
0.1
6'
5'
4'
3'
2'
1'
0.1
0.5
0.9
1.3
1.7
2.1
1
2
3
4
5
6

حفـاظت مـوتـور

POWEREN.IR

- انواع فالت ها :
- مكانيكي : بستگي به بارهاي گردان دارند.
- الكتريكي
- Power Supply
- داخلي
- O.L: اگر توانـي بيش از توان نامي موتور گرفته شود، Over Current اتفاق مي افتد و باعث افزايش تلفات و ايجاد حرارت مي نمايد.
- Excessive Starting Time and Frequency Of Starts: در زمان راه اندازي جريان زيادي ايجاد مي شود كه مدت زماني كوتاه بسته به توان الكتروموتور طول مي كشد.
- اگر موتور دفعات زيادي استارت بخورد يا زمان استارت موتور طولاني شود بعلت نارسايي گشتاور موتور به گشتاور بار، حرارت زيادي توليد شده كه بايد رفع شود.

POWEREN.IR

- **Blocking :**
- بعلت اشكال در مكانيسم گردنده، دوران ناگهاني قفل مي شود. موتور جريان استارت مي كشد و در دور صفر باقي مي ماند. Ventilation صورت نمي گيرد و افزايش دما به سرعت اتفاق مي افتد.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

Power Supply Faults:

- اين اتفاق باعث ژنراتوري شدن موتور تا زمانيكه بار مكانيكي اينرسي زيادي دارد، مي شود.
- **: Voltage Sag**
- باعث كاهش دور و كاهش گشتاور در موتور مي شود. كاهش دور باعث افزايش جريان و افزايش تلفات مي شود و حرارت نيز بصورت غيرنرمال اتفاق مي افتد.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- **Unbalance :**
- عدم تعادل Power Supply ϕ 3به دلايل زير اتفاق مي افتد :
- عدم تعادل ولتاژ منبع (ژنراتور – ترانس)
- ديگر مصرف كننده ها
- دو فاز شدن موتور
- معكوس بودن Phase Sequence (اشتباه بودن Rotation)
- عدم تعادل باعث ايجاد Negative Sequence Current شده كه باعث افزايش تلفات و ايجاد حرارت زيادي در روتور مي نمايد.

POWEREN.IR

- **Motor Internal Fault :**
- اتصال كوتاه فاز به فاز در سيم پيچ موتور اتفاق مي افتد و باعث آسيب جدي مي شود.
- **Stator Frame Fault :**
- جريان اتصال كوتاه فاز به بدنه با دامنة زياد ايجاد مي شود كه به سيستم زمين نوترال و محل اتصالي؟ در سيم پيچ بستگي دارد. اتصال كوتاه فاز به فاز و اتصالي در Stator Frame باعث مي شوند كه موتور دوباره سيم پيچي شود و اتصالي Stator Frame ممكن است به مدار مغناطيسي نيز آسيب برساند.
- **Over Heating of Bearing :**
- بعلت اتمام عمر مفيد يا اشكال در سيستم روغنكاري.

POWEREN.IR

- Over Current Protection (51) IDMT (49RMS) **: OL**
  Thermal Over Load :
- محافظت از افزایش دما بعلت جریان
- (49T) RTD Temperature Monitoring

Example: Motor and current transformer with the following data:

Permissible Continuous Current:	$I_{max\ prim} = 1.2 \cdot I_N$
Motor Nominal Current	$I_{N\ Motor} = 1100\ A$
Current Transformer Ratio	1200 A/1 A

Set the **49 K-FACTOR** = $1.2 \cdot \frac{1100\ A}{1200\ A} = 1.1$

PowerEn.ir

POWEREN.IR

Example:

Cable and current transformer with the following data:

Continuous permissible current	I_{max} = 500 A @ 40 °C
Maximum current for 1 sec	I_{1s} = 45 * Imax = 22.5 kA
Current transformer	600 A / 1 A

The k factor and time constant are calculated as follows:

$$k = \frac{I_{max}}{I_N} = \frac{500\ A}{600\ A} = 0.833$$

$$\tau_{min} = \frac{1}{60} \cdot \left(\frac{I_{1s}}{I_{max}}\right)^2 = \frac{1}{60} \cdot 45^2 = 33.75\ min$$

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- Excessive starting Time and Locked Rotor
- (48-51LR) براي Locked Rotor
- از يك Instantaneous Current كه روي مقدار كمتر از جريان Starting تنظيم مي شود و به زمان عملكرد آن، زمان Start اضافه مي شود.
- T = a few Sec +
- Successive Start
- ( ) به تعداد استارت ها و زمان بين آنها بستگي دارد.

POWEREN.IR

- **Overload Relay Class Time Delay**
- American industry has standardized on Class 20 overload protection for motor control. The Europeans have standardized on Class 10.

  Class 20 will give a nominal 590 second trip (9.83 minutes) at an overload of 125% of full load amps, a 29 second trip at a 500% overload, and a 20 second trip at a 00% overload. Thus, a motor that is stalled and drawing locked rotor amperage will be taken off line in 20 to 29 seconds. However, a motor that draws a continuous locked rotor current can be expected to burn out before 20 seconds.

  Class 10 will give a nominal 230 second trip (3.83 minutes) at 125% overload, 15 seconds at 500% overload, and 10 seconds at 00% overload.

  Class 30 has a longer time delay to be used on high inertia loads that require a long acceleration or have shock loading that causes repetitive motor inrush.

POWEREN.IR

- Loss Of Load :
- (37) بوسيلة يك رلة Definite Time Under Current اين مسئله آشكار
مي شود و زماني كه جريان به صفر برسد Reset مي شود.
- تغييرات سرعت :
- يا رلة Over Speed (12)
- يا رلة Under Speed (14)
- Loss Of Supply :
- بوسيلة رلة توان جهتي (32P)

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- Voltage Sag :
- رلة Under Voltage مؤلفه مثبت (27D) بايد بتواند بين افت ولتاژ در راه اندازي موتورها و افت ولتاژ عادي تفاوت قايل شود و همچنين هماهنگي لازم با رله هاي تشخيص اتصال را داشته باشد.
- رلة 27D ممكن است روي Switch Gear براي چند الكتروموتور مشتركاً نصب شود.
- Unbalance :
- بوسيلة يك رلة جريان، مؤلفه منفي جهتي با عنصر IDMT يا DT (4) و تغيير جهت دوران بوسيلة رله اضافه ولتاژ مولفه منفي تشخيص داده مي شود (47)

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- Re Supply :
- پسماند الكتروموتور بوسيلة حفاظت Under Voltage (27R) كه اجازة وصل مجدد را زماني مي دهد كه ولتاژ از حد تنظيمي پايين تر باشد.
- Phase to Phase S.C :
- بوسيلة رله جرياني با عنصرهاي (51 يا 50) حفاظت مي شود و جريان تنظيمي بايد كمي بيشتر از جريان Inrush الكتروموتور باشد.
- وقتي از كنتاكتور بعنوان قطع كنندة مدار استفاده مي شود، مي توان جهت حفاظت اتصال كوتاه از فيوز مناسب استفاده كرد.

