

بسمه تعالی

دله و حفاظت

فلسفه رله گذاری و حفاظت در سیستمهای قدرت

- ما معمولاً فکر می کنیم که یک سیستم قدرت الکتریکی بر 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 بردای نرمال: فرض عدم شکست الکتریکی دستگاه ها، عدم خطای اشخاص و عدم حوادث طبیعی.
- ۲- پیشگیری از شکست الکتریکی
- ۳- کاهش تأثیرات شکست الکتریکی

- در سیستم های قدرت شکست دستگاه های الکتریکی ،
قطعی های تحمل ناپذیری را باعث می شوند. جهت به
حداقل رسانیدن آسیب به دستگاه ها و همچنین کاهش
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.

• 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.

پارامترهای پیشگیری از ایجاد خطا

- ◎ رعایت ضوابط عایق مناسب
- ◎ هماهنگی 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 به حداقل رساندن احتمال ایجاد خطا بوسیله حیوانات، پرندگان، آلودگی و غیره
- ◎ بهره برداری مناسب و استفاده از شیوه های مناسب تعمیرات و نگهداری

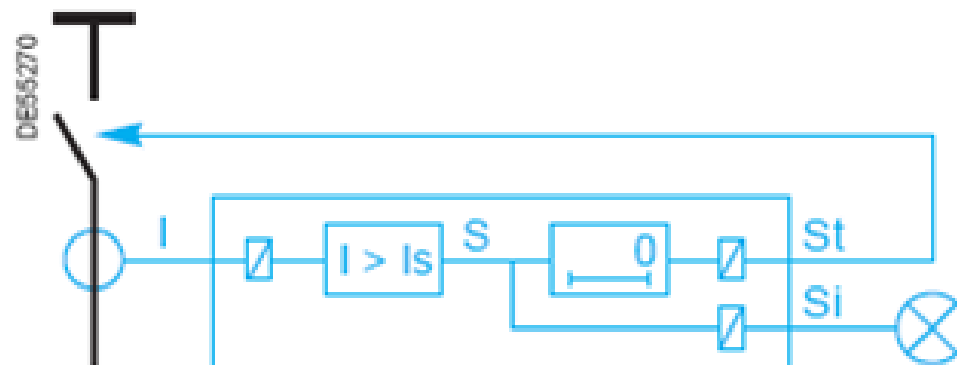
پارامترهای کاهش اثرات خطا

- 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

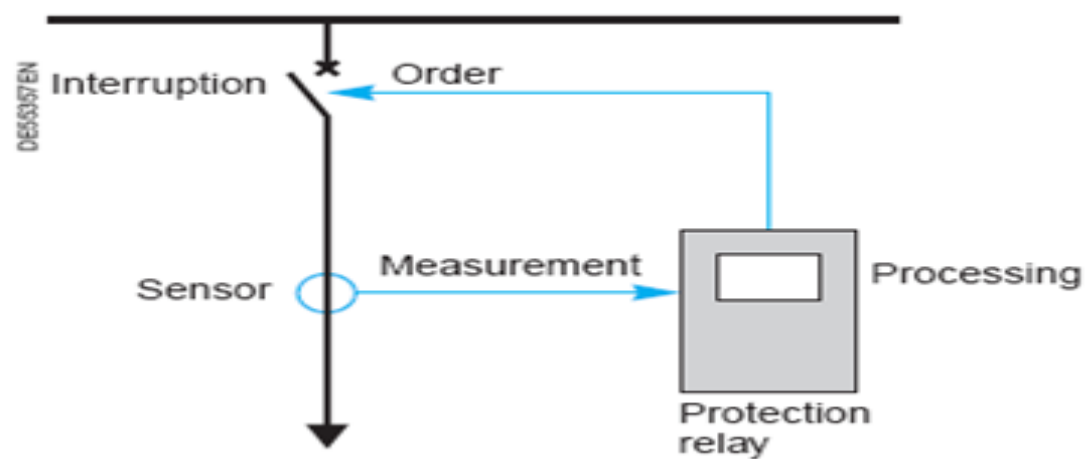
- وقتی می‌گوییم رله‌ها حفاظت می‌کنند، منظورمان این است که رله‌ها با دیگر دستگاه‌ها، با هم به کاهش آسیب و بهبود سرویس‌دهی کمک می‌کنند.
- پس واضح است که هر یک از پارامترهای فوق، بستگی به دیگر پارامترها، برای موفقیت در به حداقل رساندن اثرات خطا دارد.
- « پس امکانات، توانایی و ملزومات کار بر روی رله‌های حفاظتی دستگاه‌ها، باید با دیگر پارامترها، مد نظر قرار گرفته شوند. » این جمله دارای تأکید است؛ زیرا گاهی اوقات، بعد از همه ملاحظات طراحی، به فکر رله‌های حفاظتی دستگاه‌ها می‌افتند که بسیار اشتباه می‌باشد.

عملکرد رله های حفاظتی

- 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 مقایسه 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.



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



DES-5271

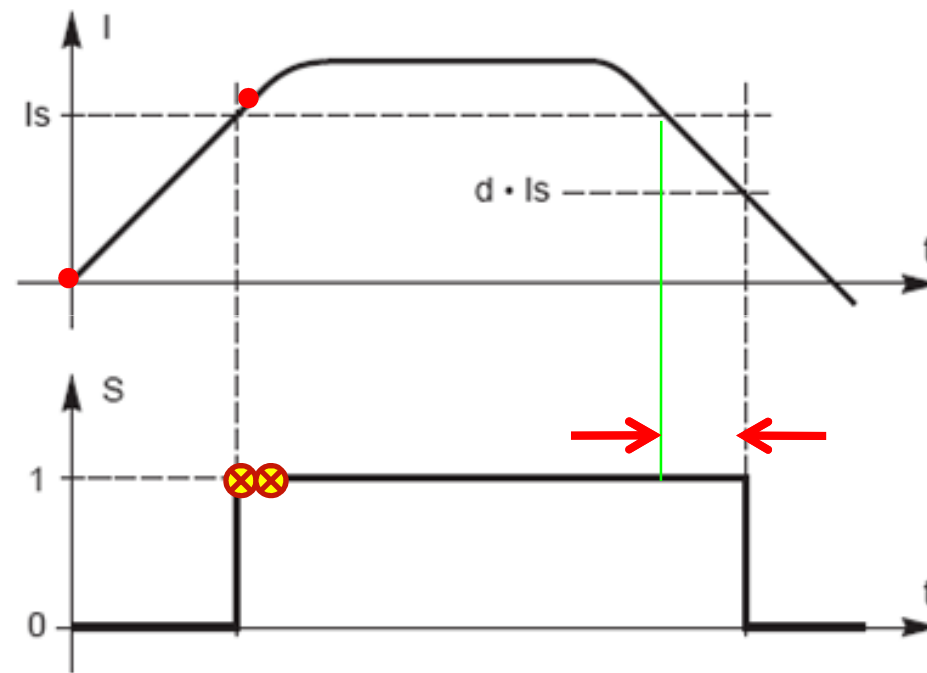


Fig. 3. Drop out/pick up ratio.

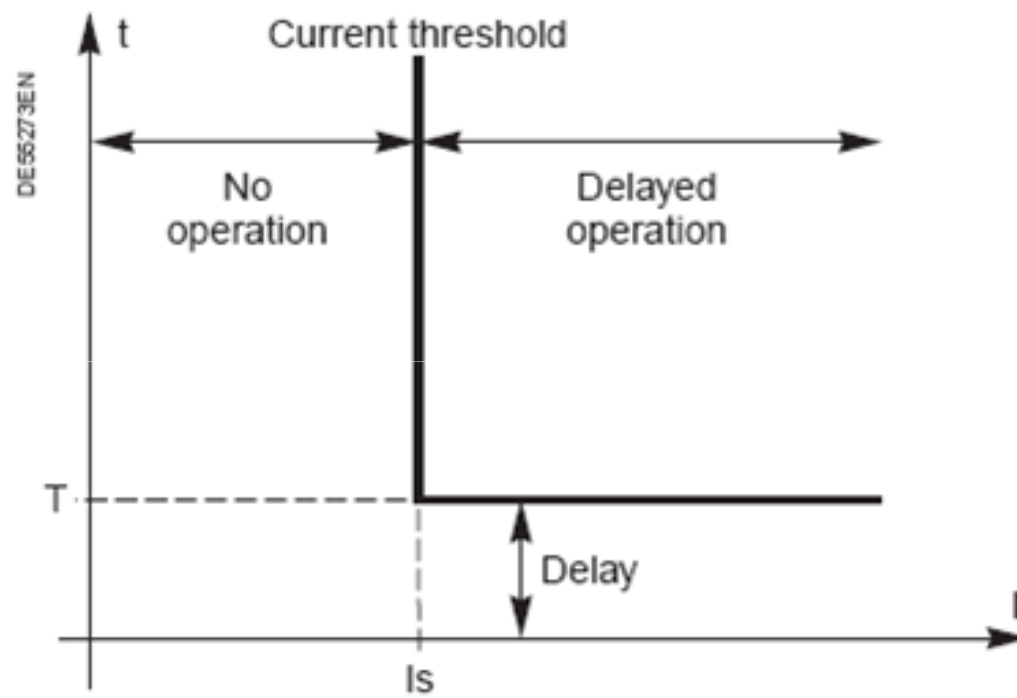
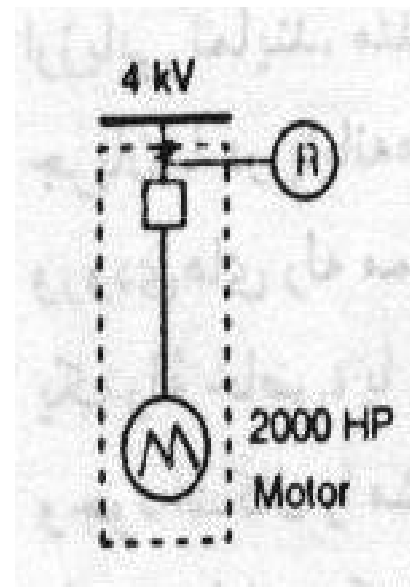
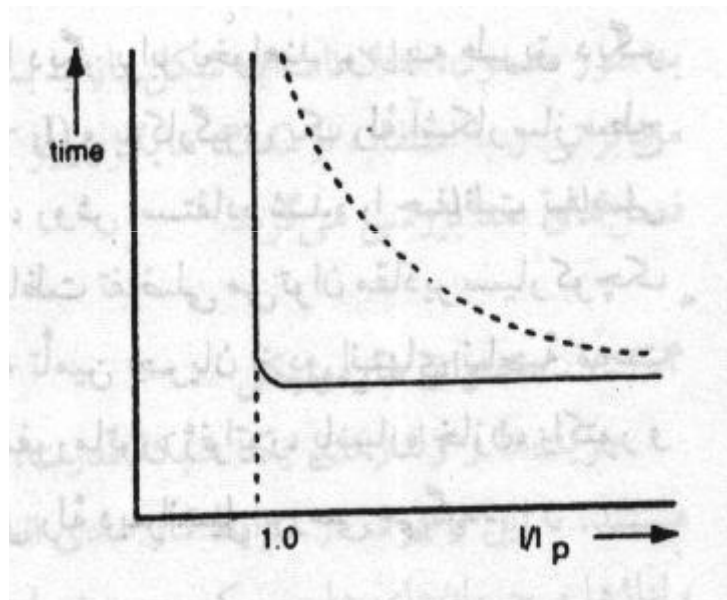


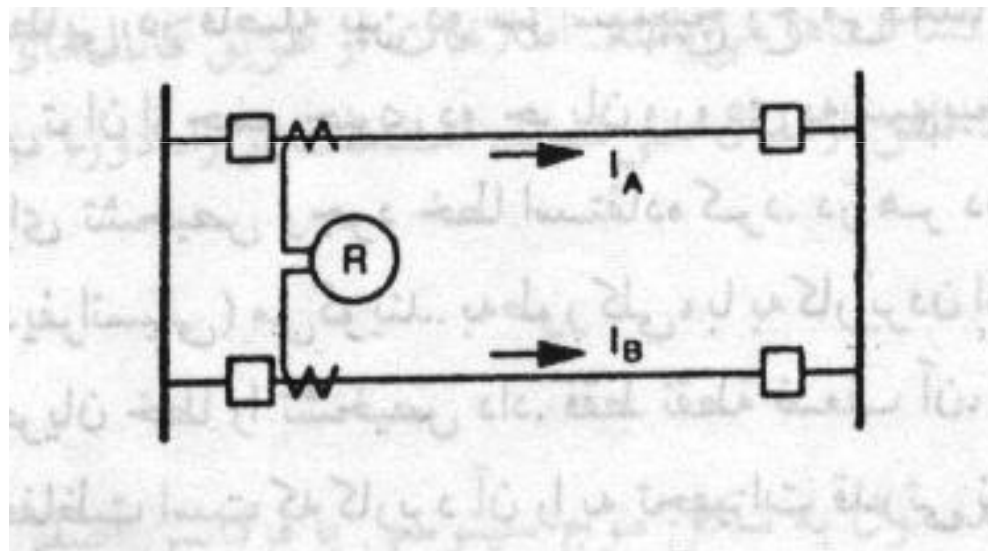
Fig. 1. Definite time tripping principle.

دسته بندی رله ها براساس نوع آشکار سازی خطا

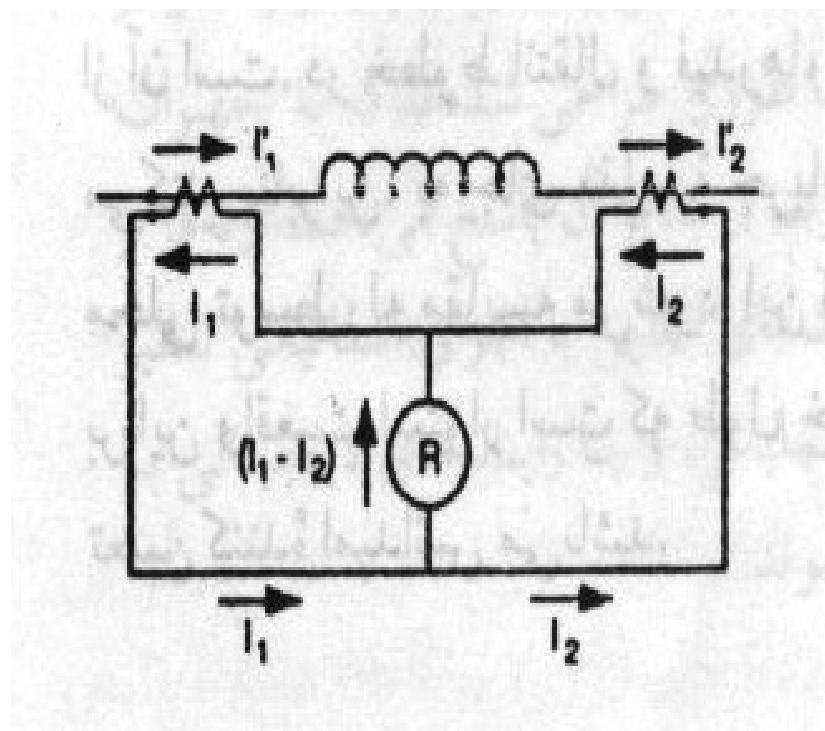
- بر اساس دامنه



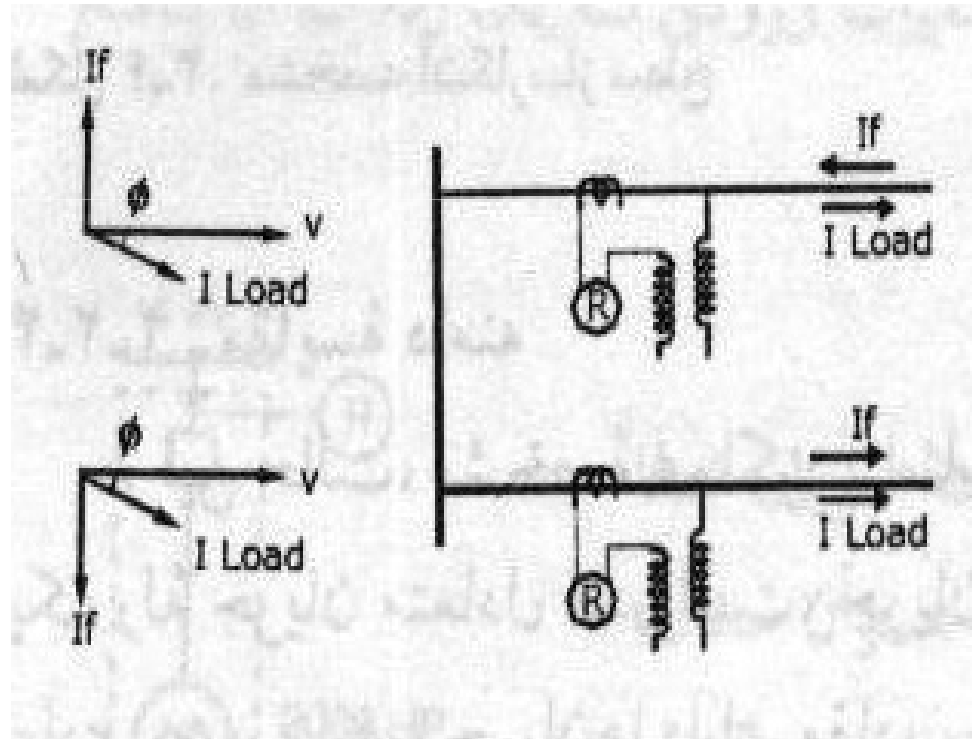
• مقایسه دامنه

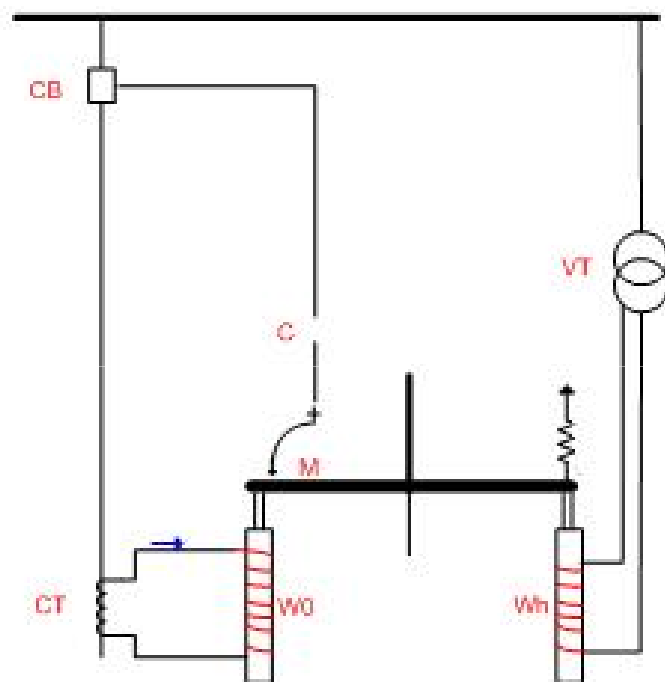


• مقایسه تفاضلی



• مقایسه زاویه فاز





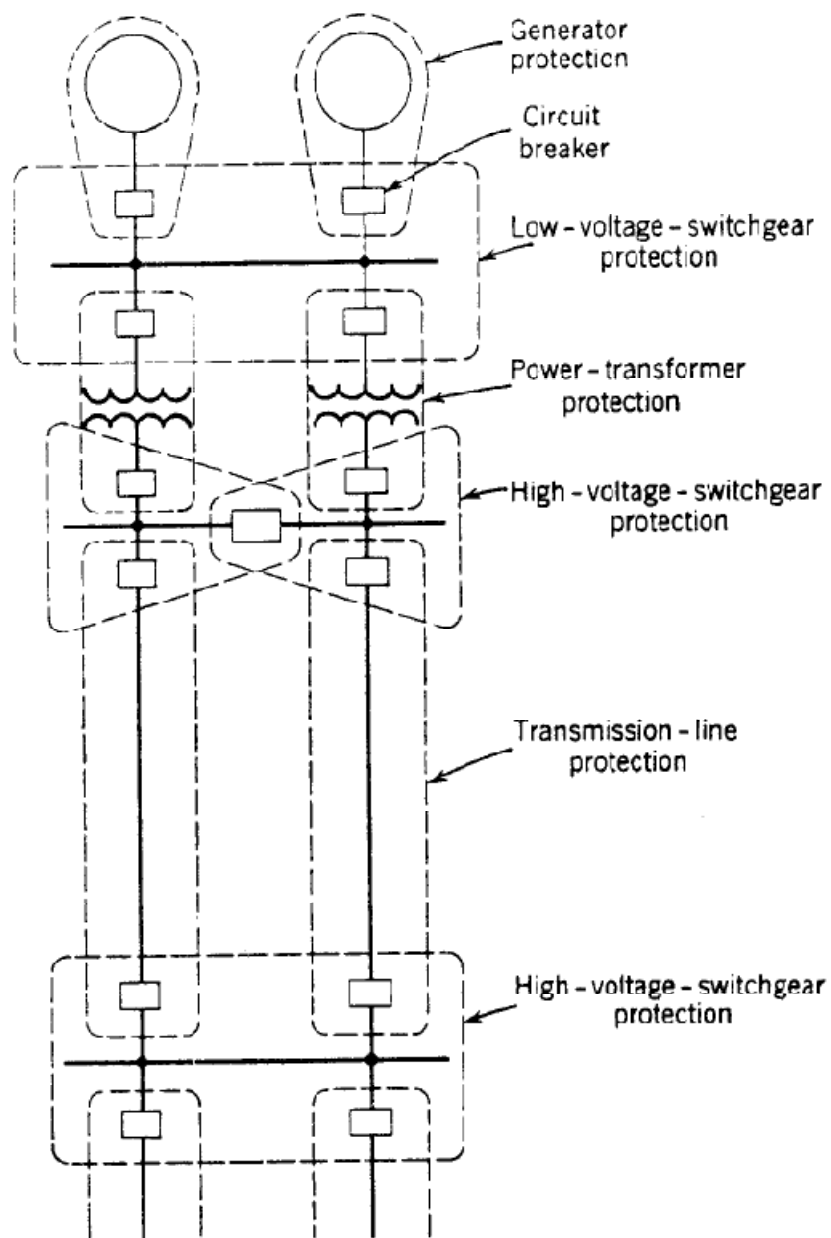
- سنجش فاصله
- بر اساس هارمونیک
- سنجش فرکانس

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 اتصال
 - ◎ نسبت تبدیل و مکان نصب CT ها ، PT ها
 - ◎ پیک و حداقل بارهای سیستم

چند اصطلاح در حفاظت

- وسایل حفاظتی : CT ها ، PT ها ، وایرینگ AC و DC ، فیوزها ، کلیدها .
- رله حفاظتی : برای تشخیص خطا، تولید آلام و فرمان تریپ و...
- سیستم حفاظت : ترکیبی از وسایل حفاظتی که در شرایط غیر نرمال ارسال سیگنال آلام و یا فرمان قطع و جدا سازی قسمت معیوب 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 های حفاظتی
- Overlap (قسمت مشترک دو Zone مجاور)

ویژگیهای اساسی یک سیستم حفاظتی

- قابلیت اطمینان
- سرعت
- ساده بودن
- فرق گذاری
- قابلیت انتخاب
- تفاوت قابلیت انتخاب و فرق گذاری؟

◎ **قابلیت اطمینان:** اطمینان برای درجه عملکرد صحیح بر اساس Setting به هنگام لزوم و دوری از عملکرد بی جایی رله.

◎ رله های قابل اطمینان ، انتخاب صحیح حفاظت ، اصل اندازه گیری و تنظیم صحیح رله ها ، بررسی های به موقع و تنظیم سیستم حفاظت.

◎ **ساده بودن :** نشانه طراحی خوب از نظر کمترین تجهیزات و مدارات است . به طور معمول وسیله حفاظتی نباید قیمتی بیش از ۵ درصد مورد حفاظت داشته باشد . با این حال قابلیت اطمینان در اولویت بیشتری نسبت به ملاحظات اقتصادی قرار دارد.

◎ **قابلیت انتخاب:** سیستم حفاظت باید سیستم قدرت را کاملاً تحت پوشش قرار دهد و هنگام وقوع خطا نزدیکترین کلیدها قطع شود و بقیه سیستم به کار خود ادامه دهد که بستگی به ZONE های حفاظتی ، حفاظت واحد؟ ، و طراحی سیستم دارد .

◎ **عوامل مؤثر در سلکتویته عبارتند از:** سیستم های درجه بندی شده زمان ، سیستم های واحد که در حفاظت واحد محدوده خاصی را حفاظت کرده و به خطاهای خارج از آن محدوده پاسخی نخواهد داد .

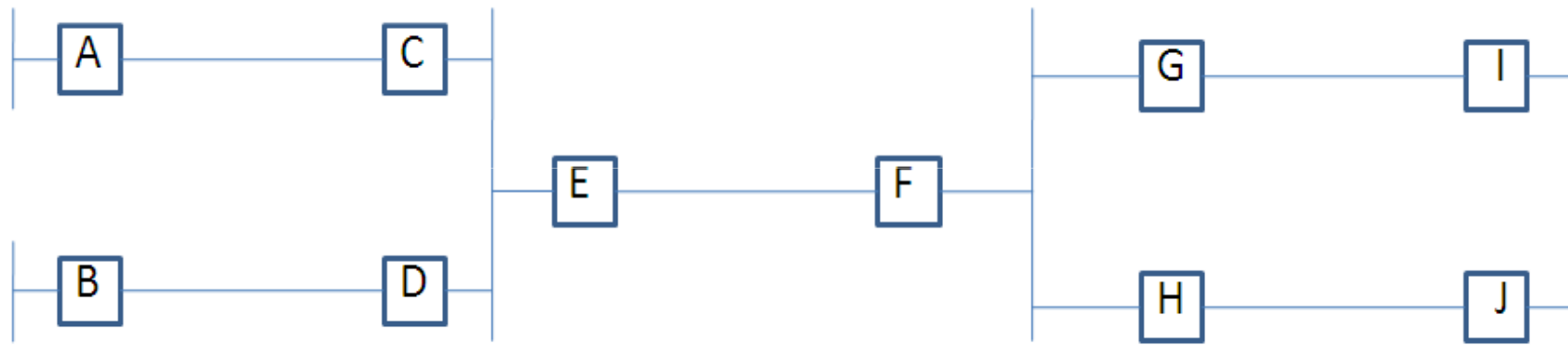
- **سرعت:** سیستم حفاظت باید در کمترین زمان ممکن از تداوم خطا جلوگیری کند. که این عمل باعث پایداری کلی سیستم ، و باقی ماندن دیگر قسمت‌های سالم در سرویس بدون از دست رفتن سنکرونیزم می شود .

