# دوره آموزشی

# حفاظت الکتریکی

مدرس: مهندس محمّد حیدری

آذر ماه ۱۳۸۷

سرفصل دوره صفحه


۱- انواع تجهیزات سیستم قدرت ۲

۲- بررسی عوامل خطا درسیستم های قدرت الکتریکی وروش های کاهش آنها ۲

۳- سیستم های حفاظتی و وظائف آنها ۸

۴- شماره گذاری رله های حفاظتی بر اساس کد **ANSI** ۱۲

۵- ترانسفورماتور های جریان( **CT** )و ترانسفورماتور های ولتاژ ( **VT** و **CVT**) ۱۹

۶- انواع رله های جریان زیاد ونحوه نصب آنها در شبکه ۴۳

۷- حفاظت توسط فیوز ۵۱

۸- وسایل کنترل و حفاظت الکتریکی ترانسفورماتورهای قدرت و توزیع الکتریکی ۶۰

۹- حفاظت دیفرانسیلی ترانسفورماتورهای قدرت ۸۵

۱۰- حفاظت رله ای موتورهای القایی ۹۰

۱۱- انواع مدارهای حفاظتی موتورهای القایی ۱۰۲

۱۲- مدرات حفاظتی پیشنهادی برای فیدرها ۱۱۲

۱۳- حفاظت پیشنهادی برای خطوط ورودی ۱۱۳

۱۴- حفاظت پیشنهادی برای **Busbar** های شبکه ی مصرف انرژی الکتریکی ۱۱۵

۱۵- حفاظت پیشنهاد شده برای ژنراتورهای الکتریکی سنکرون ۱۲۵

۱۶- رله های حفاظتی و وسایل اندازه گیری ، کنترل و مونیتورینگ برای خازن های قدرت ۱۴۱

۱۷- رله های جریان زیاد جهت دار **Directional Overcurrent Relays** ۱۴۹

۱۰- منابع و مآخذ ۱۶۳

## ۱- انواع تجهیزات سیستم  قدرت

۱. خطوط انتقال هوایی
۲. کابل های زیر زمینی
۳. ژنراتورها
۴. ترانسفورماتورهای قدرت و توزیع
۵. ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ
۶. الکتروموتورها
۷. دیژنکتورها
۸. باسبارها ( شین ها )
۹. خازن های اصلاح ضریب قدرت الکتریکی

## ۲- بررسی عوامل خطا درسیستم های قدرت الکتریکی وروش های کاهش آنها

### ۲-۱- خطای الکتریکی

انحراف جریان الکتریکی از مسیر اصلی آن را خطای الکتریکی گویند.

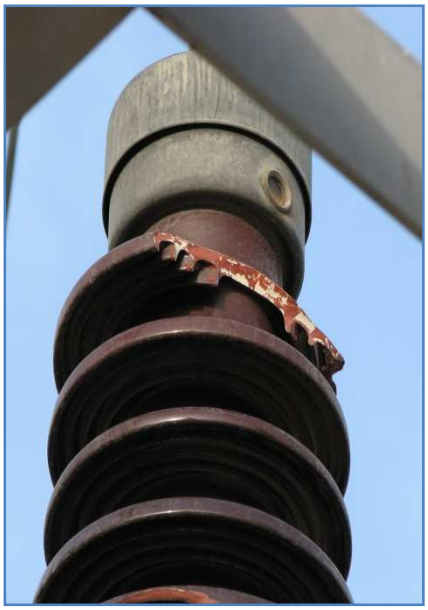
### ۲-۲- انواع خطای الکتریکی

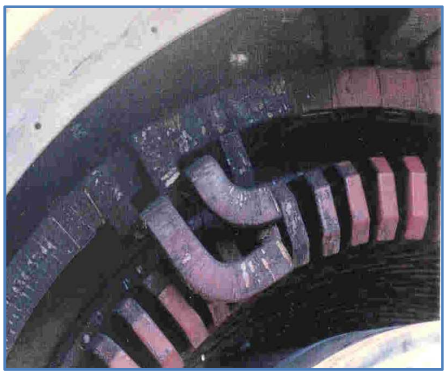
۱. اتصال کوتاه
۲. اتصال زمین
۳. پارگی و قطع شدگی هادی ها
۴. خُرد شدن ، فاسد شدن و شکستن عایق ها

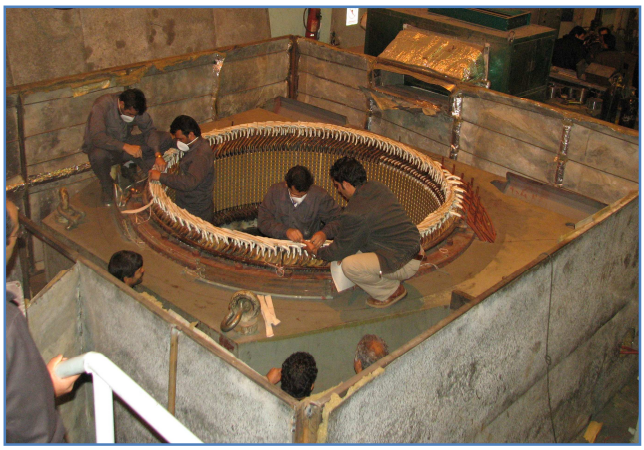
### ۲-۳- عوامل خطای الکتریکی

۱. نقصان عایق بندی
۲. ازدیاد بیش از حد مجاز درجه حرارت
۳. کاهش استقامت الکتریکی ، دینامیکی و مکانیکی در مقابل فشارهای ضربه ای

BBC



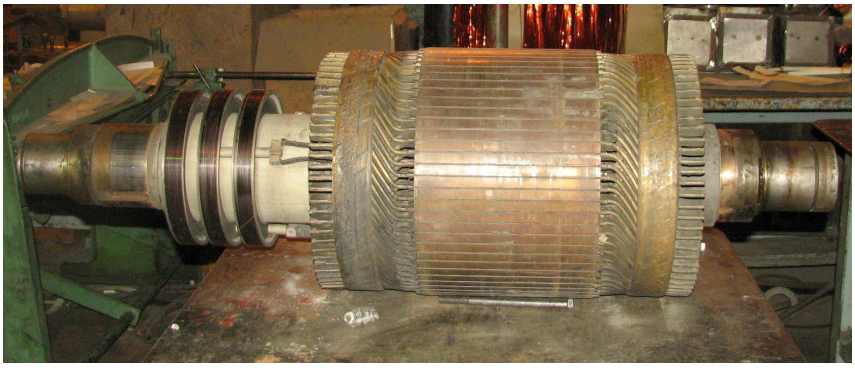


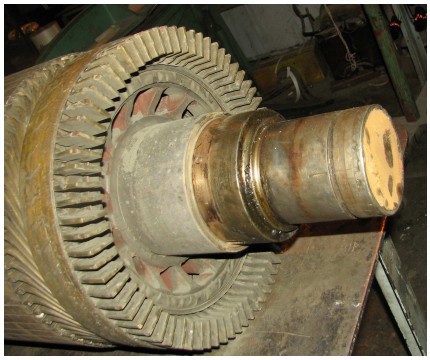


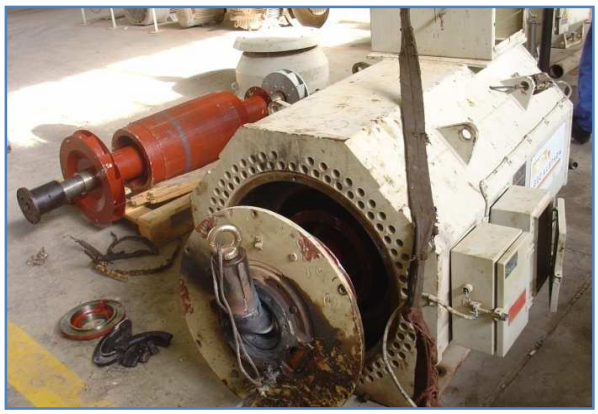
28 1 2007

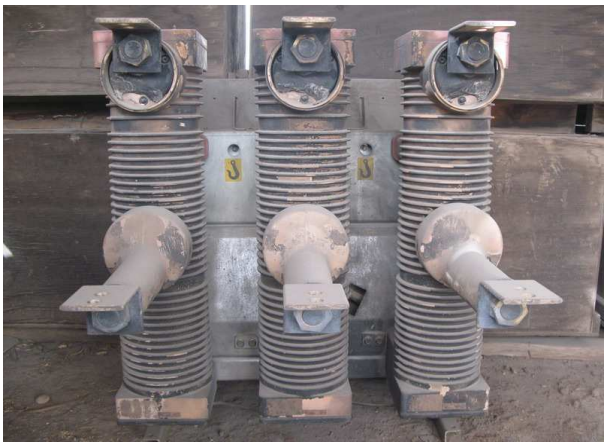
28 1 2007

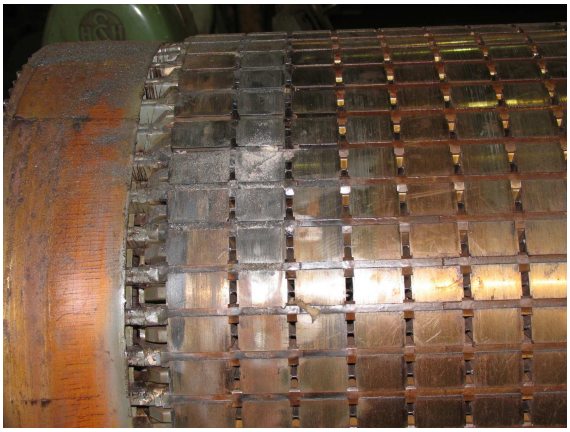
28 1 2007

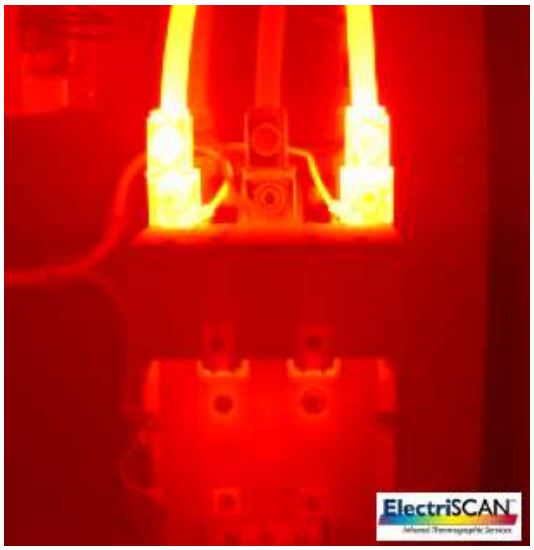











ElectriSCAN

## ۴-۲- علّت خطا در سیستم ها وتجهیزات الکتریکی و درصد خطا در آنها

| نوع تجهیزات | علل خطا | درصد خطا |
|---|---|---|
| خطوط انتقال هوایی | ۱- رعد وبرق<br>۲- طوفان ، زمین لرزه ، یخبندان<br>۳- پرندگان ،درختان ، هواپیما<br>۴- وسایل نقلیه ی زمینی<br>۵- اضافه ولتاژهای داخلی | (۴۰-۳۰)درصد |
| کابل زیر زمینی | ۱- موقع کندن زمین<br>۲- از بین رفتن عایق بخاطر افزایش درجه حرارت<br>۳- از بین رفتن اتصالات<br>۴- اضافه ولتاژهای داخلی | (۱۰-۸) درصد |
| ژنراتور | ۱- اتصال در استاتور( اتصال کوتاه در سیم پیچی یک فاز یا اتصال حلقه ، اتصال کوتاه دو فاز ، اتصال بدنه و قطع سیم پیچی یک فاز )<br>۲- اتصال در روتور( قطع سیم پیچی تحریک ، اتصال بدنه تک ، اتصال بدنه دوبل و اتصال حلقه)<br>۳- شرایط غیر عادی (بار زیاد ، بار نامتعادل ، پارالل به هنگام عدم برقراری شرایط و پاندولی شدن )<br>۴- اتصال در تجهیزات وا بسته ( سیستم تهویه ، سیستم های کنترل مانند تنظیم کننده ولتاژ یا AVR ، گاورنر و توربین )<br>۵- اتصال در سیستم حفاظتی | (۸-۶) درصد |
| ترانسفورماتورها | ۱- از بین رفتن عایق<br>۲- اتصال در تپ چنجر<br>۳- خطای بوشینگ<br>۴- خطا در مدار حفاظت<br>۵- حفاظت نامناسب<br>۶- اضافه ولتاژ<br>۷- اضافه بار | ( ۱۲-۱۰ ) درصد |
| ترانسفورماتور های PT & CT | ۱- اضافه ولتاژ<br>۲- از بین رفتن عایق<br>۳- شکستن هادی ها<br>۴- اتصالات غلط | (۲۰-۱۰ ) درصد |
| دیژنکتورها | ۱- از بین رفتن عایق<br>۲- نقص مکانیکی<br>۳- نشتی روغن ، هوا ، گاز<br>۴- انتخاب قدرت نامناسب<br>۵- عدم تعمیرات | (۱۲- ۱۰) درصد |

## ۵-۲- پیامدهای ناشی از خطای الکتریکی در سیستم قدرت الکتریکی

۱. جریان ها بطور غیر عادی زیاد شده و درجه حرارت سیستم بالا می رود.
۲. معمولاً جرقه برقرار شده و در نتیجه درجه حرارت بالا رفته و گاهی منجر به آتش سوزی می شود.
۳. ولتاژ نقاط مختلف سیستم بطور غیر قابل قبولی کم و زیاد می شود.
۴. ممکن است حالت نامتقارن در سیستم قدرت الکتریکی بوجود آید و لوازم سه فاز بخوبی کار نکنند.
۵. احتمال دارد سیستم قدرت ناپایدار گردد.

## ۶-۲- روش های کاهش خطای الکتریکی در سیستم قدرت الکتریکی

۱. استفاده از عناصر سیستم قدرت با کیفیت بالاتر
۲. استفاده از سیستم حفاظتی مطمئن و مناسب
۳. انتخاب صحیح تجهیزات و محوطه
۴. بهره برداری بهینه از عناصر سیستم قدرت الکتریکی
۵. انجام اصلاحات در سیستم های قدرت الکتریکی
۶. سرویس و نگهداری دقیق و منظم توسط پرسنل آموزش دیده
۷. استفاده از افراد مجرب و کارآزموده برای مدیریت و بهره برداری سیستم های قدرت الکتریکی

# ۳- سیستم های حفاظتی و وظائف آنها

سیستم های حفاظتی از اجزای مختلفی تشکیل شده و کار گروهی و هماهنگ آنها ، سبب عملکرد صحیح سیستم حفاظتی می شود.

## ۱-۳- اجزای سیستم حفاظتی مطمئن عبارتند از :

۱. ترانسفورماتورهای جریان ( CT )
۲. ترانسفورماتورهای ولتاژ ( VT & CVT )
۳. رله های سنجشی جریان ، ولتاژ ، توان و ....
۴. رله زمانی
۵. رله کمکی
۶. مدارات قطع ( Tripping circuit )
۷. بوبین قطع ( Tripping coil )
۸. دیژنکتور
۹. منبع تغذیه DC
۱۰. سیستم آلارم

## ۲-۳- وظایف یک سیستم حفاظتی مطمئن عبارت است از:

۱. بلافاصله نوع عیب و محل آن را تشخیص داده و قسمت معیوب را از بقیه سیستم جدا کند.

۲. سیستم حفاظتی باید در یک زمان خیلی کوتاه عمل کند تا شدت خرابی محدود شود.

۳. سیستم حفاظتی باید طوری طرح ریزی شود که در زمان تغییر و اصلاحات ، نیاز به تعویض کلیه لوازم حفاظتی نباشد.

۴. ضمن سنجش شدت خطا ، وسایل خبری را آماده کند.

۵. نسبت به نوسانات جریان ، ولتاژ و قدرت الکتریکی حساس نباشد.

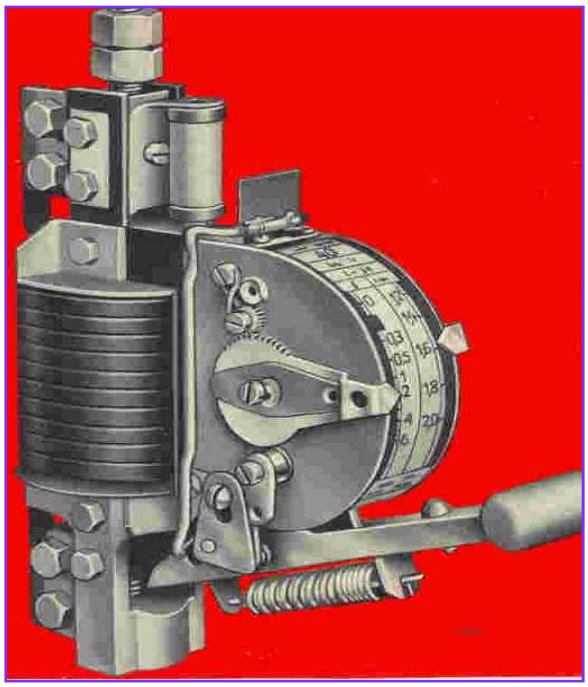
۶. در استفاده از رله های حفاظتی ، نه فقط کار آنها ، بلکه مسئله از نظر اقتصادی مد نظر قرار گیرد.

۷. در زمانی که خطای الکتریکی و عیوب در سیستم قدرت الکتریکی ، خود بخود برطرف شود، بایستی فوراً مدار را به وضعیت اولیه برگرداند.

## ۳-۳- انواع رله ها از نظر قرار گرفتن آنها در شبکه

در شکل ۱-۳ یک دستگاه رله ی پریمری یا اولیه که شامل رله های زمانی و لحظه ای است و از جریان الکتریکی شبکه تغذیه می کند ، مشاهده می شود ، این نوع رله ها بلحاظ ایمن نبودن بایستی از سیستم قدرت الکتریکی حذف شوند.

شکل ۲-۳ چهار دستگاه رله مشاهده می شود. چون این رله ها از طریق ثانویه ترانسفورماتورهای جریان ، ولتاژ و یا هر دو به شبکه متصل می شوند به آنها رله های ثانویه گفته می شود.



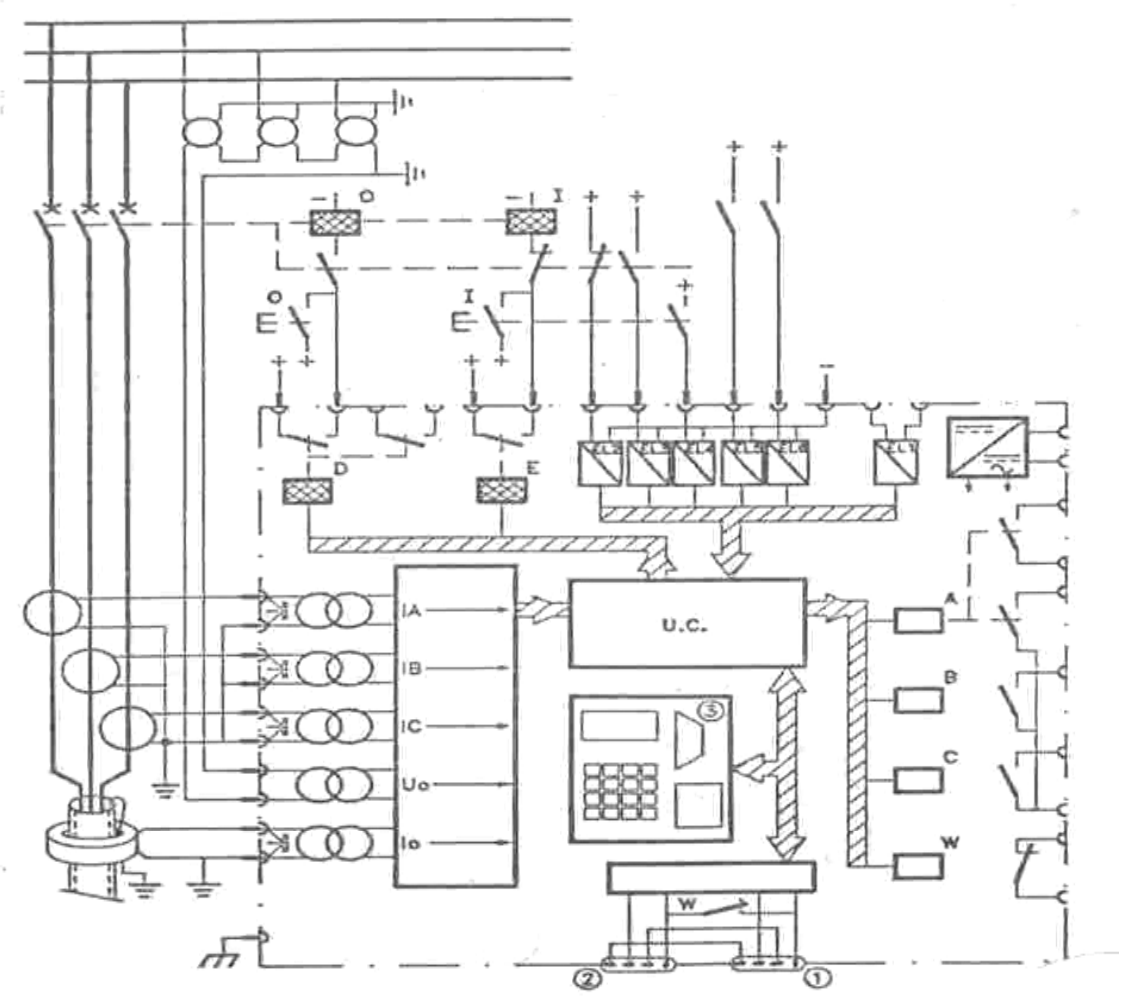
شکل ۱-۳

شکل ۲-۳

- Numerical relay
  - Sepam 2000
  - Sepam series 80
  - Sepam series 40
- Sepam series 20

- **Gamme Sepam 2000**
- **Sepam 2000** : catalogues applications
- **Sepam 2000** : notices techniques
- **Sepam 100**
- **Guides**
- **Sepam 2000** : guide de choix
- **Sepam 2000** : logiciels

شکل ۳-۳ یک رله ی ثانویه را نشان می دهد که توسط CT و PT به شبکه اتصال دارد.