POWEREN.IR

- جهت موتورهاي بزرگ از حفاظت ديفرانسيل 87M استفاده مي شود. راه ديگر استفاده از رلة Over Current (51) با استفاده از جريان هاي دو طرف هر كلاف سيم پيچ كه داراي حساسيت و پايداري خوبي مي باشد.
-

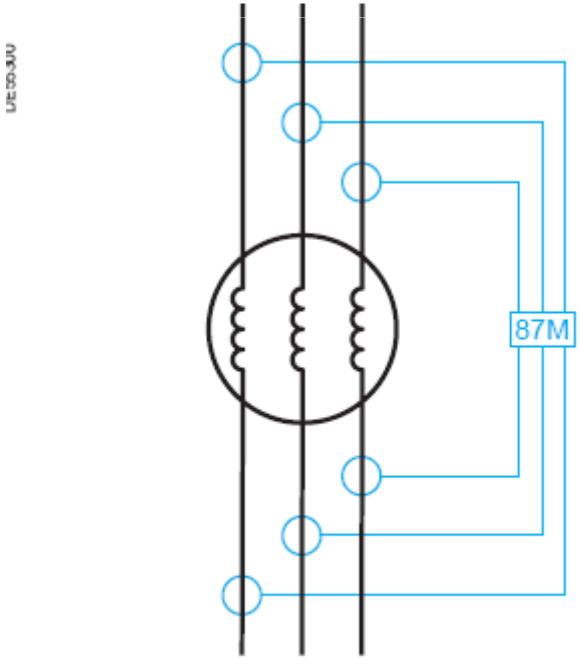


Fig. 1. Phase-to-phase short-circuit. Differential protection (ANSI 87M)

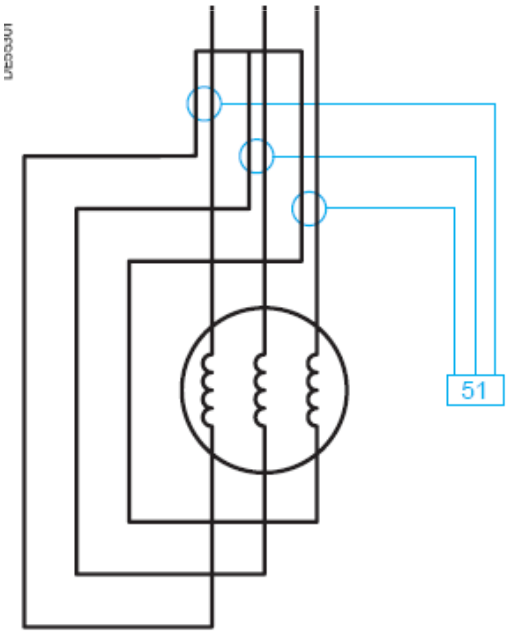


Fig. 2. Phase-to-phase short-circuit. Autodifferential overcurrent protection (ANSI 51)

POWEREN.IR

- Stator Frame Fault :
- باید حفاظتي با حساسيت بالا جهت جلوگيري از آسيب به مدار مغناطيسي در نظر گرفته شود. اگر سيم نوترال مستقيم ارت شده باشد يا با امپدانس ارت شده باشد، با استفاده از رلة جريان زياد باقي ماندة تأخيري (51N/51G) حفاظت را مي توان تأمين نمود.
- براي نوترال ايزوله از رله جابجايي ولتاژ نوترال استفاده مي شود. اگر فيدر تغذية موتور Capacitive باشد (كابل هاي طولاني استفاده شده باشد) از حفاظت ارت فالت جهتي استفاده مي شود. (7N)

PowerEn.ir

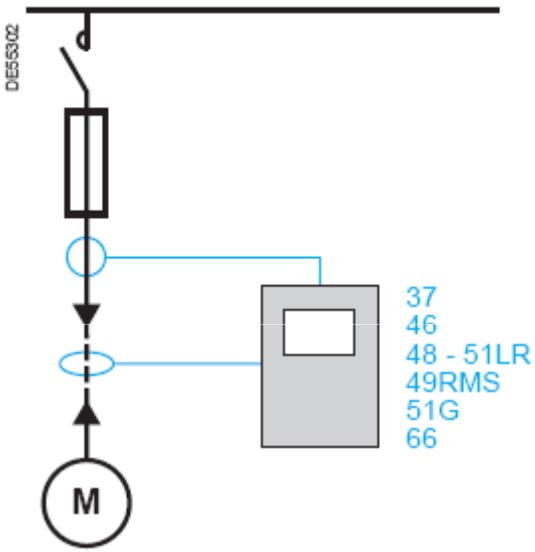
CONDITIONS	EFFECTS	PROTECTION
Low Voltage	This condition may cause the motor to labour or stop and thus cause overheating. This would result in deterioration of motor life or burn out of the motor.	Low voltage detection relay that would disconnect the motor from the faulty supply and enable the supply to be restored when voltage conditions return to normal.
Reclosing of supply shortly after initial loss of electricity.	This condition may be specially dangerous to motors driving compressor loads as re-energizing the motor under heavy load could cause overheating resulting in deterioration of motor life or burn out.	Time relay that would prevent the re-energization of the motor even though the supply of electricity is available. This relay must be timed to ensure return to acceptable compressor conditions before restarting can be done.
Unbalanced voltages	This condition causes temperature increases in the motor windings which result in deterioration of motor life and also a waste of energy.	Three phase unbalance relay (negative phase sequence relay) to disconnect supply. Setting of this relay may require professional advice.
Single Phasing (loss of supply on one phase)	This is the worst condition of phase unbalance. It may occur when protective fuses are blown. Again this condition will result in overheating and subsequent deterioration of motor life. If undetected for too long it will most likely cause burn out.	Loss of phase relay to disconnect supply until conditions are returned to normal.
Phase Reversal	This condition will cause motors to rotate in the opposite direction and may cause injury to operational personnel and damage to equipment.	Phase reversal relay to disconnect supply on detection of condition.
Overloading	Excessive current in circuit resulting in overheating and deterioration of machine life.	Overload relay to alarm or to disconnect the supply until conditions can be returned to normal.
Stalling	This condition occurs when the motor cannot drive its connected load. Excessive heating again occurs causing machine life deterioration and/or burn out.	Stalling relay to disconnect supply.

POWEREN.IR
PowerEn.ir

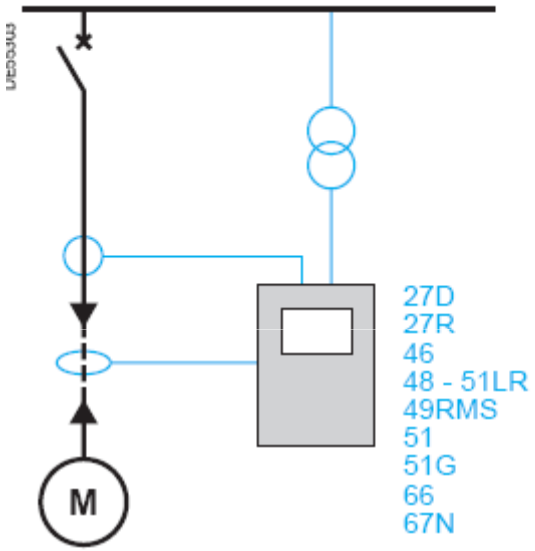
Faults	Appropriate protection function		ANSI code	Setting information
Faults related to the driven loads				
Overloads	IDMT overcurrent		**50/51**	Setting that enables starting
	Thermal overload		**49RMS**	According to motor operating characteristics (time constant in the range of 10 to 20 minutes)
	RTDs		**49T**	Depends on the thermal class of the motor
Excessive starting time	Delayed current threshold		**48**	Threshold in the 2.5 In range Delay: starting time + a few seconds
Locked rotor	Delayed current threshold		**51LR**	Threshold: 2.5 In Delay: 0.5 to 1 second
Successive starts	Counting of number of starts		**66**	According to motor manufacturer
Loss of load	Phase undercurrent		**37**	Threshold in the range of 70% of drawn current Delay: 1 second
Speed variation	Mechanical detection of overspeed, underspeed		**12, 14**	Threshold ± 5% of rated speed Delay of a few seconds
Power supply faults				
Loss of supply	Directional active overpower		**32P**	Threshold 5% of Sn Delay: 1 second
Voltage sag	Positive sequence undervoltage		**27D**	Threshold from 0.75 to 0.80 Un Delay in the 1 second range
Unbalance	Negative sequence / unbalance		**46**	■ Definite time Is1 = 20% In, delay = starting time + a few seconds Is2 = 40% In, delay 0.5 seconds ■ IDMT Is = 10% In, tripping time at 0.3 In > starting time
Rotation direction	Phase rotation direction		**47**	Negative sequence voltage threshold at 40% of Un
Resupply	Remanent undervoltage		**27R**	Threshold < 20 to 25% of Un Delay in the 0.1 second range
Internal motor faults				
Phase-to-phase short circuits	Fuses			Rating that allows consecutive starts
	Definite time overcurrent		**50/51**	Threshold > 1.2 starting I, delay in the 0.1 second range (DT)
	Differential protection		**87M**	Slope 50%, threshold 5 to 15% of In, no delay
Stator frame fault	Earthed neutral	Earth fault	**51N/51G**	10% of maximum earth fault current Delay in the 0.1 second range (DT)
	Isolated neutral	*Power system with low capacitance* Neutral voltage displacement	**59N**	Threshold = 30% of Vn
		High capacitance Directional earth fault	**67N**	Minimum threshold according to sensor
Rotor frame fault	Insulation monitoring device			
Overheating of bearings	Temperature measurement		**38**	According to manufacturer's instructions
Specific synchronous motor faults				
Field loss	Directional reactive overpower		**32Q**	Threshold 30% of Sn Delay: 1 second
	Underimpedance		**40**	Same as for generator
Pole slip	Loss of synchronization		**78PS**	Same as for generator