- **فرق گذاری:** یعنی حفاظت حساسیت کافی داشته و در شرایط خطا با کمترین جریان اتصال کوتاه عمل کرده و در بار حداکثر باقی بماند . بین خطا و اضافه بار تفاوت قایل شود و جریان مغناطیس کننده هجومی ترانسفورمر را تشخیص دهد .

حفاظت MAIN و حفاظت BACK Up

- در ZONE های حفاظتی رله های مخصوص به خود ZONE جهت 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 CT ها و PT ها
- 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 اشکال در حفاظت 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 بر راحتی 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 :
- ۱- زمین کردن حفاظتی
- ۲- زمین کردن الکتریکی
- ۱- زمین کردن حفاظتی
- زمین کردن حفاظتی عبارت است از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم (فلز به فلز) با مدار الکتریکی قرار ندارد .
این زمین کردن بخصوص برای حفاظت اشخاص درمقابل اختلاف سطح تماس زیاد به کار گرفته می شود .

جریانهای خطرناک؟

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 .

$$I = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

برای افراد تا وزن ۵۰ کیلوگرم

$$I = \frac{0.157}{\sqrt{t}}$$

برای افراد تا وزن ۷۰ کیلوگرم

(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.)

- ۲- زمین کردن الکتریکی:

- زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه ای از دستگاه های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می باشد. مثل زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچ ترانسفورماتور یا ژنراتور. که این زمین کردن بخاطر کار صحیح 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

- جریان خطا فقط خازني و ناچيز است. بعنوان مثال براي يك شبکه KV با کابل 150 که ظرفيت خازني 3. 0 دارد، اين جريان 2 A مي باشد.
 - مزایا : باعث تريب اتوماتيك مدار نمي شود.
 - معایب :
- 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.
- کاربرد : سيستم هاي صنعتي $\leq 15KV$
- اسپانيا، ايتاليا، ژاپن

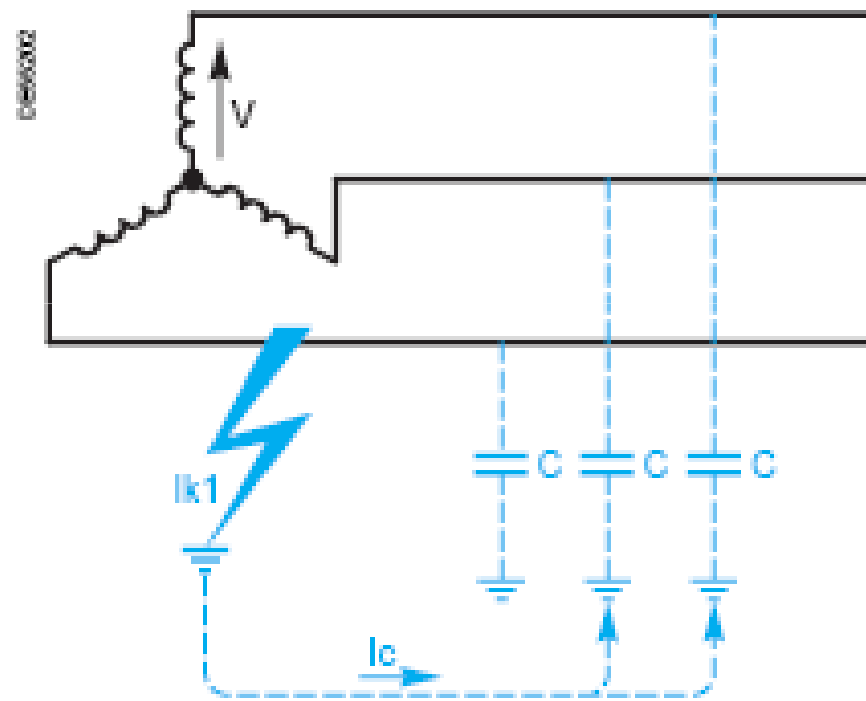


Fig. 1. Capacitive fault current in isolated neutral system.

Resistance Earthed Neutral

- در سیستم های صنعتی 15 – 50 A جریان خطا محدود می شود. باید جریان $2 I_C \leq I_{RN}$ باشد، تا اضافه ولتاژهای ناشی از Switching تخلیه شوند.
- در سیستم های توزیع جریان خطا به 100~300 A محدود می شود، برای تخلیه Over V های ناشی از صاعقه.
- مزایا : جریان خطای محدود، اضافه ولتاژ رضایت بخش ، عایق بین فاز و زمین نیازی نیست. که مثل عایق بین فاز و فاز در نظر گرفته شود ، حفاظت آسان و ساده می باشد.

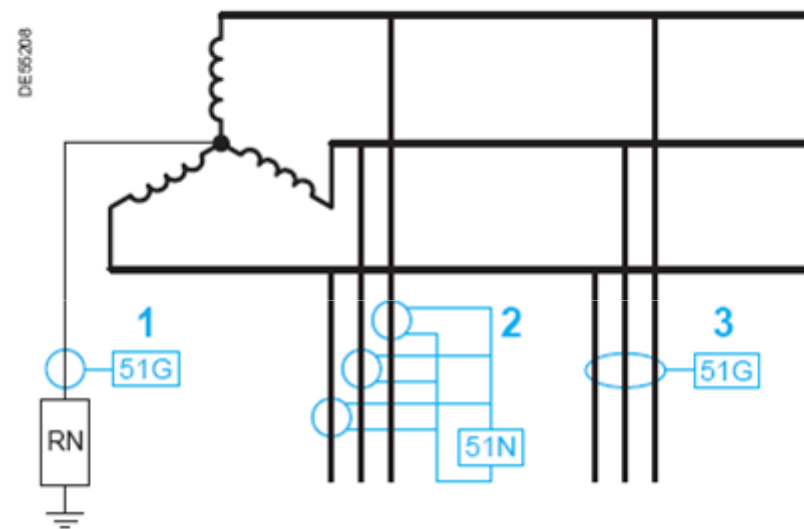


Fig. 5. Earth fault protection solutions.

Reactance Earthing

- جهت شبکه هاي بيشتر از 40 KV (Reactance)
- زيرا جريان خطا زياد بوده و مقاومت ايجاد حرارت زياد مي نمايد.
- در شبکه هاي توزيع جريان خطا را 300~1000 A محدود مي کنند تا اجازه دهد Over Voltage هاي صاعقه تخلیه شوند.
- مزایا : دامنه جريان خطا را کاهش مي دهد ، فرق گذاري آسان تر است، انرژی حرارتي کم تري در سلف بوجود مي آيد و حجم سلف کوچکتر از مقاومت مي شود ، از نظر اقتصادي در H.V مناسب تر است.

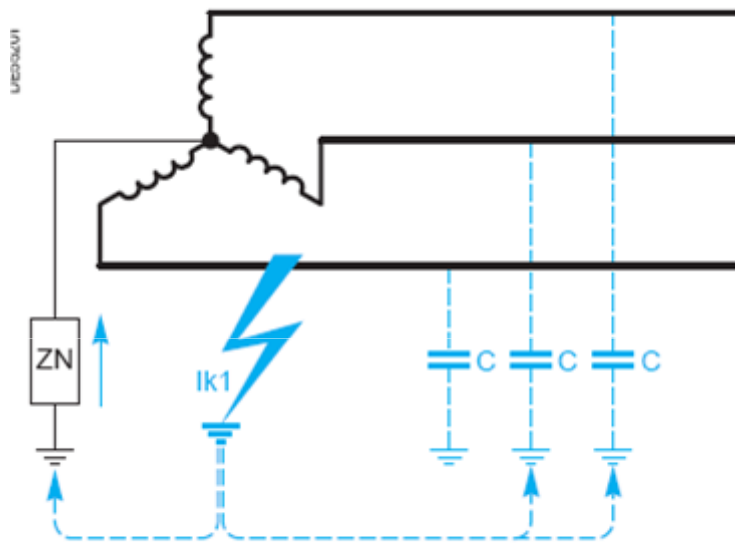


Fig. 1. Equivalent diagram of a power system with an earth fault.

- **معایب :** ادامه سرویس دهی بعد از Fault وجود ندارد و فالت باید به زودی رفع شود ، زمان رفع فالت $Over V$ ناشی از رزونانس زیاد است. (بین خازنهای سیستم و سلف زمین)
- کاربرد در MV با جریان های چند صد آمپر

Compensation reactance Earthing

- جریان خطا تا صفر محدود می شود. جریان مقاومت ناچیز است.
- مزایا : جریان خطا محدود می شود حتی اگر کاپاسیتانس شبکه زیاد باشد، بوسیله سلف جبرانگر جریان زمین صفر می شود. فالت اولیه بوسیله جریان سلف تشخیص داده می شود.
- معایب : قیمت سلف ارتینگ گران می باشد. زیرا سلف برای جبران سازی نیاز به تغییر دارد ، باید مطمئن بود که جریان خطا برای افراد و دستگاه ها خطرناک نباشد ، ولتاژ گذاری بالایی (Over Voltage) در زمان فالت ایجاد می شود ، مرتب مراقبت نیاز دارد ، فرق گذاری برای فالت اولیه مشکل است.(؟)
- کاربرد : شبکه های با ظرفیت خازنی بالا.

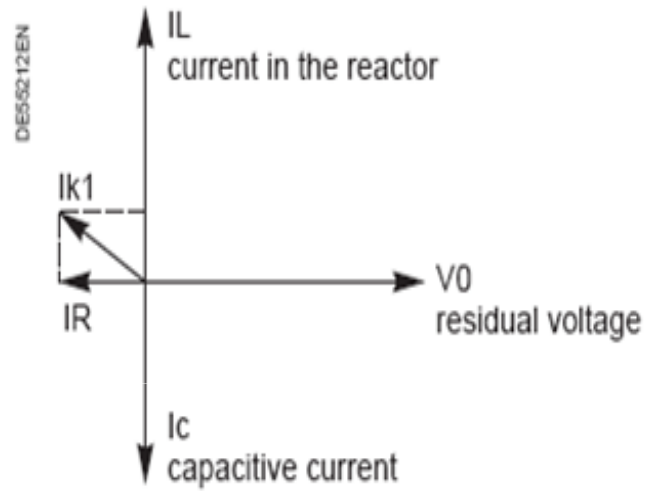


Fig. 2. Vector diagram of currents during an earth fault.

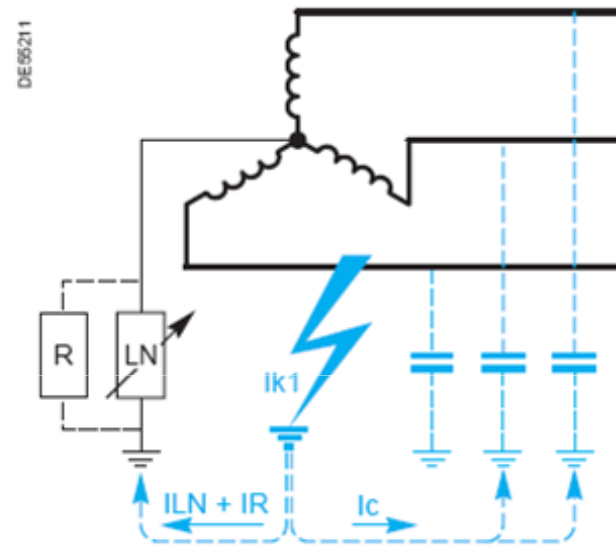


Fig. 1. Earth fault in power system with compensation reactance earthing.

Solidly Earthed Neutral

- چون نوترال مستقیم ارت شده، جریان اتصال کوتاه بالاست.
- مزایا :
 - تخلیه اضافه ولتاژها ایده آل است.
 - عایق کاری جهت ولتاژ فاز و نول مورد نیاز است.
 - رله ارت فالت خاصی نیاز ندارد و رله اضافه جریان می تواند خطای زمین را تشخیص دهد.
- معایب :
 - جریان ارت فالت شدید (بیشترین آسیب و اغتشاش)
 - حفاظت اشخاص بعلت بالا بودن ولتاژ تماسی در حین فالت پایین است.
 - عدم امکان ادامه سرویس دهی در زمان فالت

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

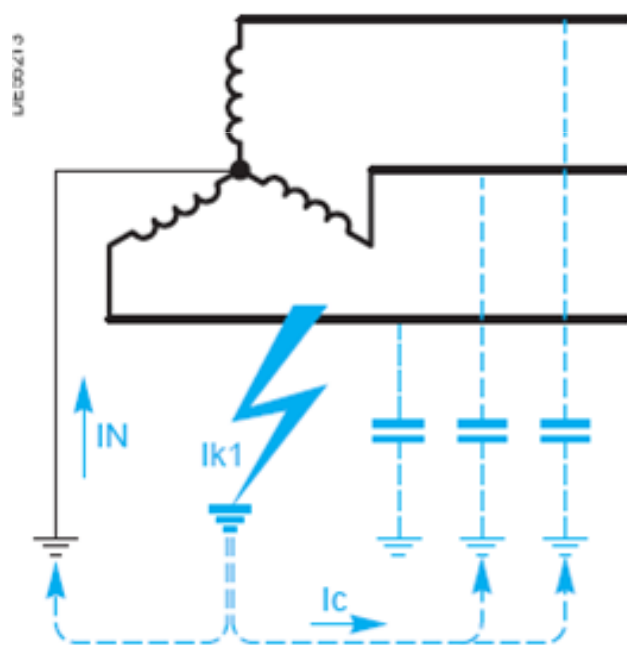


Fig. 1. Earth fault in a solidly earthed neutral power system.

تقسیم بندی سیستم های فشار ضعیف از نظر روش زمین کردن (سیستم ارت)

• در فشار ضعیف سه نوع سیستم ارت (سیستم زمین) معمول می باشد.

۱- سیستم **TN** که خود به سه گونه مختلف می باشد که عبارتند از :

TN-C-S

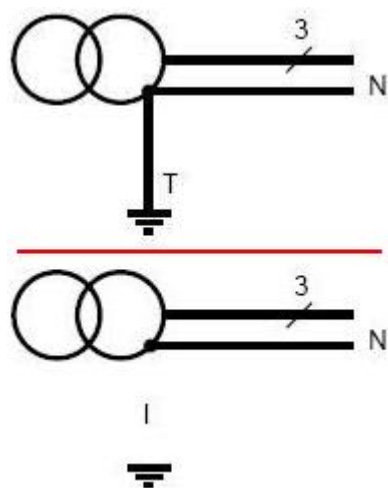
TN-C

TN-S

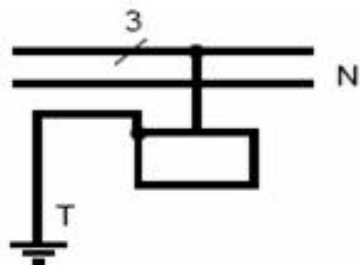
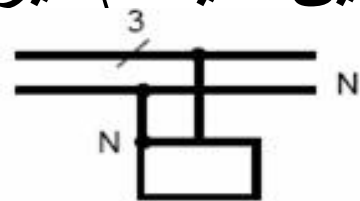
۲- سیستم **TT**

۳- سیستم **IT**

- حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه نول سیستم با زمین است به این صورت که:
- T یعنی نقطه نول مستقیماً به زمین وصل است.
- I یعنی نقطه نول از طریق یک امپدانس به زمین متصل است یا نسبت به زمین ایزوله 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.
- T يعني 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

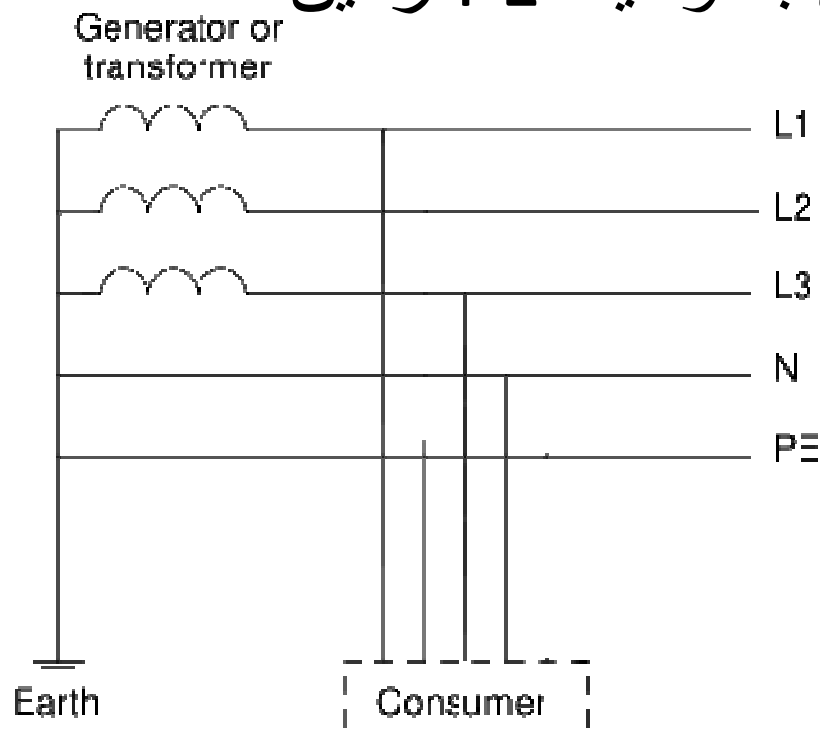
SEPARATED-S = جدا شده

PROTECTIVE EARTHING-PE = اتصال زمین حفاظتی

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

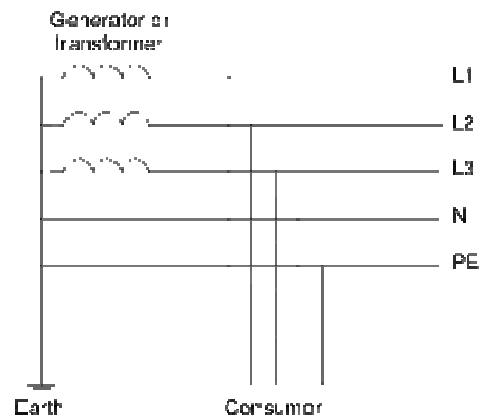
• TN

- ژنراتور یا ترانس (نقطه ستاره سیستم سه فاز) ارت شده است. بدنه دستگاه‌های الکتریکی به وسیله PE زمین شده است.



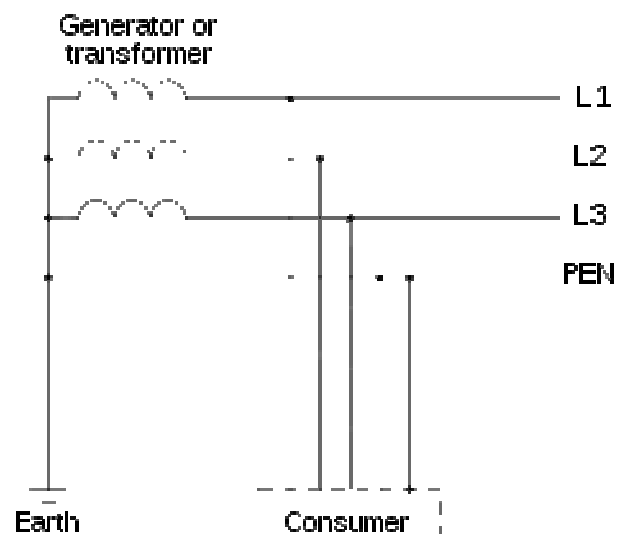
TN-S •

- PE و N فقط در نزدیکی منبع به هم وصل هستند و تا مصرف کننده جدا هستند.



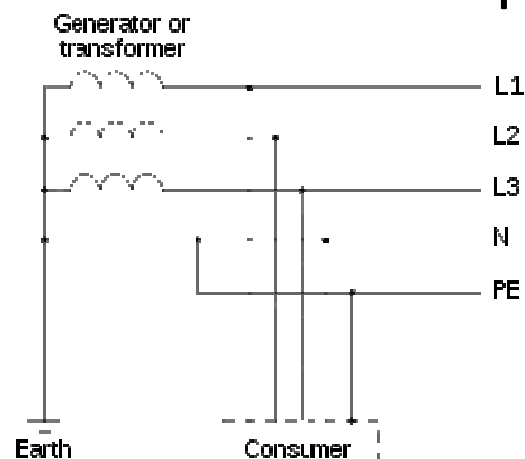
• TN-C

• PEN ترکیب شده نقش هر دو هادی را ایفا می کند. (از ترانسفورماتور یا ژنراتور تا مصرف کننده)



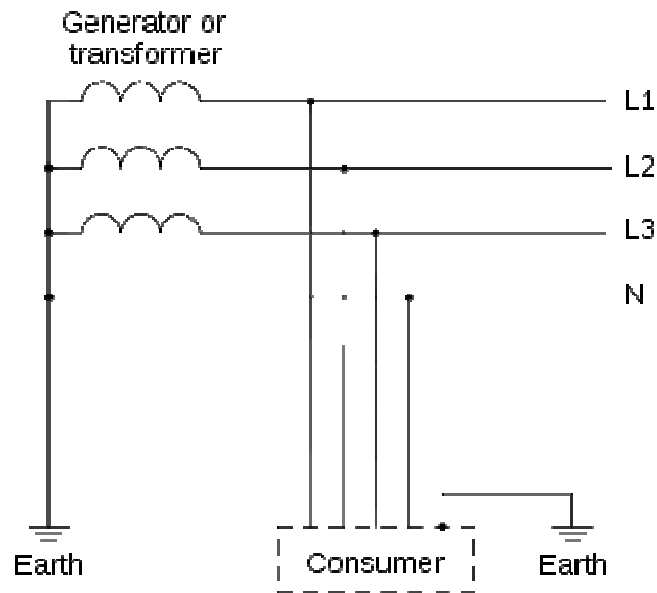
TN-C-S •

- قسمتي از سیستم PEN ترکیب شده استفاده شده و قسمتي بصورت ایزوله. معمولاً از ترانسفورماتور (ژنراتور) بصورت PEN ترکیب شده و از آنجا تا مصرف کننده جداي از هم مي باشند. در انگلیس با عنوان Protective multiple Earthing (PME) و در استرالیا به اسم multiple Earthed neutral (MEN) شناخته شده است.



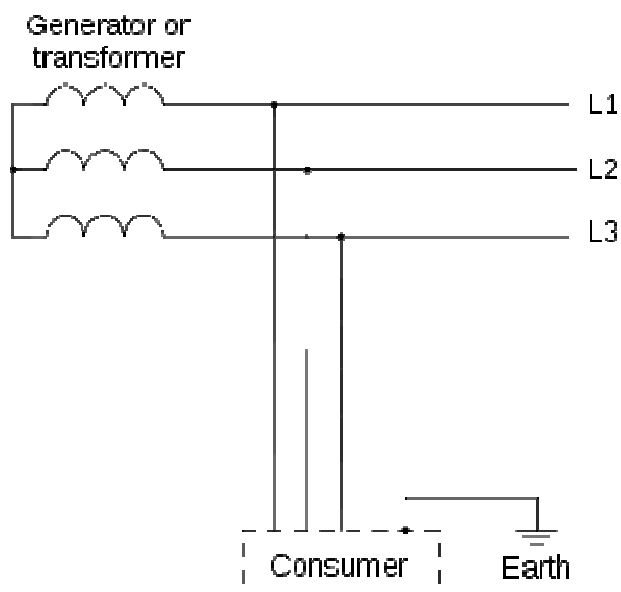
• TT

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



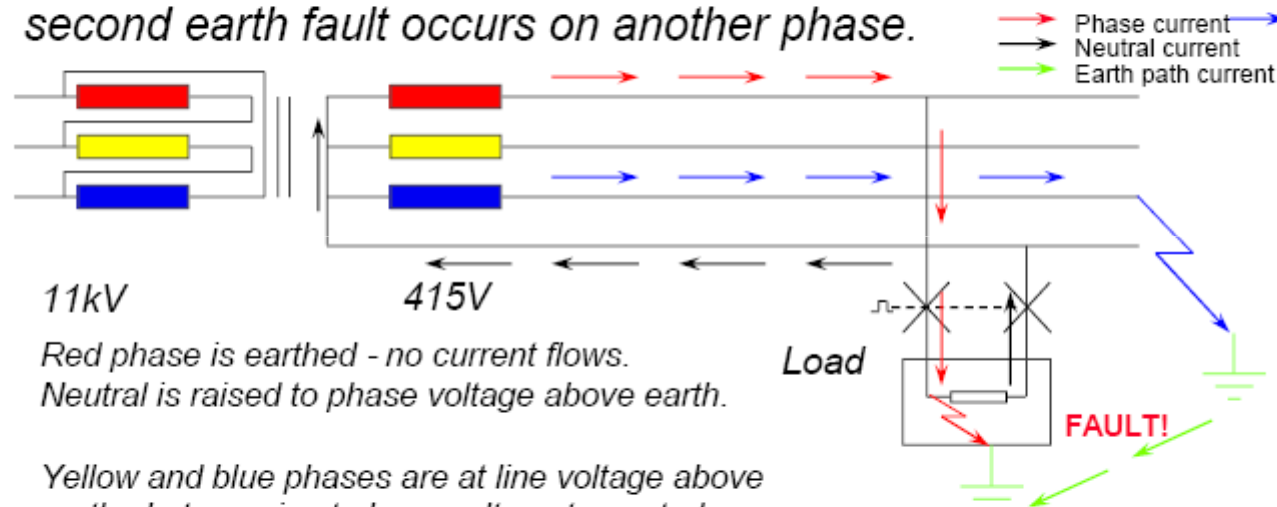
IT •

- در ین شبکه سیستم توزیع هیچ اتصال زمینی ندارد یا با امپدانس بالایی خواهد داشت. در چنین سیستمی از IMD امپدانس عایقی استفاده می شود.