شکل ۳-۳

## ۴-۳- عوامل تحریک رله های حفاظتی

۱. جریان الکتریکی (دامنه جریان ، جهت جریان ، جمع برداری و اختلاف جریان)
۲. ولتاژ (دامنه ولتاژ، جمع برداری و اختلاف ولتاژ)
۳. توان یا قدرت الکتریکی
۴. فرکانس
۵. امپدانس
۶. دما
۷. سطح سیال
۸. سرعت سیال
۹. فشار سیال

## ۵- ۳- رله ی حفاظتی چیست

رله دستگاهی است که به شرایط غیر عادی سیستم قدرت الکتریکی پاسخ گفته و در اثر تغییر کمیت الکتریکی یا فیزیکی مشخص شروع به کارکند.

## ۶-۳- انواع رله های حفاظتی از نظر ساختمان

۱. الکترومغناطیسی
۲. اندکسیونی
۳. حرارتی
۴. استاتیکی (الکترونیکی)
۵. میکروپروسسوری ( دیجیتالی )

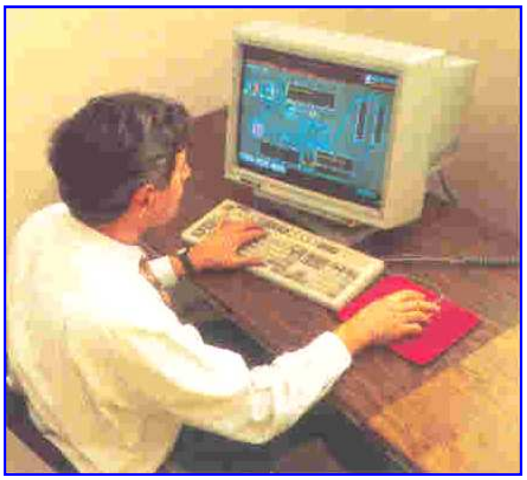
## ۷-۳- انواع رله های حفاظتی از نظر کاربرد

۱. جریان زیاد
۲. جریان کم
۳. جریان زیاد جهتی
۴. دیفرانسیل
۵. دیستانس

## ۸-۳- خصوصیات رله های حفاظتی

۱. قابلیت اطمینان
۲. قابلیت انتخاب یا تشخیص
۳. حساسیت
۴. سرعت
۵. آنی و لحظه ای بودن
۶. کنترل
۷. هماهنگی

رله های حفاظتی مانند دو شکل ۴-۳ قابل تست ، تنظیم و کنترل هستند.



( الف ) شکل ۴-۳ ( ب )

۴- شماره گذاری رله های حفاظتی و المان های برقی بر اساس کد ANSI

| | |
|---|---|
| ۱ | المان اصلی یا اولیه ( Master Element ) |
| ۲ | رله ی زمانی ،تأخیر در شروع یا بستن رله<br>Time Delay Starting or Closing Relay |
| ۳ | رله ی تطبیقی جهت سیستم کنترل بهم پیوسته<br>Ckecking or Interlock Relay |
| ۴ | کنتاکتور اصلی ( Master contactor ) |
| ۵ | وسیله ی متوقف کننده ( Stopping Device ) |
| ۶ | کلید اتوماتیک برق دستگاه ( Start Circuit Breaker ) |
| ۷ | کلید اتوماتیک مدار مثبت جریان مستقیم (Anode Circuit Breaker) |
| ۸ | کلید قطع مدار کنترل (Control Power Disconnecting Device) |
| ۹ | وسیله ی معکوس کننده ی جهت گردش ماشین ( Reversing Device ) |
| ۱۰ | کلید تعویض کننده ی ترتیب کار ( Unit Sequency Switch ) |
| ۱۱ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۱۲ | کنترل کننده ی سرعت زیاد ( Over Speed Device ) |
| ۱۳ | کنترل کننده تطبیق سرعت ( Synchrounous Speed Device ) |
| ۱۴ | کنترل کننده ی سرعت کم ( Under Speed device ) |

| | |
|---|---|
| ۱۵ | وسیله یکسان کننده سرعت یا فرکانس<br>(Speed or Frequency Matching Device ) |
| ۱۶ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۱۷ | کلید قطع و وصل ( Switching or Discharge Switch ) |
| ۱۸ | وسیله تغییر شتاب ( Accelerating or Decelerating Device ) |
| ۱۹ | کنتاکتور واسطه بین شروع و کار معمولی<br>( Starting To Running Transition Control ) |
| ۲۰ | شیر الکتریکی ( Electrically Operated Valve ) |
| ۲۱ | رله مسافت ( Distance Relay ) |
| ۲۲ | کلید اتوماتیک تعدیل کننده ( Equalizer Circuit Breaker ) |
| ۲۳ | وسیله کنترل درجه حرارت ( Temperature Control Device ) |
| ۲۴ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۲۵ | وسیله سنکرون کردن<br>( Synchronizing or Synchronism Check Device ) |
| ۲۶ | وسیله کنترل درجه حرارت کم و زیاد ( Apparatus Thermal Device ) |
| ۲۷ | رله ولتاژ کم( Under Voltage Relay ) |
| ۲۸ | وسیله آشکار کننده ی شعله ( Flame Detector ) |

| | |
|---|---|
| ۲۹ | کنتاکتور جداکننده ( Isolated Contactor ) |
| ۳۰ | رله خبردهنده ( خبر نوری ) ( Anunciator Relay ) |
| ۳۱ | وصل کننده مدار تحریک مجزا ( Separate Excitation Device ) |
| ۳۲ | رله ی قدرت معکوس ( Reverse Power Relay ) |
| ۳۳ | کلید کنترل وضعیت ( Position Switch ) |
| ۳۴ | کلید موتوری جهت تنظیم مراحل کار دستگاه ( Motor operated Sequency S witch ) |
| ۳۵ | دستگاه بردارنده زغال و اتصال کوتاه کننده ی مدار ( Brsh operated or slip ring Short Circuiting Device ) |
| ۳۶ | وسیله ی جلوگیری از جابجایی قطب ها یا فازها ( Polarity Device ) |
| ۳۷ | رله جریان یا قدرت کم (Under Current or Under Power Relay) |
| ۳۸ | وسیله ی حفاظت یاتاقان ( Bearing Protective Device ) |
| ۳۹ | دستگاه کنترل شرایط مکانیکی( Mechanical Condition Monitor) |
| ۴۰ | رله میدان الکتریکی ( قطع یا کاهش جریان میدان ) ( Field Relay ) |
| ۴۱ | کلید اتوماتیک میدان الکتریکی ( Field Circuit Breaker ) |
| ۴۲ | کلید کار معمولی ماشین ( Running Circuit Breaker ) |

| | |
|---|---|
| ۴۳ | وسیله ی دستی انتخاب وضعیت<br>( Manual Transfer or Selector Device ) |
| ۴۴ | رله ی مراحل شروع کار ترتیبی واحد<br>( Unit Squense Starting Relay ) |
| ۴۵ | کنترل کننده ی شرایط جوی<br>( Athomospheric Condition Monitor ) |
| ۴۶ | رله تغییر فاز و عدم تعادل جریان<br>( Reverse Phase or Phase Balance Current Relay) |
| ۴۷ | رله ولتاژ ترتیب فازی ( Phase Squence Voltage ) |
| ۴۸ | رله ناتمام بودن عملیات ترتیبی ( Incomplete Sequence Relay) |
| ۴۹ | رله حرارتی جهت ترانسفورماتور یا ماشین<br>( Machine or Transformator Thermal Relay ) |
| ۵۰ | رله لحظه ای جریان زیاد<br>( Instantaneous Overcurrent or Rate of Rise Relay ) |
| ۵۱ | رله زمانی جریان زیاد متناوب ( AC Time Overcurrent Relay ) |
| ۵۲ | کلید اتوماتیک قطع جریان متناوب ( AC Cicuit Breaker ) |
| ۵۳ | رله مربوط به تحریک کننده یا مولد جریان مستقیم<br>( Exciter or DC Generator Relay ) |
| ۵۴ | کلید اتوماتیک قطع سریع جریان مستقیم<br>( High Speed DC Circuit Breaker ) |
| ۵۵ | رله ضریب قدرت ( Power Factor Relay ) |
| ۵۶ | رله کنترل میدان الکتریکی ( Field Application Relay ) |

| | |
|---|---|
| ۵۷ | دستگاه حفاظتی جریان خطا ( اتصال کوتاه و اتصال زمین )<br>( Short Circuiting or Grounding Device ) |
| ۵۸ | رله ی قطع تحریک یکسو کننده ی قدرت<br>( Power Rectifire Misfire Relay ) |
| ۵۹ | رله ولتاژ زیاد ( Overvoltage Relay ) |
| ۶۰ | رله اختلاف ولتاژ بین دو مدار ( Voltage Balance Relay ) |
| ۶۱ | رله اختلاف جریان بین دو مدار (Current Balance Relay ) |
| ۶۲ | رله تأخیری در قطع (Time Delay Stopping or Oenning Relay ) |
| ۶۳ | رله مربوط به فشار ، جریان ، ارتفاع جهت گاز یا مایع<br>( Liquid or Gas Pressure , Level , or Flow Relay ) |
| ۶۴ | رله حفاظت از اتصال زمین ( Ground Protective Relay ) |
| ۶۵ | تنظیم کننده ی دور (گاورنر) ( Governor ) |
| ۶۶ | وسیله ی کنترل تعداد اعمال ( Notching or Jogging Device ) |
| ۶۷ | رله زمانی جریان زیاد جهت دار متناوب<br>( AC Directional Overcurrent Relay ) |
| ۶۸ | رله ی محدود کننده ( Blocking Relay ) |
| ۶۹ | کلید دو حالته دستی جهت امکان قطع و وصل یا کلید اتوماتیک<br>( Permissive Control Device ) |
| ۷۰ | مقاومت متغییر بوسیله ی موتور ( رئوستات )<br>( Electrically 0perated Reostat) |
| ۷۱ | ( Reserved For Future Application ) ( رزرو )..... |
| ۷۲ | قطع کننده ی اتوماتیک جریان مستقیم ( DC Circuit Breaker ) |

| | |
|---|---|
| ۷۳ | کنتاکتور بار مقاومتی<br>( Load Resistor Contactor ) |
| ۷۴ | رله خبری ( سمعی و بصری ) ( Alarm Relay ) |
| ۷۵ | وسیله ی تغییر وضعیت ( کلید اتوماتیک )<br>( Position Changing Mechanism ) |
| ۷۶ | رله زمانی جریان زیاد مستقیم<br>( DC Overcurrent Relay) |
| ۷۷ | مولد فرستنده ی پالس ( Pulse Transmiter ) |
| ۷۸ | رله حفاظتی اختلاف فاز<br>( Phase Angle Measuring or out of Step Protective Relay ) |
| ۷۹ | رله اتوماتیک اتصال مجدد جریان متناوب<br>( AC Reclosing Relay ) |
| ۸۰ | ( رزرو ).....( Reserved For Future Application ) |
| ۸۱ | رله فرکانس کم یا زیاد ( Frequency Relay ) |
| ۸۲ | رله اتوماتیک اتصال مجدد جریان مستقیم<br>( DC Reclosing Relay ) |
| ۸۳ | رله اتوماتیک انتخاب یا تبدیل وضعیت<br>( Automatic Selective Control or Transfer Relay ) |
| ۸۴ | مکانیسم عمل ( Operating Mechanism ) |
| ۸۵ | رله فرستنده و گیرنده ی علائم سیگنال<br>(Carrier or Pilot Wire Reciever Relay ) |
| ۸۶ | رله قفل کننده ( Locking out Relay ) |

| | |
|---|---|
| ۸۷ | رله حفاظت مقایسه ای ( Differential Protective Relay ) |
| ۸۸ | موتور کمکی _ موتور ژنراتور<br>( Auxiliary Motor or Motor Generator ) |
| ۸۹ | کلید خط سکسیونر ( برق متناوب یا مستقیم ) ( Line Switch ) |
| ۹۰ | وسیله ی تنظیم کمیت ( Regulating Device ) |
| ۹۱ | رله ولتاژ جهت دار (Voltage Directional Relay) |
| ۹۲ | رله ولتاژ و قدرت جهت دار<br>(Voltage And Power Directional Relay ) |
| ۹۳ | کنتاکتور تغییر جهت جریان الکتریکی میدان<br>( Field Changing Contactor ) |
| ۹۴ | رله قطع کننده ی کلید اتوماتیک ( Trpping or Trip Free Relay ) |
| ۹۵ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۹۶ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۹۷ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۹۸ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |
| ۹۹ | .....( رزرو ) ( Reserved For Future Application ) |

## ۵- ترانسفورماتور های جریان( CT )و ترانسفورماتور های ولتاژ ( VT و CVT)

ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی اصولاً کاهنده و با قدرت کم ساخته می شوند و جریان و ولتاژ را بمقدار قابل سنجش با دستگاههای اندازه گیری یا قابل استفاده برای رله های حفاظتی با ولتاژ کم تبدیل می نمایند.

با دستگاههای اندازه گیری می توان جریان های متناوب از یک میلی آمپر تا صد آمپر و اختلاف پتانسیل از یک ولت تا ۱۰۰۰ ولت را مستقیماً بدون دستگاههای اضافی اندازه گرفت.

جریان و اختلاف پتانسیل متناوب خیلی زیاد را نمی توان مستقیماً با دستگاههای اندازه گیری اندازه گرفت زیرا وصل نمودن اختلاف سطح های زیاد به دستگاههای اندازه گیری خطرات جانی در پیش دارد.

۱. عایق بندی آن خیلی گران تمام می شود.

### بطور کلی وسایل کاهنده ی جریان و ولتاژ متناوب به سه نوع تقسیم می شوند:

۱- ترانسفورماتورهای اندازه گیری جریان : Current Transformer ( CT )

۲- ترانسفورماتورهای اندازه گیری ولتاژ : Potential Transformer ( PT )

۳- ترانسفورماتور ولتاژ خازنی : Capacitor Voltage Transformer ( CVT )

### مزایای ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی:

۱. ساده ، قابل اطمینان و اقتصادی هستند.

۲. نقش ایزوله کننده را در سیستم های قدرت الکتریکی ایفاء می کنند.

۳. دقیق هستند و می توانند تا حدودی بارگیری نمایند.

بار این گونه ترانسفورماتورها را بِردِن ( Burden ) و اصطلاح بارگذاری آنها را بِردِن گذاری می گویند.

### ۵-۱- ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی جریان ( CT )

ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی برای تبدیل جریانهای زیاد به جریان کم مورد استفاده قرار می گیرد.

موقعی که اولیه ی CT تحت ولتاژ و جریان است بایستی دقت کرد که مدار ثانویه ی CT بسته باشد ، چون اگر مدار ثانویه باز شود یا باز بماند ، CT منفجر می شود. مشخصات CT بدین شرح است:

- جریان نامی اولیه : این جریان با جریان نامی تجهیز ات الکتریکی که مورد حفاظت یا اندازه گیری قرار گرفته اند ، برابر است.
- جریان نامی ثانویه : جریان نامی CT ها معمولاً ۵ آمپر است. درصورتی که جریان نامی تجهیزات الکتریکی بسیار زیاد باشد و یا فاصله ی محل نصب CT تا وسایل اندازه گیری و یا رله های حفاظتی بیش تر از ۲۵ متر باشد از CT هایی استفاده می شود که جریان نامی ثانویه ی آنها ۱ یا ۲ آمپر است.

### نسبت تبدیل CT

عموماً نسبت تبدیل **CT** بشرح ذیل است :

**50/5 , 100/5 , 150 /5 , 200 /5 , 300/5 , 400/ 5 , 200- 400/5 , 500/5 , 600/5 , 800/5 , 400- 800 /5 , 600- 1200/5 , ..... , 3000/1**

### سیم پیچ اولیه که بدو صورت زیر است :

۱- سیم پیچ اولیه سری در مسیر جریان مورد سنجش قرار داده می شود که به آن **wound Type** گفته می شود.

۲- نوع میله ای که به آن **Bar Type** گفته می شود.

### کلاس خطای CT :

کلاس خطا یا دقت اندازه گیری **CT** های اندازه گیری که ۰/۱ ، ۰/۲ ، ۰/۵ و ۱ است.

کلاس خطای **CT** های حفاظتی با فاکتور حد دقت مشخص می شود. این فاکتور عبارت است از:

$$\text{Acuracy Limit Factor (ALF)} = (I_{1sc} / I_{set}) = 10 , 15 , 20 , 25 , 30$$

مثال ۱ : **p۱۰** ۵ چه مفهومی دارد؟

تا ۱۰ برابر جریان نامی خطای **CT** ، ۵٪ ± و **P** به مفهوم این است که **CT** از نوع حفاظتی است.

### توان مصرفی CT بر حسب ولت آمپر است.

**CT** های اندازه گیری در ولتاژهای پایین اشباع می شوند و اندوکسیون آنها از ۱/۰ تسلا تجاوز نمی کند.

**CT** های حفاظتی در ولتاژهای بالا اشباع می شوند.

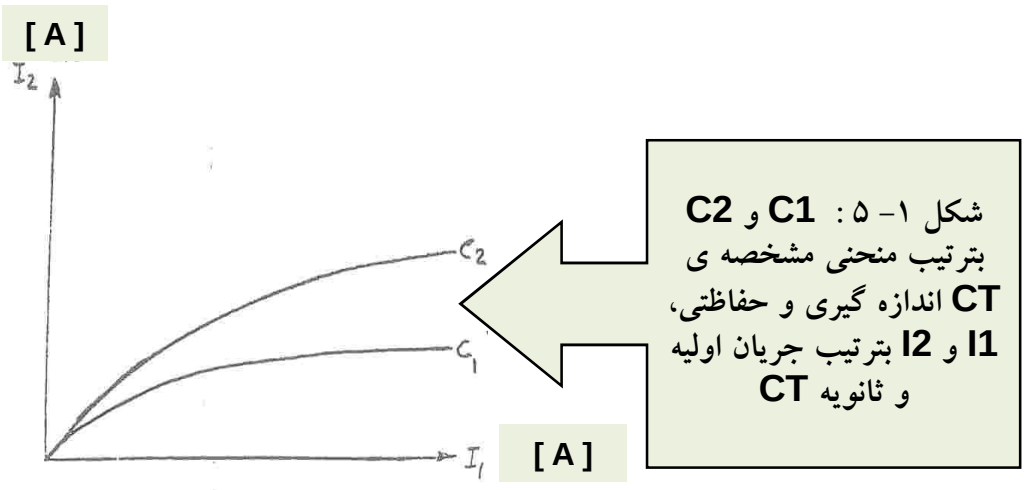
مثال ۲ : **p۲۰** ۵ چه مفهومی دارد؟

تا ۲۰ برابر جریان نامی خطای **CT** ، ۵٪ ± و **P** به مفهوم این است که **CT** از نوع حفاظتی است.

مثال ۳ : **p۲۰** ۱۰ چه مفهومی دارد؟

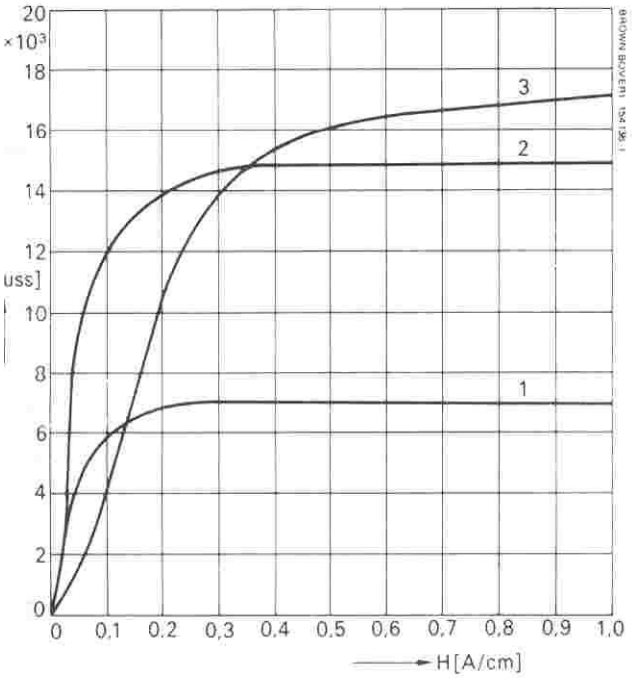
تا ۲۰ برابر جریان نامی خطای **CT** ، ۱۰٪ ± و **P** به مفهوم این است که **CT** از نوع حفاظتی است.

شکل ۱-۵ منحنی مشخصه ی دو نوع **CT** اندازه گیری و حفاظتی را نشان می دهد.




شکل ۱- ۵ : **C1** و **C2** بترتیب منحنی مشخصه ی **CT** اندازه گیری و حفاظتی، **I1** و **I2** بترتیب جریان اولیه و ثانویه **CT**

| CURRENT TRANSFORMER | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A= 10 kv and 20 kv | | | | |
| 5/5 | 10/5 | 15/5 | 25/5 | 30/5 |
| 40/5 | 50/5 | 60/5 | 75/5 | 100/5 |
| 150/5 | 200/5 | 250/5 | 300/5 | 400/5 |
| 500/5 | 600/5 | | | |
| B= IN LOW VOLTAGE 400v | | | | |
| 5/5 | 10/5 | 15/5 | 20/5 | 25/5 |
| 30/5 | 40/5 | 50/5 | 60/5 | 75/5 |
| 100/5 | 150/5 | 200/5 | 250/5 | 300/5 |
| 400/5 | 500/5 | 600/5 | 750/5 | 1000/5 |
| 1250/5 | 1500/5 | 2000/5 | 2500/5 | |
| 3000/5 | 4000/5 | 5000/5 | | |




منحنی‌هـای مغناطیسی مواد هسته‌هـای مختلف مواد۱ برای‌هسته‌های اندازه‌گیری ومواد۳ برای هسته‌های محافظتی انتخاب می‌شوند.