POWEREN.IR

POWEREN.IR

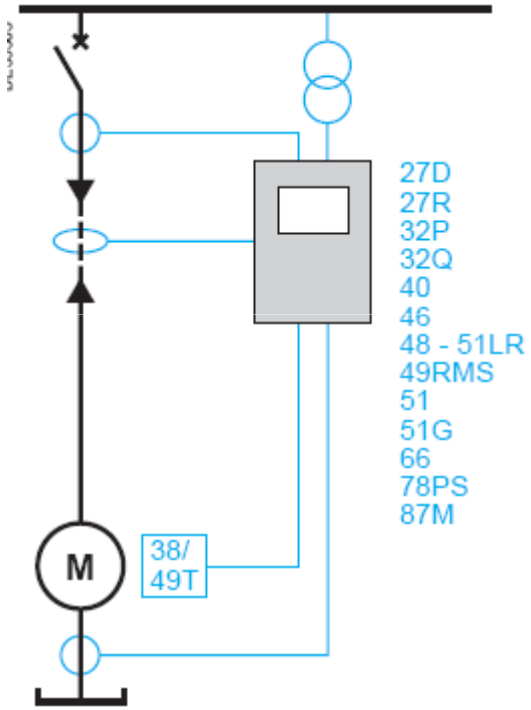


Asynchronous motor controlled by fuse and contactor
Example: 100 kW pump

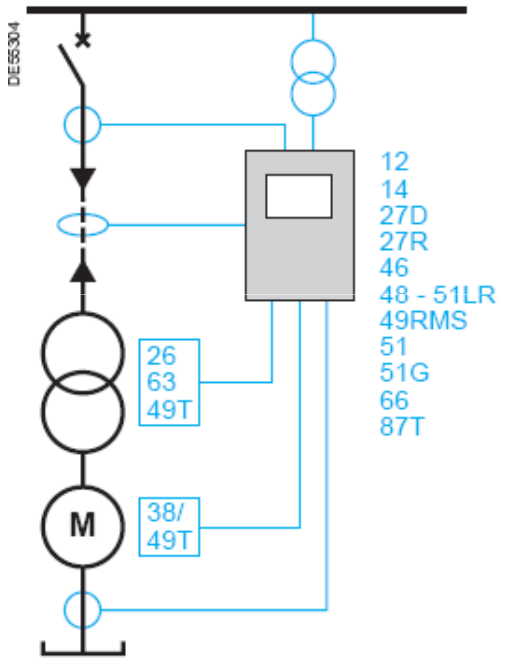


Asynchronous motor controlled by circuit breaker
Example: 250 kW fan

POWEREN.IR



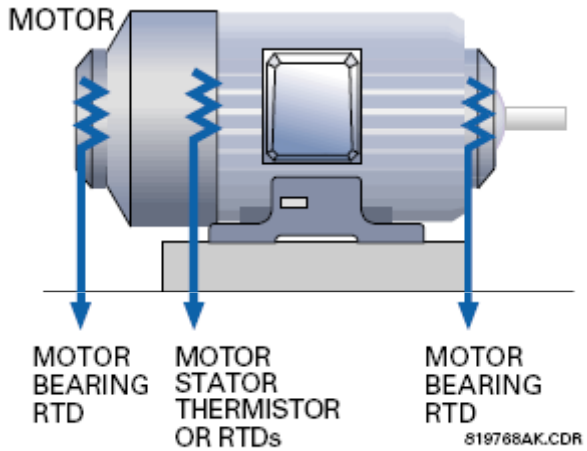
Priority synchronous motor
Example: 2 MW compressor



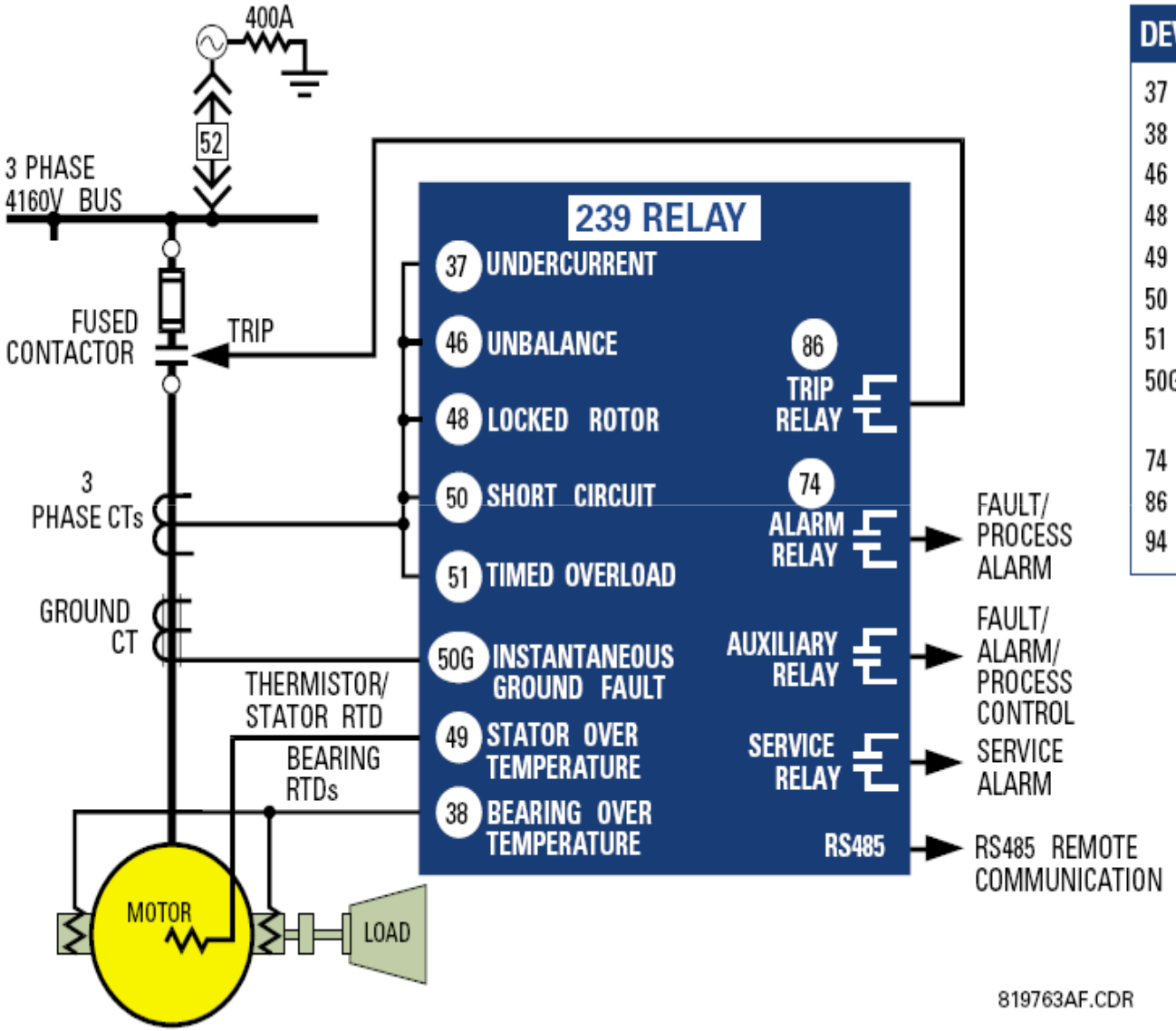
Motor-transformer unit: asynchronous motor/transformer
Example: 1 MW crusher