Neutral not earthed

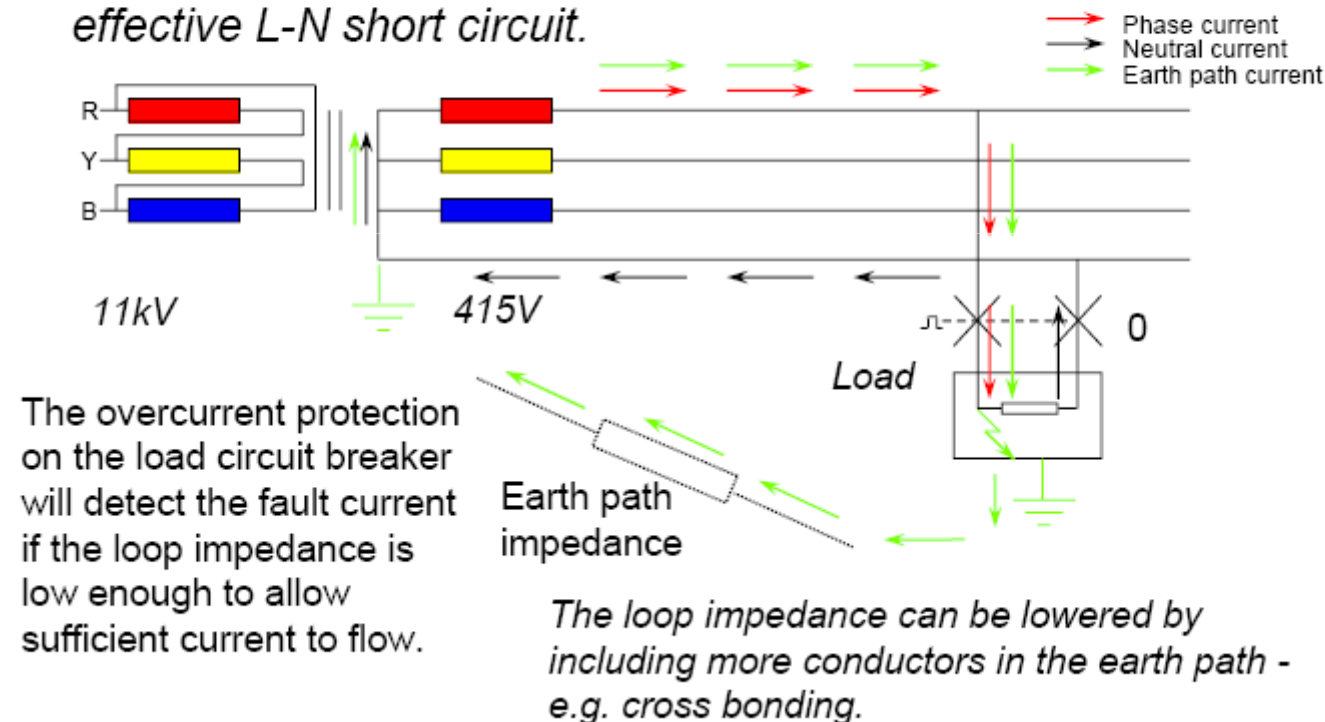
- ↓ *Cannot detect a single earth fault by overcurrent unless a second earth fault occurs on another phase.*



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

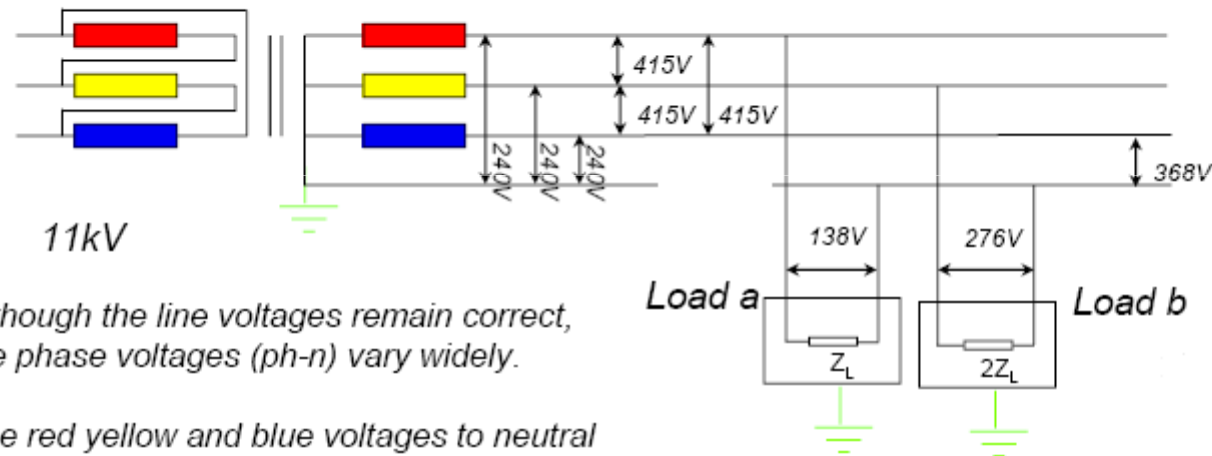
Neutral earthed - EEBADS

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



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	$S \leq 16$
16	$16 < S \leq 35$
$S/2$	$S > 35$

□ 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.



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 محدوده کاری را دارا بوده و برای حفاظت موتورها بکار می رود.

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





۵-۱- مقادیر استاندارد ولتاژ نامی فیوزهای فشار ضعیف

ولتاژ a.c		—		۲۲۰		۳۸۰		۵۰۰		۶۶۰	
ولتاژ D.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 ریلی مجاز که بر روی ولتاژ D.C سوار می شود حداکثر ۵٪ مقدار مجاز ولتاژ

نامی سیستم (۱۱۰٪ مقدار ولتاژ نامی) می باشد.

مقادیر جریانهای نامی فیوزلینک بر حسب 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 مشخصه جریان - زمان براساس درجه حرارت محیط یعنی $T_a=25\text{ c}$ مشخص و بیان می شود.

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

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

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

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 مشخصه زمان- جریان

مقادیر محدوده کار استاندارد شده برای فیوزهای gG

$I_{max} (0.1s)$	$I_{min} (0.1s)$	$I_{max} (5s)$	$I_{min} (10s)$	$I_n (A)$
۲۳	۶	۹/۲	۳/۷	۲
۴۷	۱۴	۱۸/۵	۷/۸	۴
۷۲	۲۶	۲۸	۱۱	۶
۹۲	۴۱	۳۵/۲	۱۶	۸
۱۱۰	۵۸	۴۶/۵	۲۲	۱۰
۱۴۰/۴	۶۹/۶	۵۵/۲	۲۴	۱۲
$I_{min} (10s)$: عبارت از کمترین جریانی که زمان پیش جرقه آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد $I_{max} (5s)$: ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد				

مقادیر محدوده کار استاندارد شده برای فیوزهای پیچی

I_{max} (0.1s)	I_{min} (0.1s)	I_{max} (5s)	I_{min} (10s)	I_n (A)
۷/۵	۴/۶	۵	۳/۴	۲
۱۸/۵	۱۰	۱۰/۵	۶/۵	۴
۳۵	۱۷	۱۸	۱۰	۶
۶۰	۳۵	۳۶	۱۵	۱۰
I_{min} (10s): عبارت از کمترین جریانی که زمان pre-arcing آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد I_{max} (5s): ماگزیمم جریانی که زمان عمل بیشتر از ۵ ثانیه طول نمی کشد				

$I_{max} (0.1s)$	$I_{min} (0.1s)$	$I_{max} (5s)$	$I_{min} (10s)$	$I_n (A)$
۷/۵	۴/۶	۵	۳/۴	۲
۱۸/۵	۱۰	۱۰/۵	۶/۵	۴
۳۵	۱۷	۱۸	۱۰	۶
۶۰	۳۵	۳۶	۱۵	۱۰
$I_{min} (10s)$: عبارت از کمترین جریانی که زمان pre-arcing آن کمتر از ۱۰ ثانیه می باشد $I_{max} (5s)$: 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(mm ax)	e2(mm ax)	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 .	۶	۳۰

مطابق با استاندارد ملی ۲۶۱۱ و IEC/EN 60947 , IEC/EN 60898

- کلیدهای مینیاتوری در دو نوع AC از رنج ۱ آمپر تا ۱۲۵ آمپر در تیپ های C, B و D و نوع DC از رنج ۱ تا ۵۰ آمپر در تیپهای B و C تولید می گردند.
- **پوسته :**
- قطعه ای است که قطعات اصلی کلید از جمله مگنت ، شاسی ، فنر ، جرقه گیر و دیگر اجزاء کلید درون آن جای می گیرد و باید از مواد عایق و غیر قابل اشتعال باشد که معمولاً از پلی آمید استفاده می کنند .
- **مگنت :**
- مگنت از سیم پیچ ، هسته و دیگر اجزا تشکیل شده است و در برابر اضافه جریان و اتصال کوتاه واکنش نشان می دهد و باعث قطع کلید می گردد.

- شاسي كليد :

- شاسي كليد وسيله اي براي دو حالت قطع و وصل قرار دادن كليد مي باشد كه بايد از مواد عايق و با استحکام 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 گیر :

- جرقه گیر از صفحات فلزي که بصورت موازي و توسط لایه هاي عایق از هم جدا شده، تشکیل شده است و در زمان قطع با تقسیم جرقه ، به جرقه هاي کوچکتر از ایجاد جرقه خطرناك و ایجاد صدای زیاد جلوگیری می نماید .

- سراميك :

- این وسیله کنار جرقه گیر قرار می گیرد و برای جلوگیری از آسیب رساندن حرارت جرقه گیر به پوسته بکار می رود.

- **فنها و اتصالات :**
- این اجزاء باید از توان مکانیکی و ساختار ویژه ای برخوردار باشند و همچنین باید در برابر زنگ زدگی مقاوم باشند و خواص طبیعی خود را از دست ندهند .
- **ترمینالها :**
- ترمینالها برای اتصال کلید به مدار طراحی شده اند و باید در برابر زنگ زدگی مقاوم باشند . همچنین باید هادی را بین دو سطح فلزی محکم نگهدارند و ابعاد آنها باید طوری طراحی شود که بتوان هادیها را براحتی در ترمینالها قرار داد.
- **قدرت قطع (قدرت قطع ۱۵ تا ۲۵ کیلو آمپر و برای کلیدهای DC، ۱۰ کیلو آمپر می باشد .)**

- رنگ بندي كليدها :
- با توجه به تاكيد استاندارد مبني بر ثبات مشخصات كليد و همچنين عمر طولاني اين كليدها ، استفاده از رنگ بندي در شاسي كليدها به عنوان يك نشانه ماندگار در كارخانه هاي معتبر بكار رود .
- رنگ شاسي كليدها طبق استاندارد به شرح ذيل مي باشد :
- ۲ آمپر: صورتي، ۴ آمپر: قهوه اي، ۶ آمپر: سبز ، ۱۰ آمپر: قرمز ، ۱۶ آمپر: طوسي ۲۰ آمپر : آبي ، ۲۵ آمپر : زرد ، ۳۲ آمپر : شكلا تي ، ۴۰ آمپر: مشكي ، ۵۰ آمپر : سفيد ، ۶۳ آمپر : نارنجي .

- تنوع آمپراژ :
- کلیدهای مینیاتوری F&G دارای تمام رنجهای معمول کلیدهای مینیاتوری (۱ آمپر تا ۶۳ آمپر) می باشد .
- نوع چاپ :
- علی رغم تاکید استاندارد بر غیرقابل محو بودن مشخصات کلید قطع خودکار به وفور دیده شده که کارخانه ها از برجسب استفاده می کنند ولی باید علاوه بر رعایت اصل رنگ بندی دارای چاپی با کیفیت بالا و مطابق با خاصه استاندارد IEC/EN 0898 می باشد.

- **کلیدهای DC :**

- علي رغم تاكيد استاندارد بر استفاده نکردن کلیدهای AC بجاي DC متاسفانه در بسياري از موارد دیده شده است که کلیدهای AC بجاي DC استفاده مي شود که بعلت اختلافاتي که در زیر ذکر مي شود اين عمل مجاز نمي باشد .

۱. مواد اولیه که در مگنت کلیدهای AC بکار مي رود در مقابل جريان DC بخوبي واکنش نشان نمي دهد و مواد اولیه خاصي بايد در آن بکار برده شود .

۲. در ضمن روي هر دو سراميکهای کلیدهای DC بايد يك تکه 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.

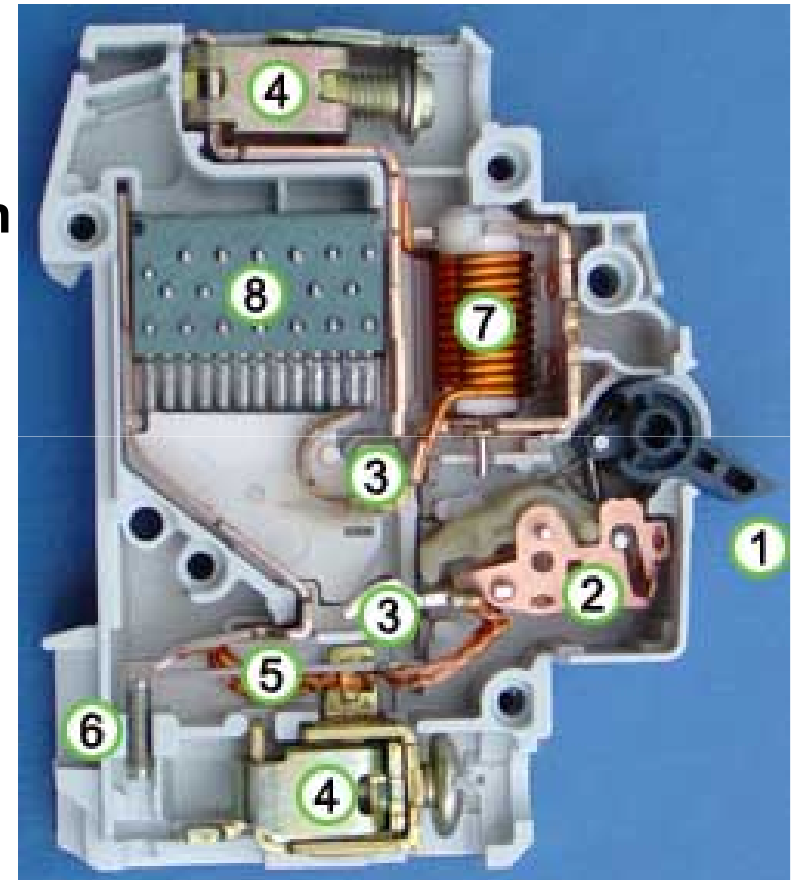
4. Terminals

5. Bimetallic strip

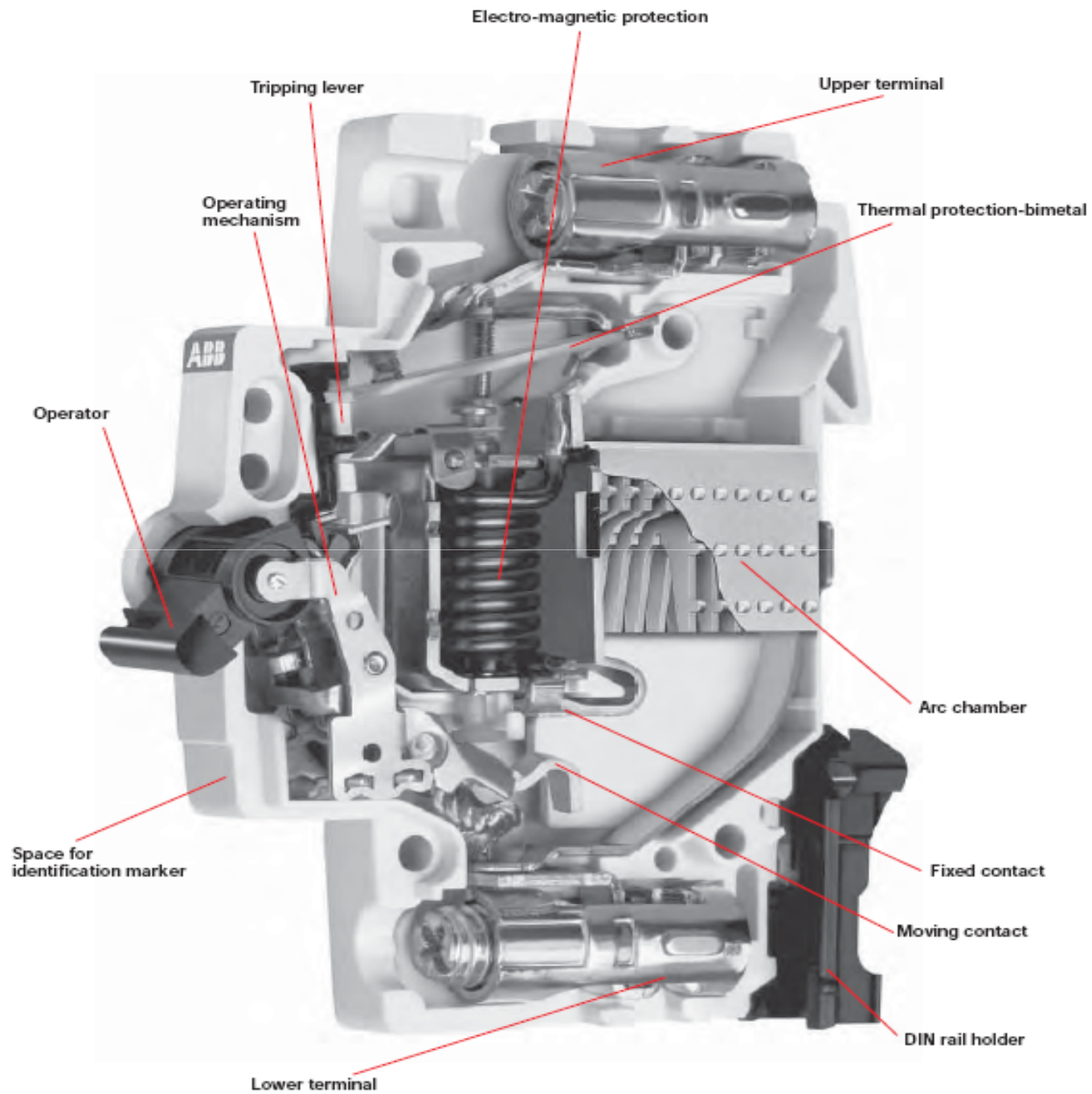
6. Calibration screw - allows the manufacturer to precisely adjust the trip current of the device after assembly.

7. Solenoid

8. Arc divider / extinguisher



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



■ 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

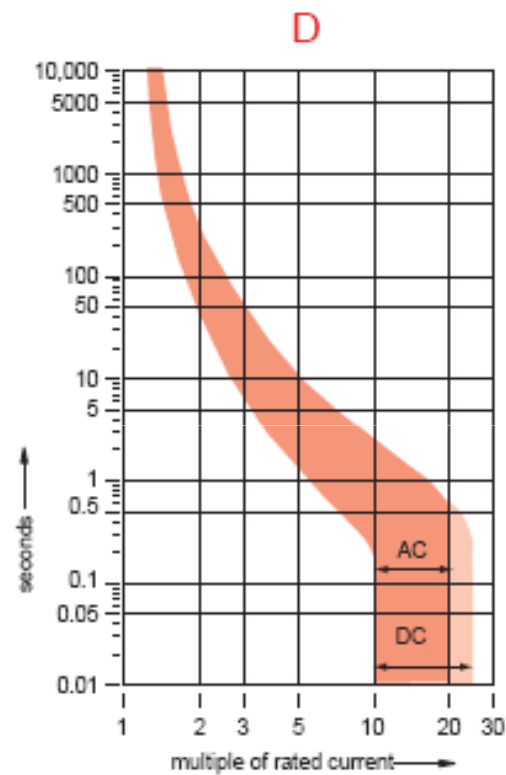
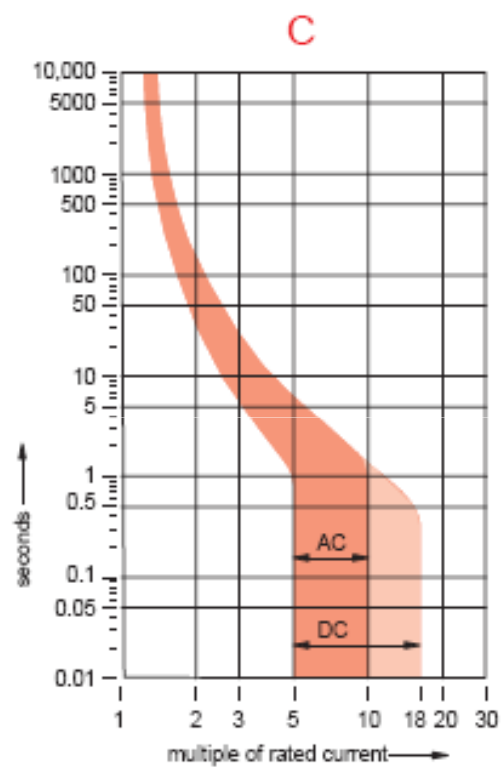
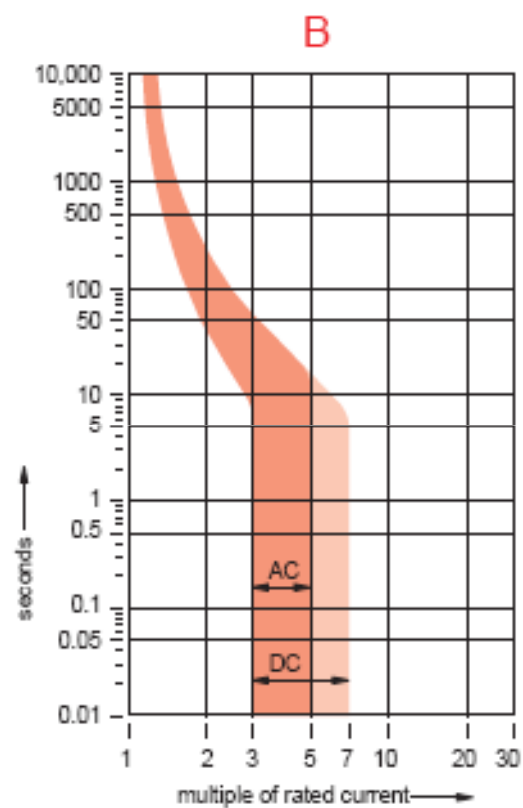
3) Rated current: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A

4) Tripping characteristic: B (3-5I_n), C (5-10I_n)

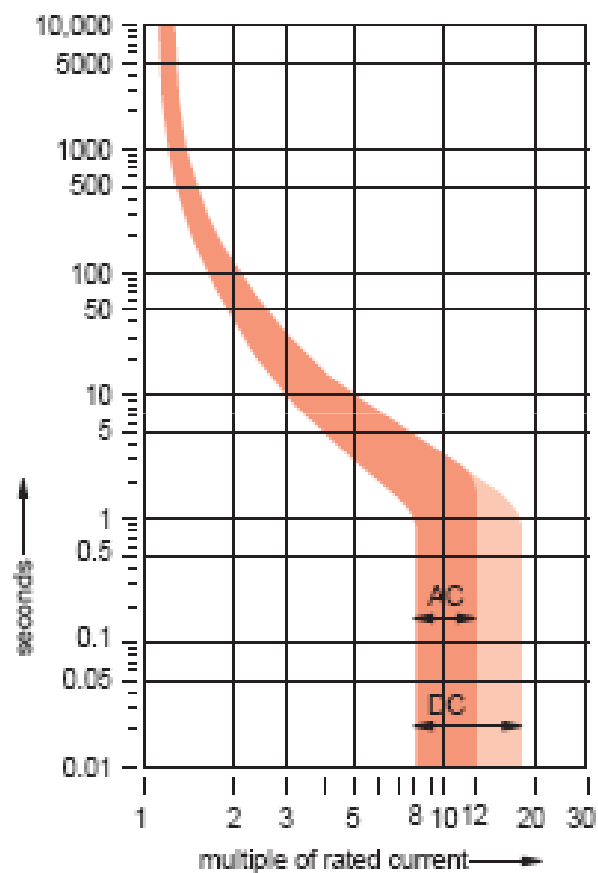
5) Rated short-circuit capacity: 4.5k A, 6k A, 10k A (Class 3)