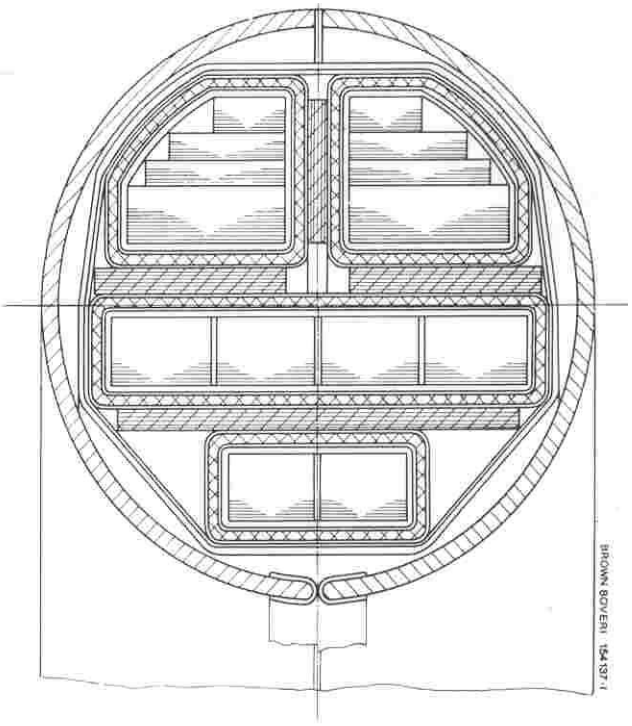
$H$ = شدت میدان $(A/Cm)$

$B$ = مقدار ماگزیمم اندکسیون (گوس)

۱ = آهن و نیکل باحدود ۷۵٪ نیکل

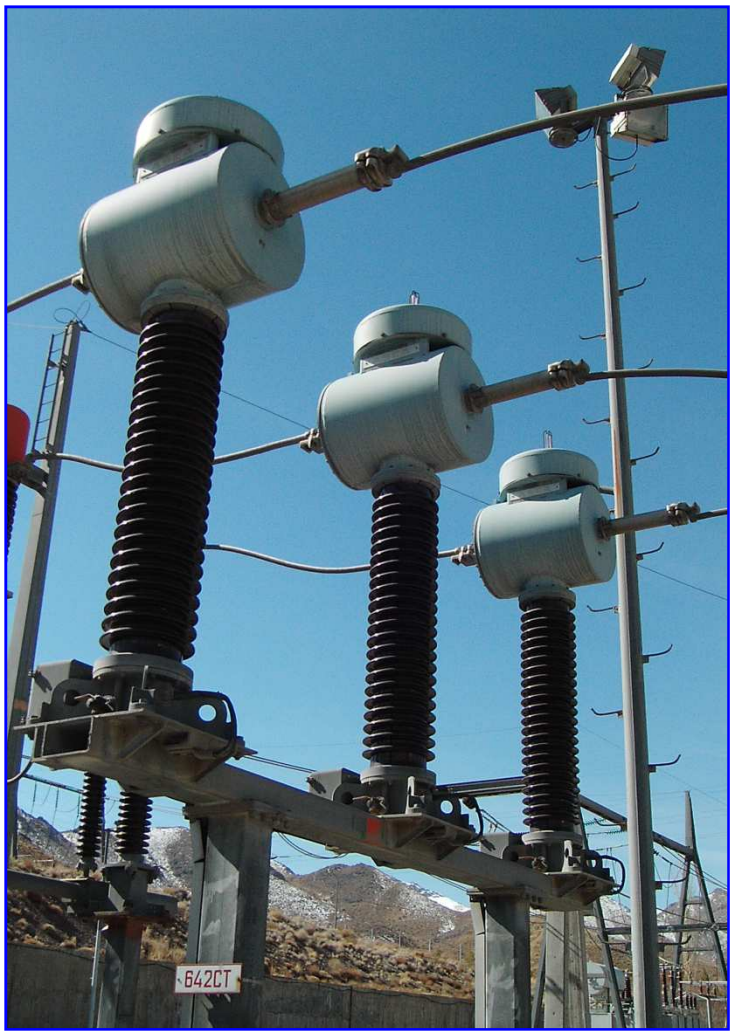
۲ = آهن و نیکل باحدود ۵۰٪ نیکل

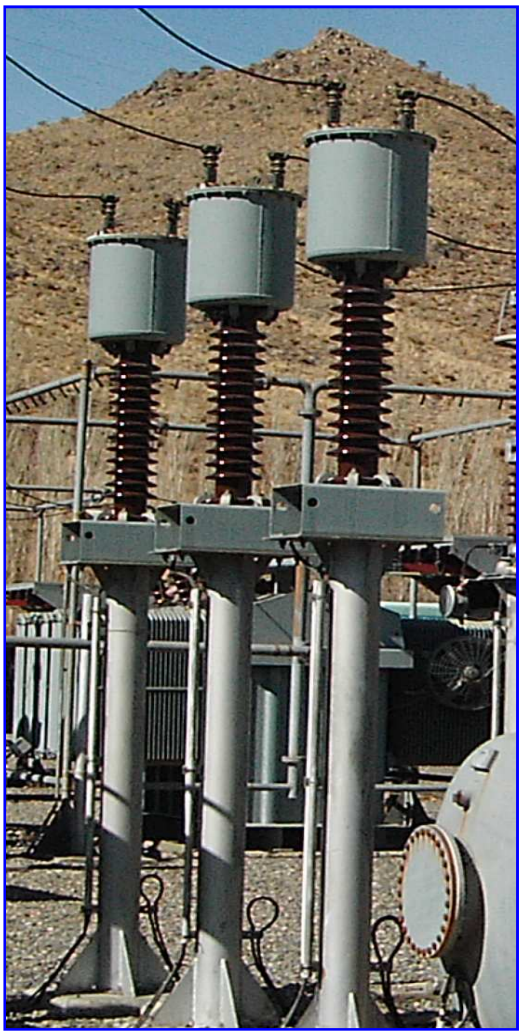
۳ = آهن سیلیکن‌نورد شده باپروفیل‌نورد شده




سطح مقطع هسته ترانسفورماتور جریان با ۴ هسته‌مجزا، سطح مقطع هرکدام ازهسته‌هاطوری انتخاب می‌شوندکه مجموعه هسته دارای سطح مقطع دایره‌ای باشد.

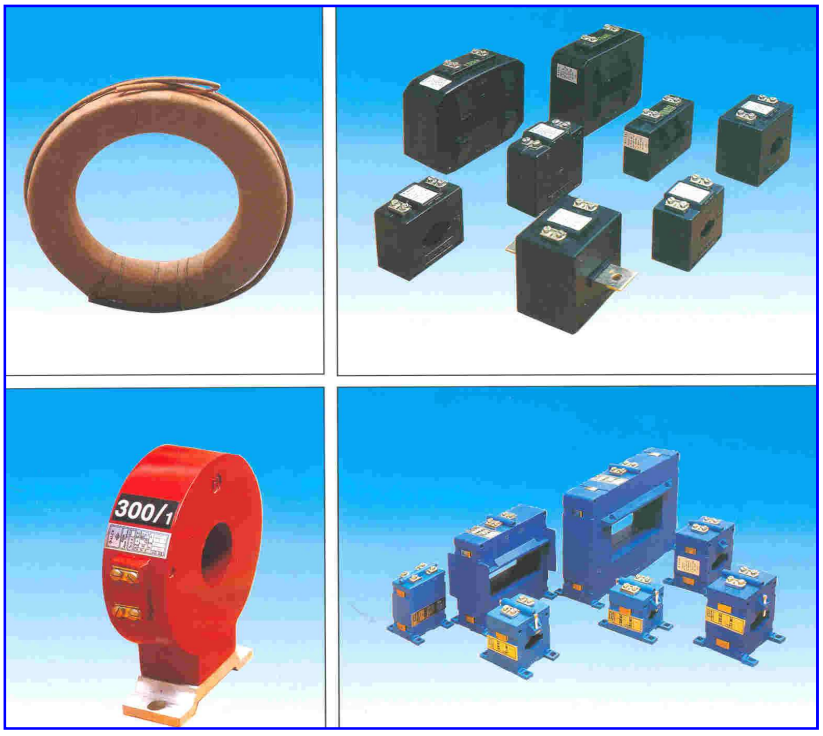
شکل ۲- ۵

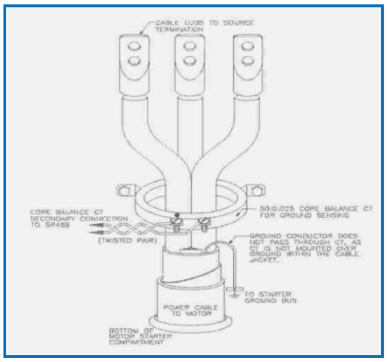

642CT

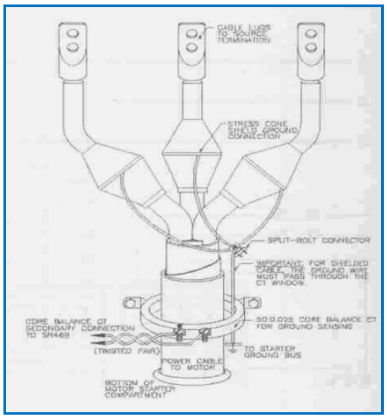


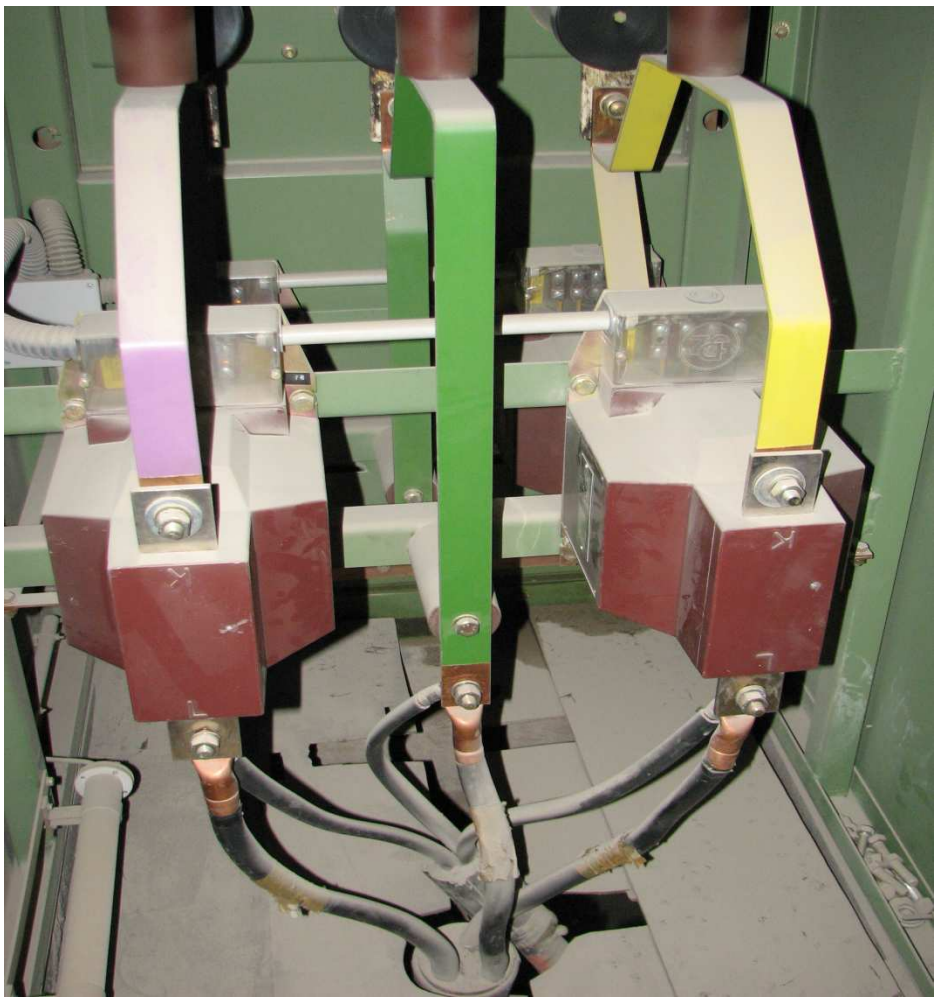
881CT1

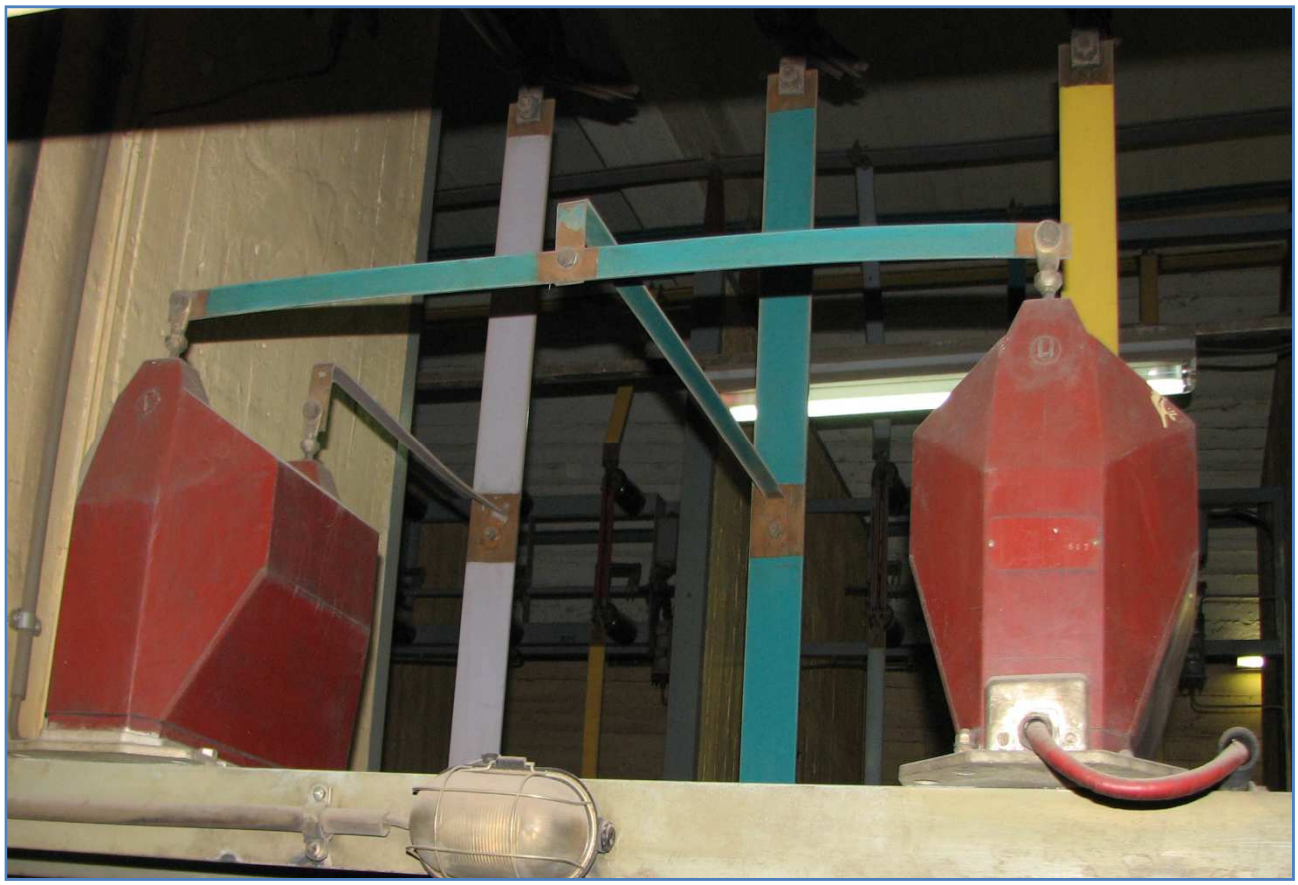
**شکل ۳-۵ انواع CT های فاز و Core Balance فشارضعیف و نحوه ی نصب آن ها را در مدار نشان می دهد.**

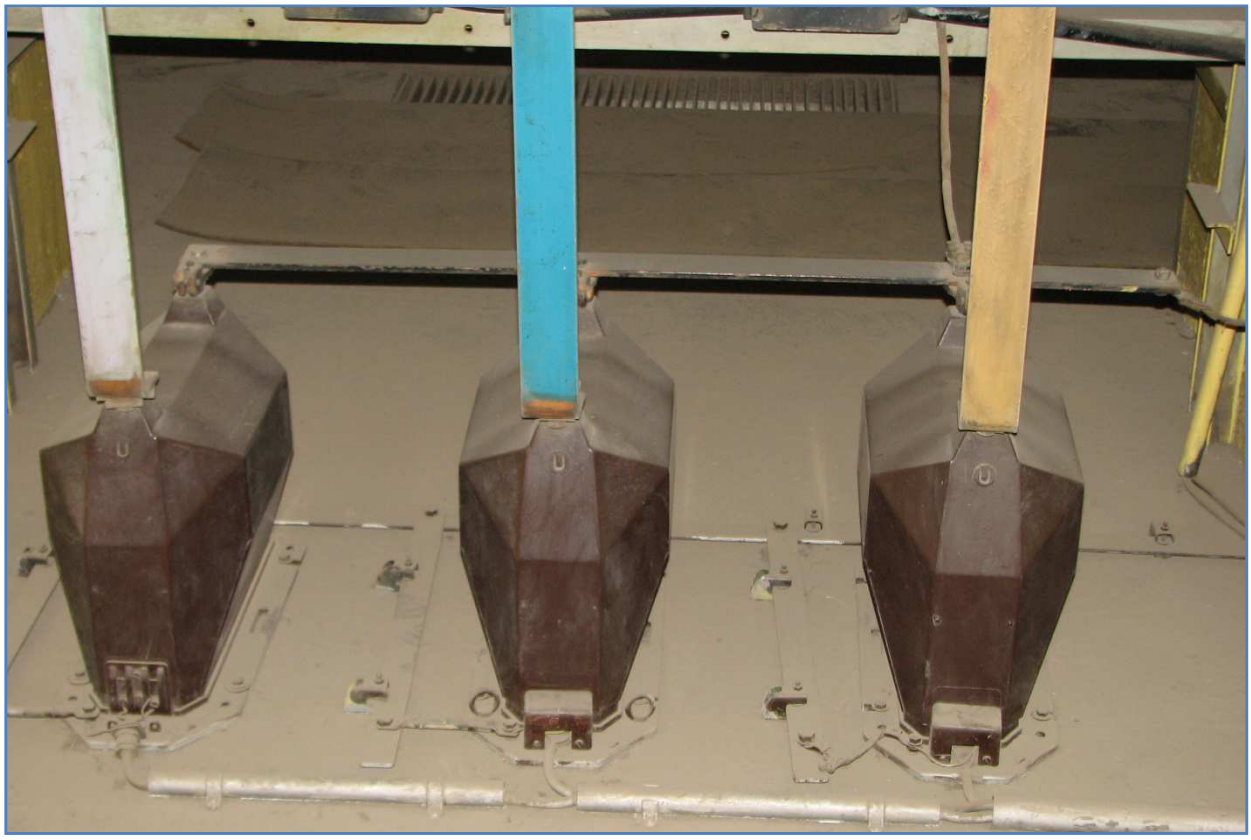


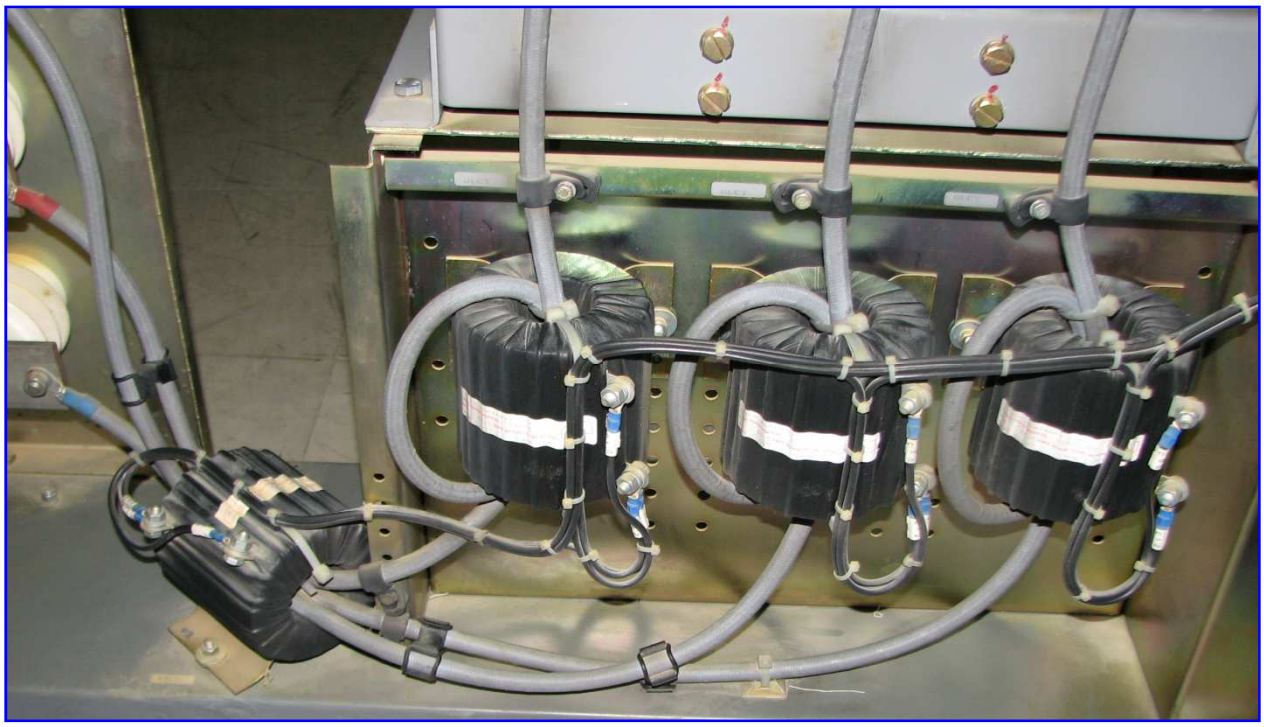





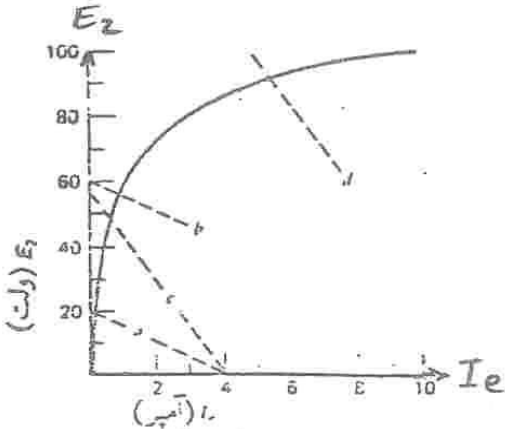




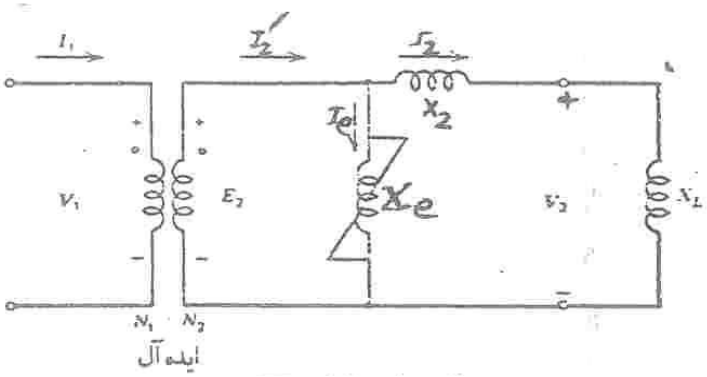
ایران ترانسفو
Iran-Transfo



**شکل ۴-۵ منحنی مشخصه ی یک نوع CT حفاظتی و شکل ۵-۵ مدارمعادل CT حفاظتی را نشان می دهد.**




**شکل ۴-۵**




**شکل ۵-۵**

۱ ــ $X_2$ : راکتانس نشتی CT نسبت بطرف ثانویه

۲ ــ $X_e$ : راکتانس مغناطیس کننده CT نسبت بطرف ثانویه است • باید گفت که این راکتانس قابل اشباع می باشد •

۳ ــ $X_L$ : راکتانس لوازم وصل شده به ثانویه CT (رله ، آمپرمتر و...) از مقاومت اهمی CT صرفنظر شده است •

با استفاده از مدار معادل داریم :

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

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$

$$I_2 = I_2' - I_e$$

$$E_2 = j(X_2 + X_L) I_2$$

$$E_2 = j(X_2 + X_L)\left(\frac{N_1}{N_2} I_1 - I_e\right)$$

چون تمام عناصر اندوکتیو هستند پس :

$$\begin{cases} E_2 = (X_2 + X_L)\left(\frac{N_1 I_1}{N_2} - I_e\right) \\ I_2 = I_2' - I_e \end{cases}$$

اگر $I_1$ معلوم باشد برای محاسبه $I_2$ در مجهول وجود دارد ($I_e$ , $E_2$) لذا برای بوجود آوردن رابطه دیگری بین $E_2$ و $I_e$ از منحنی مغناطیس کننده CT کمک می گیریم • **شکل ۴-۵** .