PowerEn.ir

POWEREN.IR



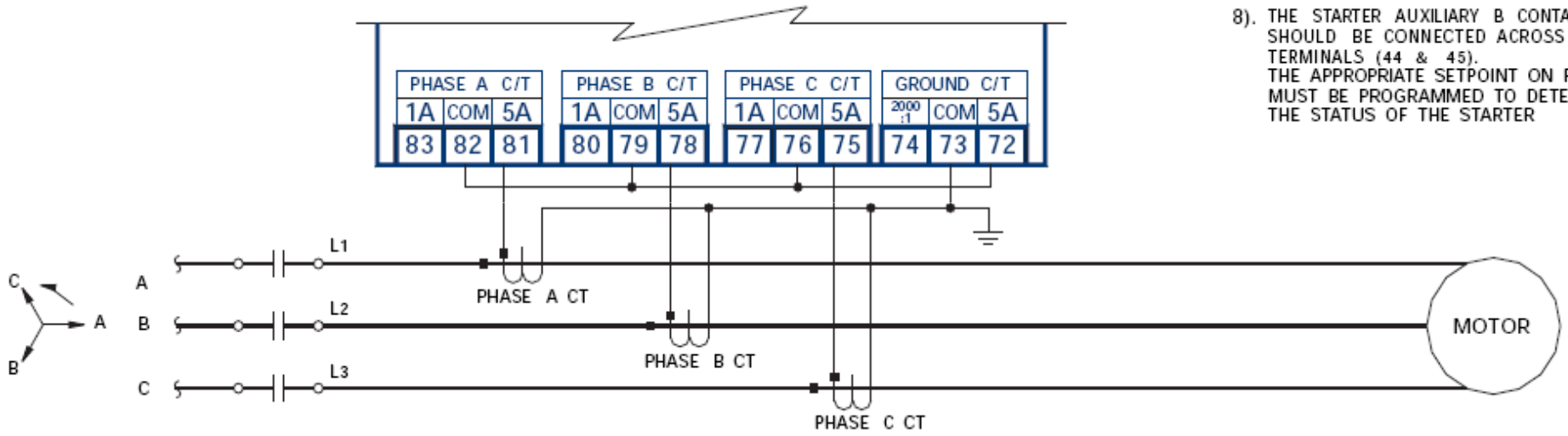
PowerEn.ir



DEVICE	PROTECTION
37	Undercurrent/minimum load
38	Motor/load bearing overtemperature
46	Unbalance
48	Locked rotor
49	Stator winding overtemperature
50	Phase short circuit
51	Timed overload
50G/50N	Ground fault instantaneous or definite time
74	Alarm relay
86	Lockout relay
94	Trip relay

POWEREN.IR

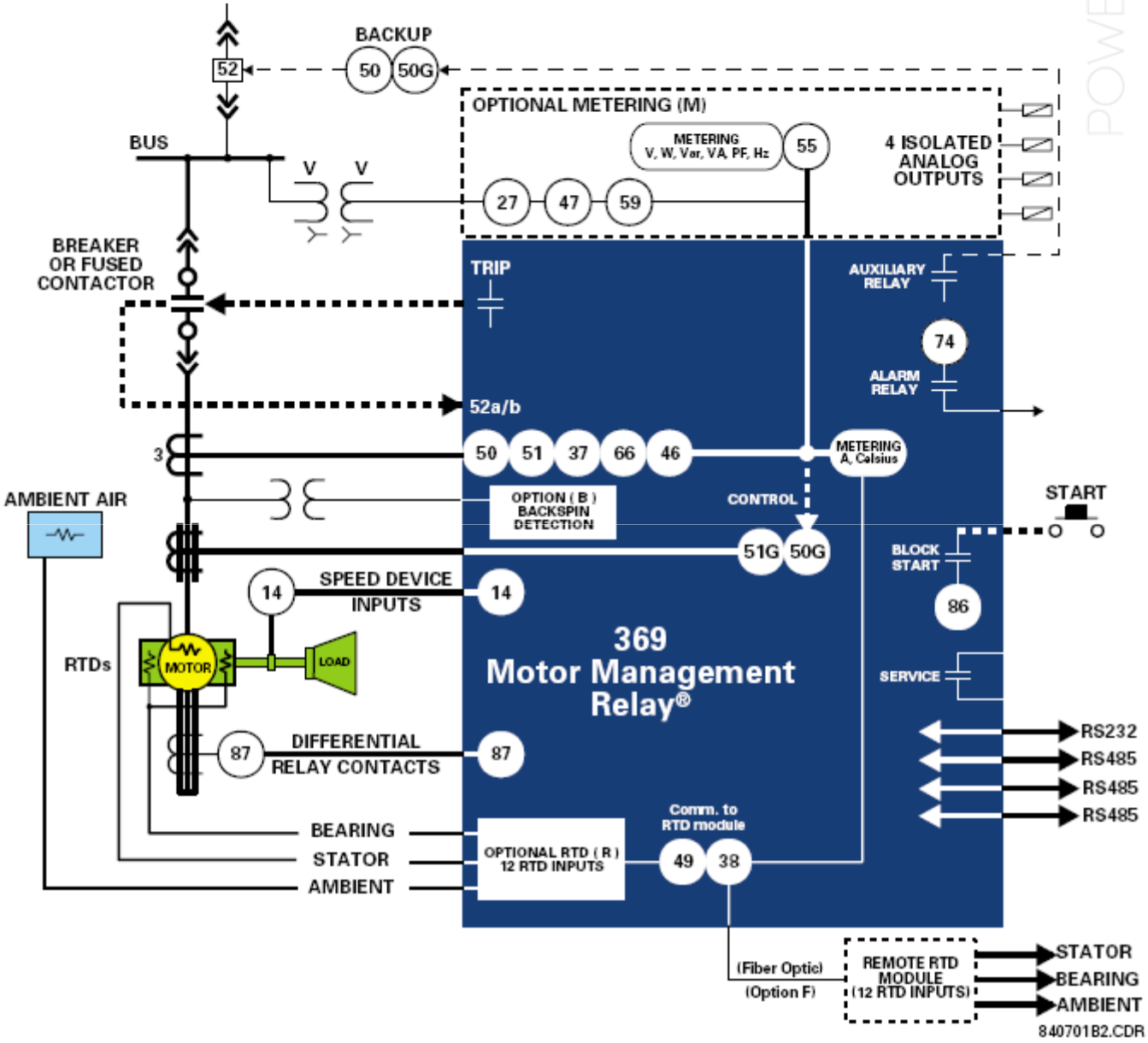
ZERO SEQUENCE GROUND CONNECTION



8). THE STARTER AUXILIARY B CONTACT SHOULD BE CONNECTED ACROSS TERMINALS (44 & 45).
THE APPROPRIATE SETPOINT ON P.5 MUST BE PROGRAMMED TO DETERMINE THE STATUS OF THE STARTER

RESIDUAL GROUND CONNECTION

968565B2.DWG



POWEREN.IR
PowerEn.ir

POWEREN.IR

DEVICE	PROTECTION
14	Speed switch
27/59	Undervoltage/Overvoltage
37	Undercurrent/Underpower
38	Bearing RTD
46	Current Unbalance
47	Phase Reversal
49	Stator RTD
50	Short circuit and short circuit backup
50G/51G	Ground overcurrent and ground overcurrent backup
51	Overload
55	Power factor
66	Starts/hour and time between starts
81	Frequency
86	Overload lockout
87	Differential

PowerEn.ir

POWEREN.IR

حفاظت ترانس

- فالت هاي اصلي ترانس :
- Overload
- Short Current
- Frame Fault
- O.Lافزايش بار (افزايش توان خروجي)

POWEREN.IR

- **S.C :**
- داخلي : اتصال بين سيم پيچ هاي فازها – اتصال بين سيم پيچ هاي يك فاز.
- اتصال كوتاه باعث Arc در داخل ترانسفورماتور و Partial Discharge و تجزية روغن شده و حتي احتمال انفجار تانك را دارد.
- خارجي : اتصال فاز به فاز و ... در Downstream كه جريان اتصال مي تواند باعث استرس هاي الكترودينا ميكي شود كه ممكن است تأثير مكانيكي بر سيم پيچ و هسته گذاشته و باعث فالت داخلي شود.
-

POWEREN.IR

- استفاده از Device جهتي Sense انتشار گاز و جابجايي روغن
- رلة بوخهلتس براي ترانس هاي Free Breathing
- سنسورهاي گاز و فشار براي ترانس هاي Hermetically

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- **Frame Fault :**
- فالت هاي داخلي هستند. بين فازها و تانك – بين فازها و هستة مغناطيسي باعث انتشار گاز مي شوند. مانند اتصال كوتاه داخلي امكان انفجار و آتش سوزي وجود دارد.