6) Rail dimension: 35mm

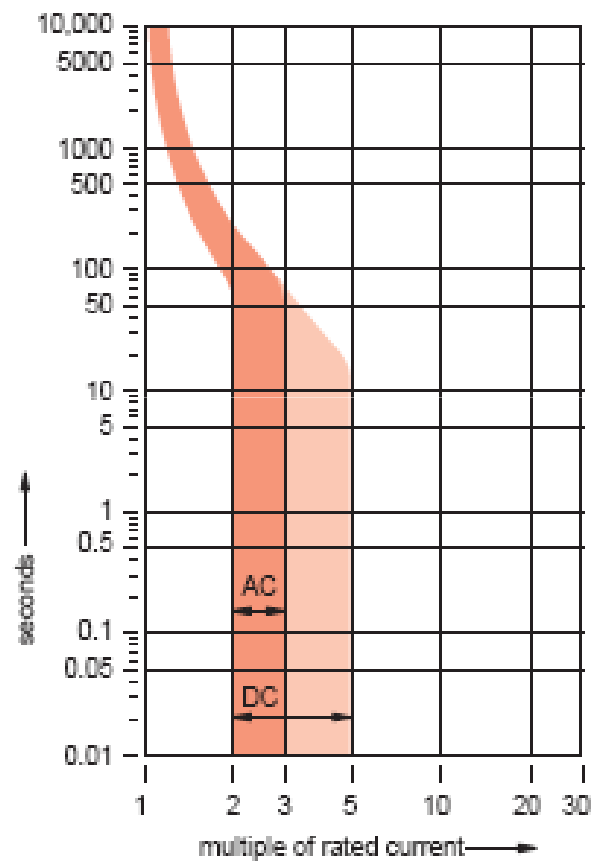
7) Mechanical life: 20,000 cycles (on/off)



K

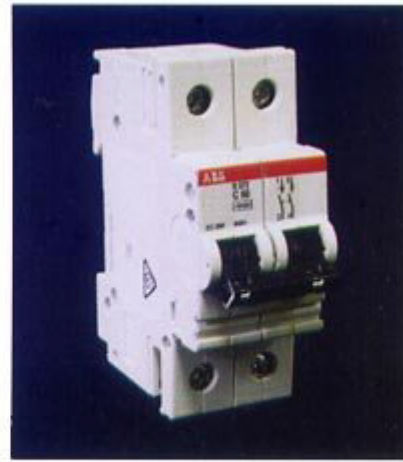


Z

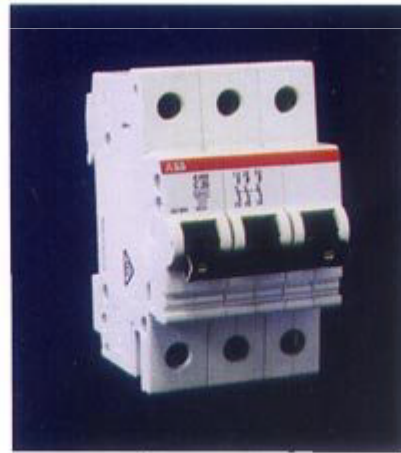




រ៉ឺង 1 pole



រ៉ឺង 2 pole



រ៉ឺង 3 pole

ABB

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

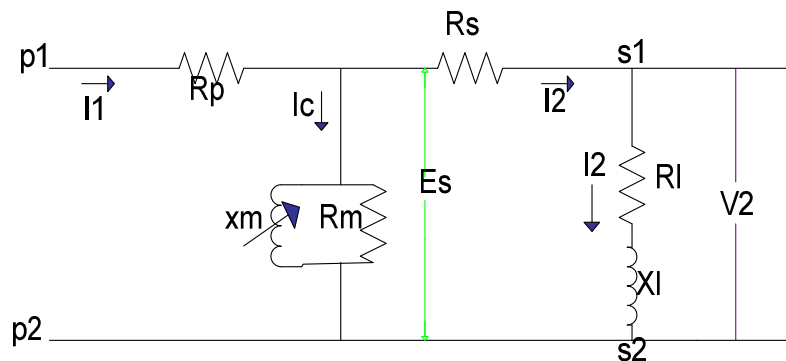
Standards

- 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 شوک الکتریکی	IEC60898	۲۰۰۳
۲	آزمون مقاومت در برابر گرمای غیر عادی و غیر قابل اشغال بودن کلید	IEC60898	۲۰۰۳
۳	آزمون غیر قابل پاك شدني بودن علامت گذاري ها	IEC60898	۲۰۰۳
۴	آزمون صحت علامت گذاري ها	IEC60898	۲۰۰۳
۵	آزمون مقاومت در برابر شوک و ضربه مکانیکی	IEC60898	۲۰۰۳
۶	آزمون مقاومت در برابر زنگ زدگی	IEC60898	۲۰۰۳
۷	آزمون قابلیت اطمینان کلیدهای از نوع ترمینال پیچی برای اتصال به سیم های خارجی	IEC60898	۲۰۰۳
۸	آزمون قابلیت اطمینان پیچها، قیمتهای هادی جریان و اتصالات	IEC60898	۲۰۰۳
۹	آزمون مشخصه قطع کلید	IEC60898	۲۰۰۳
۱۰	آزمون ۲۸ روزه	IEC60898	۲۰۰۳
۱۱	آزمون غیر قابل تعویض پذیری کلید	IEC60898	۲۰۰۳
۱۲	آزمون دوام مکانیکی و الکتریکی کلید	IEC60898	۲۰۰۳

ترانسفورماتور جریان (Current Transformer)

- تعریف: ترانس جریان، نوعی از ترانس است که اولیه آن از يك یا چند حلقه تشکیل شده و ثانویه آن به گونه ای طراحی می شود که جریان سیستم قدرت را به مقداری مناسب جهت استفاده در دستگاه های اندازه گیری و حفاظتی تبدیل کرده، ضمن اینکه سیستم اندازه گیری یا حفاظتی را از سیستم قدرت ایزوله کند.
- مقدار جریان خروجی (ثانویه CT) (مطابق استاندارد IEC 185 سال ۱۹۶۶) 1، 2 و 5 آمپر می باشد. البته 1 و 5 آمپر متداول تر است.
- جریان اولیه ترانسفورماتورهای در فاصله 50A تا 4000A متفاوت می باشد. با بروز خطا جریان طرف اولیه ترانسفورماتورهای جریان تا مقدار جریان خطا، بالغ بر چند هزار آمپر افزایش یافته، جریان ثانویه 100A-200A متناسب با جریان خطا بالغ بر چندین کیلو آمپر در سیم پیچ جریان رله برقرار می شود.



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

% کمتر از جریان حاصل طبق نسبت تبدیل نامی می باشد. علت آن 0.5-1 طبق مدار بالا جریان ثانویه تا میزان مصرف ناچیز از جریان اولیه به منظور ایجاد فوران مغناطیسی در هسته می باشد. جریان فوق به جریان مغناطیس موسوم می باشد . Exciting Current کننده یا جریان تحریک مدار مغناطیسی یا بطور خلاصه جریان تحریک مفهوم جریان مغناطیس کننده با توجه به مدار معادل ترانسفورماتور جریان طبق شکل ترانسفورماتور جریان طبق به عنوان مدار مغناطیس کننده ، راکتانس X و R شکل آشکار می شود. در مدار فوق شاخه شامل دو مدار موازی تشکیل می دهد. طبق مدار فوق جریان ثانویه به μI متناسب با کیفیت مغناطیسی فولاد هسته را در مسیر جریان شرح زیر نوشته می شود:

نسبت تبدیل $I_1 = I_2 N$ بود:

$$N = (I_2 - I_u) / I_2$$

- نسبت تبدیل واقعی نامیده می شود. N

شرایط معمول بهره برداری از جریان ناچیز مغناطیس کننده صرف نظر شده، نسبت تبدیل واقعی برابر با نسبت $\eta = N$ تبدیل نامی در نظر گرفته می شود،

- CT : مدار اوليه و ثانويه با كويل مغناطيسي

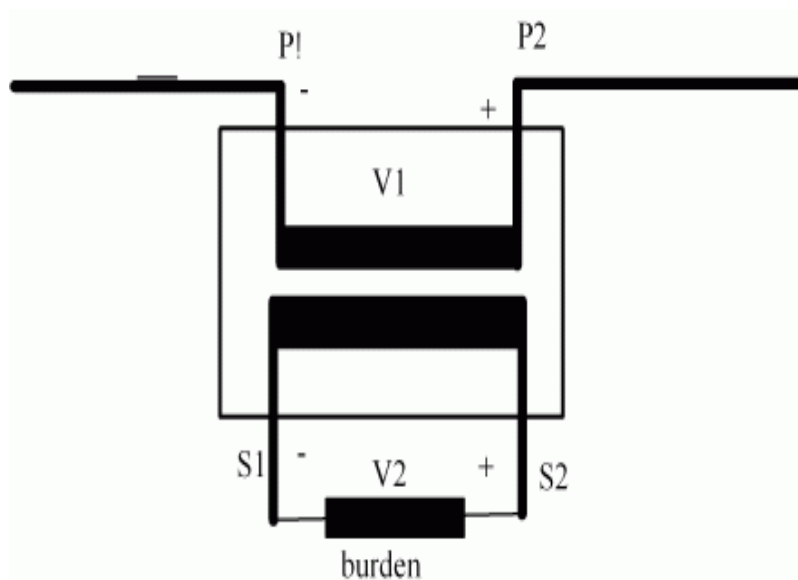
- Wound – Primary Type

- 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 يك CT کاهش یابد، به همان اندازه ولتاژ ثانویه افزایش می یابد. حال در يك سیستم فشار قوی مثلاً 132KV با فرض جریان ۱۰۰۰ آمپر آیا برای يك 1000/1 CT در ثانویه ولتاژی برابر با $1000*132kv=132MV$ خواهیم داشت؟



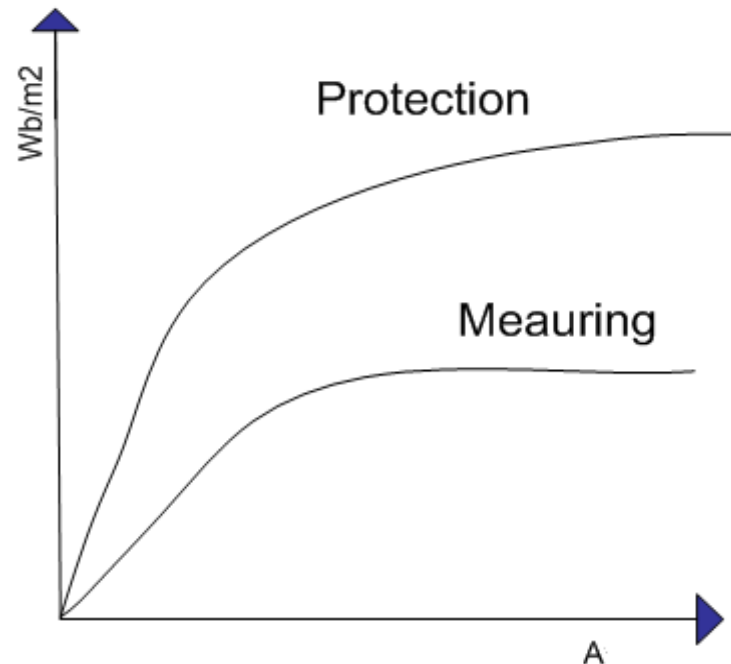
، برابر با ولتاژ CT مسلماً پاسخ منفي است. ولتاژ اولیه خط نیست بلکه برابر با حاصلضرب جریان عبوري از اولیه در میزان مقاومت آن قسمت از هادي است که از عبور می کند. مقدار این مقاومت بسیار CT درون اولیه ، مقدار ولتاژ دو $V=RI$ بسیار ناچیز است و طبق رابطه مقداري در حد ميلي ولت است. و بنابراین CT سر اولیه در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

- **نکته بسیار مهم:** هیچوقت ترمینالهای ثانویه يك CT را باز باقی نگذارید و ترمینالهای بدون استفاده را اتصال کوتاه کنید. و همچنین در هنگام تعمیر دستگاه وصل شده به ثانویه لازم است قبل از بیرون آوردن آن، ابتدا ثانویه را اتصال کرد. و پس از جایگذاری مجدد، اتصال کوتاه را برداشت. دلیل این امر چیست؟
- همانطور که می دانیم در ترانسفورماتورها، جریان اولیه تابعی از جریان ثانویه است. یعنی به نسبت باری که به ثانویه ترانس متصل است جریانی از ثانویه عبور کرده و با توجه به نسبت تبدیل ترانس، به همان نسبت جریانی از اولیه نیز خواهد گذشت. یعنی اگر از جریانهایی نشتی و بی باری و ... صرف نظر کرده و ترانس را ایده ال در نظر بگیریم، زمانی که باری به ثانویه وصل نیست، از اولیه نیز جریانی عبور نخواهد کرد. اما از آنجا که ترانسهای جریان (CT-ها) به صورت سری در مدار قرار می گیرند، همواره عبور جریان از اولیه را خواهیم داشت، و متعاقب آن آمپر دوری در اولیه تولید خواهد شد اما از آنجا که در ثانویه باری وجود ندارد پس جریانی از آن نمی گذرد و در نتیجه آمپر دوری نیز وجود ندارد که با آمپر دور اولیه مخالفت کند. بنابراین فلو در طرف اولیه بالاتر رفته و این افزایش فلو باعث ایجاد ولتاژ بسیار بزرگی (در حد چندین کیلو ولت) در ثانویه و همچنین گرم شدن هسته می شود و این امر سبب بروز جرقه در ثانویه یا حتی انفجار CT می گردد.

ترانسفورماتورهای جریان با دو هسته اندازه گیری و حفاظتی

- در هنگام برقراری جریان های خطا تا حدود 20-40 برابر جریان بار، جریان ثانویه نیز به همین نسبت افزایش یافته، آمپرمترها در معرض جریان خطا معادل 100-400A واقع می شوند در حالیکه در شرایط عادی بهره برداری تحت جریان بار نامی 5A و چند برابر واقع می باشند. برقراری جریان های خطا به میزان فوق صدمه به تجهیزات اندازه گیری را موجب می شود. به منظور جلوگیری از صدمه به تجهیزات اندازه گیری در قبال برقراری جریانهای خطا، در ترانسفورماتورهای جریان از دو هسته با کیفیت مغناطیسی متفاوت استفاده می شود هسته اول شامل سیم پیچ تغذیه تجهیزات اندازه گیری به سیم پیچ اندازه گیری یا "Measuring" و هسته دیگر شامل سیم پیچ تغذیه رله های حفاظتی به سیم پیچ حفاظت یا "Protection" موسوم می باشد.
- با توجه به کیفیت مناسب هسته سیم پیچ اندازه گیری و منحنی مغناطیس کننده انتخاب شده آن، هسته فوق در قبال برقراری جریان های اولیه تا حدود 3-5 برابر جریان نامی اولیه اشباع شده ، با بروز اشباع جریان در سیم پیچ ثانویه تا حدود صفر کاهش یافته، مانع از بروز جریان قابل ملاحظه در ثانویه ، طبق نسبت تبدیل نامی و صدمه به تجهیزات اندازه گیری می شود.

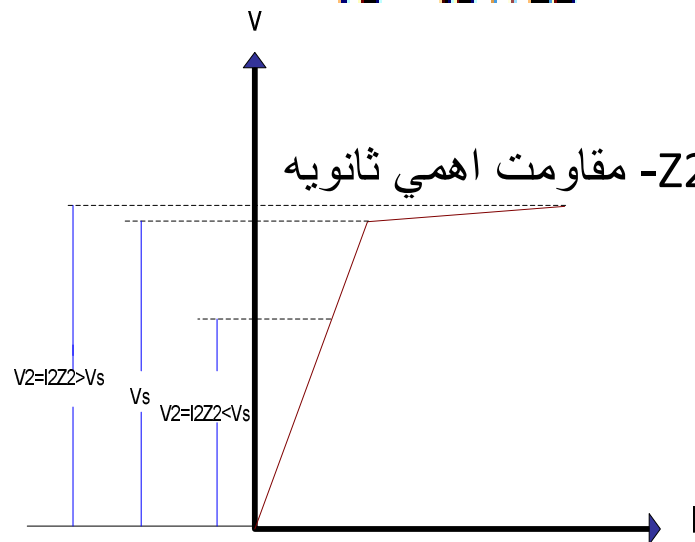
- سیم پیچ تغذیه رله ها به عنوان سیم پیچ با هسته حفاظتی، در قبال برقراری جریان های خطا تا حدود 20-30 برابر جریان نامی اشباع نشده، تغییرات خطی فوران با تعداد دور سیم پیچ حفظ شده، نسبت تبدیل نامی صدق می نماید. در شکل منحنی مغناطیس کننده هسته های اندازه گیری و حفاظتی نشان داده شده اند. چنانکه اشاره شد بروز اشباع و یا عدم اشباع، در هسته مغناطیسی، و مقدار ولتاژ اشباع طبق منحنی های مغناطیس کننده، به جنس هسته و نوع آن بستگی دارد.



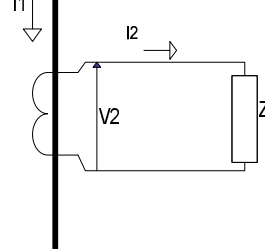
- استاندارد آمریکا تعیین شده، کلیه کارخانجات سازنده، هسته ترانسفورماتور و مشخصات مناسب ترانسفورماتور را به منظور ارائه ولتاژ ثانویه معادل مقادیر استاندارد پیش بینی طراحی می نمایند. ولتاژ فوق در قبال برقراری جریان های خطا تا میزان ۲۰ برابر جریان نامی اولیه حفظ شده تغییرات خطای نسبت تبدیل در شرایط فوق از حدود $\pm 10\%$ جریان تجاوز نمی نماید. ولتاژهای اشباع تعیین شده در استاندارد آمریکا چهارمقدار به شرح زیر می باشند.

• $V_s = 100, 200, 400, 800$

- هنگامی که مقاومت بار وصل شده، جریان در ثانویه برقرار شود، ولتاژ ثانویه، بین ترمینالها خواهد بود:



- V_2 - ولتاژ در ترمینالهای ثانویه و I_2 - جریان بار ثانویه و Z_2 - مقاومت اهمی ثانویه



- افزایش ولتاژ در فاصله ترمینالها در ثانویه تا بیش از مقدار اشباع به دو علت زیر می دهد.
 - ۱- بالا بودن مقدار جریان خطا
 - ۲- بالا بودن مقاومت اهمی ثانویه به عنوان مقاومت بار

مشخصات ترانسفورماتور جریان

- مشخصات طبق : IEC 0044
- H.V اولیه اعمال می شود
- از ثانویه یکی ارت می 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 i_{th} $\frac{i_{th}}{\sqrt{t}}$
- Max Current in KA For 1 Sec () , $I_{SCmax} < 1.5I_{Sat}$
- Burden (VA) , Temperature i_{th}
- CT For Over Current Protection
- 2.5. تحمل الکترو دینامیک ، بک جر باز ، معادل :

مشخصات ترانسفورماتور جریان

- نسبت تبدیل نامی: چنانکه دیده شد نسبت تبدیل نامی عبارت از نسبت جریان نامی اولیه به جریان نامی ثانویه می باشد. جریان نامی مدار اولیه معادل جریان نامی فیدر می باشد.
- جهت جریان در ثانویه : جهت جریان در هنگام تغذیه رله های اضافه جریان مورد نظر نمی باشد. با این همه هنگامی که رله های زمین از ترانسفورماتورهای جریان تغذیه میشوند، لازم است جهت جریانها در ثانویه ترانسفورماتورهای جریان با توجه به Polarity رله تعیین شود. تا بدین ترتیب جریان RESIDUAL صفر در شرایط عادی برقرار باشد. در هنگام تغذیه رله های قدرت جهتی لازم است جریان برقرار شده در رله اختلاف فاز مناسب را با کمیت یا بردار مبنا دارا باشد، به عبارت دیگر جریان ثانویه در جهت مناسب برقرار باشد.
- در هنگام تغذیه رله های قدرت جهتی لازم است جریان برقرار شده در رله اختلاف فاز مناسب را با کمیت یا بردار مبنا دارا باشد، به عبارت دیگر جریان ثانویه در جهت مناسب برقرار باشد.

- **ظرفیت (burden):** بردن عبارتست از مجموع کل امپدانسهای تجهیزات وصل شده به ثانویه CT. (شامل دستگاه های اندازه گیری یا حفاظتی، کابل های 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.

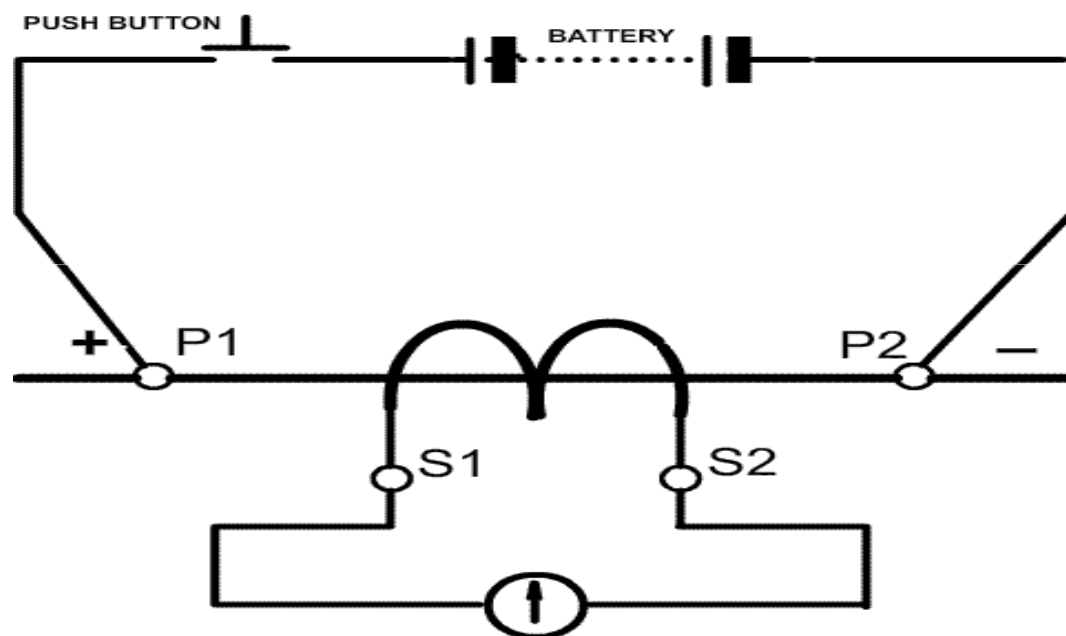
- جریان دینامیکی: حداکثر جریانیست که از اولیه CT می گذرد و از نقطه نظر نیروی مکانیکی اعمال شده، CT با مشکل مواجه نخواهد شد. میزان این جریان معمولاً 2.5 برابر I_{th} می باشد.
- خطای جابجایی فاز (Phase displacement error): اختلاف فاز بین جریانه‌های اولیه و ثانویه یک ترانس جریان بر حسب رادیان می باشد. در 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 $CL=1$ یعنی 1% خطا در جریان نامی
- 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, 5P می باشد.
- برای هسته های حفاظتی درصد خطای جریان را بصورت $a \leq P \leq b$ بیان می کنند. مثلاً 5P20 و این بدین معناست که در b برابر جریان نامی خطای مرکب کمتر از a % باشد. (در 20 برابر جریان نامی حداکثر خطا 5%)

- 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

- میگر تست: این تست برای تعیین مقاومت عایقی بین اولیه و ثانویه (ها) ، اولیه و زمین ، ثانویه ها و زمین و سیم پیچهای مختلف ثانویه با هم انجام می گیرد. مقدار ولتاژ اعمالی 500V می باشد. لازم به ذکر است قبل از انجام این تست باید Earth از سمت ثانویه باز شود.
- تست نسبت تبدیل Ratio Test: ثانویه های تمامی هسته های 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.

- :continuity test & Polarity Test



- تعیین مقاومت اهمي سيم پیچ ثانویه:

- منحنی مغناطیس شوندگی: هدف از انجام این تست به دست آوردن ولتاژ نقطه زانو (Knee point) و مقایسه آن با مقدار تعیین شده توسط کارخانه است. همانطور که اشاره شد نقطه اشباع (زانو) نقطه ایست که در آن به ازای ۱۰٪ افزایش در ولتاژ، جریان مغناطیس کنندگی به اندازه ۵۰٪ تغییرات داشته باشد. منحنی تحریک تا نقطه ای که در آن به ازای ۱۰٪ افزایش ولتاژ، ۱۰۰٪ افزایش جریان داشته باشیم، ادامه می یابد.
- **نکته:** پس از انجام تست ولتاژ را به تدریج کم کرده و سپس منبع تغذیه را جدا می کنیم زیرا؟
- **یک تغییر ناگهانی در فلو (شار) می تواند باعث تولید ولتاژی در سمت ثانویه گردد که این ولتاژ برای آسیب رسانیدن به ایزولاسیون سیم پیچ ثانویه کافیست.**

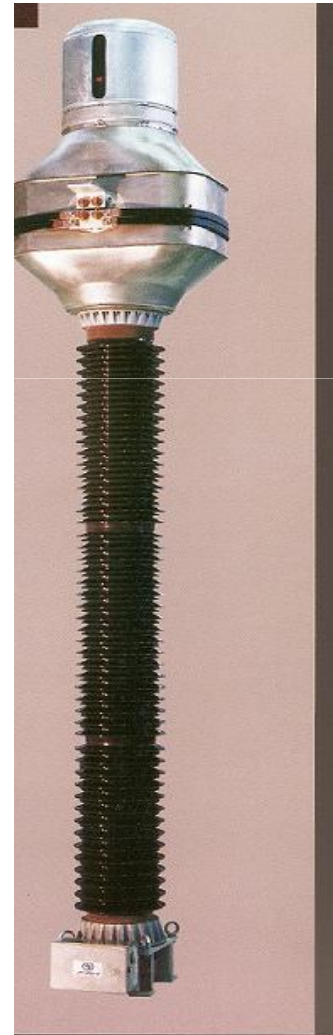


ABB		1234567890
		TPU 40.13
200-400/1/1 A		50 Hz
1S1-1S2	5VA cl. 0.5 FS 5	
1S1-1S3	10VA cl. 0.5 FS 5	
2S1-2S2	5VA cl. 5P15	
2S1-2S3	10VA cl. 5P15	
12/28/75 kV		50(1s)/125 kA
2002	IEC 60044-1	

Where:

1234567890

TPU 40.13

50Hz

200-400/1/1 A

1S1-1S2

1S1-1S3

5VA

0.5, 5P

FS5

12/28/75 kV

IEC 60044-1

50(1s)/125kA

2002

serial number

transformer type code

rated frequency

rated transformer ratio

terminal marking for core number 1, first tap

terminal marking for core number 1, second tap

rated output (burden)

accuracy classes

instrument security factor

highest voltage for equipment / power-frequency withstand

voltage / rated lightning-impulse voltage

referred standard(s)

rated short time thermal current (thermal time) / rated

dynamic current

year of production

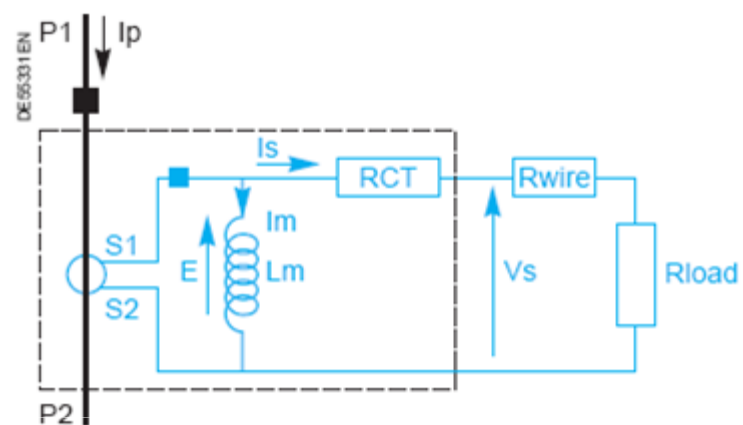


Fig. 1. Equivalent diagram of a CT secondary current...