اگر در صفحه مختصات مربوط به منحنی ۴-۵ معادله خط :

$$E_2 = (X_2 + X_L)\left(\frac{N_1}{N_2} I_1 - I_e\right)$$

را رسم کنیم • محل تلاقی این خط و منحنی مقدار $E_2$ و $I_e$ را نشان میدهد حال با معلوم شدن $I_e$ می توان $I_2$ را حساب کرد •

با داشتن $I_2$ و $I_2'$ می توان خطای CT را چنین محاسبه نمود :

$$\text{خطا) } CT_{error} = \frac{I_2' - I_2}{I_2'} = \frac{I_e}{I_2'}$$

**مثال ۴ :** یک CT با مشخصات ذیل مفروض است :

۱ــ $X_2 = 0.5\Omega$

۲ــ $K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{500}{5} = 100$

۳ــ منحنی مغناطیس‌کننده CT مطابق شکل ۴-۵

مطلوبست محاسبه $I_2$ و خطای CT در هریک از حالتهای زیر :

۱ــ $I_1 = 400\,A$ ، $X_L = 4.5\,\Omega$

۲ــ $I_1 = 1200\,A$ ، $X_L = 4.5\Omega$

۳ــ $I_1 = 400\,A$ ، $X_L = 13.5\Omega$

۴ــ $I_1 = 1200\,A$ ، $X_L = 13.5\Omega$

حل :

حالت یک

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

$$I_2' = \frac{5}{500} \times 400 = 4\,A$$

$$E_2 = (X_L + X_2)(I_2' - I_e)$$

$$E_2 = (4.5 + 0.5)(4 - I_e)$$

$$E_2 = 5(4 - I_e) = 20 - 5I_e \Rightarrow \boxed{E_2 = 20 - 5I_e}$$

خط $E_2 = 20 - 5I_e$ در صفحه مختصات شکل ۴-۵ با خط a نمایش داده شده است که در اثر تلاقی با منحنی $E = f(I_e)$ و $I_e \simeq 0.1\,A$ بدست می آید و

$$I_2 = I_2' - I_e$$

$$I_2 = 4 - 0.1 = 3.9\,A$$

$$CT_{error} = \frac{I_e}{I_2'} = \frac{0.1}{4} = 2.5\%$$

حالت دو (۲)

$$E_2 = (4.5 + 0.5)\left(\frac{5}{500} \times 1200 - I_e\right)$$

$$E_2 = 5(12 - I_e)$$

$$E_2 = 60 - 5I_e$$

خط $E_2 = 60 - 5I_e$ با حروف b نمایش داده شده است که در اثر تلاقی با منحنی $E_2 = f(I_e)$ ، CT ، $I_e = 0.8A$ بدست می آید .

$$I_2 = I_2' - I_e$$

$$I_2 = 12 - 0.8 = 11.2\ A$$

$$CT_{error} = \frac{0.8}{12} = 6.7\%$$

حالت سوم (۳)

$$E_2 = (13.5 + 0.5)\left(\frac{5}{500} \times 400 - I_e\right)$$

$$E_2 = 14(4 - I_e)$$

اگر این خط را به منحنی مغناطیس‌کننده CT تلاقی دهیم

$$I_e = 0.6A$$

$$I_2 = I_2' - I_e$$

$$I_2 = 4 - 0.6 = 3.4A$$

$$CT_{error} = \frac{0.6}{4} = 15\%$$

حالت چهارم (٤):

$$E_2 = (13.5 + 0.5)\left(\frac{5}{500} \times 1200 - I_e\right)$$

$$E_2 = 14(12 - I_e)$$

اگر خط $E_2 = 14(12 - I_e)$ را به منحنی $E_2 = f(I_e)$ تلاقی دهیم $I_e = 5.4A$ بدست می آید .

$$I_2 = \frac{5.4}{12} = 45\%$$

با مقایسه نتایج چهار حالت درمی یابیم که با افزایش جریان در CT خطای آن نیز زیاد تر شده و با افزایش امیدانس لوازم متصل به CT یا بار خطا نیز افزونتر می شود .

باید گفت حتی اگر $X_L = 0$ باشد (اتصال کوتاه) باز هم CT خطا خواهد داشت زیرا واکتانس نشتی $X_2$ همواره وجود دارد .

**مثال ۵ :** برای تحریک رله‌ای که تحت جریان ۸ آمپر یا بیشتر عمل می کند از CT مذکور استفاده می کنیم . آیا این رله " جریان اتصال کوتاه 1200 A

را آشکار میسازد یا نه ، مشروط بر آنکه :

الف : $X_L = 4.5\ \Omega$

ب : $X_L = 13.5\ \Omega$

حل : اگر CT ایده آل باشد می تولن گفت که: $I_e = 0$

$$I_2 = I_1 \times \frac{N_1}{N_2} = 1200 \times \frac{5}{500}$$

$$I_2 = 12\ A$$

بس رله ایده آل این اتصال کوتاه را آشکار می سازد حتی اگر جریان به 800 A بوسد ، CT قادر به آشکار ساختنی اتصال کوتاه خواهد بود

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1 = \frac{5}{500} \times 800$$

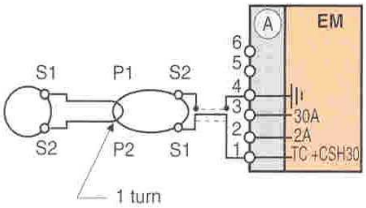
$$I_2 = 8\ A$$

الف : اگر $X_L = 4.5\ \Omega$ باشد $I_2 = 11.2\ A$ خواهد بود (طبق حل مثال قبل) ولذا اتصال کوتاه تشخیص داده می شود .

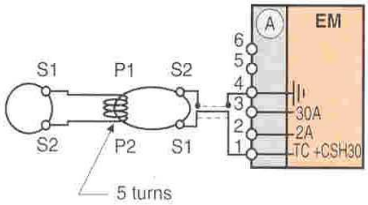
ب : اگر $X_L = 13.5\ \Omega$ باشد طبق حل مسئله قبل $I_2 = 6.6\ A$ بود و لذا اتصال کوتاه تشخیص داده نمی شود .

همچنین باید گفت که ثانویه CT به را کتانس خالص ختم نمی شود ، بلکه مقاومت اهمی لوازم نیز می تواند منظور گردد و وقتی از مقاومت اهمی صرفنظر می کنیم محاسباتبیش از حد محافظه کارانه خواهد بود و خطای حاصله بیش از آنی است که عملاً حاصل می گردد . اما اگر دقت خیلی زیاد درمد نظر باشد دیگر نمی توان از رابطه $E_2 = (X_L + X_2)(\frac{N_1}{N_2} I_1 - I_e)$ استفاده نمود

**residual current**



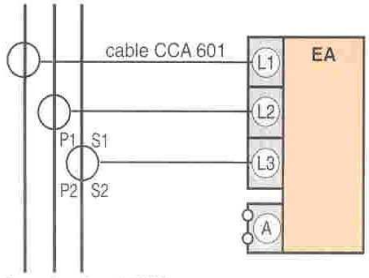

Connection of one or three 5 A current transformers via a CSH30 interposing ring CT.



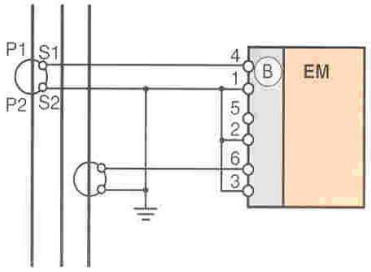

Connection of one or three 1 A current transformers via a CSH30 interposing ring CT.

**شکل ۶-۵:کاربرد CTها در حفاظت رله ای**

**phase current**




Connection of special CSP sensors.




Connection of 2 current transformers.

## ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ :

این ترانسفورماتور هم در دو نوع اشباع پذیر (برای ولتاژ پائینی) و برای کاهش ولتاژ جهت کالیبره کردن ولتاژ برای دستگاه اندازه گیری نظیر ولتمتر و واتمتر) و اشباع پذیر در ولتاژ های بالا برای تغذیه رله های ولتمتریک و واتمتریک و رله اتصال زمین و رله عدم تعادل بار و غیره •

هنگام استفاده از این ترانسفورماتور ها جهت حفاظت سیستمهای قدرت به PT های خیلی دقیق نیاز نداریم، لذا اغلب آنها را مانند ترانسفورماتور - های ایده آل نمایش می دهند •

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_1$$

در PT ها :

۱ - $V_2$ خوبی از $V_1$ بوده و معمولاً از $V_1$ کوچکتر است •

۲ - $V_2$ با $V_1$ همفاز است •

۳ - در ایران و کشور نسبت تبدیل PT بعنوان مثال شرح ذیل است •

$63000^V/100^V$ ، $230000^V/100^V$ ، $400000^V/100^V$ ، $20000^V/100^V$

۴ - در کشورهای آمریکائی ولتاژ استاندارد برای ثانویه 120 V ونسبت تبدیل های زیر استاندارد آمریکا محسوب می شوند •

۱ - 1:1

۲ - 2:1

۳ - 2.5:1

۴ - 4:1

۵ - 5:1

۶ - 20:1

۷ - 40:1

۸ - 60:1

۹ - 100:1

۱۰ - 200:1

۱۱ - 400:1

۱۲ - 600:1

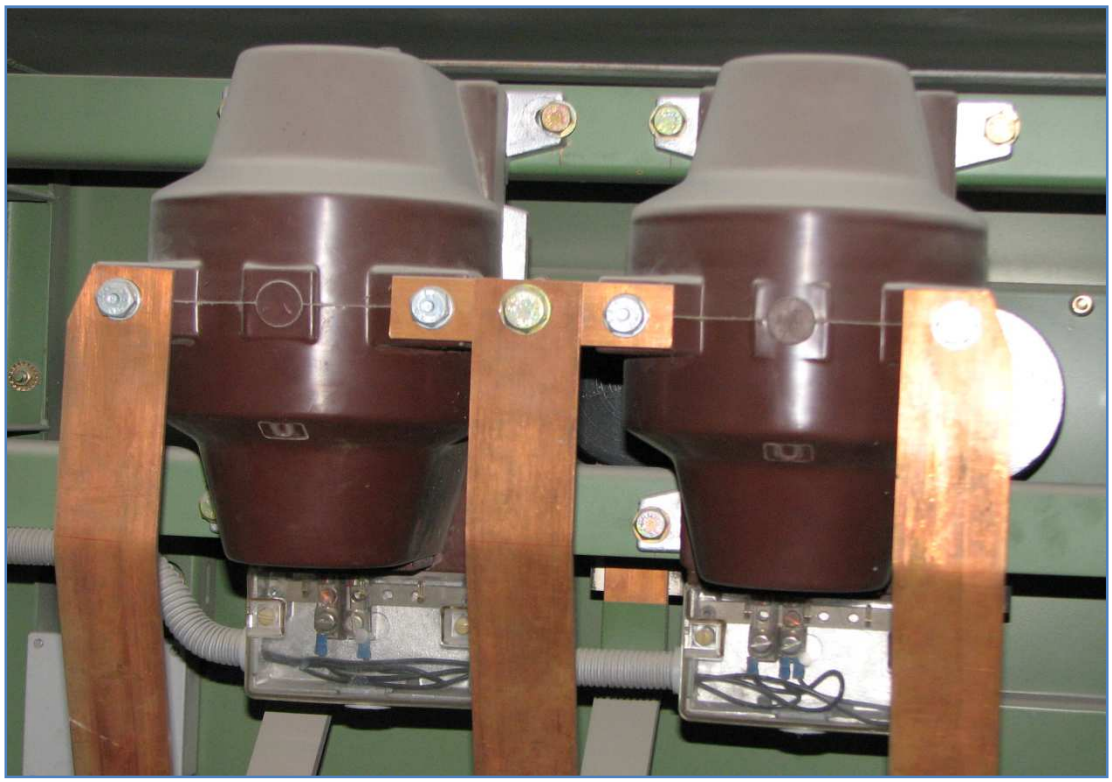
۱۳ - 800:1

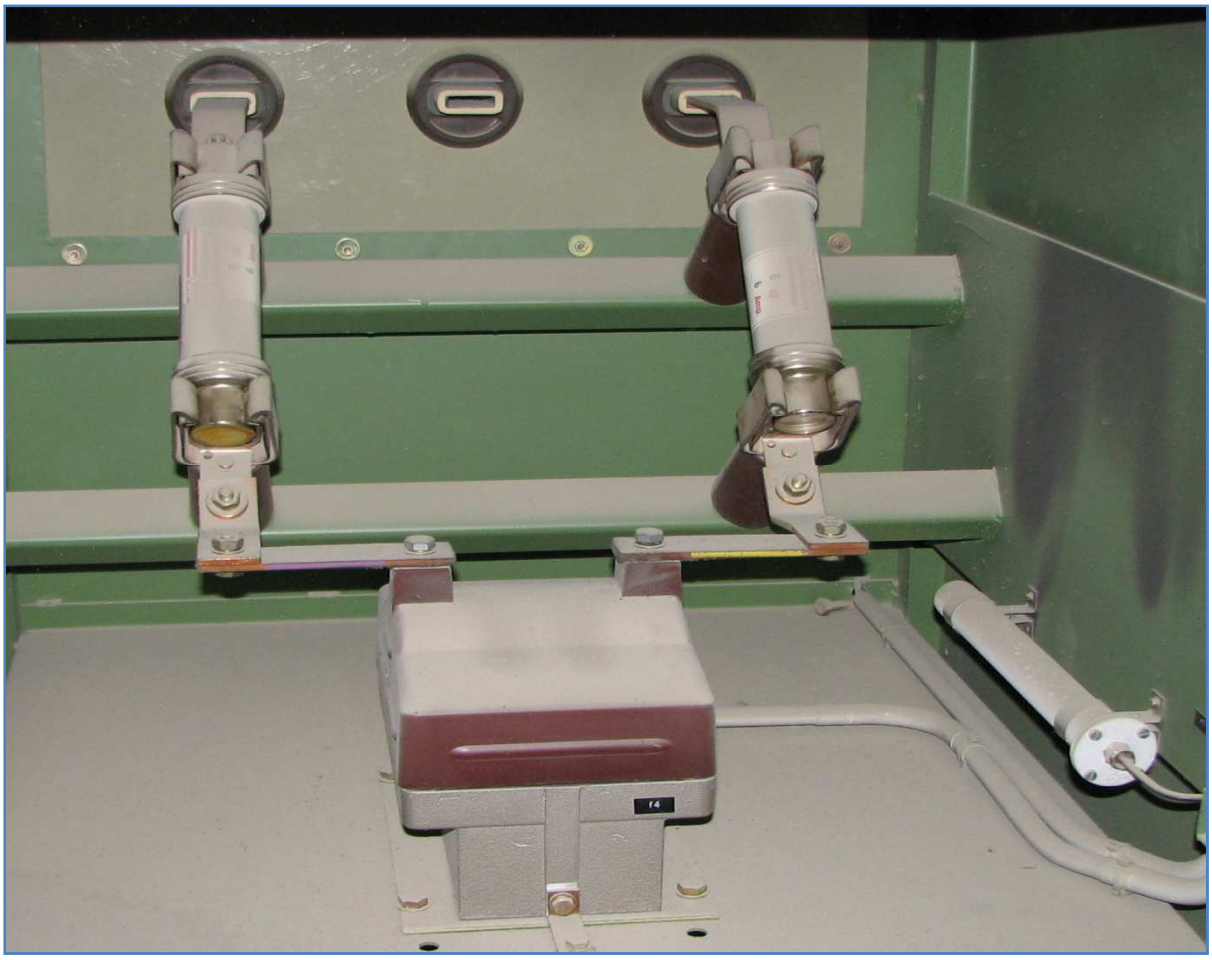
۱۴ - 1000:1

۱۵ - 2000:1

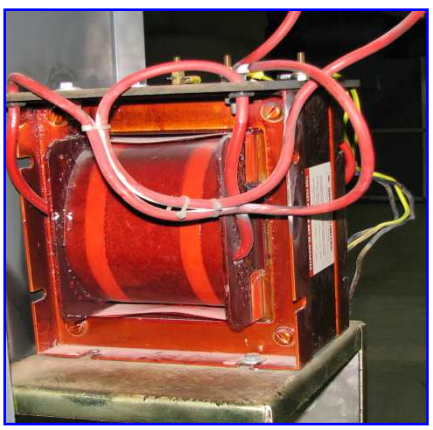
۱۶ - 3000:1

۱۷ - 4500:1





SS3PT



**شکل ۷-۵ کاربرد PT در حفاظت رله ای**

**مثال ۶** : اگر در شبکه آمریکا نسبت 3000:1 PT باشد ولتاژ اولیه یا ولتاژ شبکه چقدر است

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{3000}{1} \times 120 = 360000\ V$$

$$V_1 = 360\ [KV]$$

در عمل ، ثانویه PT ها به وسائل حساس نسبت به ولتاژ وصل می گردند مانند رله های ولتمتریک یا واتمتریک .

امپدانس این وسائل زیاد می باشد ولی بی نهایت نیست

توان نامی در ثانویه PT ها معمولاً ولت آمپر است .

نکته مهم در PT ها رعایت پلاریته صحیح می باشد و گاهی در صورت عدم رعایت آن نتایج اشتباه آمیزی پدید می آید .

**مثال ۷** : دو PT بصورت مثلث باز (Λ) نصب شده اند .

ولتاژ اولیه بشرح ذیل است :

$$\bar{V}_{AB} = 230000\angle 0^\circ$$

$$\bar{V}_{BC} = 230000\angle -120^\circ$$

$$\bar{V}_{CA} = 230000\angle +120^\circ$$

مشخصات هر دو PT ، 240 KV: 120 V می باشد مطلوبست محاسبه $\bar{V}_{ab}$ ، $\bar{V}_{bc}$ ، $\bar{V}_{ca}$ در دو حالت :

الف : بلا ریته PT ها مطابق شکل V (c) باشند

ب : بلا ریته $PT_2$ بطرف راست جا بجا شود .

حل :

حالت الف :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{2000}{1}$$

$$\frac{V_{ab}}{V_{AB}} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{2000}$$

$$\bar{V}_{ab} = \frac{1}{2000}(V_{AB}) = \frac{1}{2000}(230000 \angle 0^\circ) = 115 \angle 0^\circ$$

$$\bar{V}_{bc} = \frac{1}{2000}(V_{BC}) = \frac{1}{2000}(230000 \angle -120^\circ) = 115 \angle -120^\circ$$

با بکار بردن KVL داریم :

$$\bar{V}_{ab} + \bar{V}_{bc} + \bar{V}_{ca} = 0$$

$$\bar{V}_{ca} = -(\bar{V}_{ab} + \bar{V}_{bc}) = -(115 \angle 0^\circ + 115 \angle -120^\circ)$$

$$\bar{V}_{ca} = -(115 + 115 \cos 120^\circ + j115 \sin 120^\circ)$$

$$\bar{V}_{ca} = -(115 - 57.5 - j\,57.5\sqrt{3})$$

$$\bar{V}_{ca} = -(57.5 - j\,57.5\sqrt{3})$$

$$\bar{V}_{ca} = -115 \angle -60^\circ = 115 \angle 180^\circ - 60^\circ$$

$$\bar{V}_{ca} = 115 \angle 120^\circ \ V$$

حالت ب :

اگر نقطه بلا ریته در ترانس ولتاژ از سمت چپ به سمت راست انتقال پیدا کند در

نتیجه داریم :

$V_{ab} = 115 \angle 0^\circ$

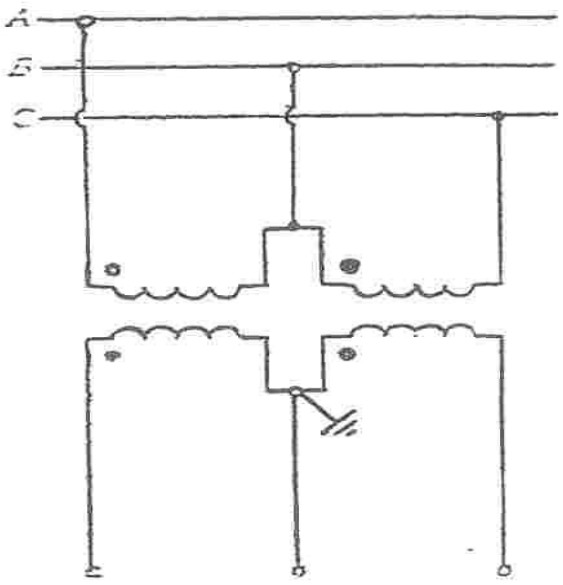
$V_{bc} = -115 \angle -120^\circ$

$V_{ca} = -(V_{ab} + V_{bc})$

$V_{ca} = -(115 \angle 0^\circ + (-115 \angle -120^\circ)) = -(115 + 115 \angle 60^\circ)$

$V_{ca} = 199 \angle -150^\circ$

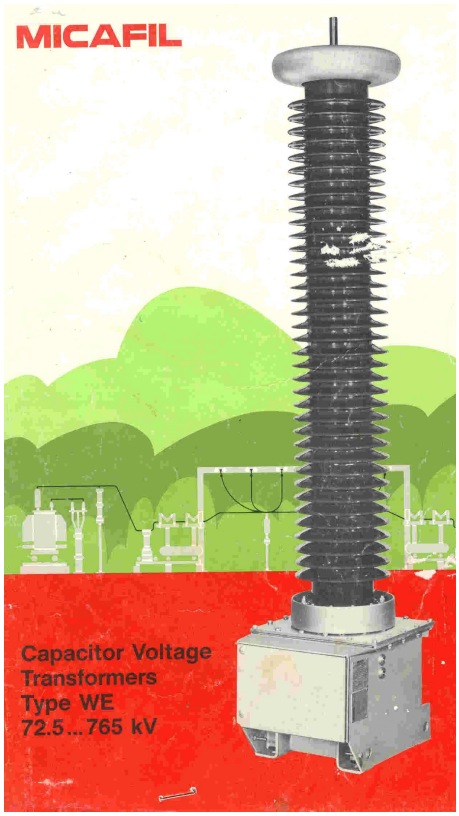
چنانچه مشاهده شد خروجی PT ها متعادل نیست پس بایستی یا ریته در موقع اتصال مد نظر قرار گیرد .