- سؤال : شدت جريان اتصال كوتاه داخلي به چه چيزهايي بستگي دارد؟

PowerEn.ir

POWEREN.IR

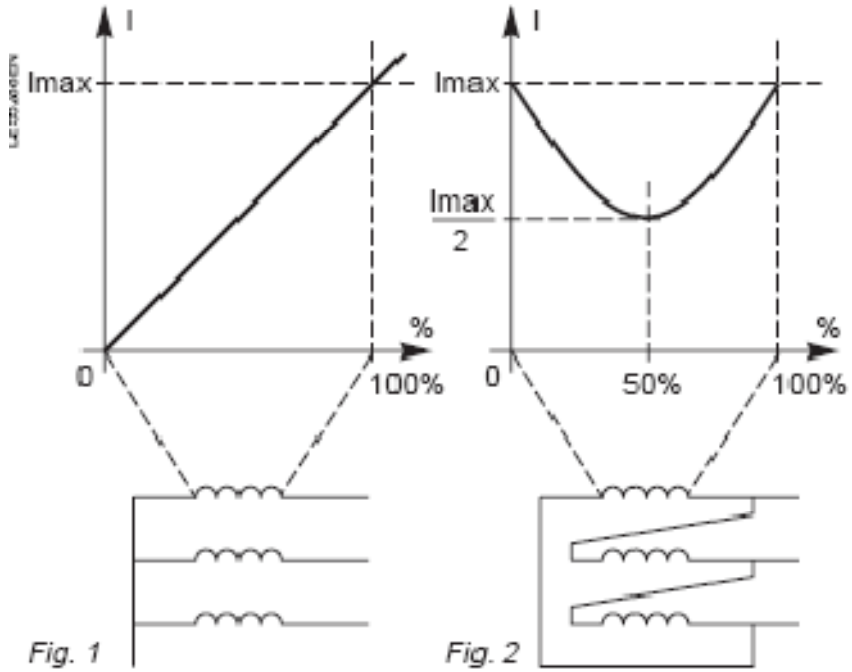


Fig. 1 *Fig. 2*

Fault current according to the position of the fault in the winding.

POWEREN.IR

- با O.C با سنسور نصب شده بر روي ارت بدنة ترانس با تأخير كمي 51G.
- E.F (51N) در شبکه بالاست جهت تشخيص Frame Fault.
- E.F (51N) در مدار ثانويه اگر نوترال شبکه پايين است، ارت شده باشد.
- REF در شبکه Down Stream اگر نوترال ارت شده باشد.
- در اين حفاظت اختلاف بين Residual Current و Neutral Earthing محاسبه مي گردد.
- جابجايي ولتاژ نقطة نول (59N) اگر نوترال ثانويه (Down Stream) ايزوله باشد.
-

POWEREN.IR

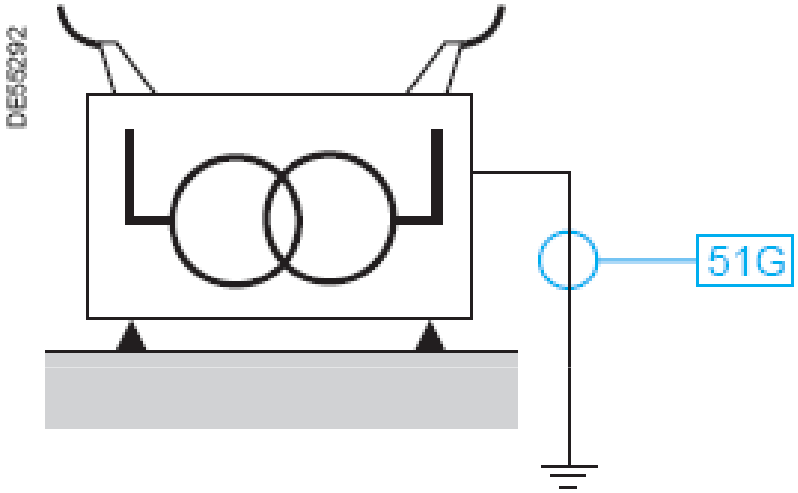


Fig. 3. Transformer tank frame fault protection.

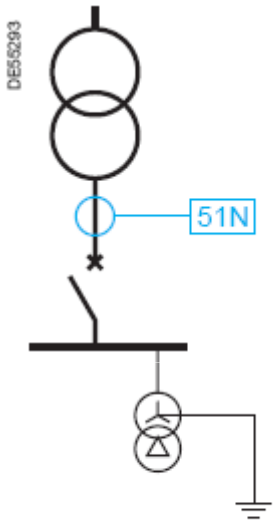


Fig. 4. Earth fault protection.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

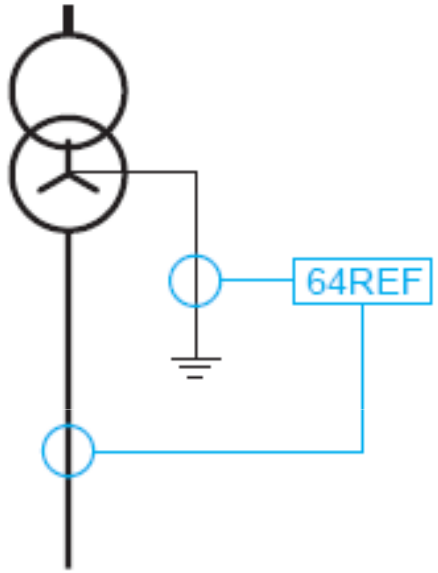


Fig. 5. Restricted earth fault protection.

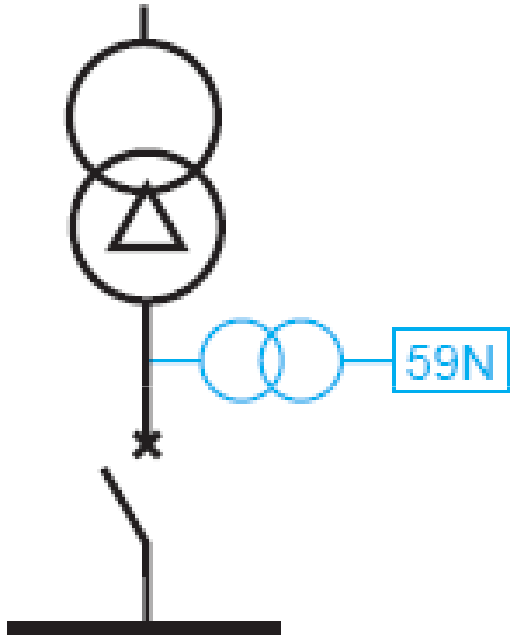


Fig. 7. Neutral voltage displacement protection.