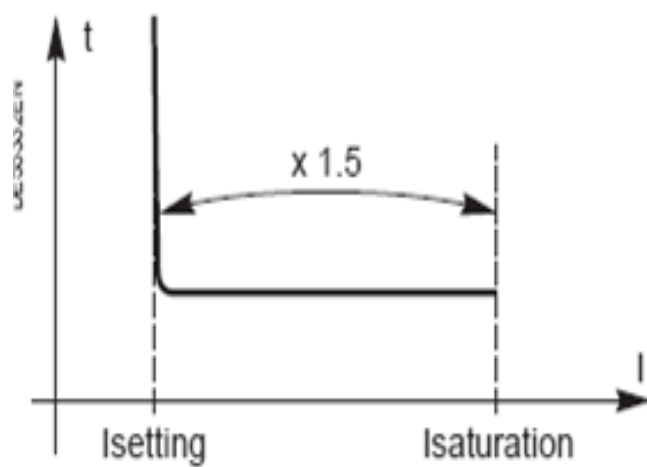


Fig. 2.

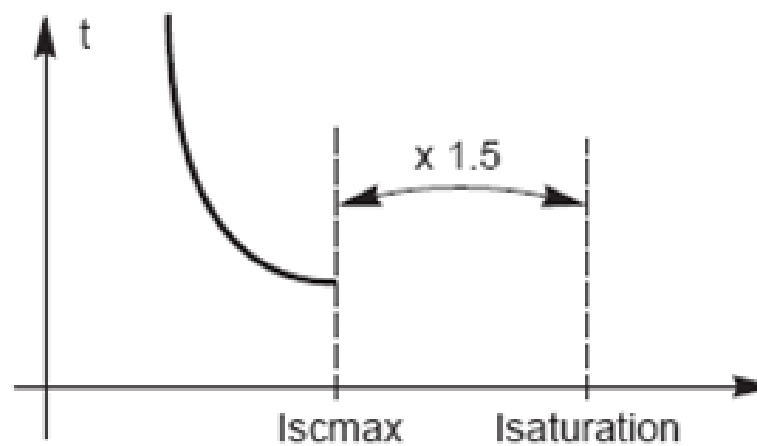


Fig. 3.

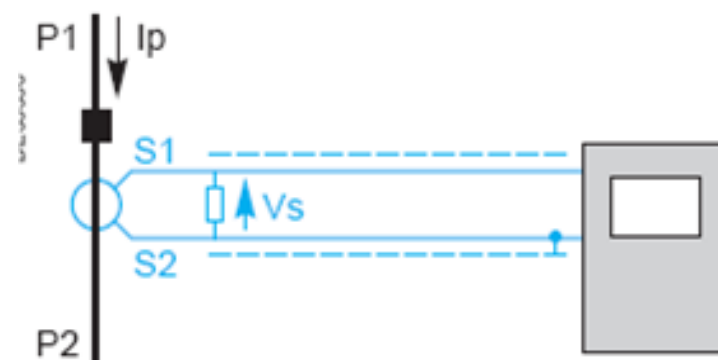


Fig. 1. LPCT-type current sensors.

Example of measurement characteristics as per IEC 60044-8

- Rated primary current $I_{pn} = 100 \text{ A}$
- Rated extended primary current $I_{pe} = 1250 \text{ A}$
- Secondary voltage $V_{sn} = 22.5 \text{ mV}$
- 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 $I_{pn} = 100 \text{ A}$
- Secondary voltage $V_{sn} = 22.5 \text{ mV}$
- Class 5P from 1.25 kA to 40 kA (fig.2).

Applications	Through I_{max}	Excess through I_{max}	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 $7 \times I_n$ (CT)	If you know neither the starting I nor the motor I_n , take $7 \times I_n$ (CT)
Generator differential protection	Generator I_{sc} contribution only, i.e. $I_n (100 / X'')$	$7 I_n$ (generator) otherwise $7 \times I_n$ (CT)	X'' = generator subtransient reactance as a %. If unknown, we assume $X'' \% \geq 15$ i.e. $100/15 = 6.67$ (7 is taken by excess)

Length (m)	5	10	20	50	100	200	400
Wiring losses (VA) for:							
$I_n = 1 \text{ A}$	0.04	0.08	0.16	0.4	0.8	1.6	3.2
$I_n = 5 \text{ A}$	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.

- در شبكه ايران بيشتر بين فاز و زمين متصل مي شوند. استاندارد (IEC 18) مربوط به PT ها است. جهت کاهش دامنه زياد ولتاژ به ميزان كمتر و استاندارد، براي اندازه گيري و حفاظت از PT ها استفاده مي شود.

- قوانين ترانسفور ماتو هاي معمولي در PT ها صادق است. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$
- براي يك ترانسفور ماتور اتصال کوتاه شده :

- براي يك ترانسفور ماتور بدون بار : $\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$

- VT در شرایط No Load (جریان بار صفر است) و افت ولتاژ فقط با جریان مغناطیس کنندگی است و قابل صرفنظر می باشد.
- اما در عمل این شرایط ایده آل اتفاق نمی افتد و VT دارای باری با ظرفیت رله ها، دستگاه های اندازه گیری و کابل های ارتباطی می باشد و جریان بار سبب خطای افت ولتاژ خواهد شد.

Class	Percentage voltage (ratio) error $\pm$	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

Recommended class of accuracy for different types of meters

<i>Application</i>	<i>Class of accuracy</i>
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

- **ضریمی 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 VT به 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	

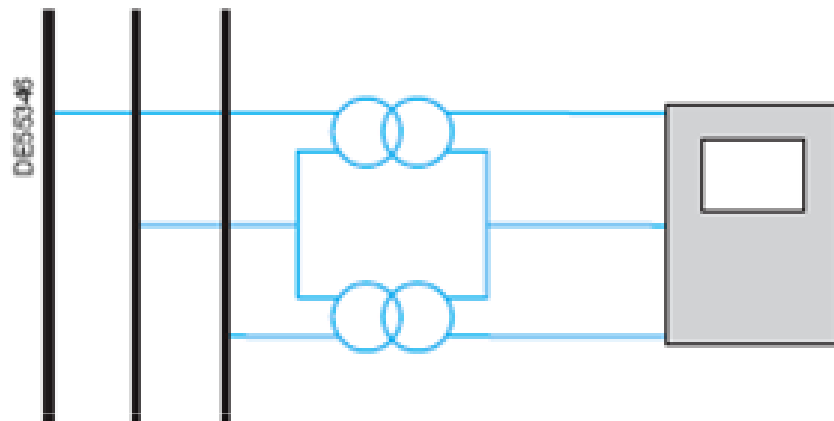


Fig. 2. V-connected voltage transformers (VT).

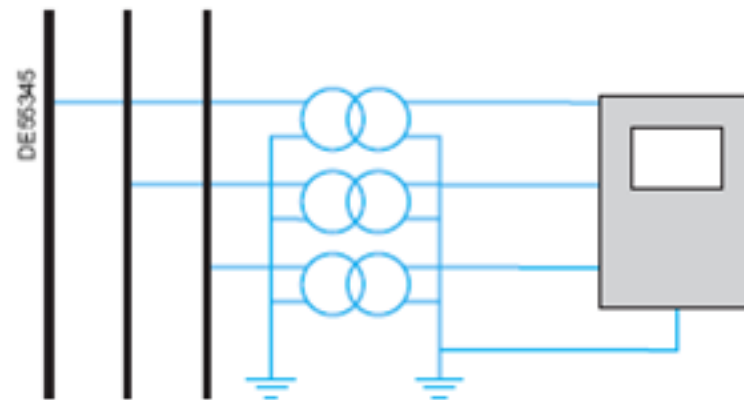


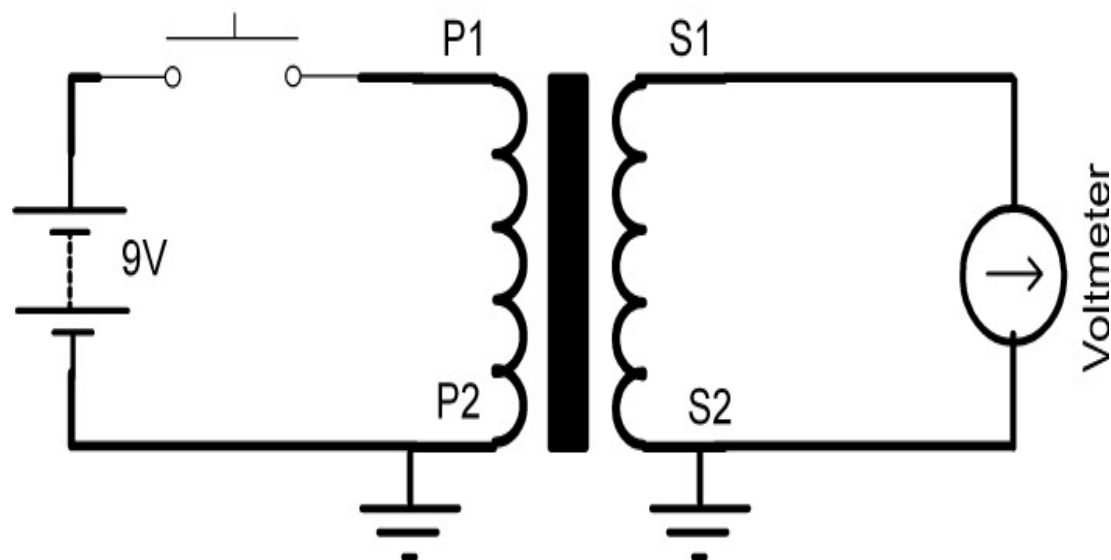
Fig. 1. Star-connected voltage transformers (VT).

تست‌های PT

- 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 عایقی بین سیم پیچها با هم و زمین
- اندازه گیری مقاومت ثانویه
- بررسی Phase rotation

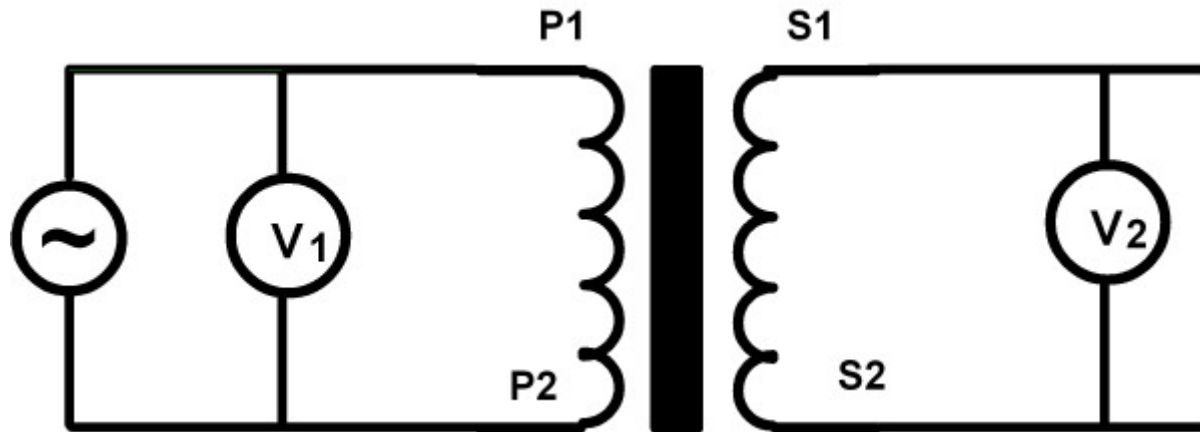
تست پلاریته و Continuity test

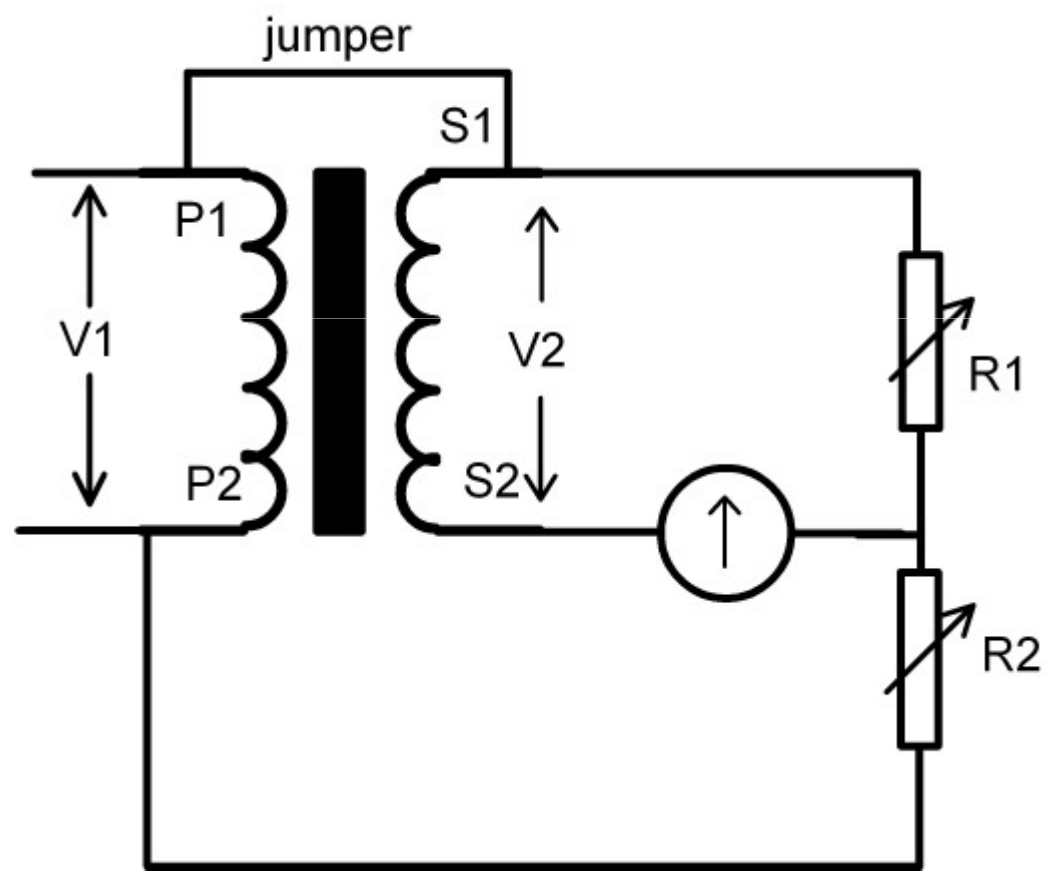
- ولتметр بکار رفته در این مدار، يك ولتметр داراي نقطه صفر مركزي (central zero scale) يا يك گالوانومتر مي باشد. در صورت صحيح بودن پلاریته، با بستن کلید يك پالس مثبت و با باز شدن مجدد کلید يك پالس منفي ايجاد خواهد شد. و هرگونه حرکت عقربه نشان دهنده پيوستگي (continuity) سيم پيچ هاست.



تست نسبت تبدیل

- با تزریق ولتاژي بين 0.5 تا 1.2 ولتاژ نامي به اوليه PT و اندازه گيري ولتاژ ثانويه مي توان نسبت تبدیل را بدست آورد.
 $\text{Ratio} = V_1/V_2$





- مطابق با استانداردها تا $\pm 0.5\%$ خطا در محاسبات قابل چشم پوشی است. درصد خطای اندازه گیری طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

- $\%e = 100 * [\text{measured ratio} - \text{calculated ratio}] / \text{calculated ratio}$

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

- 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)

Over & Under Frequency

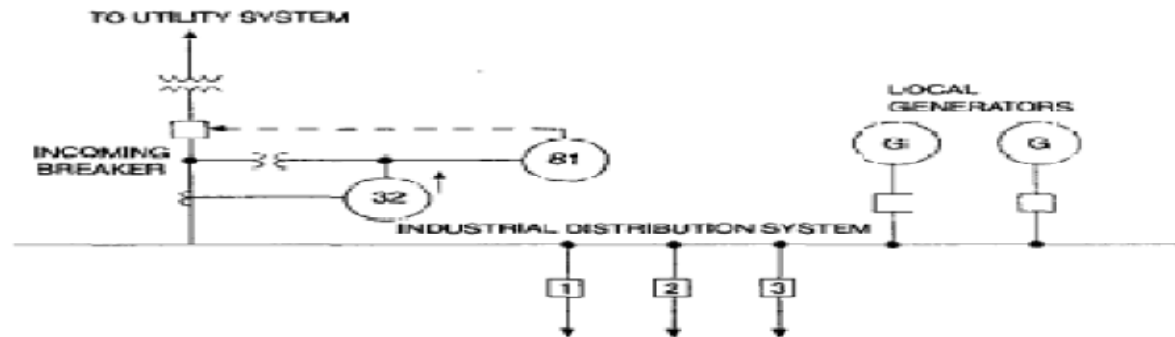
- تغییرات فرکانس علاوه بر وارد آوردن صدمات به تأسیسات شبکه برق رسانی، بر وسایل مشترکین برق نیز اثرات زیان باری خواهد داشت. همچنین اگر فرکانس شبکه در حد مجاز و مطلوب کنترل نگردد، موجب عدم پایداری و حتی فروپاشی شبکه خواهد شد.

حد مجاز فرکانس

درکلیه سطوح ولتاژی، میزان تغییرات فرکانس درحالت نرمال باید در محدوده ± 0.3 هرتز باشد.

برنامه حذف بار توسط رله های حذف بار	۱/۶ تا ۳/۲ درصد
قطع تأخیری نیزوگاه توسط رله فرکانسی	بالای ۳/۲ درصد
قطع سریع نیروگاه توسط رله فرکانسی	بالای ۴ درصد

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



SFT2841 - Sepam serie 40 - [Substation 40_1]

File Edit Operation Sepam Application Options Window ?

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	—	۰/۴
فشار متوسط (توزیع)	MV	۲۴ (۱۲و۳۶) *	۲۰ (۱۱و۳۳) *
فشار قوی (فوق توزیع)	HV	۷۲/۵	۶۳
فشارقوی (فوق توزیع)	HV	۱۴۵	۱۳۲
فشارقوی (انتقال)	HV	۲۴۵	۲۳۰
فوق فشارقوی (انتقال)	EHV	۴۲۰	۴۰۰

• این رده ولتاژ فقط در تعداد محدودی از شرکت های برق منطقه ای مورد استفاده قرار می گیرد.

حدود مجاز تغییرات بلندمدت ولتاژ

- 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 و ب حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ می باشند.

حدود مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ

• تعریف عدم تعادل ولتاژ؟

نوع شبکه	شبکه توزیع و فوق توزیع فشار ضعیف و متوسط	شبکه انتقال فشار قوی و فوق فشار قوی
درصد عدم تعادل ولتاژ	۲	۱

Over & Under Voltage

- اضافه ولتاژهای گذرای ضربه ای
 - اضافه ولتاژهای با فرکانس قدرت
 - در خطوط انتقال $\pm 2\%$ ، خطوط فوق توزیع و توزیع $\pm 5\%$ محدوده ولتاژ عادی و $5\% +$ افزایش، $10\% -$ کاهش در انتقال و $7\% +$ افزایش، $10\% -$ کاهش در خطوط فوق توزیع محدوده ولتاژ بحرانی می باشد.
-
- کنترل سطح ولتاژ روی باس بارها و یا ژنراتورها
 - حفاظت بارها و مدارات حساس به ولتاژ بار با رله ساده 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 voltage path
– thermal (r.m.s.) 200 V continuous
230 V for ≤ 10 s

Rated auxiliary voltage U_H d.c.	24/48 Vdc	60/110/125 Vdc	220/250 Vdc
Permissible variations	19 to 55 Vdc	48 to 150 Vdc	178 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
- Test voltage
- Connection

RS485
2.8 kV d.c.
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 60370–5–103

3.2 Undervoltage protection $U < (U_x <, U_1 <^1), U_p <^1)$

Setting ranges/steps

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

approx. 1.05

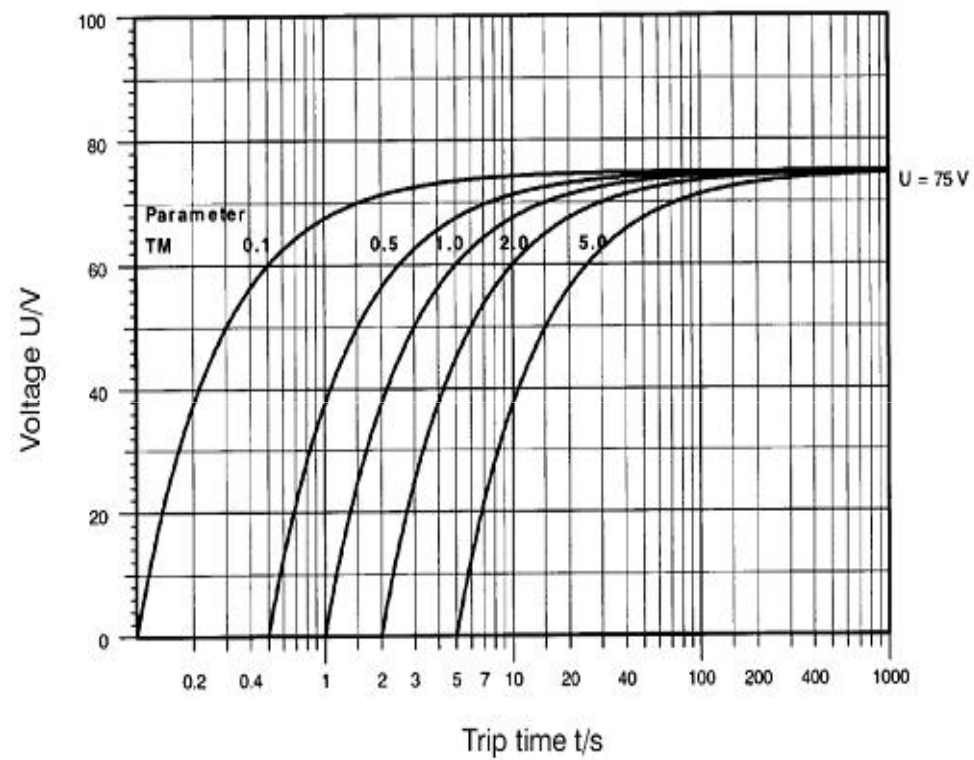
Trip time characteristic (refer to Figure 3.1)

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

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 $U < (U_x <, U_1 <^1), U_p <^1)$ 3 % of set value or 1 V
- Inverse time characteristic 3 % referred to U
- delay times T, $T U_p <$ 1 % of set value or 10 ms



Trip characteristic of the undervoltage protection
for setting value $U_{p<} = 75 V$, without additional delay time ($T_{Up<} = 0$)

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.

کاربرد و انواع

- ◎ 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.

رله Definite Time

- در صورتیکه زمان کار رله برای همه جریان های بزرگتر از I_{set} ثابت باشد رله را D.T می نامند.
- هنگامیکه امیدانس شبکه و جریان خطای سیستم بصورت گسترده تغییر می کند و همچنین زمانی که همراه با مشخصه معکوس استفاده شود، این مشخصه برای هماهنگی رله های پشت سر هم مناسب است.
- در اینصورت مزیت مشخصه 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.

رله IDMT

◎ مشخصه 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 جمله آنها دو رابطه ریاضی ساده شده زیر است :

$$t = 3 (\text{Log } M)^{(-1)} \text{ \& } t=0.14/((M^{0.12})-1) \quad \text{◎}$$

◎ که در این روابط :

◎ t : زمان عملکرد رله بر حسب ثانیه

◎ M : ضریبی از جریان تنظیمی بر حسب (PU)

◎

◎ از رابطه 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.

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 رله VI می توان وضعیت را بهبود بخشید.
- در این رله ها مشخصه زمان-جریان در دامنه بزرگتری از جریان معکوس است و شیب مشخصه نیز بزرگتر است.
- مشخصه 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 ساده ارائه شده برای رله VI عبارت است از :
- $t = 1. (\text{Log } M)^{(-1)} \text{ \& } t = 13.5 / (M - 1)$
- 17. 5-3.275-1.

رله EI

- مشخصه IDMT با مشخصه فیوزها تفاوت بسیاری دارد. مشخصه 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 ساده ریاضی برای رله های فوق بدین صورت است :

◎ $t = 0. (Log M)^{-3} \& t=80/((M^2)-1)$

◎ از رابطه نخست زمان عملکرد برای دو برابر، پنج برابر و ده برابر به ترتیب 22، 1.7 و 0. ثانیه بدست می آید.