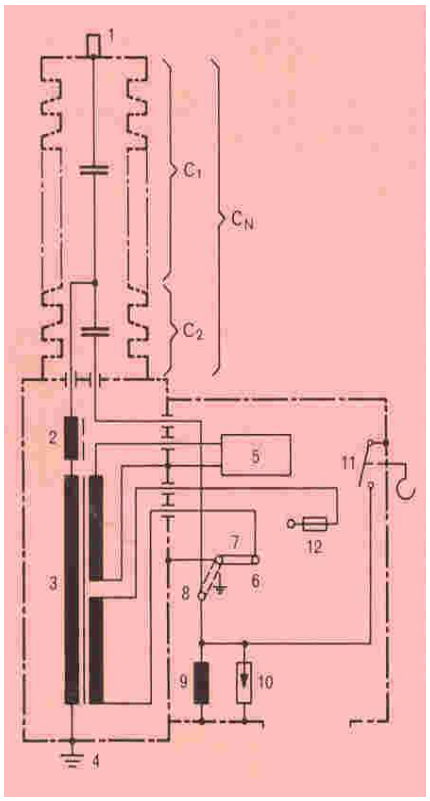

**شکل ۸-۵**

## ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی

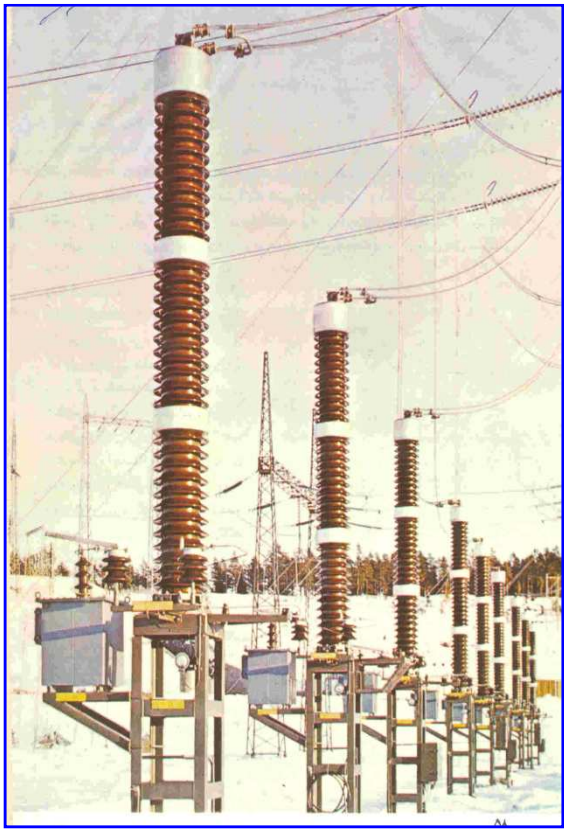
برای اندازه گیری نمونه ولتاژ شبکه فشار قوی از ولتاژ ۶۳ کیلو ولت به بالا از **CVT** استفاده می شود.
در شکل ۹-۵ یک دستگاه **CVT** و در شکل ۱۰-۵ مدار معادل این **CVT** مشاهده می شود. کاربرد **CVT** در شبکه های فشارقوی و فوق فشارقوی نسبت به **PT** اقتصادی تر و مطمئن تر است.




شکل ۹-۵




شکل ۱۰-۵

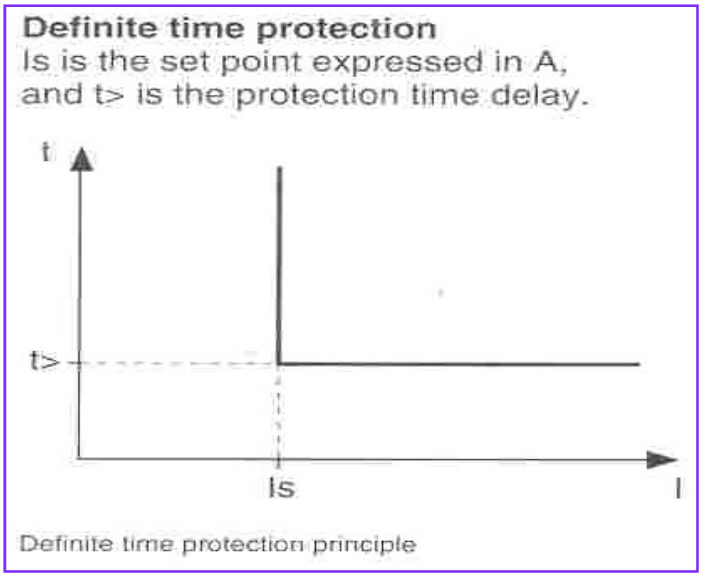


شکل ۱۱-۵

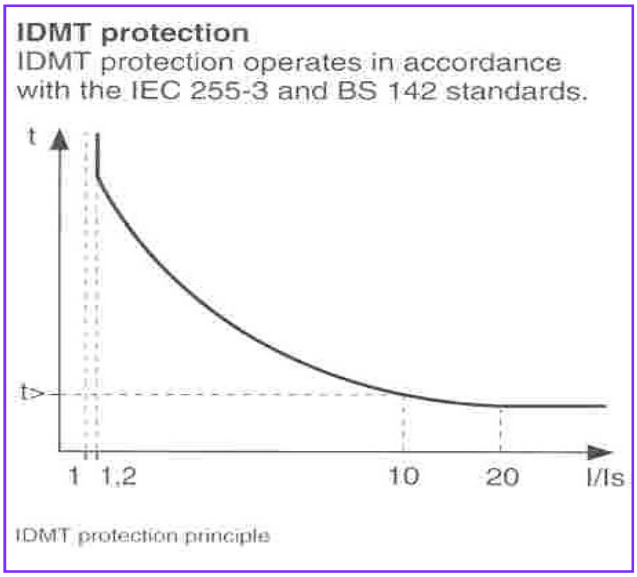
## ۶- انواع رله های جریان زیاد ونحوه نصب آنها در شبکه

- رله جریان زیاد با زمان ثابت
- رله جریان زیاد با زمان معین
- رله جریان زیاد کاهشی استاندارد
- رله جریان زیادخیلی کاهشی
- رله جریان زیاد بی نهایت کاهشی
- رله جریان زیاد کاهشی بسیار سریع
- رله جریان زیاد جهت دار

### ۶-۱- مشخصه های رله های جریان زیاد با ثابت و کاهشی با زمان معین

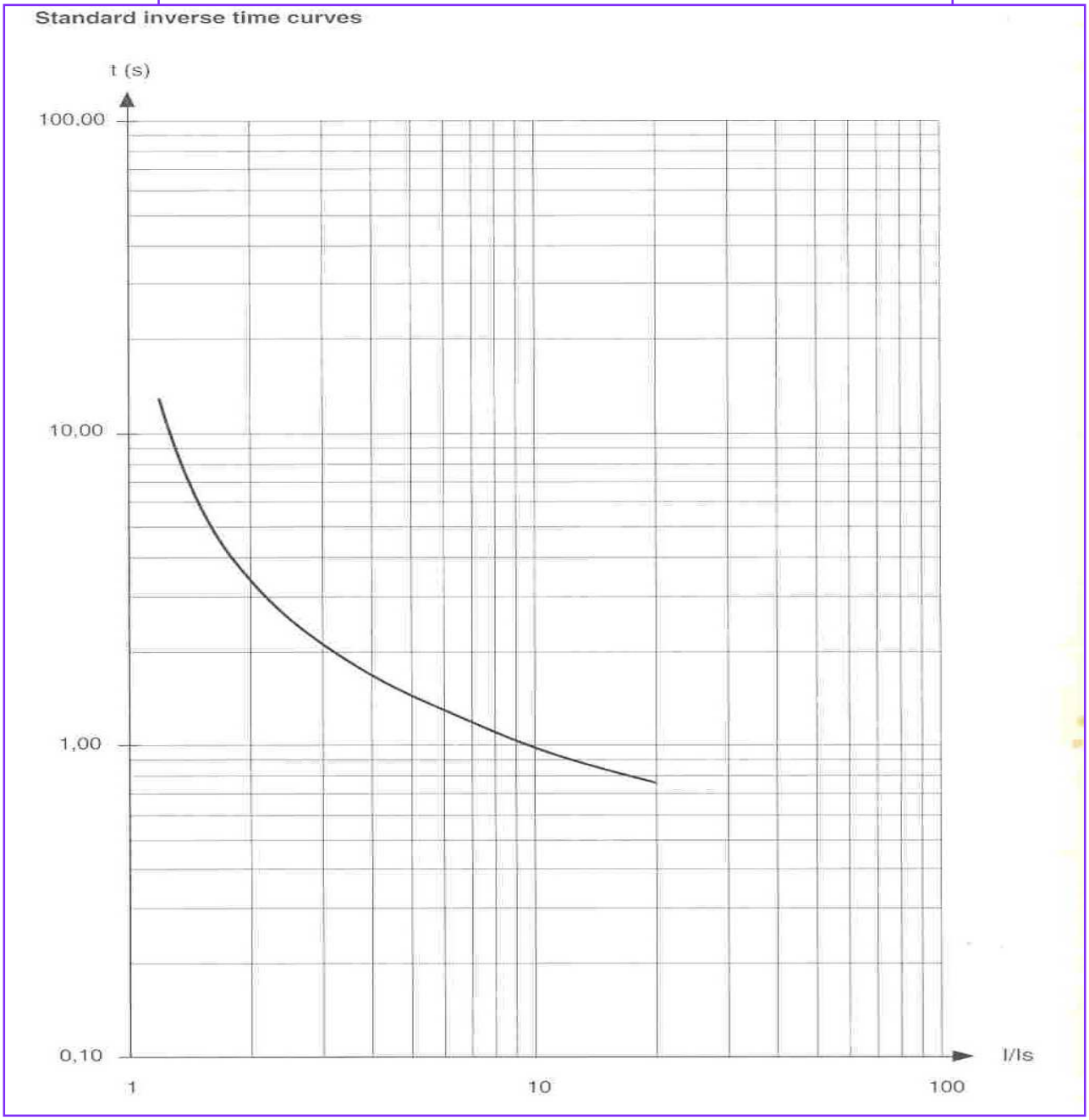



شکل ۶-۱




شکل ۶-۲

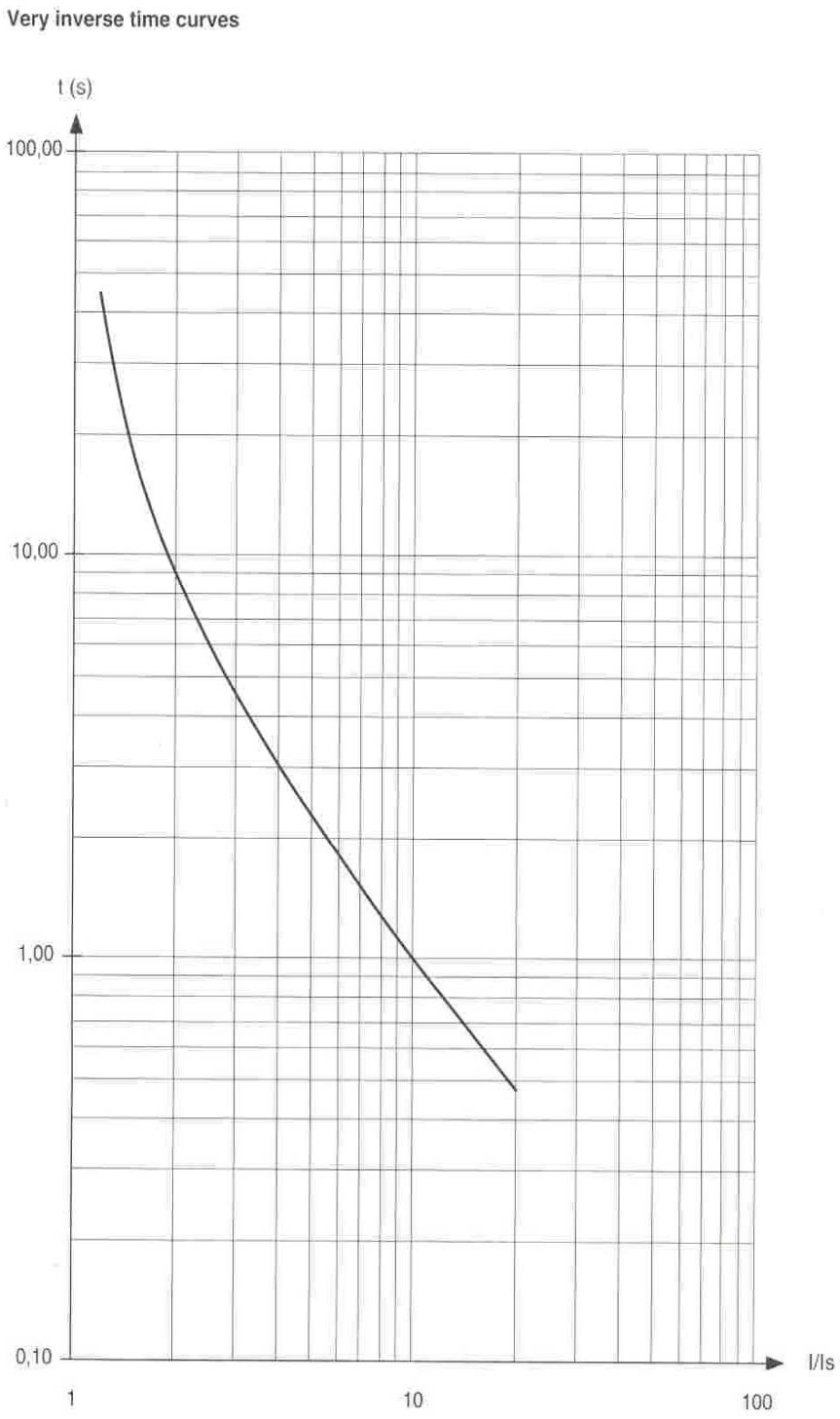
## مشخصه رله های جریان زیاد کاهشی استاندارد