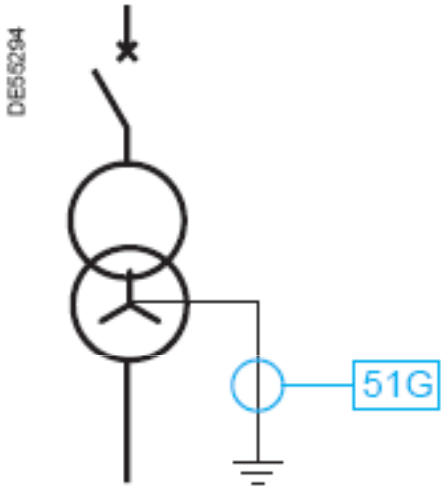


Fig. 6. Neutral point earth protection.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- **جريان Inrush ترانس :**
- حدود 0.1 ~ 0.7 Secجريان تا حدود ۲۰ برابر جريان نامي.
- جريان Inrush باعث اشباع مدار مغناطيسي شده و توليد جريان مغناطيسي شديدي مي نمايد.
- هارمونيك دوم در جريان Inrush بيشترين مقدار هارموني را دارد.
- جريان Inrush نبايد بعنوان فالت شناخته شود و جزء نرمال سيستم قدرت مي باشد.

POWEREN.IR

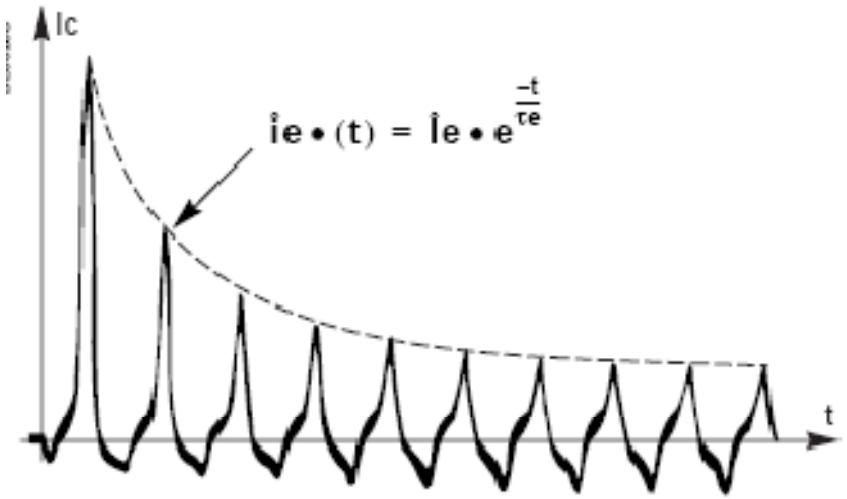


Fig. 3. Transformer energizing.
Ie: inrush current envelope
τe: time constant

POWEREN.IR

- **O.L :**
- با رلة O.C (51)بصورت O.C با مدت طولاني (Long Time Trip Function) با Monitoring دماي سيم پيچ و روغن.
- **O.C :**
- از Instantaneous OC جهت حفاظت ترانس در اوليه استفاده مي شود و آستانة جريان را بيشتر از اتصال كوتاه ثانويه قرار مي دهند. جهت فرق گذاري با خطاهاي خارج از ترانس در مدار ثانويه + جهت ترانس هاي با KVA پايين از فيوز HV استفاده مي شود.

PowerEn.ir

POWEREN.IR

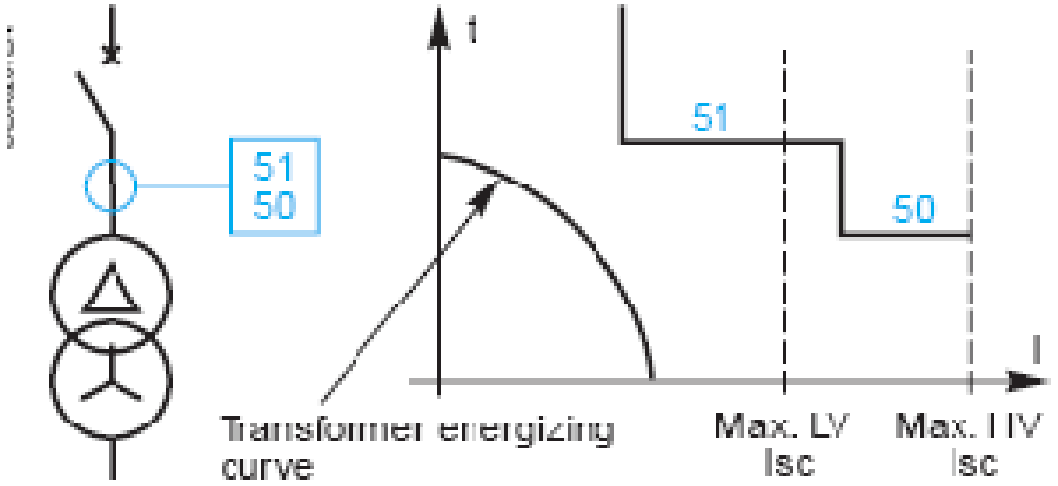


Fig. 2. Transformer overcurrent protection.

PowerEn.ir

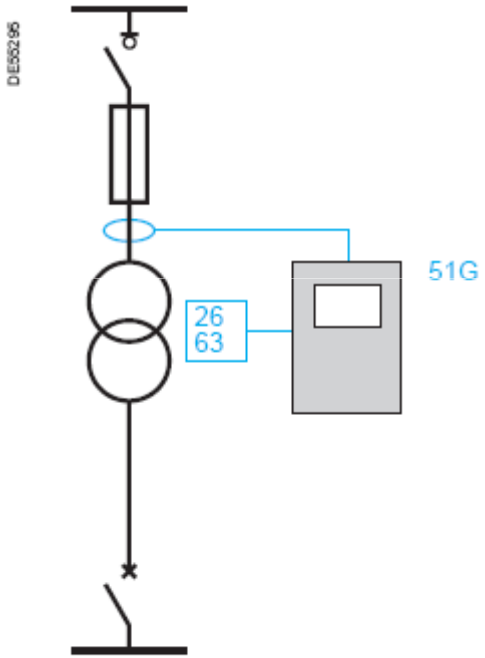
POWEREN.IR

- **حفاظت ديفرانسيل :**
- براي جلوگيري از اتصالي هاي داخلي ترانس مورد استفاده قرار مي گيرد. بايد داراي فيلتر هارمونيك دوم باشد و فيلتر هارمونيك پنجم براي تشخيص جريان Inrush و Over Flux.
- **Over Flux :**
- در ولتاژ و فركانس خيلي پايين، عملكرد ترانس به گونه اي است كه جريان مغناطيسي شديدي مي كشد و باعث تغيير شكل جريان با دامنة قابل توجهي از هارمونيك پنجم ميشود.

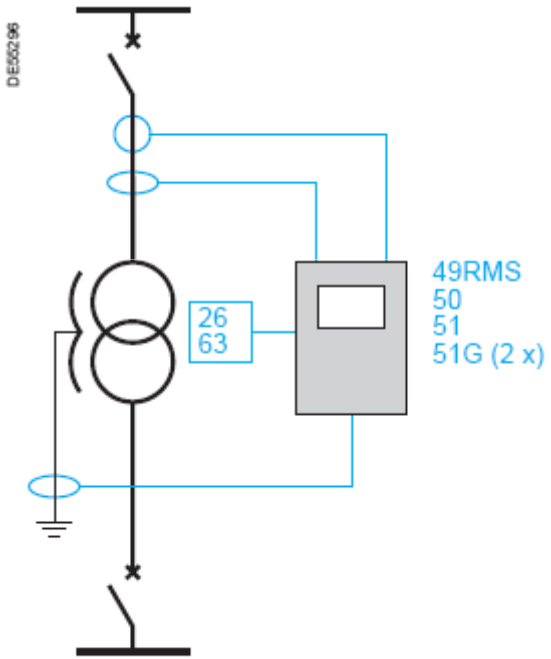
Faults	Appropriate protection function	ANSI code	Setting information
Overloads			
	Dielectric temperature monitoring (transformers with liquid insulation)	**26**	Alarm at 95°C; tripping at 100°C
	Winding temperature monitoring (dry type transformers)	**49T**	Alarm at 150°C; tripping at 160°C
	Thermal overload	**49 RMS**	Alarm threshold = 100% of thermal capacity used Tripping threshold = 120% of thermal capacity used Time constant in the 10 to 30 minute range
	Low voltage circuit breaker		Threshold ≥ In
Short-circuits			
	Fuses		Choice of rating according to appropriate method for switchgear concerned
	Instantaneous overcurrent	**50**	High threshold > downstream Isc
	Definite time overcurrent	**51**	Low threshold < 5 In Delay ≥ downstream T + 0.3 seconds
	IDMT overcurrent	**51**	IDMT low threshold, selective with downstream, approximately 3 In
	Percentage-based differential	**87T**	Slope = 15% + setting range Min. threshold 30%
	Buchholz or gas and pressure detection	**63**	logic
Earth faults			
	Tank frame overcurrent	**51G**	Threshold > 20 A, delay 0.1 seconds
	Earth fault	**51N/51G**	Threshold ≤ 20% of maximum earth fault current and > 10% of CT rating (with 3CTs and H2 restraint) Delay 0.1 seconds if earthing is on the power system Time delay according to discrimination if earthing is on the transformer
	Restricted earth fault differential	**64REF**	Threshold 10% of In, no delay
	Neutral point earth fault	**51G**	Threshold < permanent limitation resistance current
	Neutral voltage displacement	**59N**	Threshold approximately 10% of residual overvoltage
Overfluxing			
	Flux control	**24**	Threshold > 1.05 Un/fn Delay: constant time, 1 hour