◎ در این رله ها در دامنه بزرگتری از جریان، مشخصه معکوس است. به علاوه شیب مشخصه بزرگتر و در جریان های بسیار 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	$t = TMS \times \frac{120}{I_r - 1}$

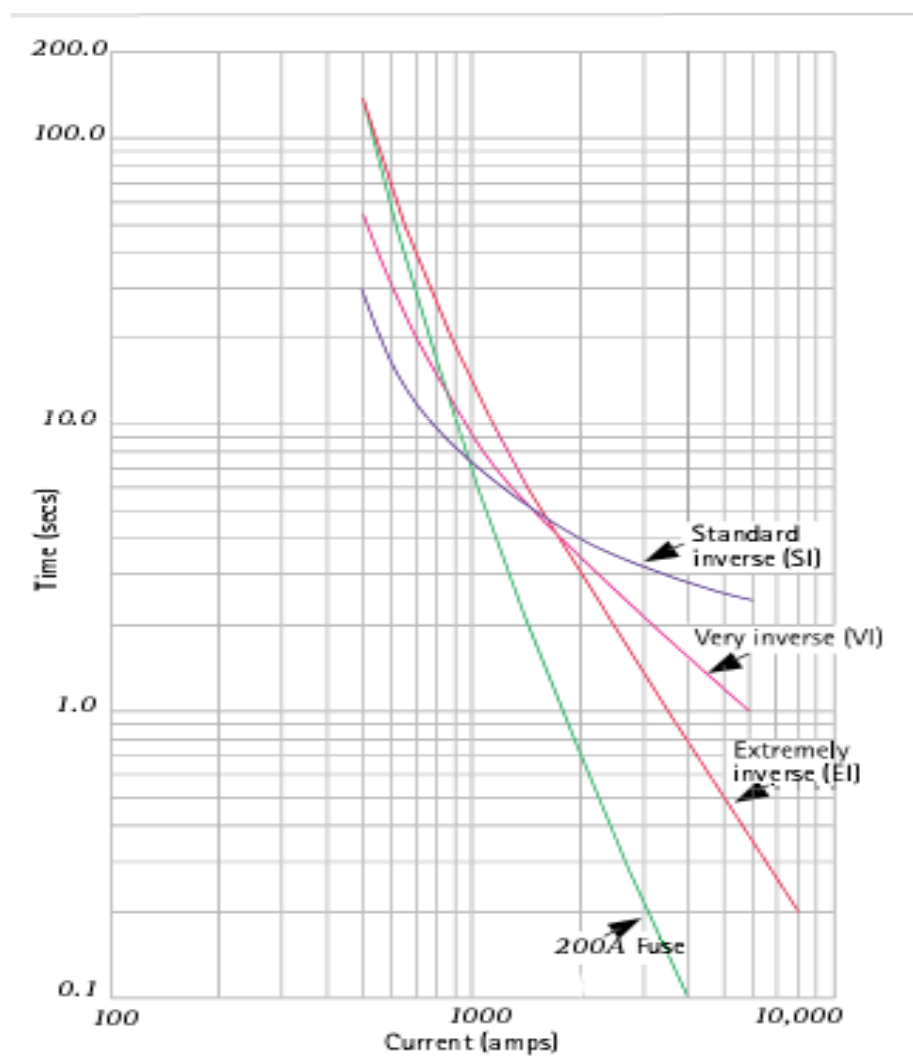
(a): Relay characteristics to IEC 60255

Table of K values

I/s	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	3.395	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.

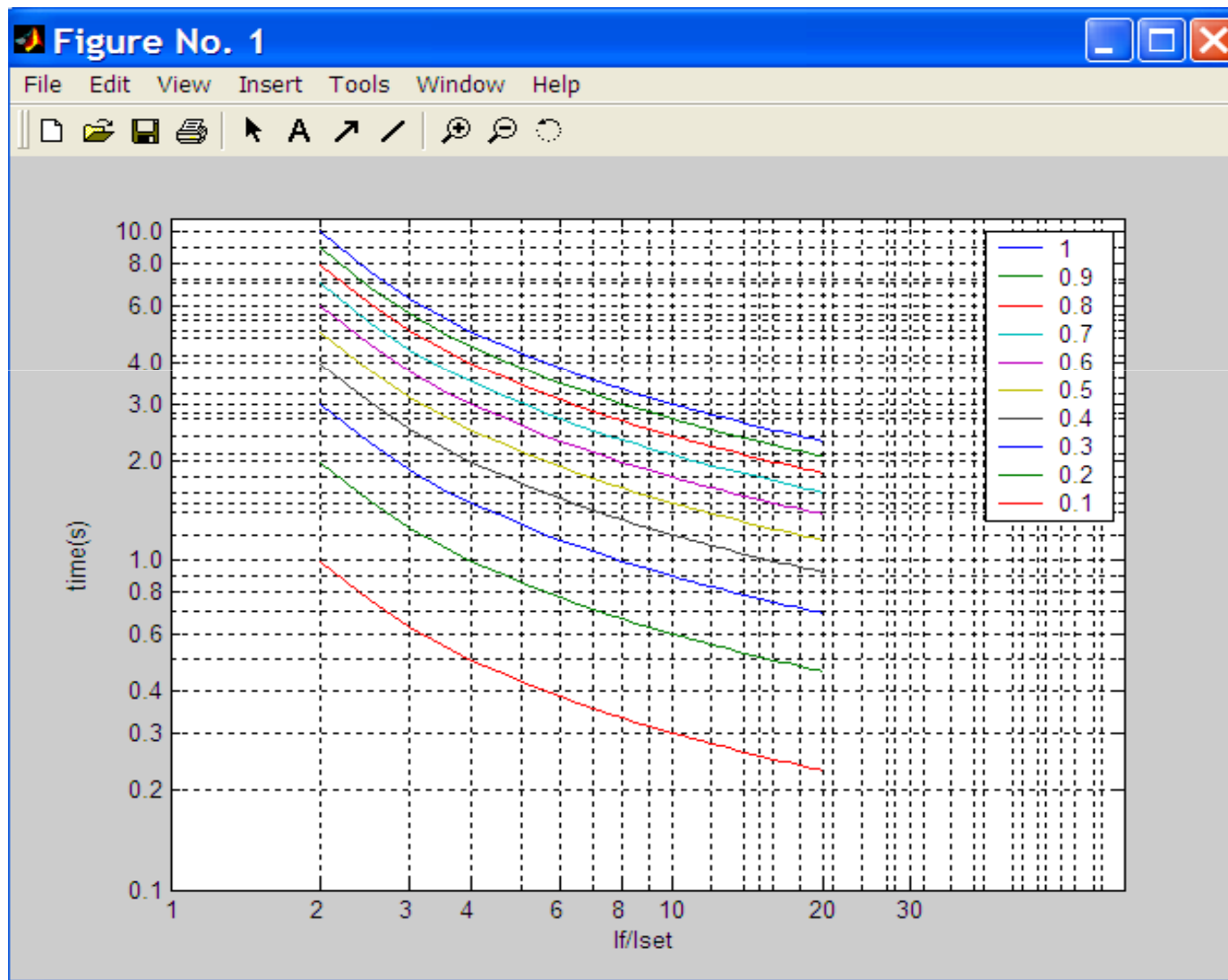
مقایسه مشخصه های رله های معکوس زمانی



Relay setting

- ◎ 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 بوسیله 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 ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۷۵ و ۲۰۰ درصد جریان نامی باشد.
- ◎ زمان عملکرد رله نیز مانند جریان تنظیم می شود که یا بر حسب ثانیه و اعدادی است که نشان دهنده یک منحنی مشخصه است، که به اصطلاح آن را ضریب تنظیم زمانی (TMS) می گویند.
- ◎ معمولاً TMS ها از ۰.۱ تا ۱ بیان می شود و گاهی از ۱ تا ۱۰.
- ◎ در صورتی که TMS برابر یک باشد، به ازای یک جریان معینی بیشترین زمان عملکرد حاصل می شود و برعکس اگر روی ۰.۱ باشد، کمترین زمان عملکرد بدست می آید.

استاندارد IDMT منحنی مشخصه رله



Coordination of over Current Relay

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 همه 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 ...

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 سر خود 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.

روشهای هماهنگی

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

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

$$Z_{HT} = 0.04 \, \Omega$$

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

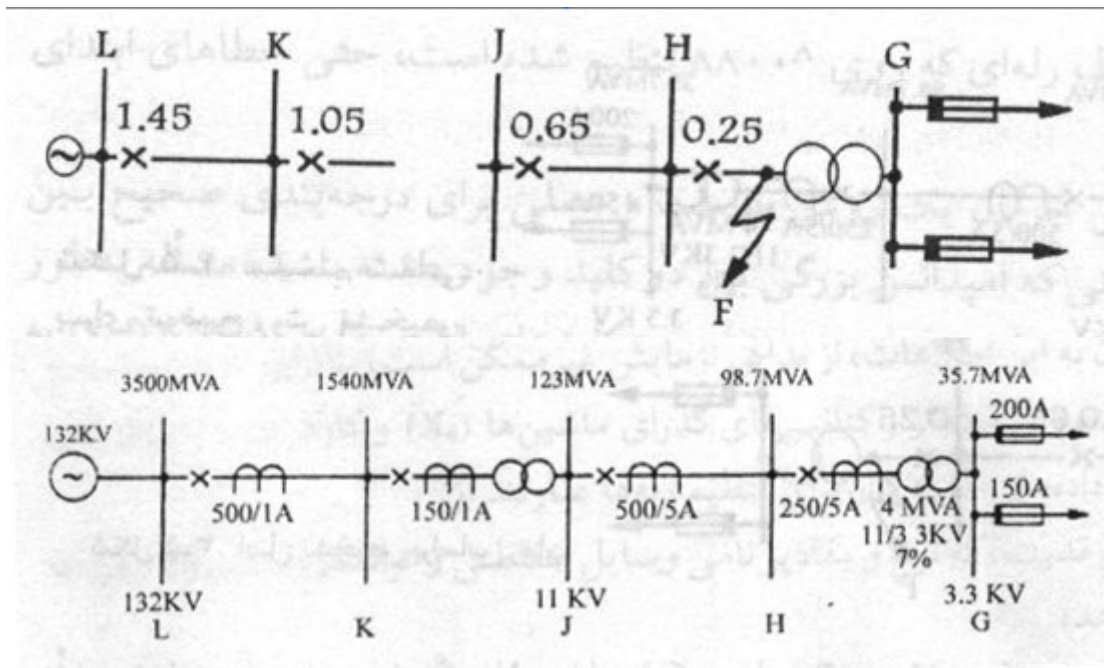
$$I_{jh} = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S \, Min} + Z_{jH}} = 8800^A \quad I = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_{S \, Max}} = 6800^A$$

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

$$2200 \times 1.3 = 2800 \, A$$

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

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



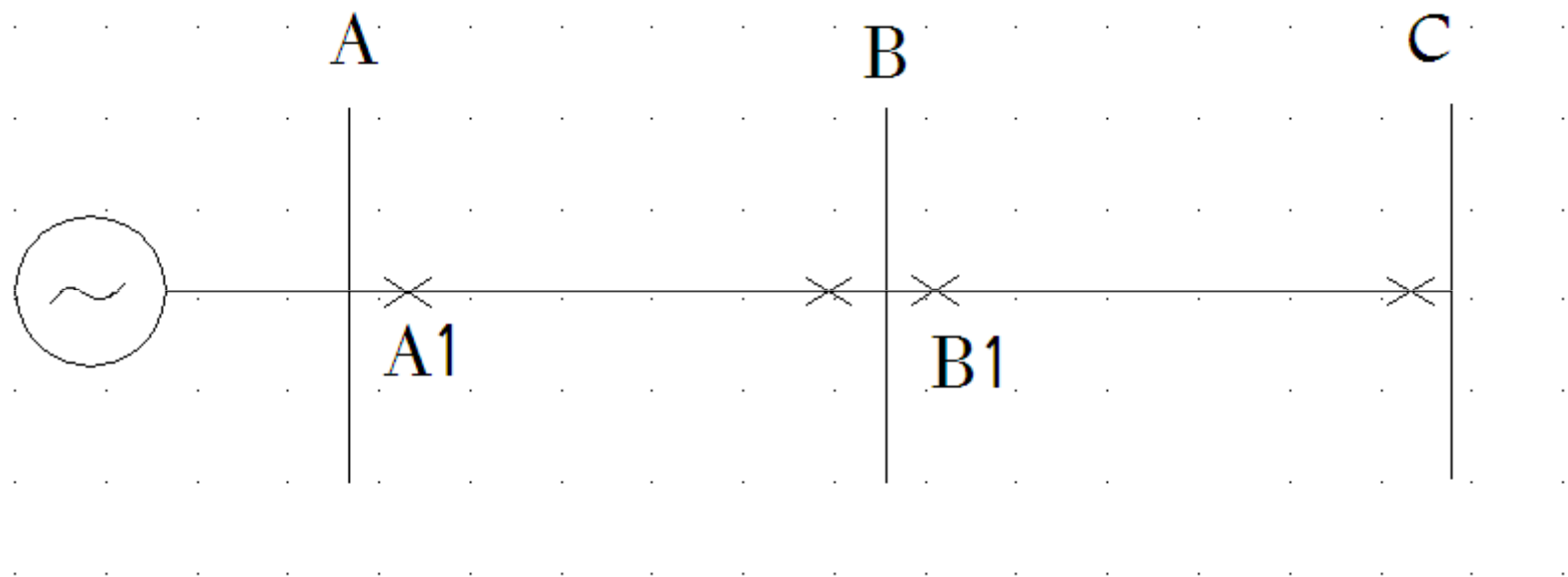
درجه بندی توسط ترکیب زمان و جریان

- 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.

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

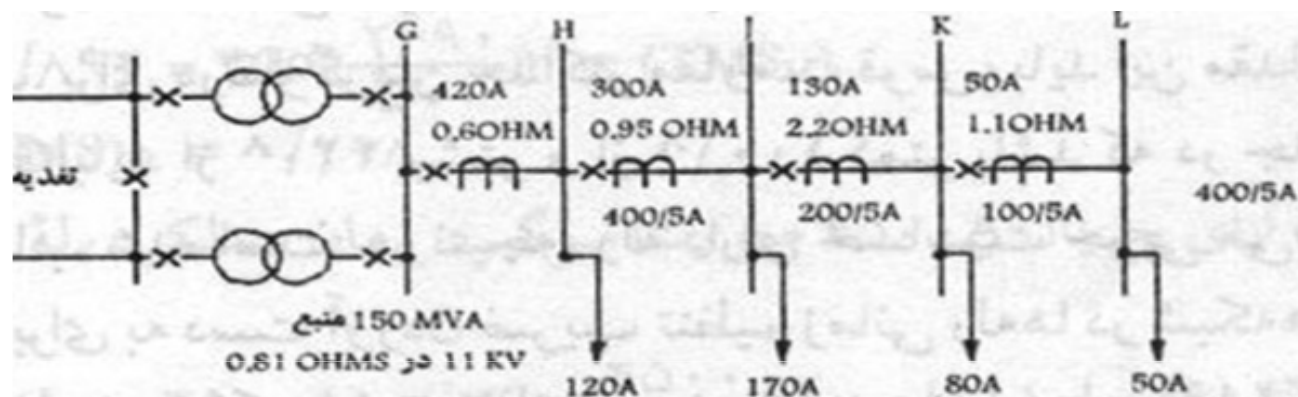
تنظیم زمانی رله های Over Current



CTI

- **زمان قطع کلید: زمان لازم برای قطع جریان خطا توسط کلید بطور متوسط 100ms می باشد. اما در کلیدهای مدرن امروزی 0ms و حتی کمتر می باشد.**
- **۲. زمان مربوط به حرکت اضافی رله پشتیبان**
- **۳. خطاها: رله ها و CT ها**
- **۴. فاصله ایمنی**
- **CTI در سالهای گذشته 0.5 Sec در نظر گرفته می شد. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی در عرصه سیستم های قدرت 0.4 Sec معقول است و در شرایط بهتر حتی فاصله زمانی کمتر نیز قابل قبول است.**

over current مثال از تنظیم رله های



مکان	مجموع امپدانس		جریان خطا		حداکثر جریان بار (A)	نسبت CT	تنظیم جریان رله	
	(Ω)		(A)				درصد	جریان اولیه (A)
	حداقل	حداکثر	حداکثر	حداقل				
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

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

$$0.262 + 0.4 = 0.662 \text{ S}$$

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

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

$$0.494 + 0.4 = 0.894 \text{ Sec}$$

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

$$(TMS)_H = 0.218$$

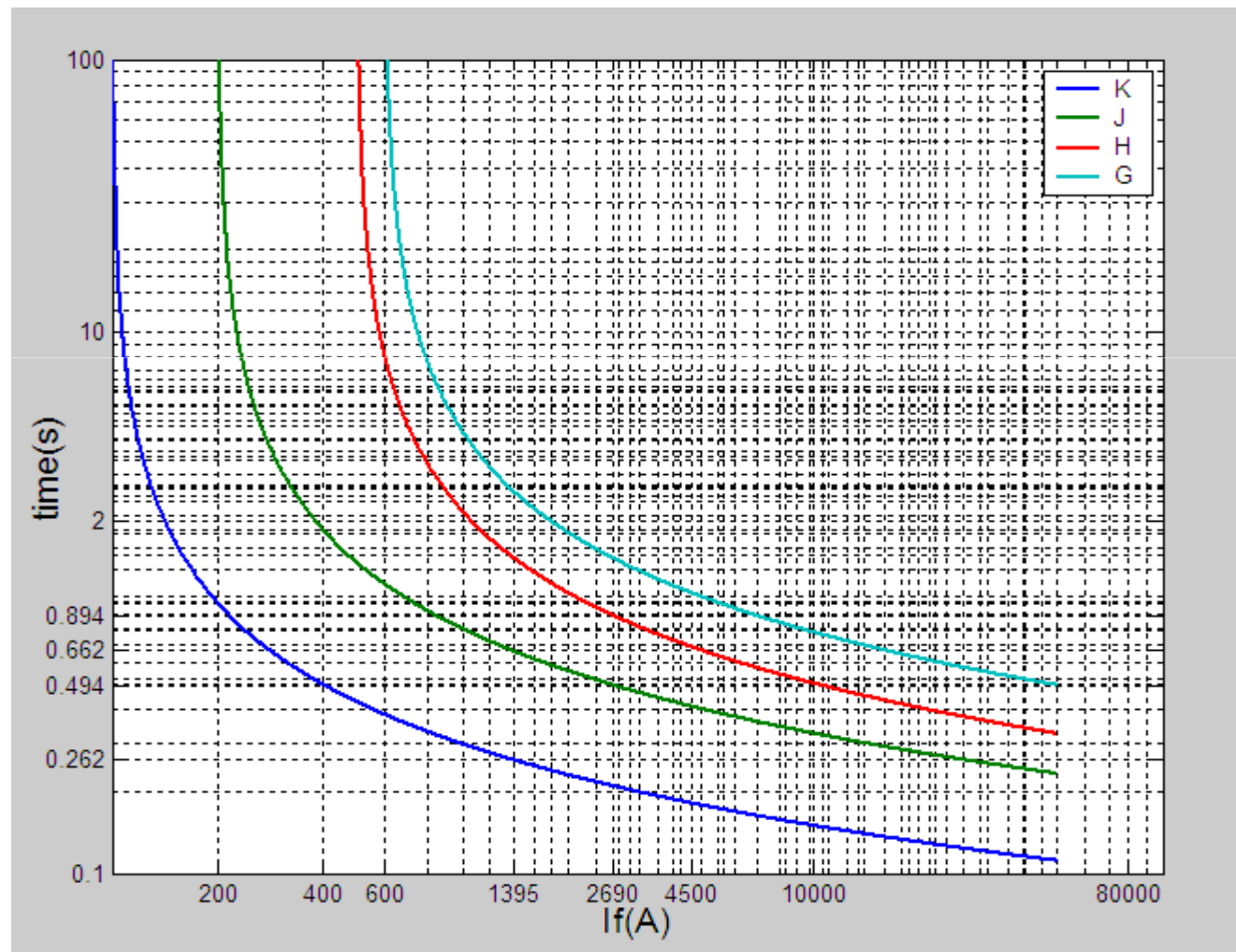
$$t_H(I_f = 4500^A) = 3(\text{Log} \frac{4500}{500})^{-1} \times 0.218 = 0.684^s$$

$$0.684 + 0.4 = 1.084^s$$

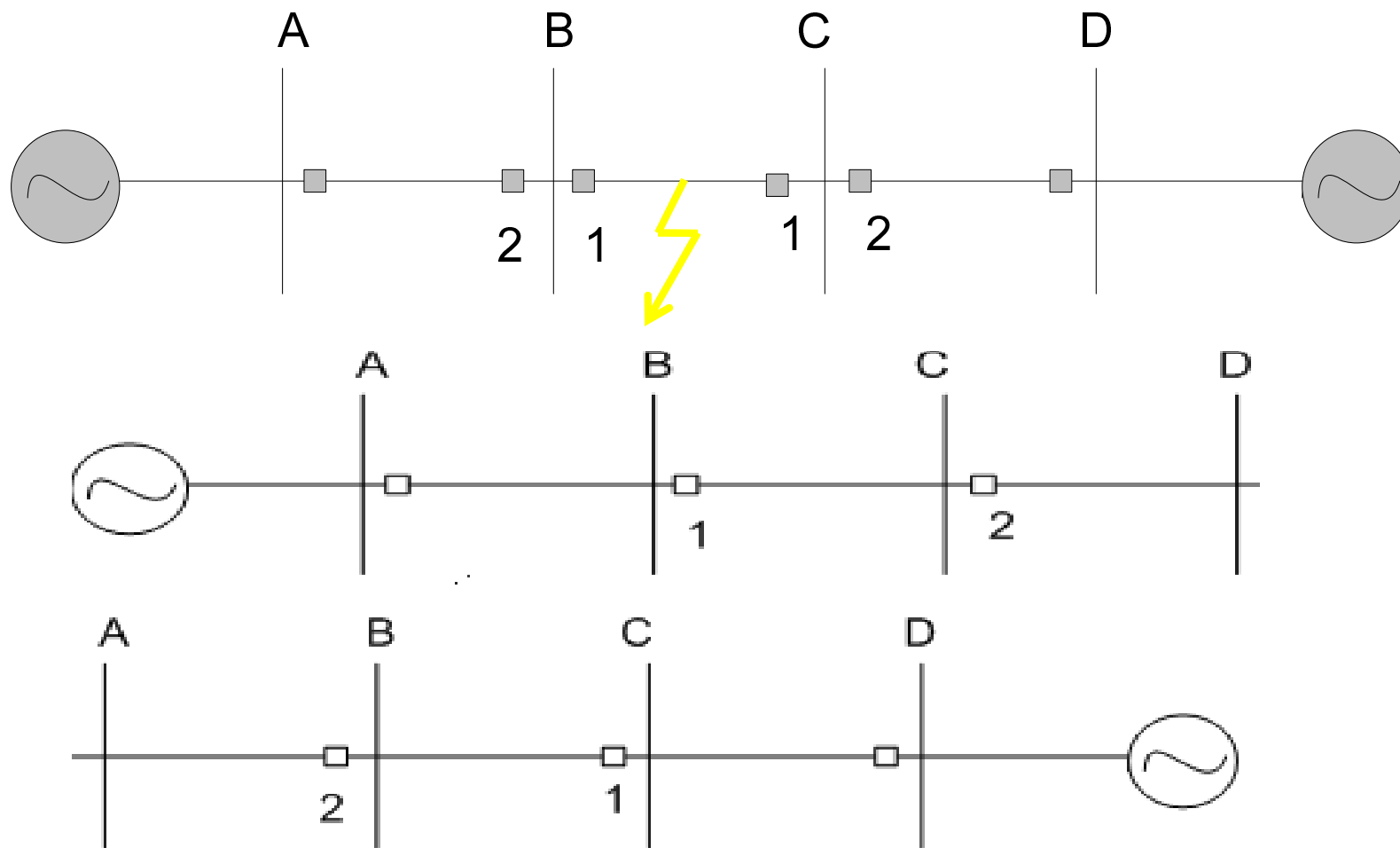
$$1.084 = 3(\text{Log} \frac{4500}{600})^{-1} \times (TMS)_G$$

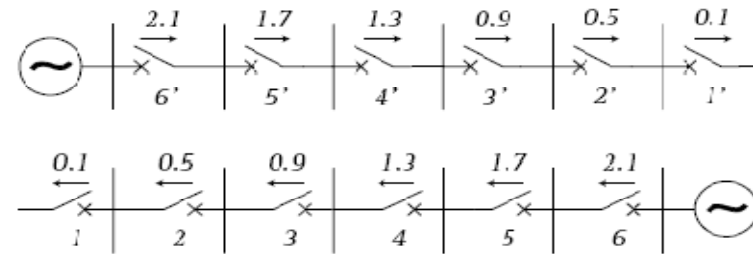
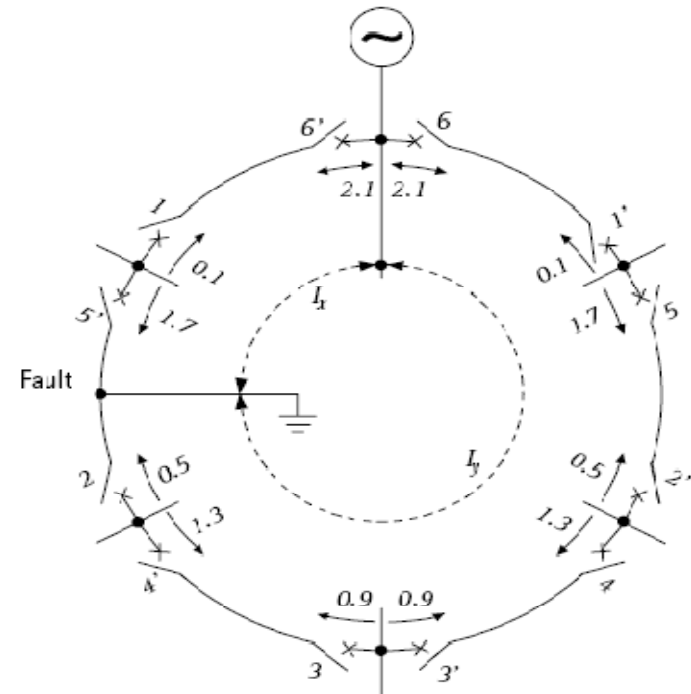
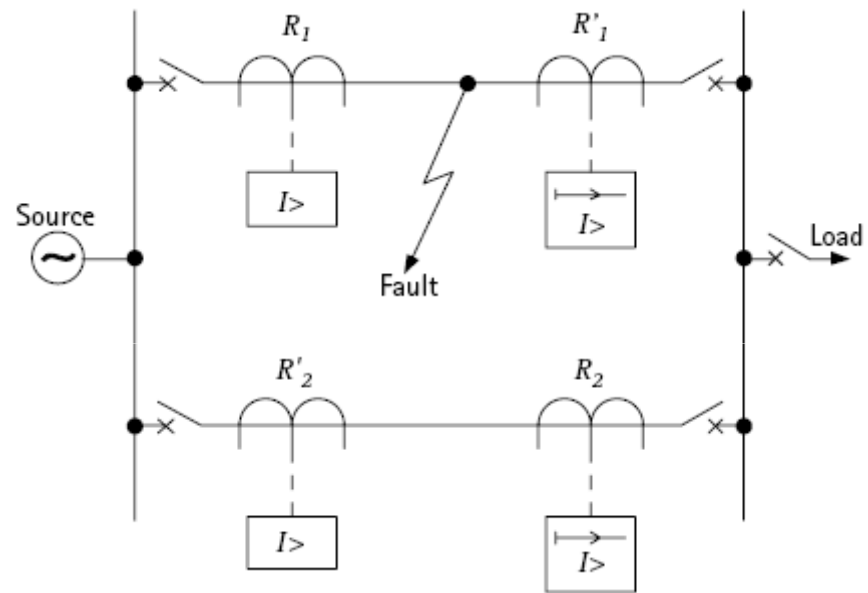
$$(TMS)_G = 0.316 \text{ S}$$

مشخصه های عملکرد رله های مثال قبل با تنظیمات فوق



رله های جهت دار (D.O.C)





حفاظت موتور

- انواع فالت ها :
- مکانیکی : بستگی به بارهای گردان دارند.
- الکتریکی
- Power Supply
- داخلی
- O.L: اگر توانی بیش از توان نامی موتور گرفته شود، Over Current اتفاق می افتد و باعث افزایش تلفات و ایجاد حرارت می نماید.
- Excessive Starting Time and Frequency Of Starts: در زمان راه اندازی جریان زیادی ایجاد می شود که مدت زمانی کوتاه بسته به توان الکتروموتور طول می کشد.
- اگر موتور دفعات زیادی استارت بخورد یا زمان استارت موتور طولانی شود بعلت نارسایی گشتاور موتور به گشتاور بار، حرارت زیادی تولید شده که باید رفع شود.