$$t = \frac{0.14}{(I_{sc} / I_{set})^{0.02} - 1} \cdot TMS$$

شکل ۳-۶

## رله ی جریان زیاد خیلی کاهشی

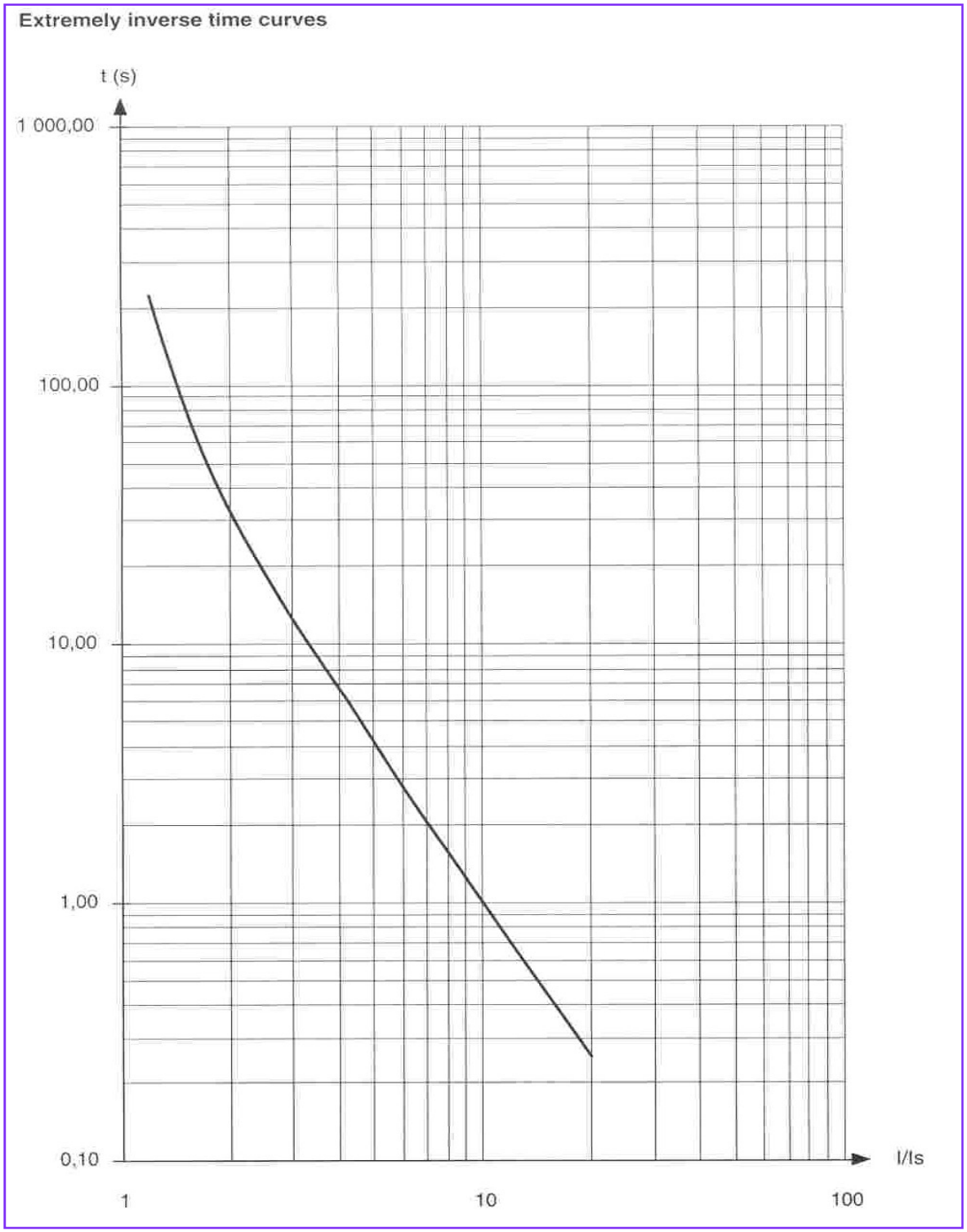



■ very inverse time **VIT**

$$t = \frac{13.5}{(I / Is) - 1} \cdot TMS$$

شکل ۴-۶

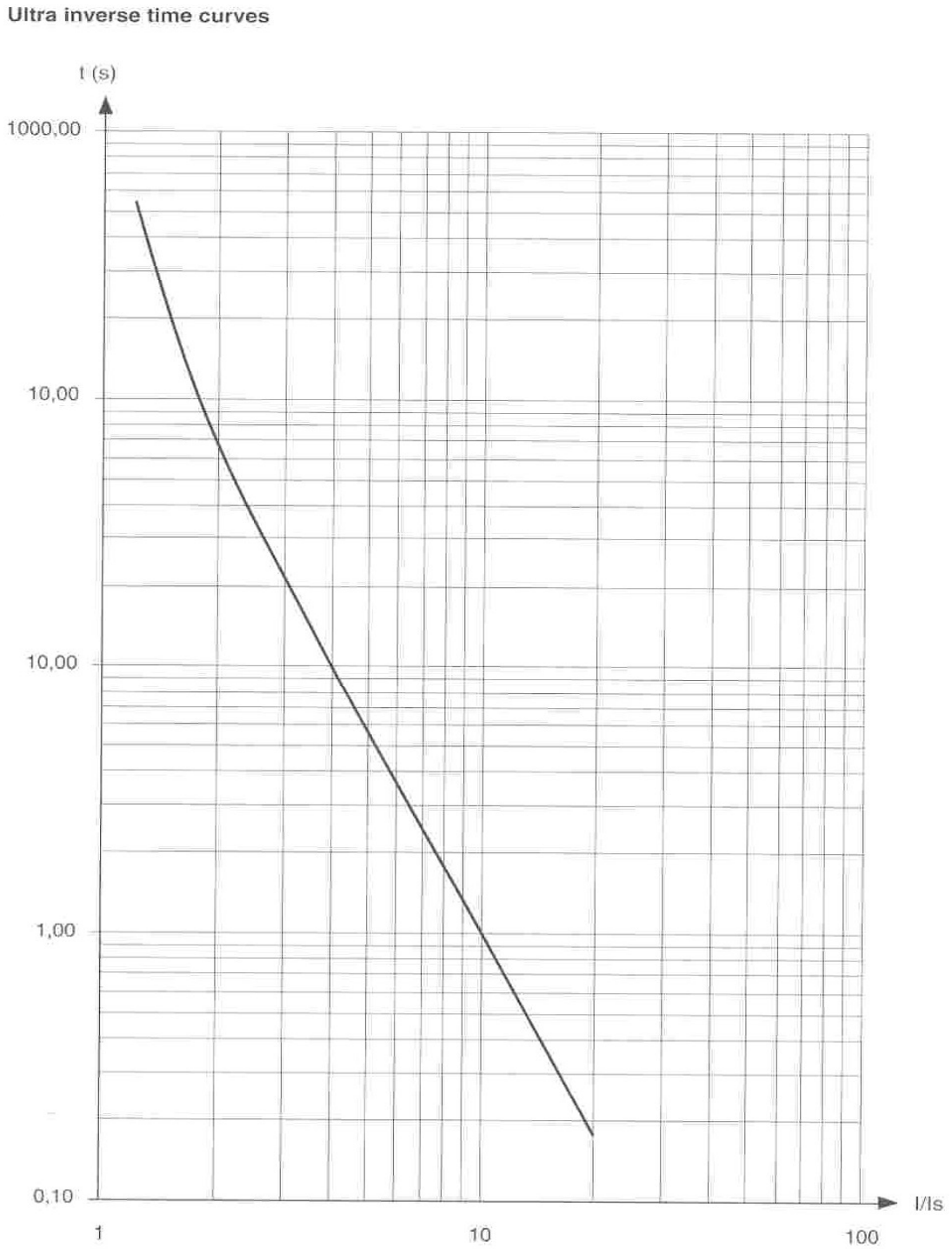
## رله ی جریان زیاد بی نهایت کاهشی




■ extremely inverse time **EIT**

$$t = \frac{80}{(I / Is)^2 - 1} \cdot TMS$$

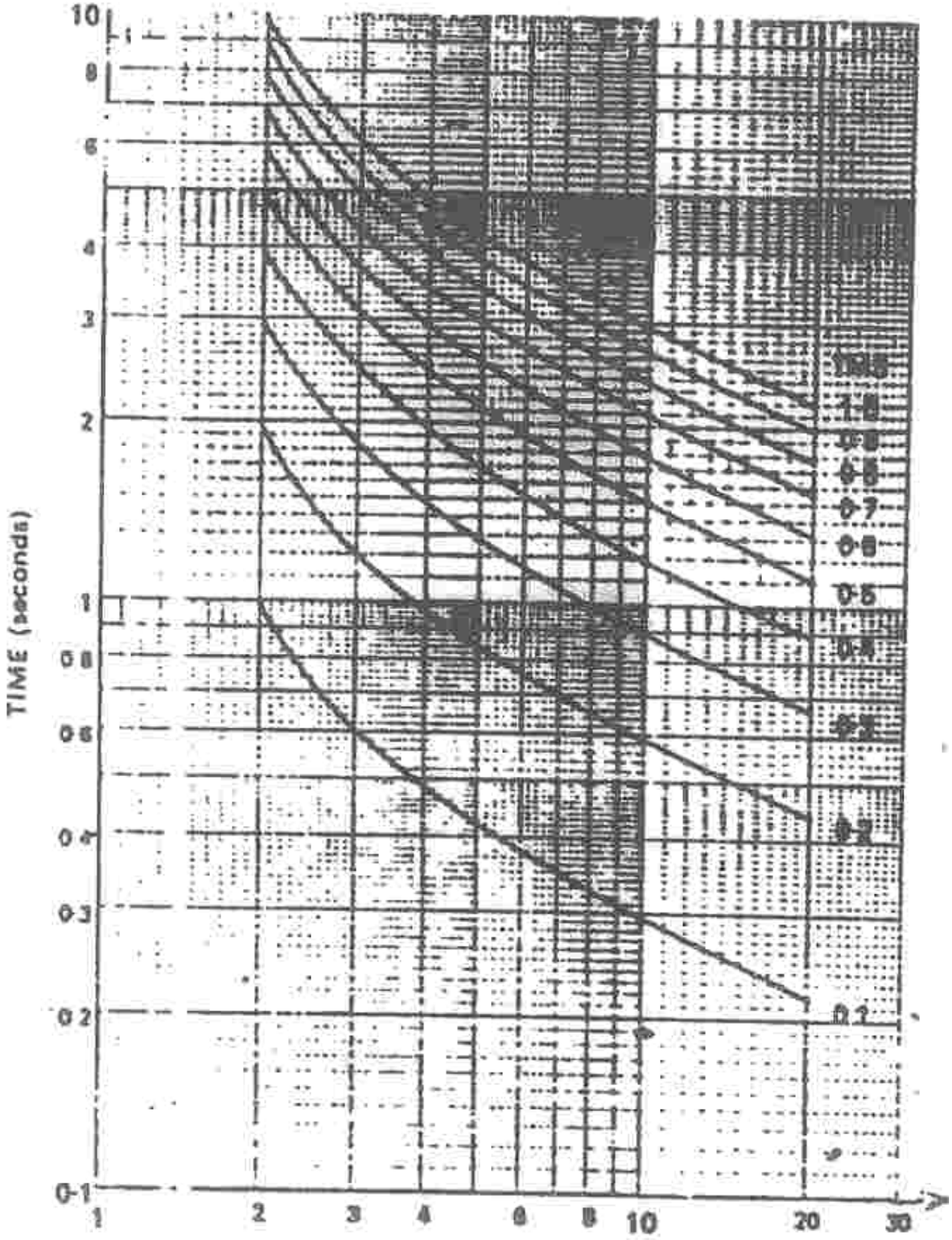
شکل ۵-۶




■ ultra inverse time **UIT**

$$t = \frac{315 \cdot TMS}{(I / Is)^{2.5} - 1}$$

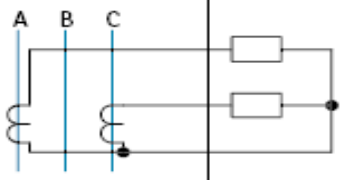
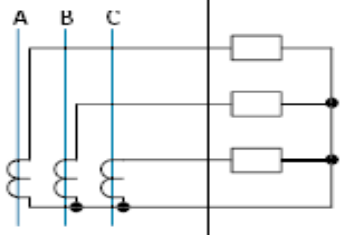
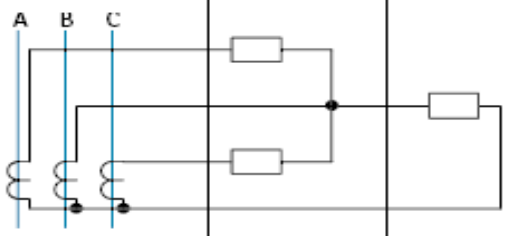
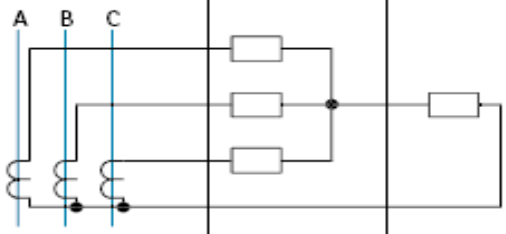
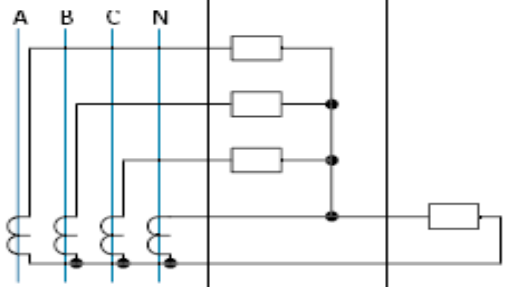
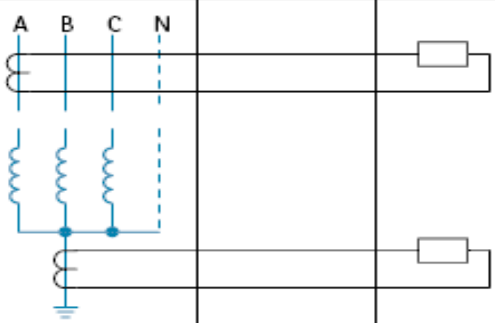
شکل ۶-۶


TIME (seconds)
10
8
6
4
3
2
1
0·8
0·6
0·4
0·3
0·2
0·1
1
2
3
4
6
8
10
20
30
0·7
0·6
0·5
0·4
0·3
0·2
0·1
Time Multiplier Setting
Current Isc/In

شکل ۷-۶ ۴۸

## ۲ -۶-روش های نصب رله جریان زیاد

روش های نصب رله های جریان زیاد در شبکه ها مطابق شکل ۸-۶ است.

| | CT connections | Phase elements | Residual-current elements | System | Type of fault | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (a) |  | | | 3Ph. 3w | Ph. - Ph. | Petersen coil and unearthed systems. |
| (b) |  | | | 3Ph. 3w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E* | * Earth-fault protection only if earth-fault current is not less than twice primary operating current |
| (c) | | | | 3Ph. 4w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E*<br>(iii) Ph. - N | |
| (d) |  | | | 3Ph. 3w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E | Phase elements must be in same phases at all stations. Earth-fault settings may be less than full load |
| (e) |  | | | 3Ph. 3w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E | Earth-fault settings may be less than full load |
| (f) | | | | 3P . 4w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E<br>(iii) Ph. - N | Earth-fault settings may be less than full load, but must be greater than largest Ph. - N load |
| (g) |  | | | 3Ph. 4w | (i) Ph. - Ph.<br>(ii) Ph. - E<br>(iii) Ph. - N | Earth-fault settings may be less than full load |
| (h) |  | | | 3Ph. 3w<br>or<br>3Ph. 4w | Ph. - E | Earth-fault settings may be less than full load |

Ph. – phase ; w – wire ; E – earth ; N – neutral

شکل ۸-۶ ۴۹

## ۳-۶- نحوه ی تنظیم رله های حفاظتی جریان زیاد

| functions | settings |
|---|---|
| **phase overcurrent** | |
| definite time DT, low set | 0.3 to 8 In |
| inverse time, low set | 0.3 to 2.4 In |
| definite time DT, high set | 1 to 24 In |
| **earth fault** | |
| definite time DT<br>low set | 0.05 to 2 In<br>0.1 to 1 A<br>1.5 to 60 A<br>0.05 to 2 Ino |
| definite time DT<br>high set | 0.05 to 10 In<br>0.1 to 20 A<br>1.5 to 300 A<br>0.05 to 10 Ino |
| inverse time<br>low set | 0.05 to 1 In<br>0.1 to 2 A<br>1.5 to 30 A<br>0.05 to 1 Ino |
| **thermal overload** | |
| | negative sequence factor : 0 |
| | time constants |
| | alarm : 0.9 tripping setting |
| | 50% to 200% of nominal the |
| | starting authorization: 50% t |
| **negative sequence overcurrent** | |
| | 0.2 to 0.5 Ib |
| **locked rotor / excessive starting time** | |
| | 1.5 Ib |
| **starts per hour** | |
| | 1 to 60 per hour<br>1 to 60 consecutive |

## ۷- حفاظت توسط فیوزهای کندکار

فیوز کندکار عبارتست از یک سیم حرارتی که در مسیر جریان الکتریکی موتور القایی قرار می گیرد و به ازای جریان مشخصی در زمان معینی ذوب می شود.

فیوزهای کندکار که برای حفاظت موتورهای الکتریکی استفاده می شوند ، دارای قدرت قطع بالا (High Rupturing Capacity ) بوده و اصطلاحاً به آن ها فیوزهای HRC کندکار گفته می شود.

درصورت انتخاب صحیح فیوز ، جریان اتصال کوتاه ناشی از خطاهای اتصال دوفاز در سیم پیچی ، ترمینالها و کابل تغذیه کننده ی موتور به قدری سریع قطع می شود که این جریان فرصت خسارت واردکردن به موتور القایی را پیدا نمی کند.

خاصیت قطع سریع جریانها توسط فیوز ، یکی از بزرگترین برتری آن ها نسبت به کلیدهای اتوماتیک است. مزیت دیگر فیوزها عدم نیاز آن ها به CT می باشد.

البته مشخصه ی فیوزهای کندکار به صورتی است که با توجه به جریان راه اندازی زیاد موتور که حدوداً ۵ تا ۷ برابر جریان نامی آن است ، در زمان راه اندازی هیچ گونه عملکردی نخواهد داشت.

عیب عمده ی فیوزها آن است که نمی توان آنها را از دور کنترل نمود و مدار را قطع و وصل کرد.

### ۷-۱- مشخصات فیوزهای ذوب شونده

معمولاً هنگام انتخاب فیوز می بایست با توجه به مشخصات آن و فاکتورهای مورد نظر در طراحی ، فیوز مناسب را انتخاب کرد. مشخصات فیوزهای کندکارHRC به این شرح است:

#### ۱- ولتاژ نامی:

ولتاژی است که فیوز چه در حالت سالم و چه در حالت سوخته باید تحمل کند. این ولتاژ معمولاً قدری بیشتر از ولتاژ نامی مدار است.

#### ۲- جریان نامی پیوسته فیوز:

فیوز بایستی قادر باشد بدون آن که بسوزد ، این جریان را تحمل کند.

#### ۳- جریان نامی قطع فیوز:

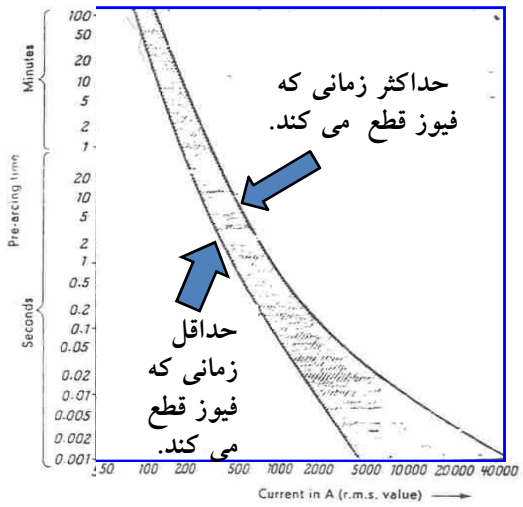
جریانی است که تحت آن المنت حرارتی فیوز می سوزد. این جریان بیشتر از حداکثر جریان مؤثری است که مدار می تواند در شرایط نرمال از خود عبور دهد.

#### ۴- مشخصه زمانی_ جریانی فیوز:

از آن جایی که عنصر یا المنت فیوز در اثر حرارت ناشی از عبور جریان الکتریکی ذوب می شود ،

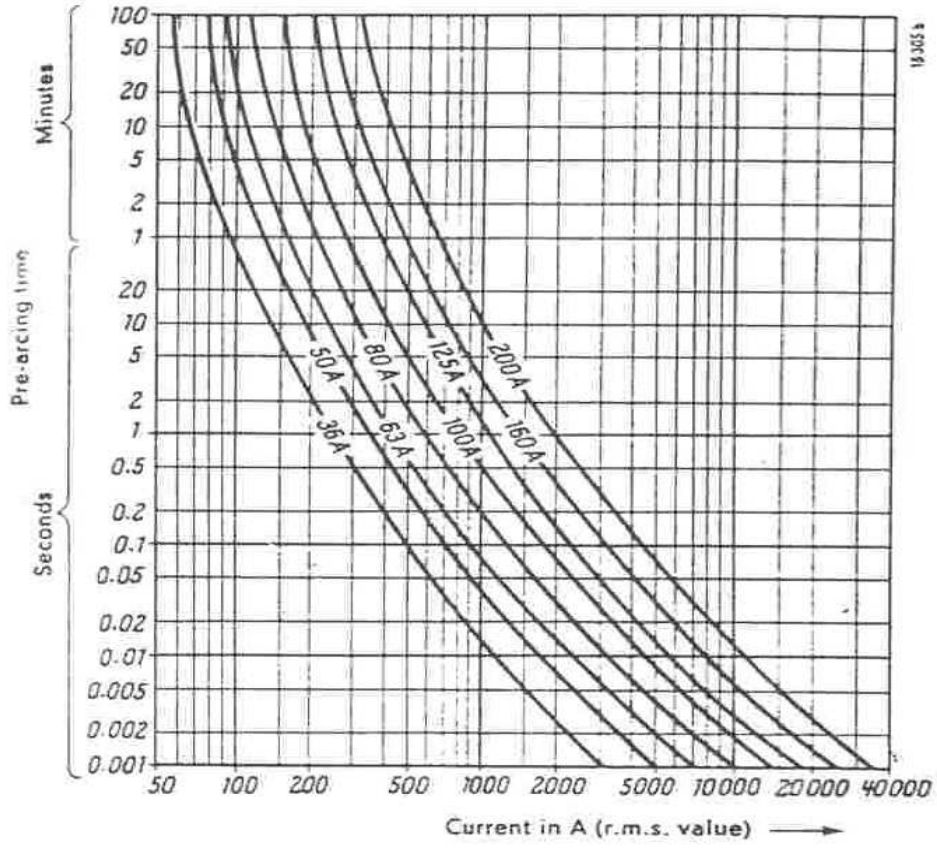
مقدار این حرارت از رابطه $Q = 0.24\ Ri^2t$ قابل محاسبه است. چون ذوب عنصر حرارتی فیوز در اثر عبور جریان با تأخیر انجام می شود ، بنابراین فیوزها دارای عملکرد تأخیری هستند.

مشخصه زمانی _ جریانی فیوزهای ذوب شونده مشابه شکل ۱-۷ است. قسمت بالای منحنی مشخصه مربوط به عملکرد تأخیری فیوز و قسمت پایین فیوز مربوط به عملکرد سریع آن است. از طرفی بهتر آن است که قسمت هاشور زده مشخصه در انتخاب فیوز مورد بهره برداری قرار نگیرد ، زیرا در این ناحیه ممکن است که قسمتی از عنصر حرارتی ذوب شده باشد و در نتیجه بهره برداری از فیوز غیرقابل پیش بینی است.

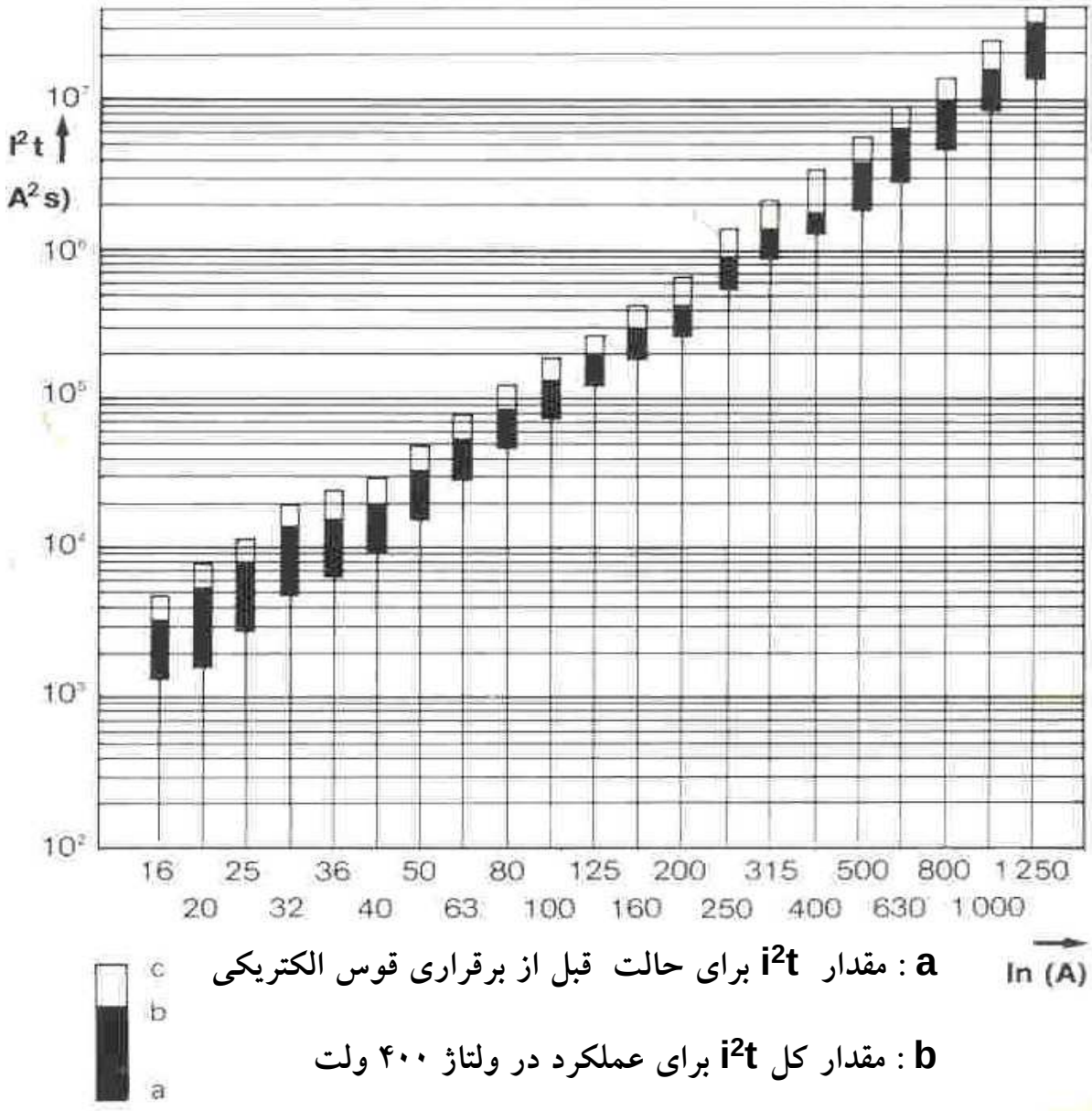



شکل ۱-۷

شکل ۲-۷ مشخصه زمانی _ جریانی فیوز های حرارتی ذوب شونده را نشان می دهد.



**۵- مشخصه $i^2t$ فیوز:** برای ذوب فیوز حد دمای لازم را تابع $i^2t$ تعیین می کند. شکل ۳-۷ یک نمونه از این مشخصه را نشان می دهد.