POWERED BY

POWEREN.IR



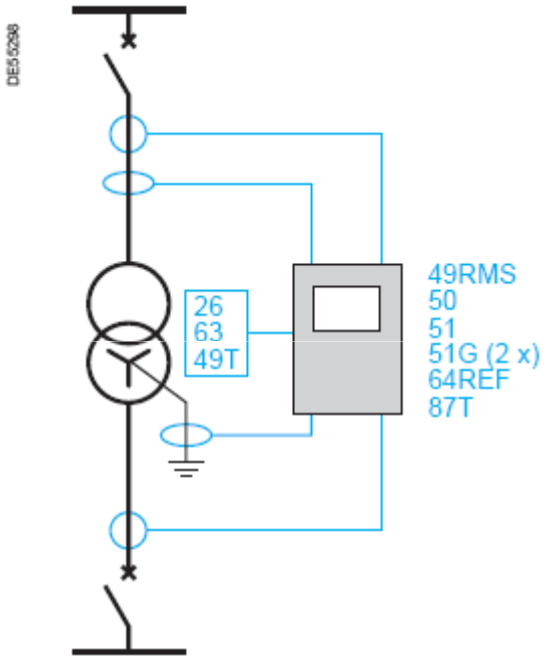
Low rated HV/LV transformer
Fuse protection



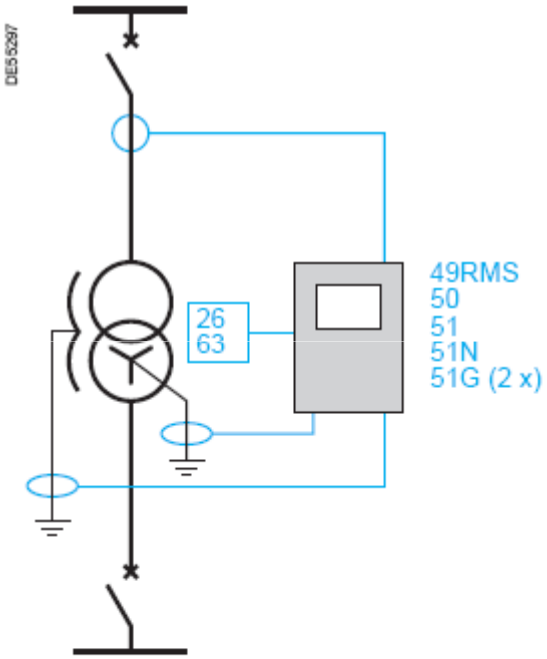
High-rated HV/LV transformer
Circuit breaker protection

PowerEn.ir

POWEREN.IR



High-rated HV/HV transformer



Low-rated HV/HV transformer

PowerEn.ir

POWEREN.IR

- **GENERATOR**

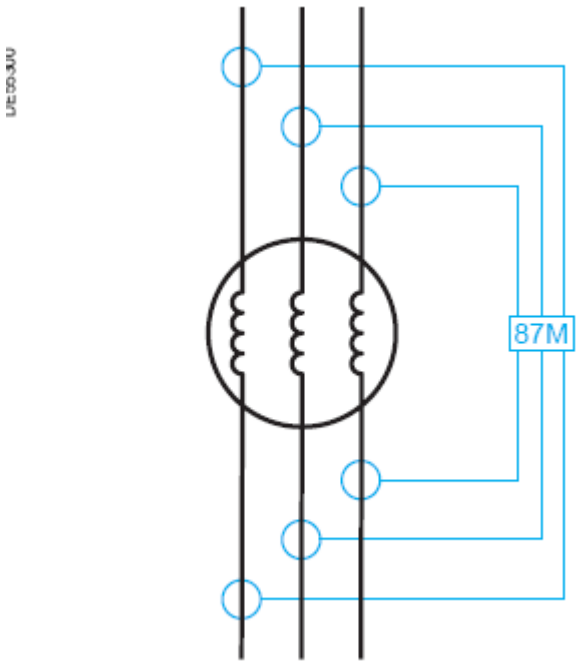


Fig. 1. Phase-to-phase short-circuit.
Differential protection (ANSI 87M)

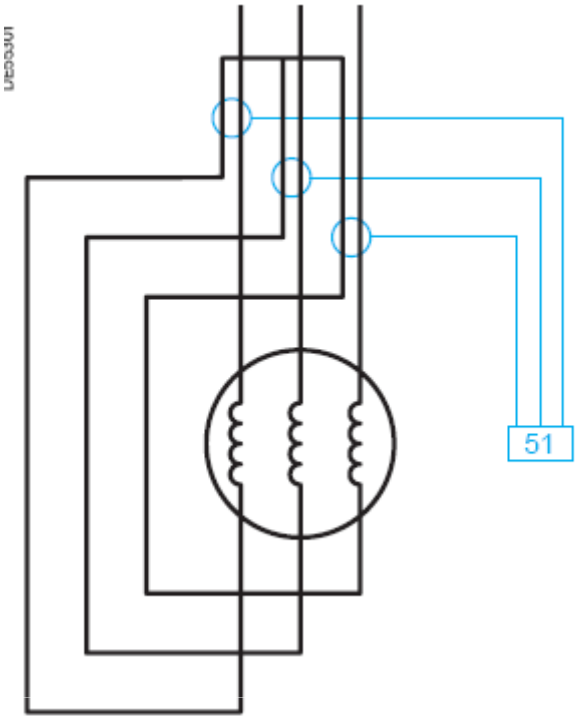


Fig. 2. Phase-to-phase short-circuit.
Autodifferential overcurrent protection (ANSI 51)

POWEREN.IR

POWEREN.IR

Table 3. Motor rating and degree of protection (IP) according to IEC 34-5.