• **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.

Power Supply Faults:

- این اتفاق باعث ژنراتوري شدن موتور تا زمانیکه بار مکانیکی اینرسی زیادی دارد، می شود.

• Voltage Sag :

- باعث کاهش دور و کاهش گشتاور در موتور می شود. کاهش دور باعث افزایش جریان و افزایش تلفات می شود و حرارت نیز بصورت غیرنرمال اتفاق می افتد.

• **Unbalance :**

- عدم تعادل 3 ϕ Power Supply به دلایل زیر اتفاق می افتد :
- عدم تعادل ولتاژ منبع (ژنراتور – ترانس)
- دیگر مصرف کننده ها
- دو فاز شدن موتور
- معکوس بودن Phase Sequence (اشتباه بودن Rotation)
- عدم تعادل باعث ایجاد Negative Sequence Current شده که باعث افزایش تلفات و ایجاد حرارت زیادی در موتور می نماید.

- **: Motor Internal Fault**

- اتصال کوتاه فاز به فاز در سیم پیچ موتور اتفاق می افتد و باعث آسیب جدی می شود.

- **: Stator Frame Fault**

- جریان اتصال کوتاه فاز به بدنه با دامنه زیاد ایجاد می شود که به سیستم زمین نوترال و محل اتصالی؟ در سیم پیچ بستگی دارد. اتصال کوتاه فاز به فاز و اتصالی در Stator Frame باعث می شوند که موتور دوباره سیم پیچی شود و اتصالی Stator Frame ممکن است به مدار مغناطیسی نیز آسیب برساند.

- **: Over Heating of Bearing**

- بعلت اتمام عمر مفید یا اشکال در سیستم روغنکاری.

Over Current Protection (51) IDMT (49RMS) : **OL** •

Thermal Over Load :

• محافظت از افزایش دما باعث جریان

• (49T) RTD Temperature Monitoring

Example: Motor and current transformer with the following data:

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

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

Example:

Cable and current transformer with the following data:

Continuous permissible current $I_{\max} = 500 \text{ A @ } 40^\circ\text{C}$

Maximum current for 1 sec $I_{1s} = 45 \cdot I_{\max} = 22.5 \text{ kA}$

Current transformer 600 A / 1 A

The k factor and time constant are calculated as follows:

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

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

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

- **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 100% 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 100% 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.

- : 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 :
- با رلة Over Speed (12)
- با رلة Under Speed (14)
- : Loss Of Supply
- بوسيلة رلة توان جهتي (32P)

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

- Re Supply :
- پسماند الکتروموتور بوسیله حفاظت (27R) Under Voltage که اجازه وصل مجدد را زمانی می دهد که ولتاژ از حد تنظیمی پایین تر باشد.
- Phase to Phase S.C :
- بوسیله رله جریانی با عنصرهای (51 یا 50) حفاظت می شود و جریان تنظیمی باید کمی بیشتر از جریان Inrush الکتروموتور باشد.
- وقتی از کنتاکتور بعنوان قطع کننده مدار استفاده می شود، می توان جهت حفاظت اتصال کوتاه از فیوز مناسب استفاده کرد.

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

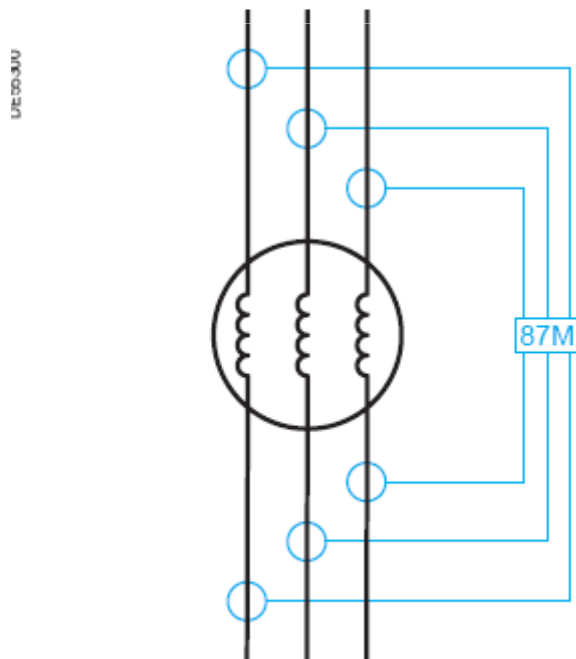


Fig. 1. Phase-to-phase short-circuit.
Differential protection (ANSI 87M)

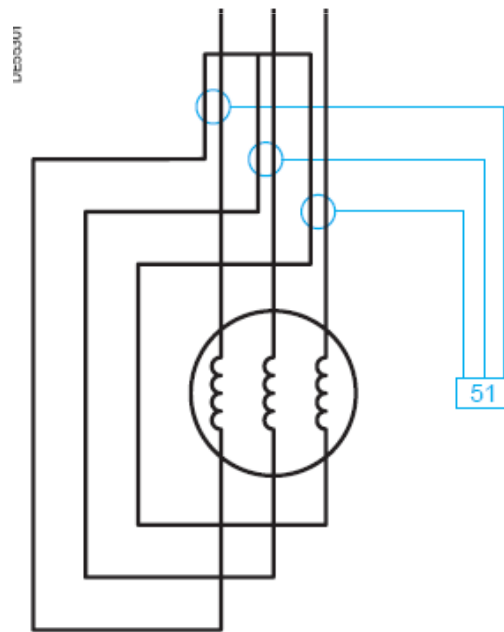


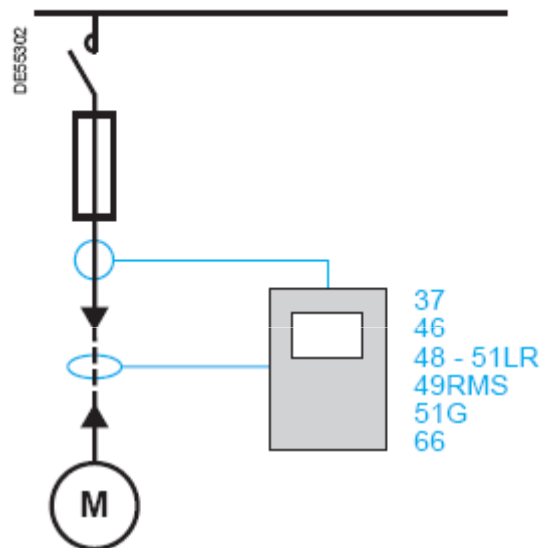
Fig. 2. Phase-to-phase short-circuit.
Autodifferential overcurrent protection (ANSI 51)

- Stator Frame Fault :

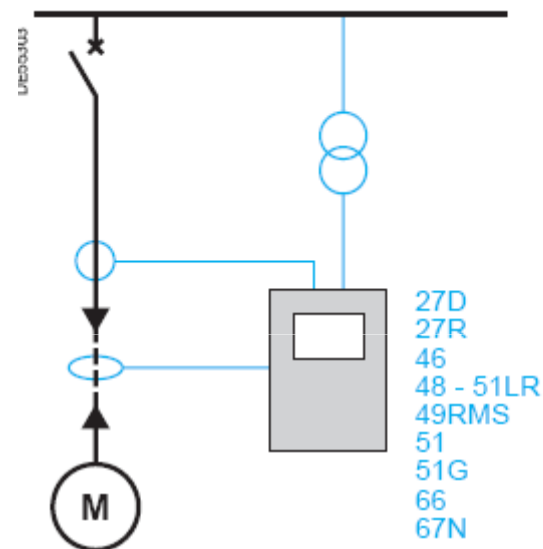
- باید حفاظتی با حساسیت بالا جهت جلوگیری از آسیب به مدار مغناطیسی در نظر گرفته شود. اگر سیم نوترال مستقیم ارت شده باشد یا با امپدانس ارت شده باشد، با استفاده از رله جریان زیاد باقی مانده تأخیری (51N/51G) حفاظت را می توان تأمین نمود.
- برای نوترال ایزوله از رله جابجایی ولتاژ نوترال استفاده می شود. اگر فیدر تغذیه موتور Capacitive باشد (کابل های طولانی استفاده شده باشد) از حفاظت ارت فالت جهتی استفاده می شود. (7N)

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.

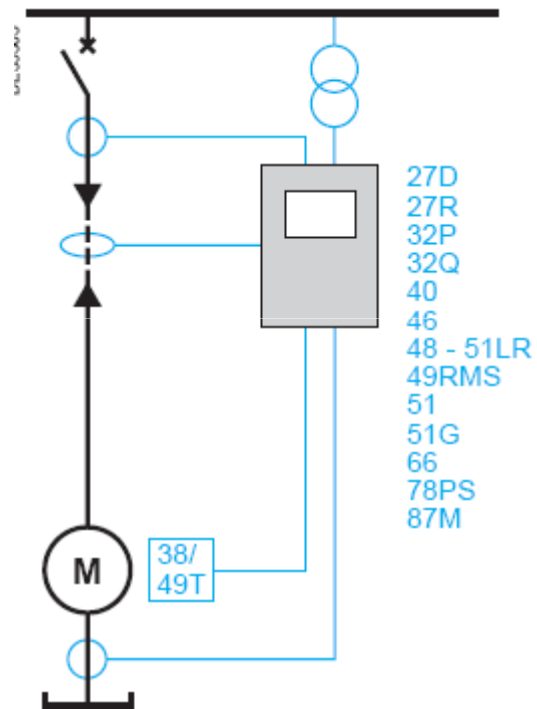
Faults	Appropriate protection function		ANSI code	Setting information
Faults related to the driven loads				
Overloads	IDMT overcurrent		50/51	Setting that enables starting
	Thermal overload		49RMS	According to motor operating characteristics (time constant in the range of 10 to 20 minutes)
	RTDs		49T	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



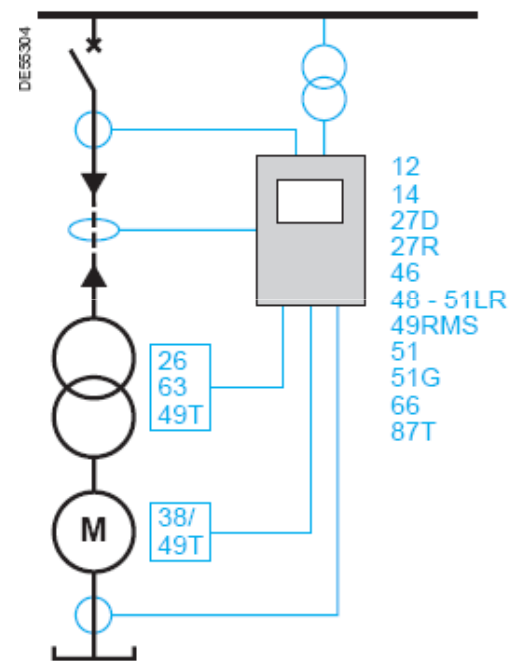
Asynchronous motor controlled by fuse and contactor
Example: 100 kW pump



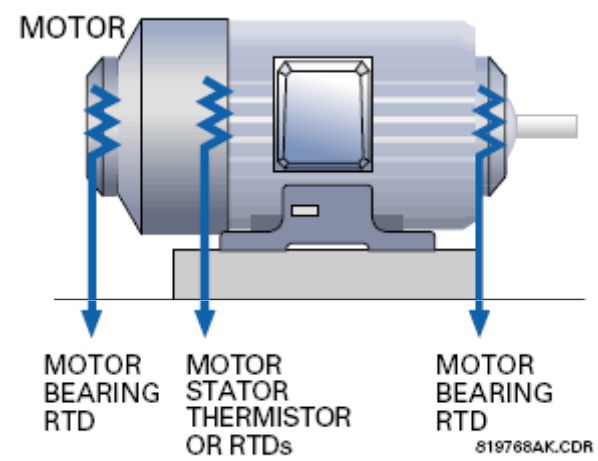
Asynchronous motor controlled by circuit breaker
Example: 250 kW fan

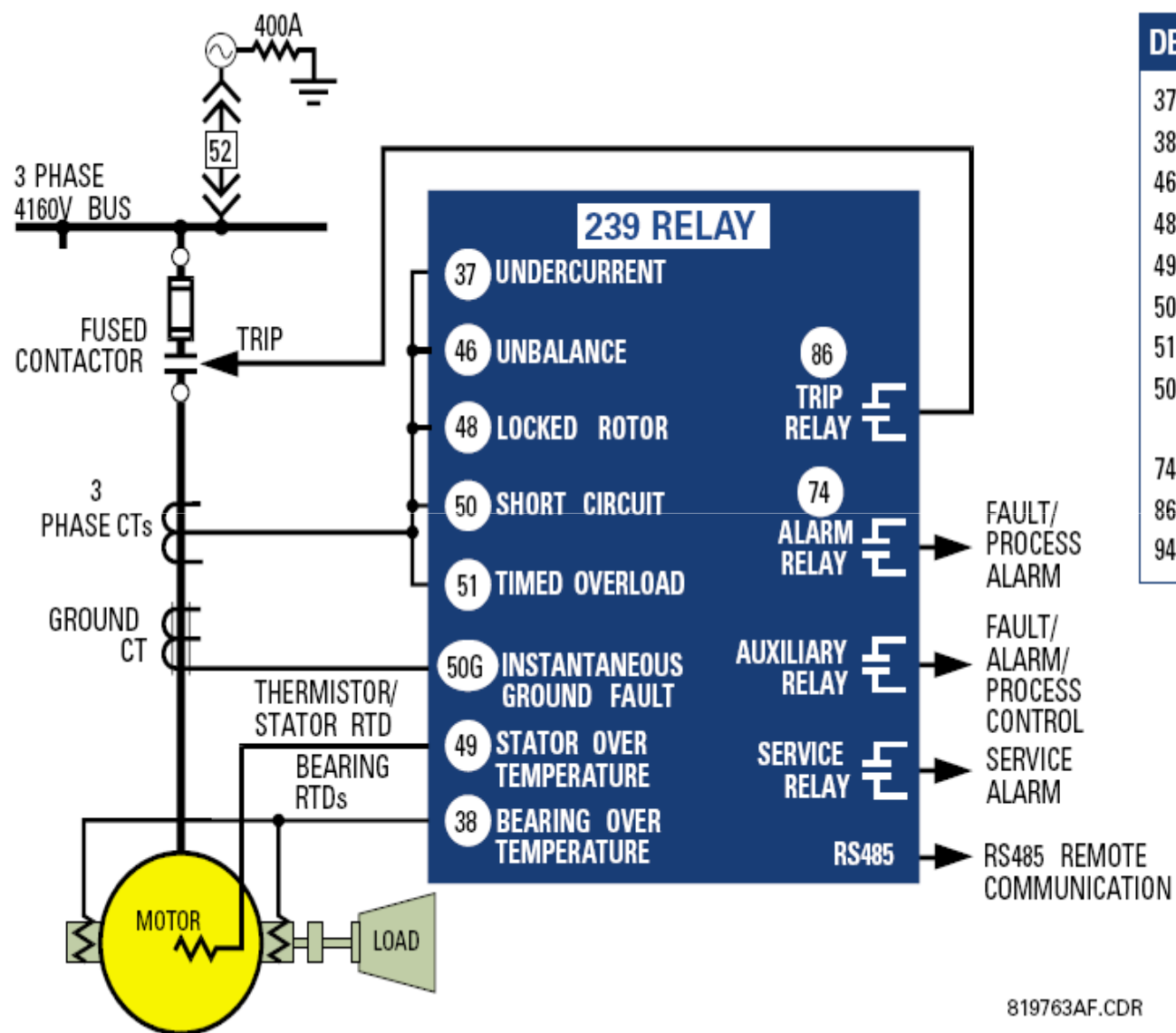


Priority synchronous motor
Example: 2 MW compressor

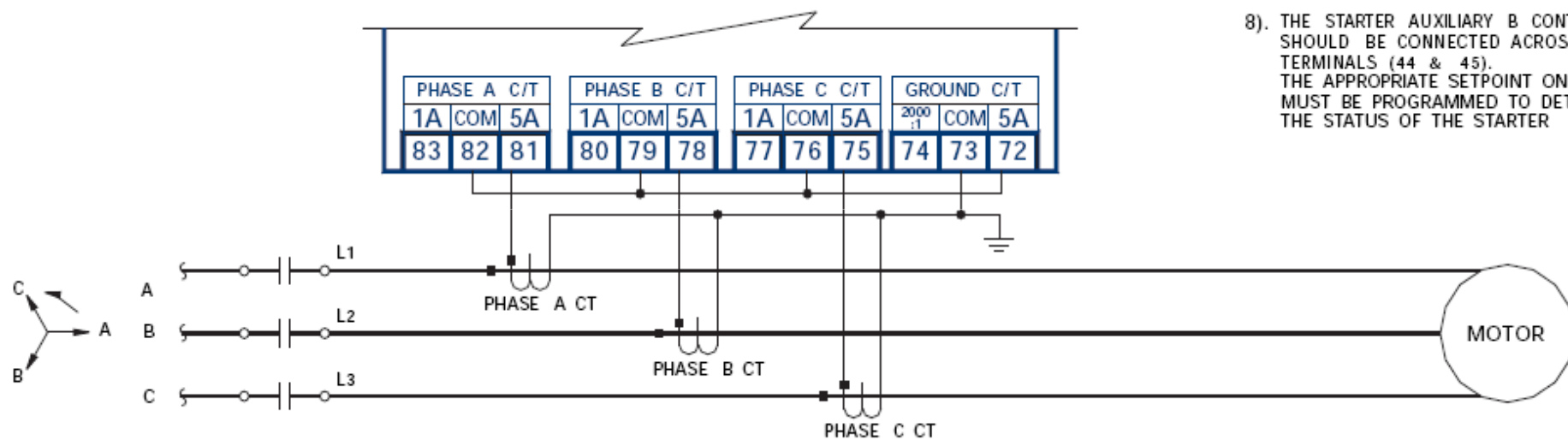


Motor-transformer unit: asynchronous motor/transformer
Example: 1 MW crusher



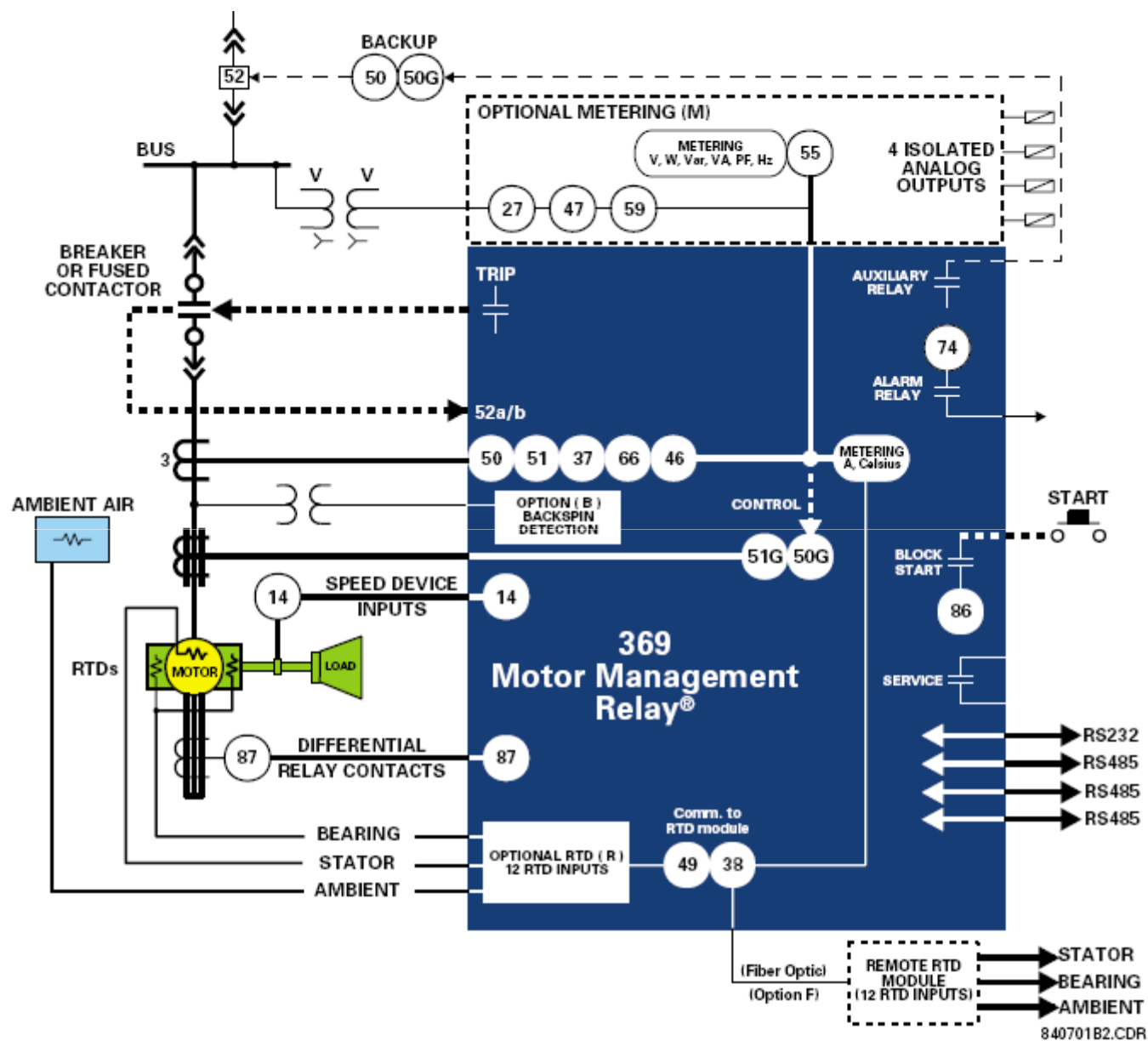


ZERO SEQUENCE GROUND CONNECTION



RESIDUAL GROUND CONNECTION

968565B2.DWG



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

حفاظت ترانس

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

• S.C :

• داخلی : اتصال بین سیم پیچ های فازها - اتصال بین سیم پیچ های يك فاز.

• اتصال کوتاه باعث Arc در داخل ترانسفورماتور و Partial Discharge و تجزیه روغن شده و حتي احتمال انفجار تانك را دارد.

• خارجی : اتصال فاز به فاز و ... در Downstream که جریان اتصال می تواند باعث استرس های الکترودینامیکی شود که ممکن است تأثیر مکانیکی بر سیم پیچ و هسته گذاشته و باعث فالت داخلی شود.