**a** : مقدار $i^2t$ برای حالت قبل از برقراری قوس الکتریکی

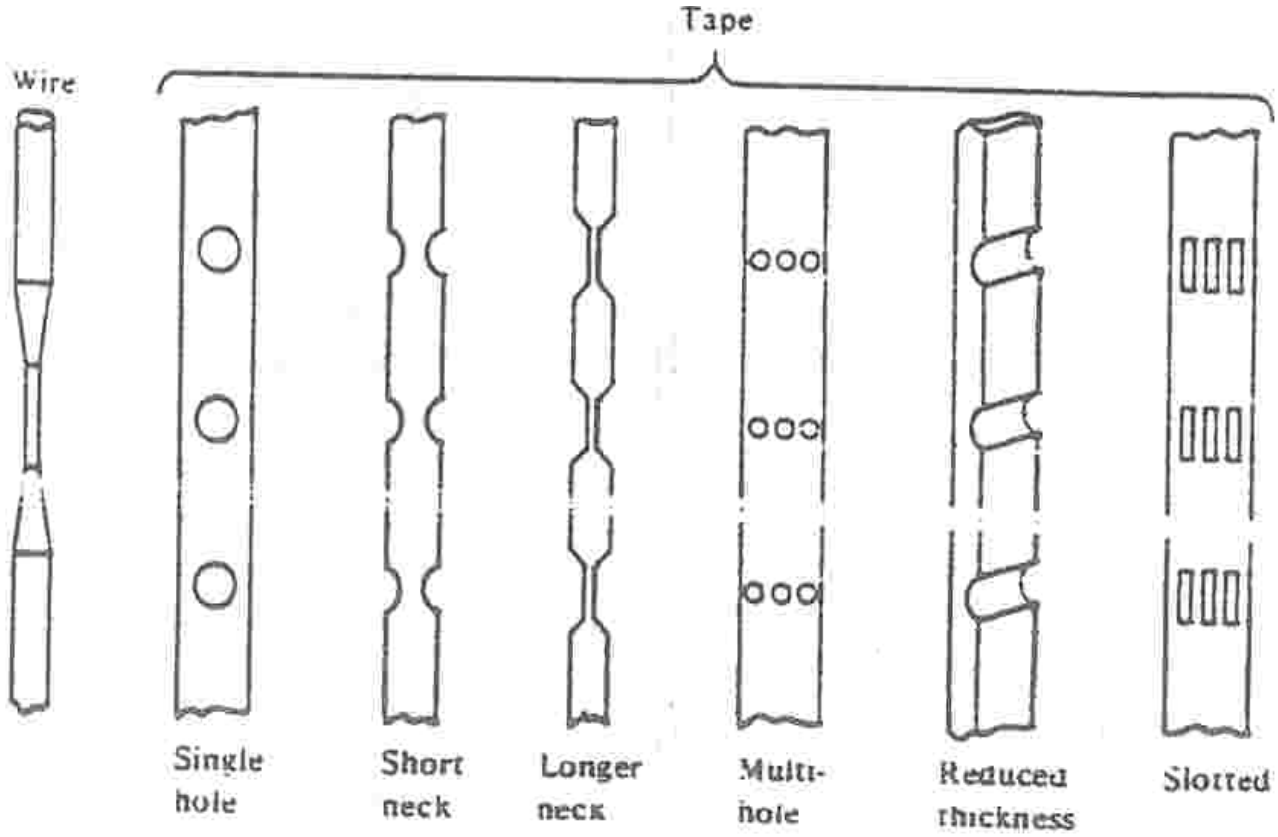
**b** : مقدار کل $i^2t$ برای عملکرد در ولتاژ ۴۰۰ ولت

**C** : مقدار کل $i^2t$ برای عملکرد در ولتاژ ۵۰۰ ولت

شکل ۳-۷

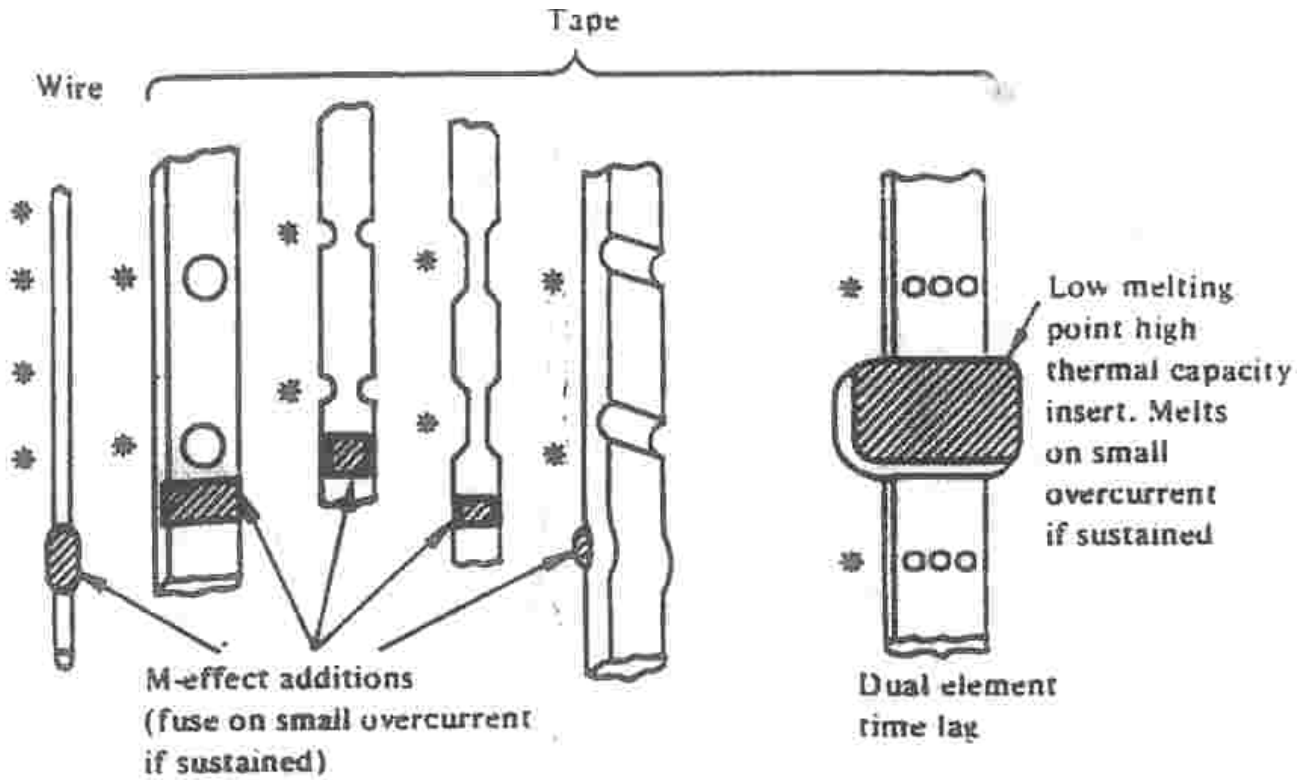
**۲-۷- انواع المنت فیوز های HRC :**

**المنت حرارتی فیوزهای HRC مطابق شکل ۴-۷ و ناحیه ی ذوب آنها مطابق شکل ۵-۷ است.**




*Typical fuse elements with constrictions*

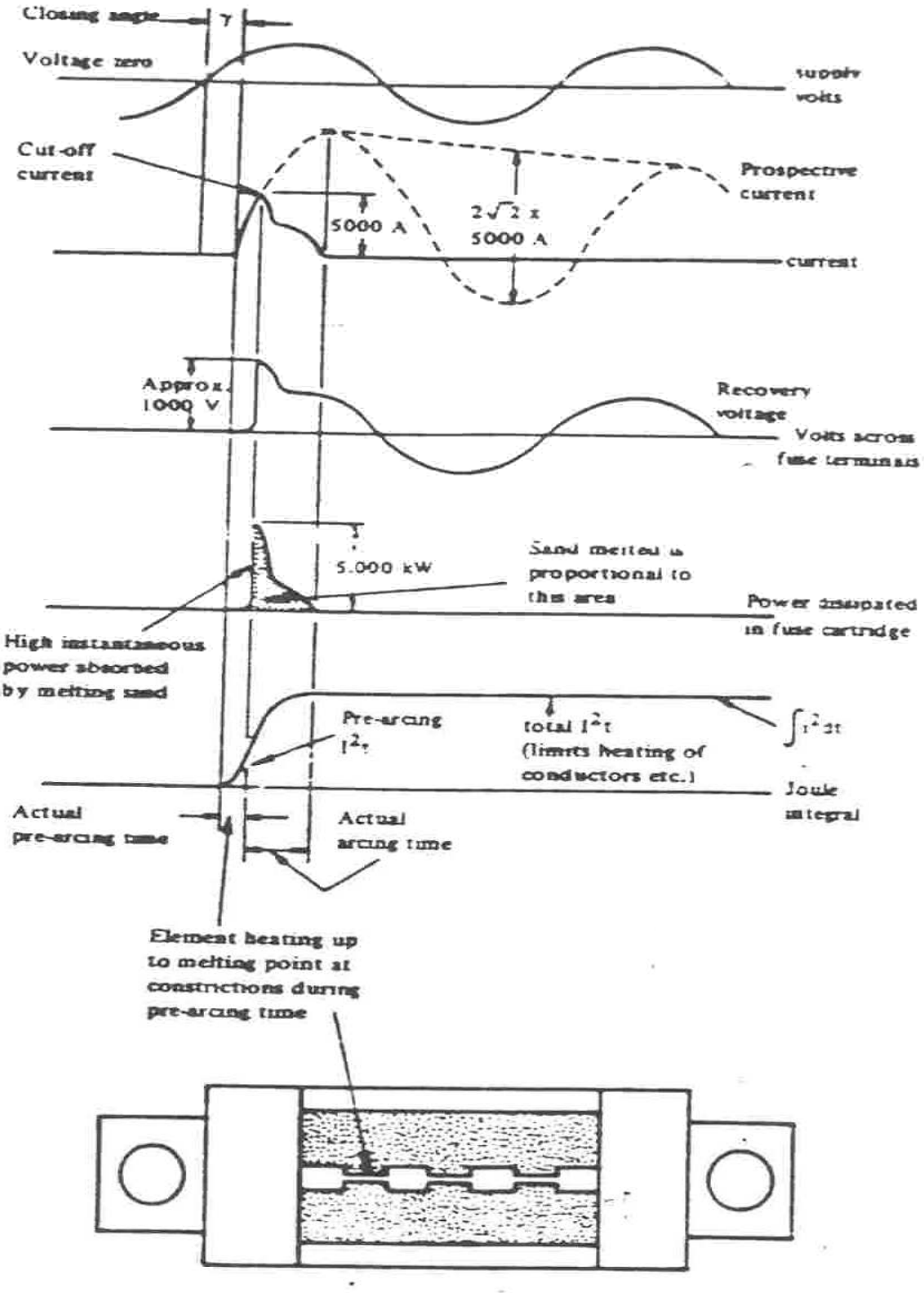
**شکل ۴-۷**



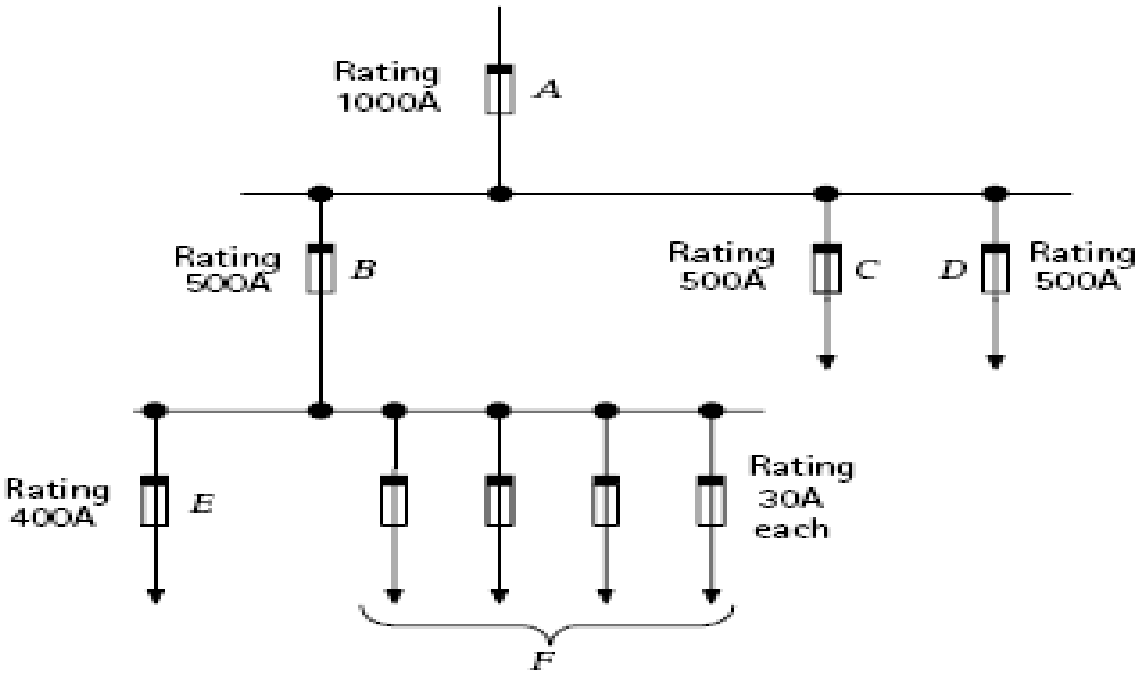

* Region which melts on high overcurrent

**شکل ۵-۷**

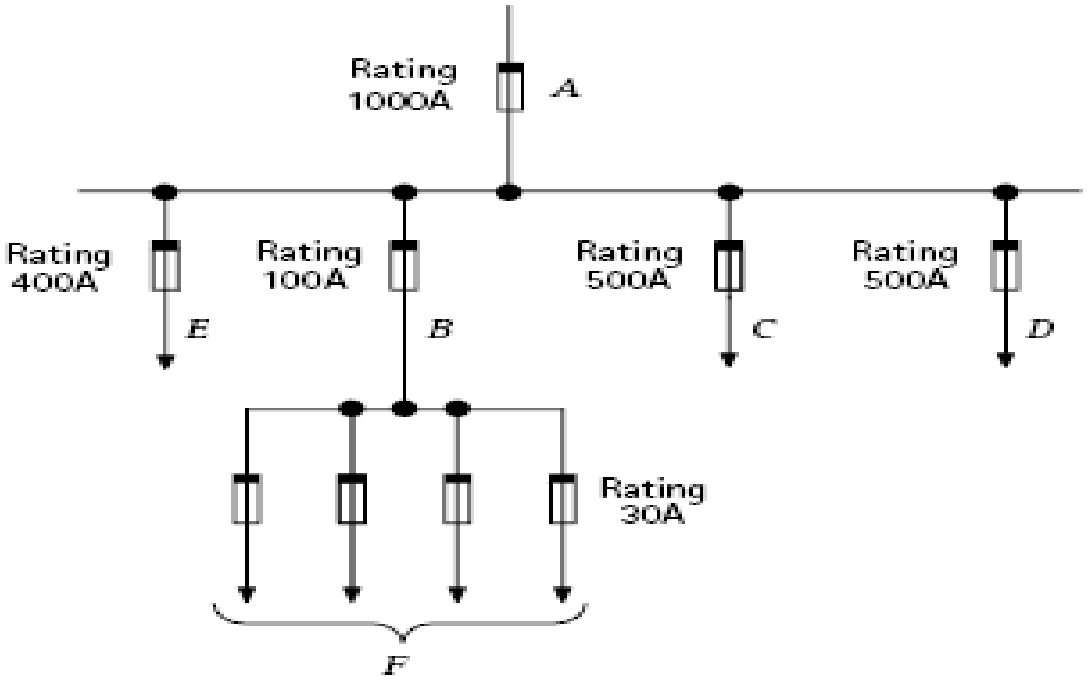
## ۳-۷- مشخصه های فیوز HRC هنگام قطع جریان الکتریکی




شکل ۶-۷



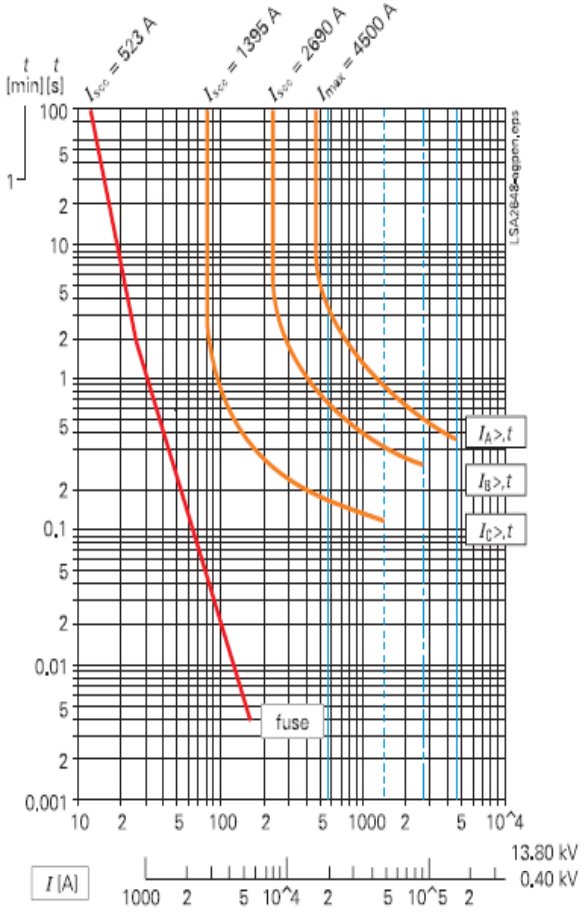

(a) Incorrect layout giving rise to problems in discrimination



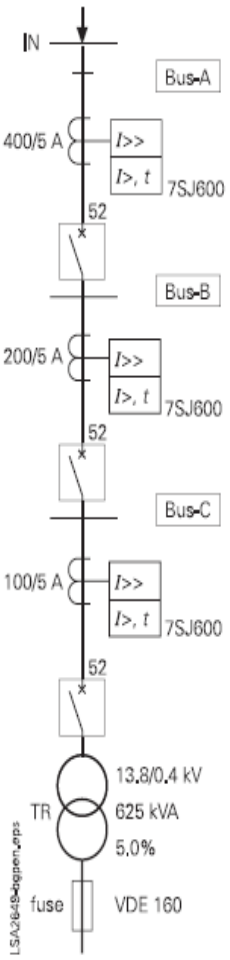

(b) Correct layout and discrimination

شکل ۷-۷

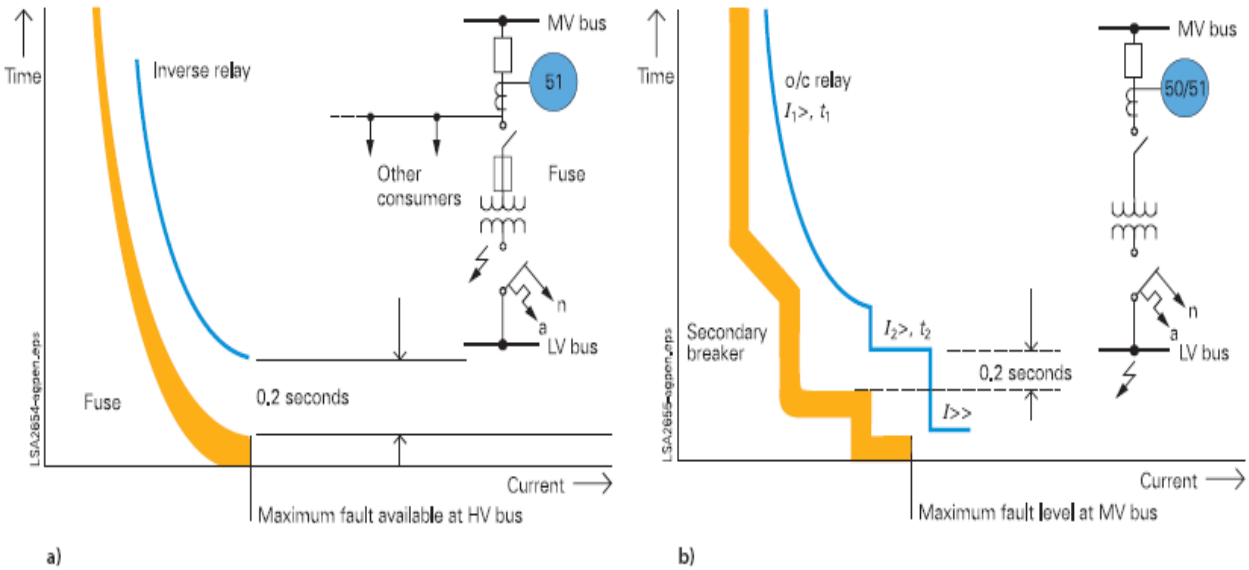
# هماهنگی فیوز با رله های جریان زیاد




O/c time grading diagram

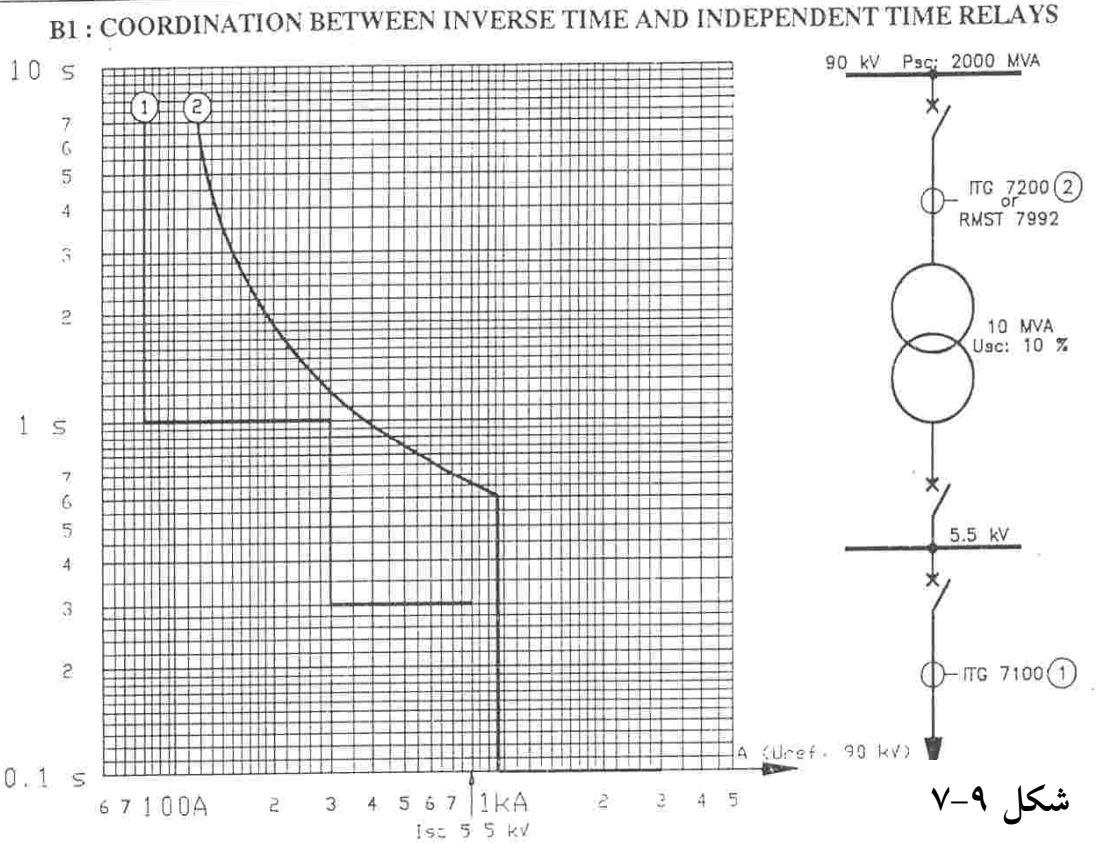



| Setting range | Setting |
|---|---|
| $I_p$ = 0.10 - 4.00 $I_N$ | $I_p$ = 1.0 $I_N$ |
| $T_p$ = 0.05 - 3.2 s | $T_p$ = 0.17 s |
| $I>>$ = 0.1 - 25 $I_N$ | $I>>$ = ∞ |
| $I_p$ = 0.10 - 4.00 $I_N$ | $I_p$ = 1.0 $I_N$ |
| $T_p$ = 0.05 - 3.2 s | $T_p$ = 0.11 s |
| $I>>$ = 0.1 - 25 $I_N$ | $I>>$ = ∞ |
| $I_p$ = 0.10 - 4.00 $I_N$ | $I_p$ = 0.7 $I_N$ |
| $T_p$ = 0.05 - 3.2 s | $T_p$ = 0.05 s |
| $I>>$ = 0.1 - 25 $I_N$ | $I>>$ = ∞ |
| HRC fuse 160 A | |