Motor type	Nominal voltage	Rated output	Ex protection (4)	Insulation class	Enclosure
LV	400V a.c. (3)	< 200kW	e, n, d/e (1)	F	IP55 (2)
LV	690V a.c.	< 400kW	e, n, d/e (1)	F	IP55 (2)
HV	6.6kV a.c. 11kV a.c.	> 300kW > 400kW	p, d/e (1)	F	IP55 (2)

POWEREN.IR
PowerEn.ir

POWEREN.IR

Table 4. Generator protection

Protective function	Trip generator breaker	Trip exitation breaker	PDCS and generator control alarms
Differential protection (2)	X	X	X
Overload and shortcircuit	X	X	X
Earth fault	X	X	X
AVR fault (3)	X	X	X
Stator RTD, temp. high			X
Stator RTD, temp. hi/hi	X		X
Rotor earth fault	X		X
Directional earth fault (1)	X	X	X
Overvoltage	X	X	X
Undervoltage	X		X
Reverse active power (1)	X		X
Reverse reactive power (1)	X		X
Negative phase sequence	X		X

PowerEn.ir

POWEREN.IR

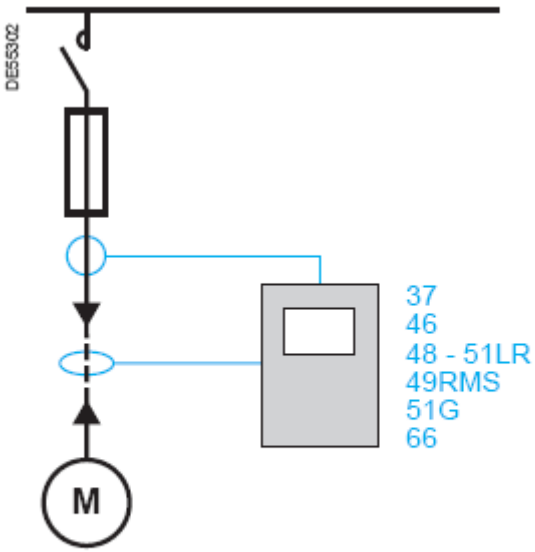
Table 5. Emergency generator protection

Protective Function	Emergency mode		Test mode	
	Trip generator breaker	PDCS and generator control alarms	Trip generator breaker	PDCS and generator control alarms
Short circuit	X	X	X	X
Overcurrent		X	X	X
Earth fault		X	X	X
Stator RTD, temp.high		X		X
Stator RTD, temp. hi/hi		X	X	X
Reverse active power (1)	X	X	X	X

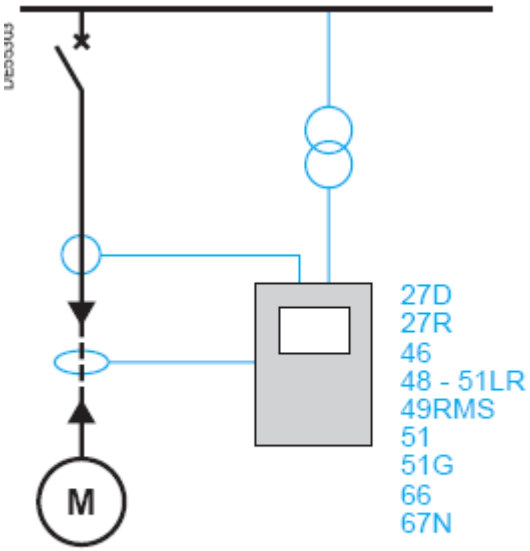
Faults	Appropriate protection function		ANSI code	Setting information
Faults related to the driven loads				
Overloads	IDMT overcurrent		**50/51**	Setting that enables starting
	Thermal overload		**49RMS**	According to motor operating characteristics (time constant in the range of 10 to 20 minutes)
	RTDs		**49T**	Depends on the thermal class of the motor
Excessive starting time	Delayed current threshold		**48**	Threshold in the 2.5 In range Delay: starting time + a few seconds
Locked rotor	Delayed current threshold		**51LR**	Threshold: 2.5 In Delay: 0.5 to 1 second
Successive starts	Counting of number of starts		**66**	According to motor manufacturer
Loss of load	Phase undercurrent		**37**	Threshold in the range of 70% of drawn current Delay: 1 second
Speed variation	Mechanical detection of overspeed, underspeed		**12, 14**	Threshold ± 5% of rated speed Delay of a few seconds
Power supply faults				
Loss of supply	Directional active overpower		**32P**	Threshold 5% of Sn Delay: 1 second
Voltage sag	Positive sequence undervoltage		**27D**	Threshold from 0.75 to 0.80 Un Delay in the 1 second range
Unbalance	Negative sequence / unbalance		**46**	■ Definite time Is1 = 20% In, delay = starting time + a few seconds Is2 = 40% In, delay 0.5 seconds ■ IDMT Is = 10% In, tripping time at 0.3 In > starting time
Rotation direction	Phase rotation direction		**47**	Negative sequence voltage threshold at 40% of Un
Resupply	Remanent undervoltage		**27R**	Threshold < 20 to 25% of Un Delay in the 0.1 second range
Internal motor faults				
Phase-to-phase short circuits	Fuses			Rating that allows consecutive starts
	Definite time overcurrent		**50/51**	Threshold > 1.2 starting I, delay in the 0.1 second range (DT)
	Differential protection		**87M**	Slope 50%, threshold 5 to 15% of In, no delay
Stator frame fault	Earthed neutral	Earth fault	**51N/51G**	10% of maximum earth fault current Delay in the 0.1 second range (DT)
	Isolated neutral	*Power system with low capacitance* Neutral voltage displacement	**59N**	Threshold = 30% of Vn
		High capacitance Directional earth fault	**67N**	Minimum threshold according to sensor
Rotor frame fault	Insulation monitoring device			
Overheating of bearings	Temperature measurement		**38**	According to manufacturer's instructions
Specific synchronous motor faults				
Field loss	Directional reactive overpower		**32Q**	Threshold 30% of Sn Delay: 1 second
	Underimpedance		**40**	Same as for generator
Pole slip	Loss of synchronization		**78PS**	Same as for generator

POWERENTR

POWEREN.IR



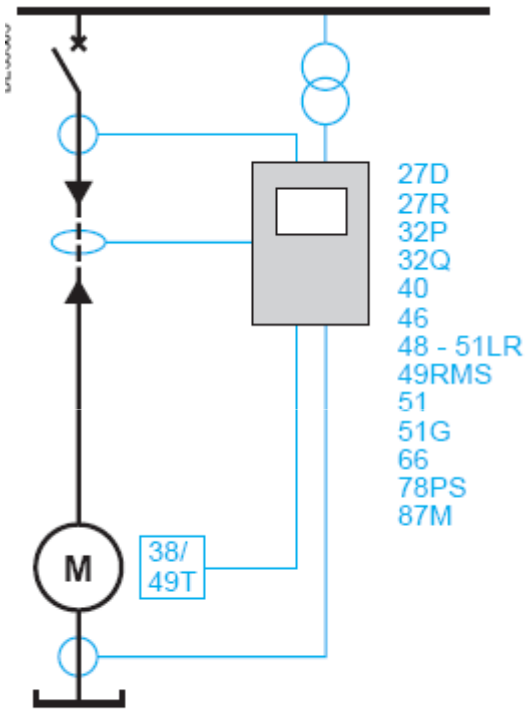
Asynchronous motor controlled by fuse and contactor
Example: 100 kW pump



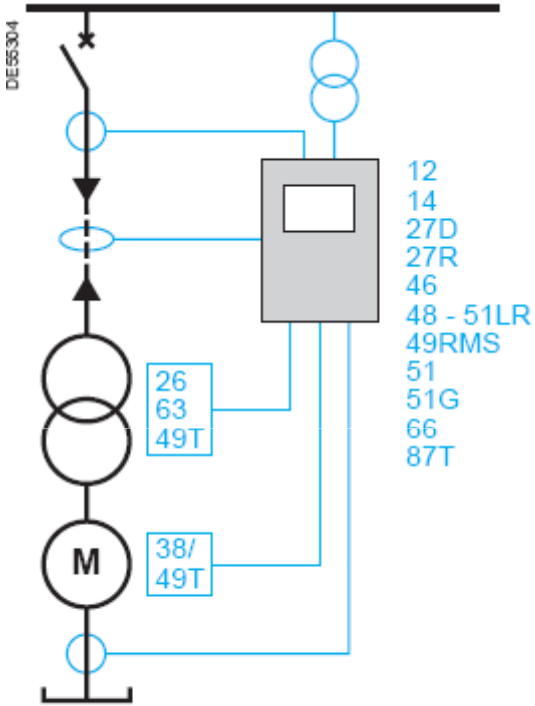
Asynchronous motor controlled by circuit breaker
Example: 250 kW fan

PowerEn.ir

POWEREN.IR



Priority synchronous motor
Example: 2 MW compressor



Motor-transformer unit: asynchronous motor/transformer
Example: 1 MW crusher

PowerEn.ir

POWEREN.IR