•

- استفاده از Device جهت Sense انتشار گاز و جابجایی روغن
- رله بوخهلتهس برای ترانس های Free Breathing
- سنسورهای گاز و فشار برای ترانس های Hermetically

• Frame Fault :

- فالت هاي داخلي هستند. بين فازها و تانك - بين فازها و هسته مغناطيسي باعث انتشار گاز مي شوند. مانند اتصال کوتاه داخلي امکان انفجار و آتش سوزي وجود دارد.

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

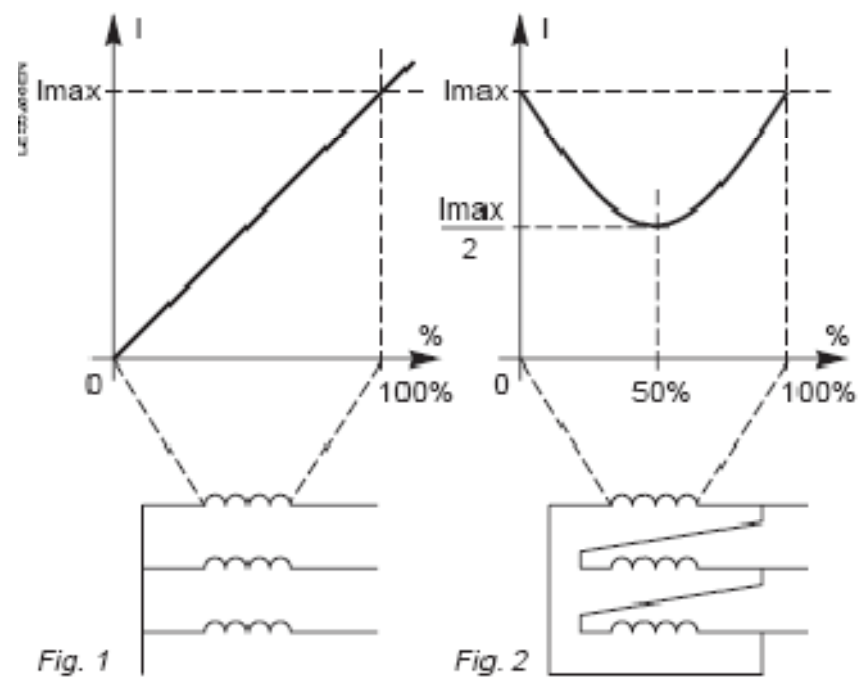


Fig. 1

Fig. 2

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

- با O.C با سنسور نصب شده بر روی ارت بدنه ترانس با تأخیر کمی 51G.
- E.F (51N) در شبکه بالاست جهت تشخیص Frame Fault.
- E.F (51N) در مدار ثانویه اگر نوترال شبکه پایین است، ارت شده باشد.
- REF در شبکه Down Stream اگر نوترال ارت شده باشد.
- در این حفاظت اختلاف بین Residual Current و Neutral Earthing محاسبه می گردد.
- جابجایی ولتاژ نقطه نول (59N) اگر نوترال ثانویه (Down Stream) ایزوله باشد.

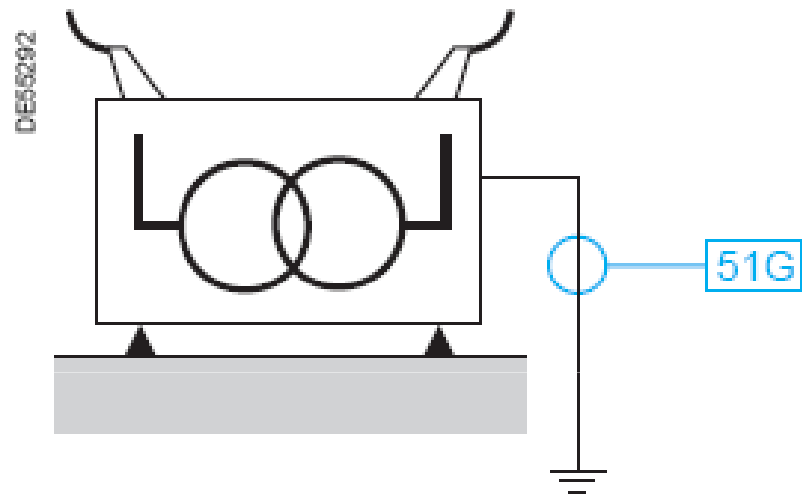


Fig. 3. Transformer tank frame fault protection.

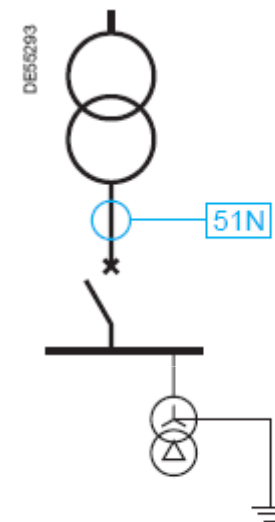


Fig. 4. Earth fault protection.

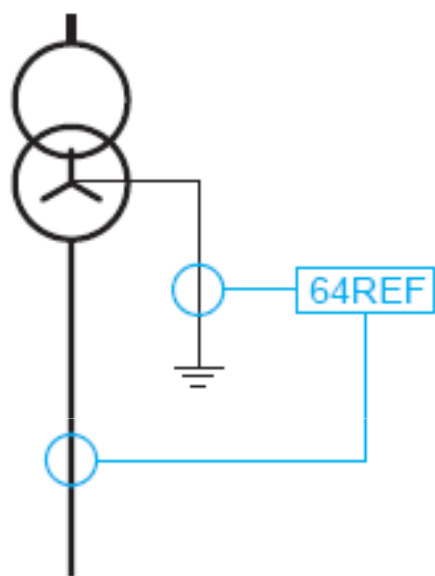


Fig. 5. Restricted earth fault protection.

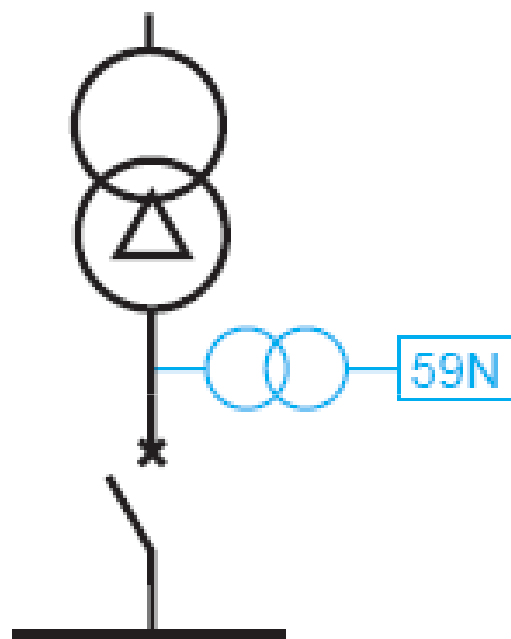


Fig. 7. Neutral voltage displacement protection.

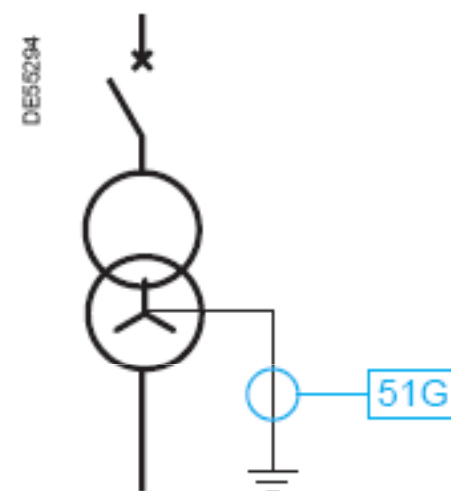


Fig. 6. Neutral point earth protection.

- جریان Inrush ترانس :
- حدود 0.1 ~ 0.7 Sec جریان تا حدود ۲۰ برابر جریان نامی.
- جریان Inrush باعث اشباع مدار مغناطیسی شده و تولید جریان مغناطیسی شدیدی می نماید.
- هارمونیک دوم در جریان Inrush بیشترین مقدار هارمونی را دارد.
- جریان Inrush نباید بعنوان فالت شناخته شود و جزء نرمال سیستم قدرت می باشد.

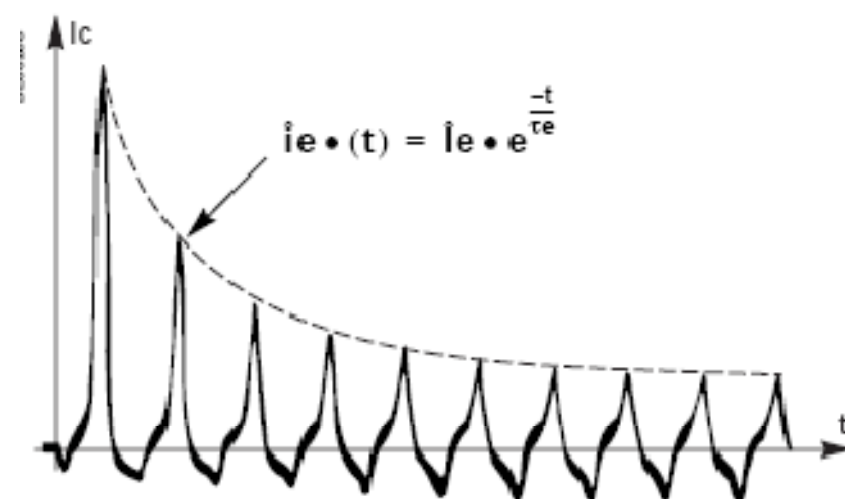


Fig. 3. Transformer energizing.

i_e : inrush current envelope

τ_e : time constant

• **O.L :**

- با رله (51) O.C بصورت O.C با مدت طولانی (Long Time Trip Function) با Monitoring دمای سیم پیچ و روغن.

• **O.C :**

- از Instantaneous OC جهت حفاظت ترانس در اولیه استفاده می شود و آستانه جریان را بیشتر از اتصال کوتاه ثانویه قرار می دهند. جهت فرق گذاری با خطاهای خارج از ترانس در مدار ثانویه + جهت ترانس های با KVA پایین از فیوز HV استفاده می شود.

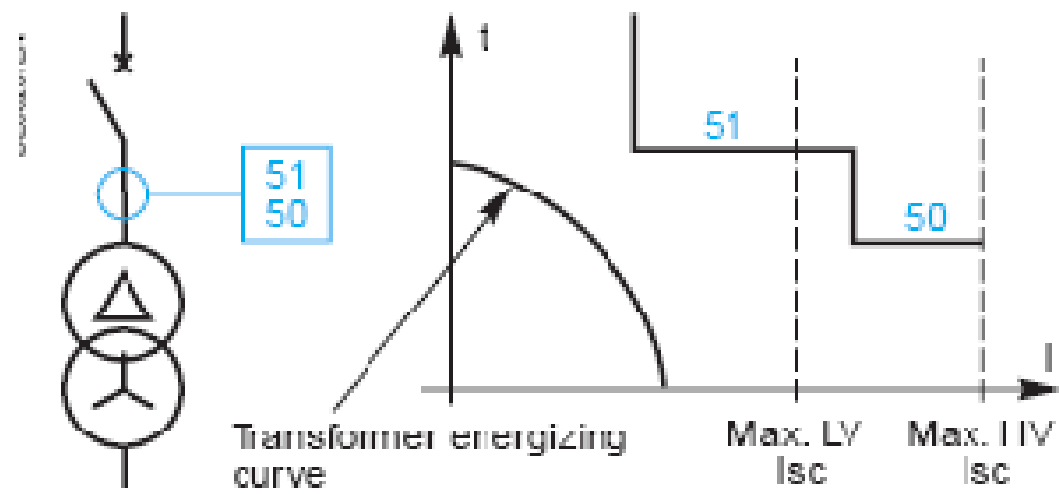
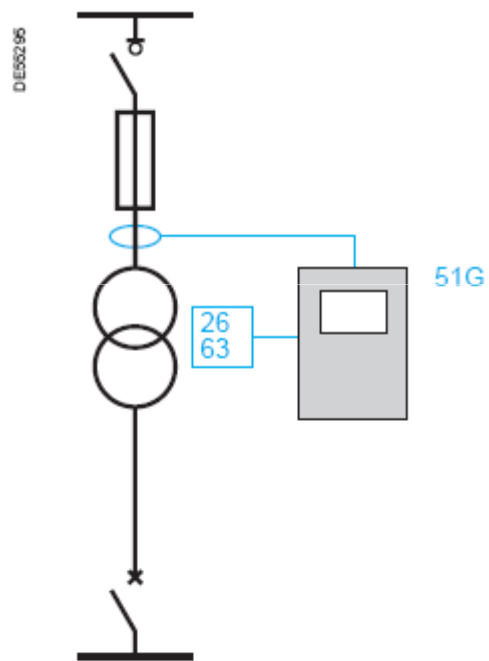


Fig. 2. Transformer overcurrent protection.

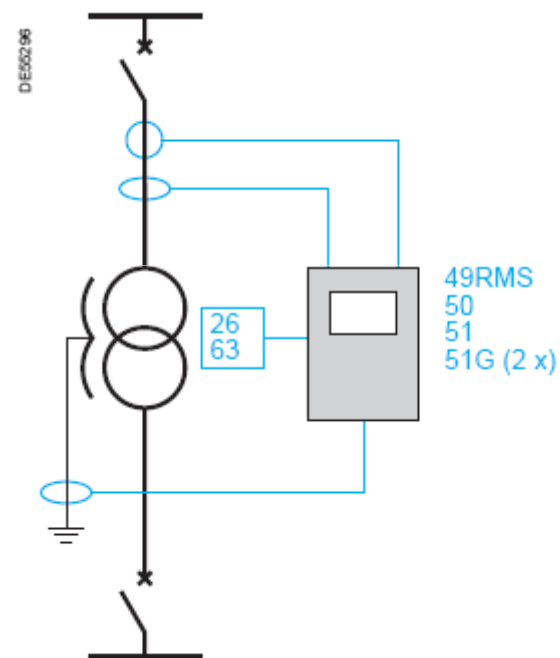
- حفاظت دیفرانسیل :
- برای جلوگیری از اتصالی های داخلی ترانس مورد استفاده قرار می گیرد. باید دارای فیلتر هارمونیک دوم باشد و فیلتر هارمونیک پنجم برای تشخیص جریان Inrush و Over Flux.

- Over Flux :
- در ولتاژ و فرکانس خیلی پایین، عملکرد ترانس به گونه ای است که جریان مغناطیسی شدیدی می کشد و باعث تغییر شکل جریان با دامنه قابل توجهی از هارمونیک پنجم میشود.

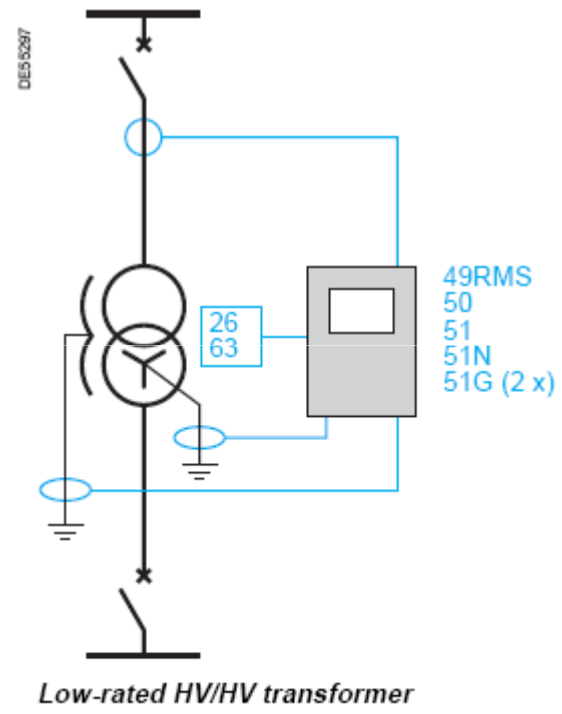
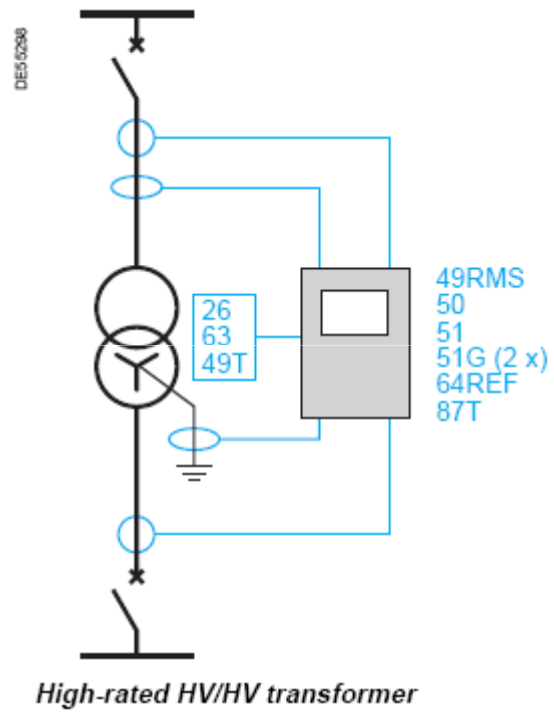
Faults	Appropriate protection function	ANSI code	Setting information
Overloads			
	Dielectric temperature monitoring (transformers with liquid insulation)	26	Alarm at 95°C; tripping at 100°C
	Winding temperature monitoring (dry type transformers)	49T	Alarm at 150°C; tripping at 160°C
	Thermal overload	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 $\geq I_n$
Short-circuits			
	Fuses		Choice of rating according to appropriate method for switchgear concerned
	Instantaneous overcurrent	50	High threshold > downstream I_{sc}
	Definite time overcurrent	51	Low threshold < 5 I_n Delay $\geq$ downstream T + 0.3 seconds
	IDMT overcurrent	51	IDMT low threshold, selective with downstream, approximately 3 I_n
	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 $\leq$ 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 I_n , 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 U_n/f_n Delay: constant time, 1 hour



*Low rated HV/LV transformer
Fuse protection*



*High-rated HV/LV transformer
Circuit breaker protection*



- **GENERATOR**

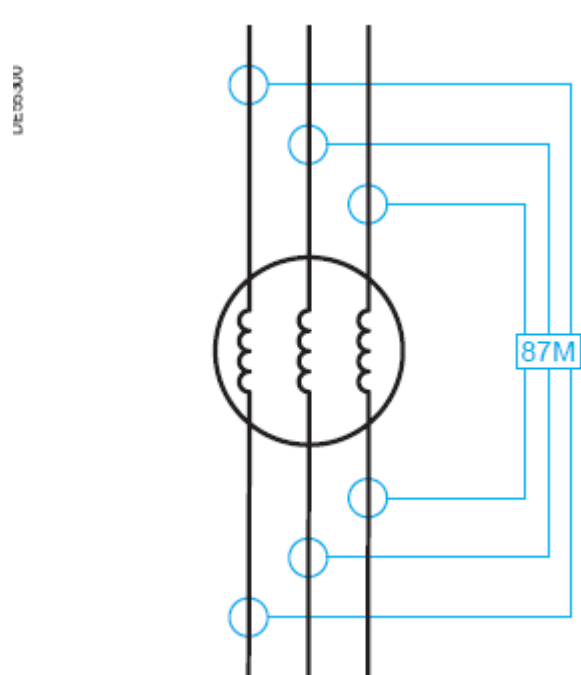


Fig. 1. Phase-to-phase short-circuit.
Differential protection (ANSI 87M)

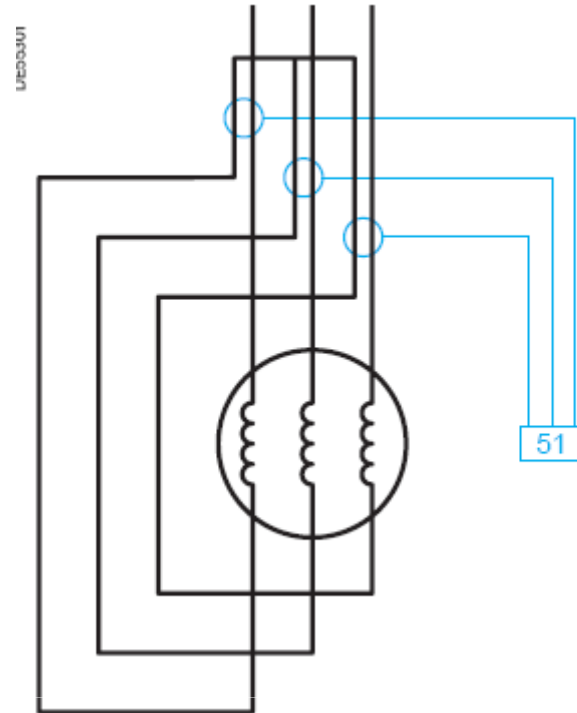


Fig. 2. Phase-to-phase short-circuit.
Autodifferential overcurrent protection (ANSI 51)

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)

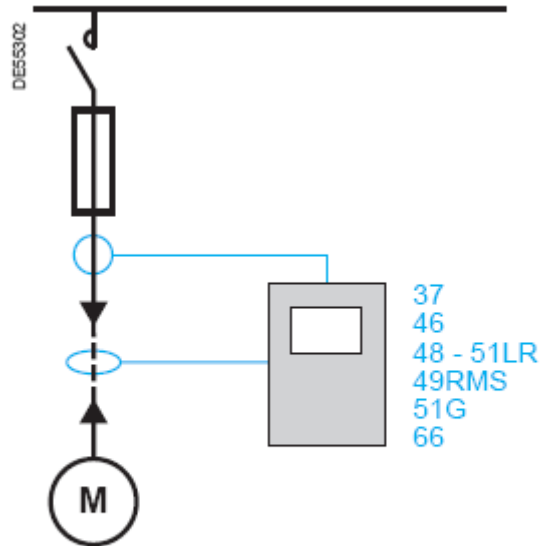
Table 4. Generator protection

Protective function	Trip generator breaker	Trip excitation 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

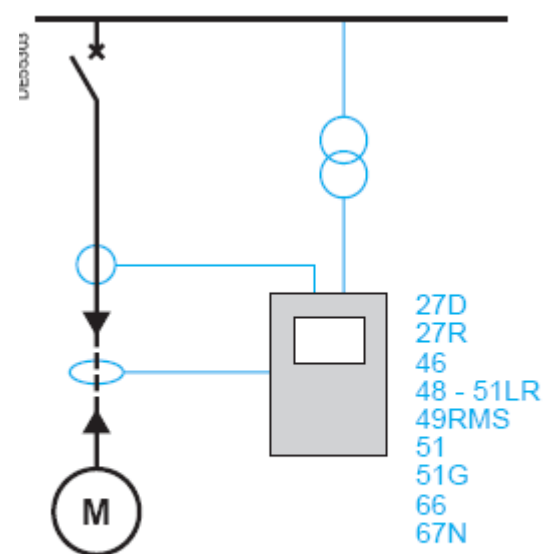
Table 5. Emergency generator protection

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

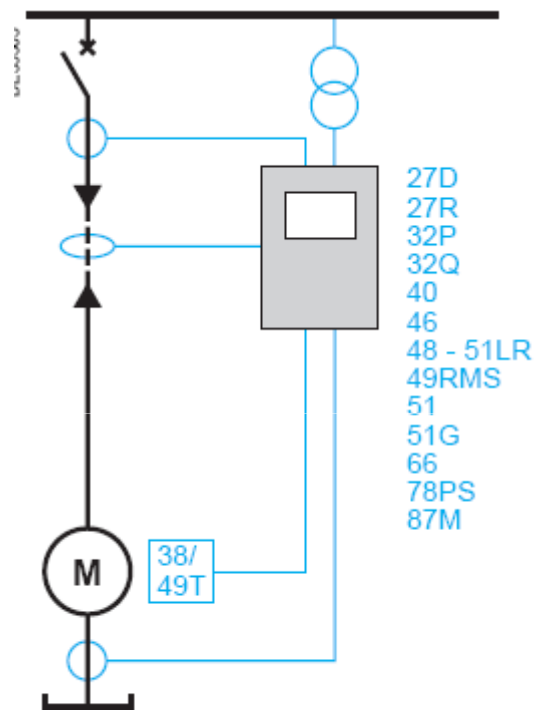
Faults	Appropriate protection function		ANSI code	Setting information
Faults related to the driven loads				
Overloads	IDMT overcurrent		50/51	Setting that enables starting
	Thermal overload		49RMS	According to motor operating characteristics (time constant in the range of 10 to 20 minutes)
	RTDs		49T	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



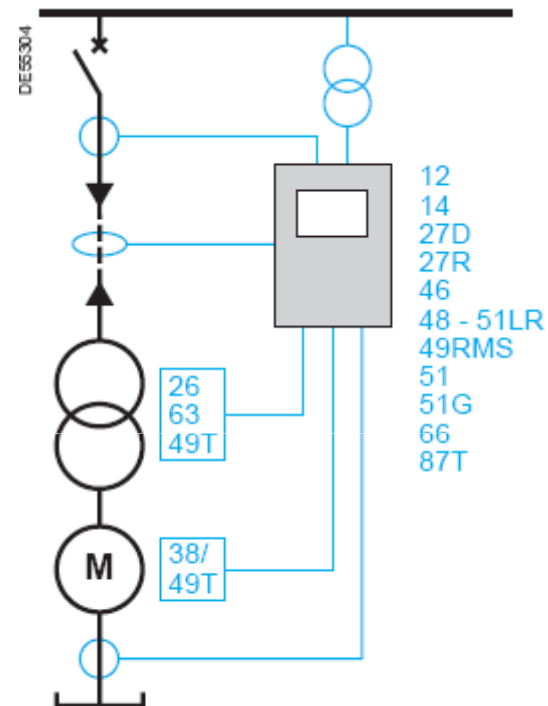
Asynchronous motor controlled by fuse and contactor
 Example: 100 kW pump



Asynchronous motor controlled by circuit breaker
 Example: 250 kW fan



Priority synchronous motor
Example: 2 MW compressor



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