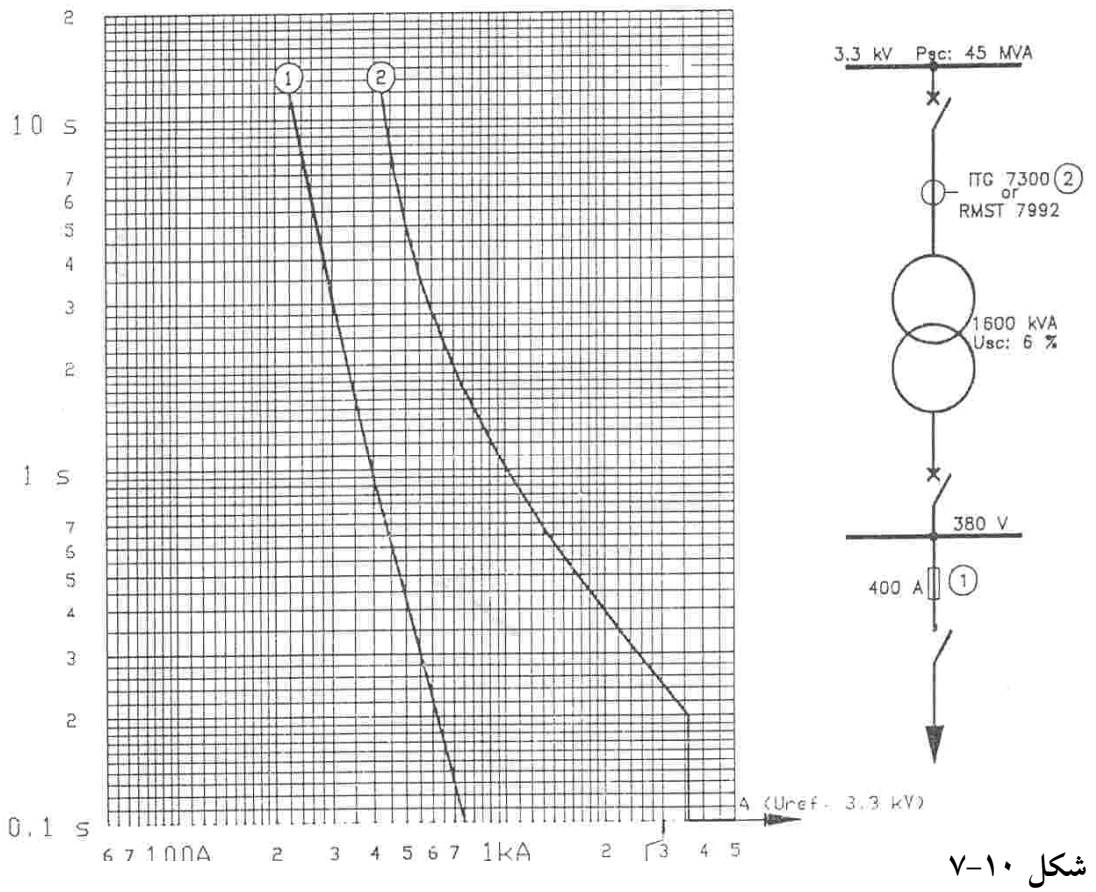



Coordination of an o/c relay with an MV fuse and low-voltage breaker trip device

شکل ۸– ۷



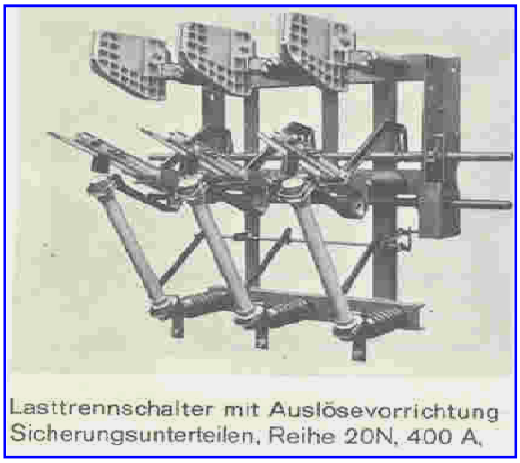

شکل ۹-۷



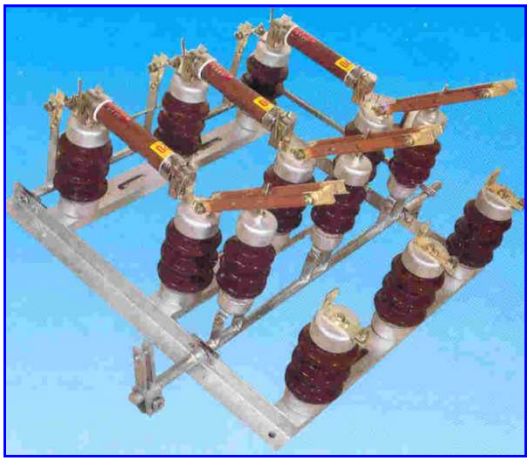

شکل ۱۰-۷

## ۳- فیوزهای فشارقوی HH یا HV HRC

این فیوزها در شبکه های فشار متوسط با قدرت اتصال کوتاه ۴۰۰ مگا ولت آمپر کاربرد دارد و عمداً با سکسیونر های قابل قطع زیر بار مانند شکل ۱۱-۷ سری می شوند.مشخصات آنها مطابق جدول ۱-۷ است.




( الف )



( ب )

شکل ۱۱-۷

مشخصات فیوز HH برای ولتاژ 3 تا 30 کیلو ولت

| ولتاژ نامی [kV] | جریان نامی [A] | جریان قطع نامی [kA] | قدرت قطع نامی [MVA] |
|---|---|---|---|
| 6 | 6 | 39 | 400 — 800 |
| | 10 | 39 | 400 — 800 |
| | 16 | 39 | 400 — 800 |
| | 25 | 39 | 400 — 800 |
| | 40 | 29 | 300 — 800 |
| | 63 | 39 | 400 — 700 |
| | 100 | 39 | 400 — 700 |
| | 160 | 39 | 400 — 700 |
| | 200 | 39 | 400 |
| 10 | 6 | 46 | 800 — 1200 |
| | 10 | 46 | 800 — 1200 |
| | 16 | 46 | 800 — 1200 |
| | 25 | 46 | 800 — 1220 |
| | 40 | 46 | 800 — 1000 |
| | 63 | 15 | 250 — 1000 |
| | 100 | 12 — 23 | 200 — 1000 |
| | 160 | 20 | 350 |
| | 200 | 20 | 350 |
| 20 | 6 | 29 | 1000 |
| | 10 | 29 | 1000 |
| | 16 | 29 | 1000 |
| | 25 | 26 | 900 — 1000 |
| | 40 | 23 | 800 — 1000 |
| | 63 | 12 | 400 |
| | 100 | 9 | 300 |
| 30 | 6 | 19 | 1000 — 1500 |
| | 10 | 19 | 1000 — 1500 |
| | 16 | 19 | 1000 — 1500 |
| | 25 | 17 | 900 — 1500 |

جدول ۱-۷

## ۸- وسایل کنترل و حفاظت الکتریکی ترانسفورماتورها

موارد حفاظت ترانسفورماتور عبارتست از:

الف - حفاظت داخلی ترانسفورماتور

۱- اتصال بدنه

۲- اتصال حلقه

۳- نشت روغن

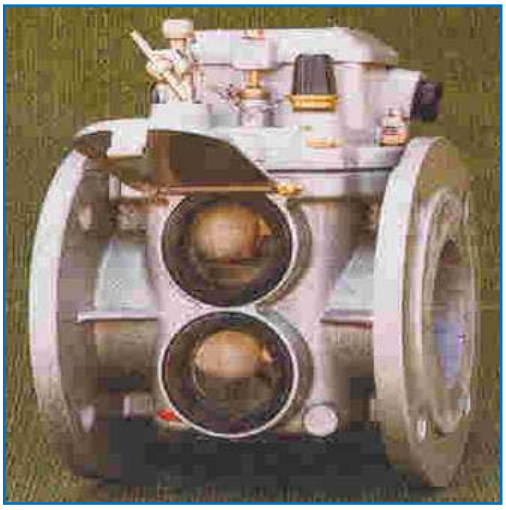
ب - حفاظت خارجی ترانسفورماتور

۱- بار زیاد

۲- جریان زیاد

۳- ولتاژ زیاد

۴- نوسان ولتاژ یا فلیکر (Voltage Fluctuation)



شکل ۱-۸

وسایل کنترل و حفاظت ترانسفورماتورها به این شرح است:

### ۱-۸- رله ی بوخهلتس

رله ی بوخهلتس مانند شکل ۱-۸ مجهز به دو المان آلارم و قطع است. المان بالایی ، سیستم آلارم را فعال می کند و المان پایینی هنگام وقوع اتفاق در روغن داخل مخزن اصلی ترانسفورماتور باعث تحریک Tripping Coil دیژنکتور ترانسفورماتور شده و ترانسفورماتور را از مدار خارج می کند.

هریک از المان ها دارای محفظه ی آلومینیومی سبک و توخالی به صورت فلوتر ( شناور ) است که حول یک محور می تواند چرخش نماید.

یک کلید جیوه ای روی بازوی هر فلوتر نصب شده و در اثر عواملی مانند کاهش سطح روغن ، سرعت بیش از حد مجاز حرکت روغن و ورود گاز به محفظه ی رله فعال می شود.

چنانچه میزان گاز کم باشد المان بالایی فعال شده و سیگنال آلارم را ارسال می کند و اگر شدت خطا بیشتر باشد ، میزان گاز ایجاد شده بیشتر شده و باعث تحریک المان پایینی و خارج شدن ترانسفورماتور از شبکه می شود.

در حالتی که نشت روغن در ترانسفورماتور وجود داشته باشد ، محفظه ی رله از روغن تخلیه شده و باعث قطع ترانسفورماتور می شود.

در قسمت بالای رله ی بوخهلتس یک شیر سماوری برای نمونه گیری از گاز جمع شده در داخل رله و تخلیه آن پس از حصول اطمینان از رفع اشکال و یک دکمه ی فشاری مکانیکی جهت شبیه سازی خطا و تست سوئیچ های آلارم و قطع نصب شده است.

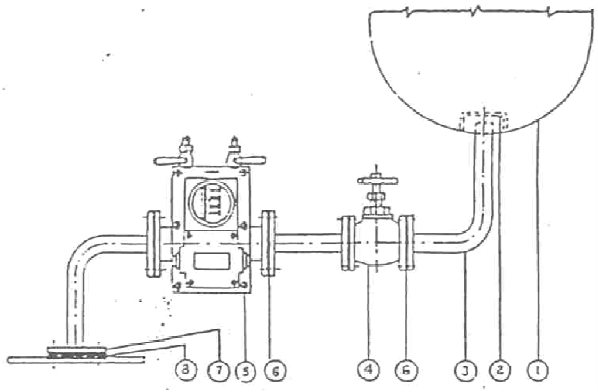
رله های بوخهلتس می توانند باعث تشخیص اشکالات قبل از صدمه رساندن به ترانسفورماتور گردند. البته این امر مستلزم دقّت نظر و سرعت در عملکرد ، پس از رخ دادن اتفاق است.

اشکالاتی که رله ی بوخهلتس می تواندآشکار نمایند به شرح زیر است:

* تش حرارتی در ورق های هسته ی ترانسفورماتور
* افزایش حرارت شدید در سیم پیچی ها
* ایجاد جرقه بر اثر شُل بودن ترمینال های داخلی
* اتصال بدنه یا اتصال زمین در داخل ترانسفورماتور
* اتصال کوتاه بین حلقه های سیم پیچی
* ایجاد شکست الکتریکی در مقره ها و عایق سیم پیچ ها
* کاهش سطح روغن
* حرکت سریع روغن با سرعتی بیش از حد مجاز رله

شکل ۲-۸ محل نصب رله ی بوخهلتس را در روی ترانسفورماتور نشان می دهد.

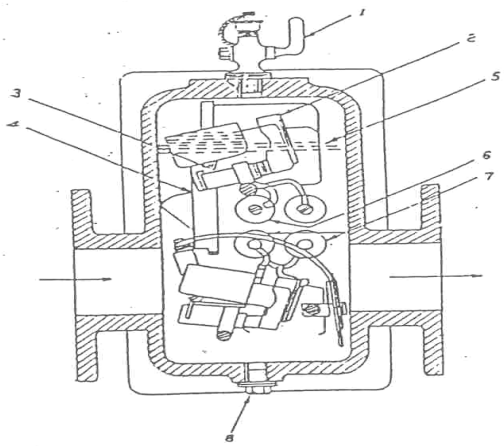
۱- مخزن انبساط روغن
۲- توری محافظ یا صافی
۳- لوله ی خروجی روغن
۴- شیر روغن
۵- رله ی بوخهلتس
۶- واشر
۷- فلنج اتصال به ترانسفورماتور
۸- واشر



شکل ۲-۸

شکل ۳-۸ اجزای رله ی بوحهلتس را نشان می دهد. این اجزا عبارتند از:

۱- شیر سماوری
۲- وزنه ی بالانس
۳- کلید جیوه ای
۴- اهرم تست
۵- سطح روغن
۶- المان آلارم
۷- المان قطع یا تریپ
۸- پیچ تخلیه ی روغن



شکل ۳-۸

## ۸-۲- رله ی جانسون

این رله به نام رله محافظ تپ چنجر نیز معروف است و ترانسفورماتور را از آسیب بیشتر ناشی از خطای بوجود آمده در محفظه ی کلید بار ( تپ چنجر ) محافظت می کند( شکل ۸-۴ ).

این رله در مسیر لوله ی ارتباطی محفظه ی تپ چنجر به منبع انبساط نصب می شود.

این رله دارای یک کنتاکت باز ، قطع کننده می باشد و هنگام بروز خطا در محفظه ی تپ چنجر ، شناور آن در مقابل ازدیاد فشار گاز ناشی از تجزیه روغن عمل کرده و ترانسفورماتور را به سرعت از مدار خارج می کند.

شکل ۸-۴

## ۸-۳- رله ی محافظ مخزن یا سوپاپ اطمینان

هنگام بروز اتصال کوتاه در داخل ترانسفورماتور ، گرمای زیاد ناشی از اتصال کوتاه سبب تجزیه ی سریع روغن و ایجاد گاز در حجم زیاد می شود.

تولید این گازها باعث فشارهای غیر مجاز شده و عدم تخلیه ی سریع آن ، ممکن است سبب تغییر فرم یا ترکیدگی مخزن اصلی ترانسفورماتور شود.

جهت حفاظت مخزن در مقابل این نیروهای لحظه ای از رله ی محافظ انفجار مخزن که در فشار ۰/۷ Bar عمل می کند ، استفاده می شود.

این رله دارای یک کنتاکت باز برای خارج کردن ترانسفورماتور از مدار است. شکل ۸-۵ این رله را نشان می دهد.

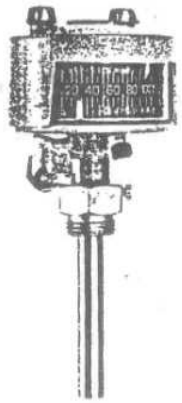
شکل ۸-۵

## ۸-۴- رله ی حرارتی

رله ی حرارتی یا ترمومتر برای کنترل دمای روغن و سیم پیچ های ترانسفورماتور ، راه اندازی فن ، الکتروپمپ سیرکولاسیون روغن ، ارسال سیگنال های آلارم و قطع برای حفاظت ترانسفورماتور ها است ( شکل ۸-۶ ).

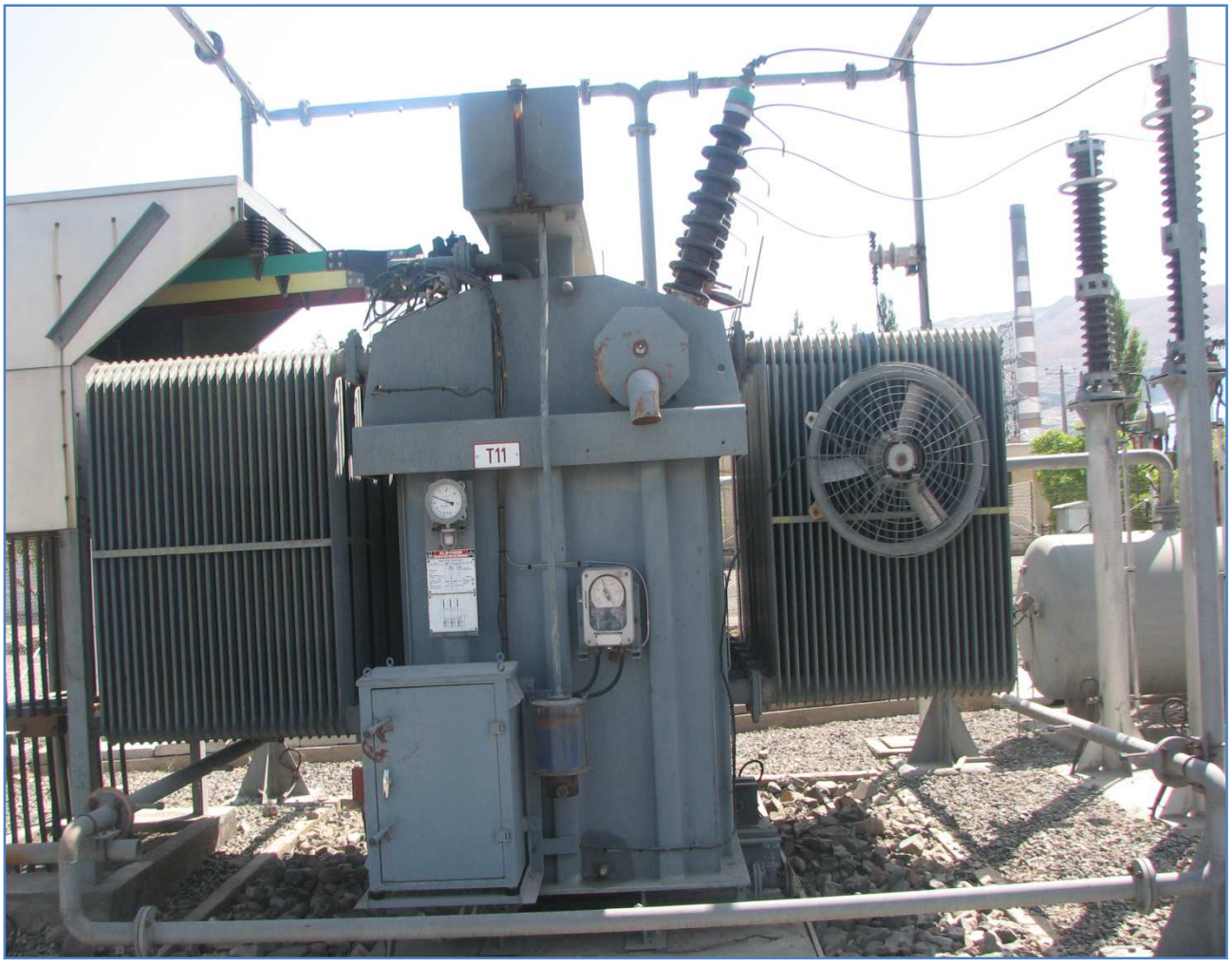
الف

ب



ج

شکل ۸-۶

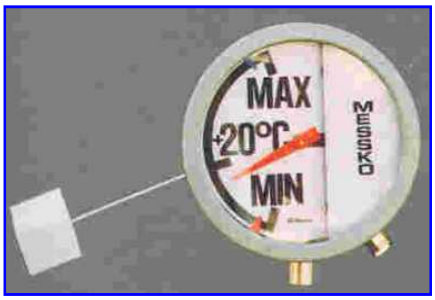

T11

## ۵-۸- نشان دهنده ی سطح روغن منبع انبساط

برای نشان دادن ارتفاع یا سطح روغن در منبع انبساط ترانسفورماتور نشان دهنده ی شکل ۷-۸ استفاده می شود.

این نشان دهنده ها از نوع مغناطیسی بوده و تغییر سطح روغن در داخل مخزن انبساط سبب حرکت شناور آن شده و حرکت عقربه ی نشان دهنده را در اثر اعمال نیروی مغناطیسی به پی دارد.

روغن نمای مغناطیسی معمولاً دارای دو کنتاکت برای ارسال سیگنال های آلارم و تریپ ترانسفورماتور است.



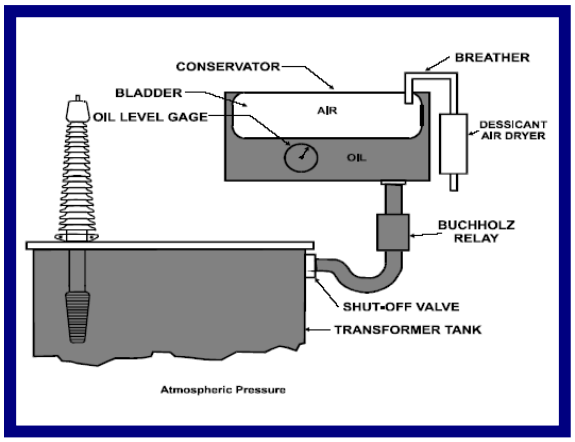

الف

ب

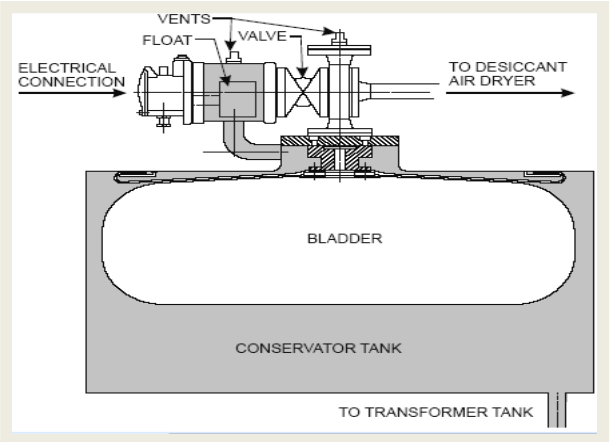
شکل ۷-۸

## ۶-۸- رله تشخیص معیوب شدن کیسه هوایی داخل کنسرواتور

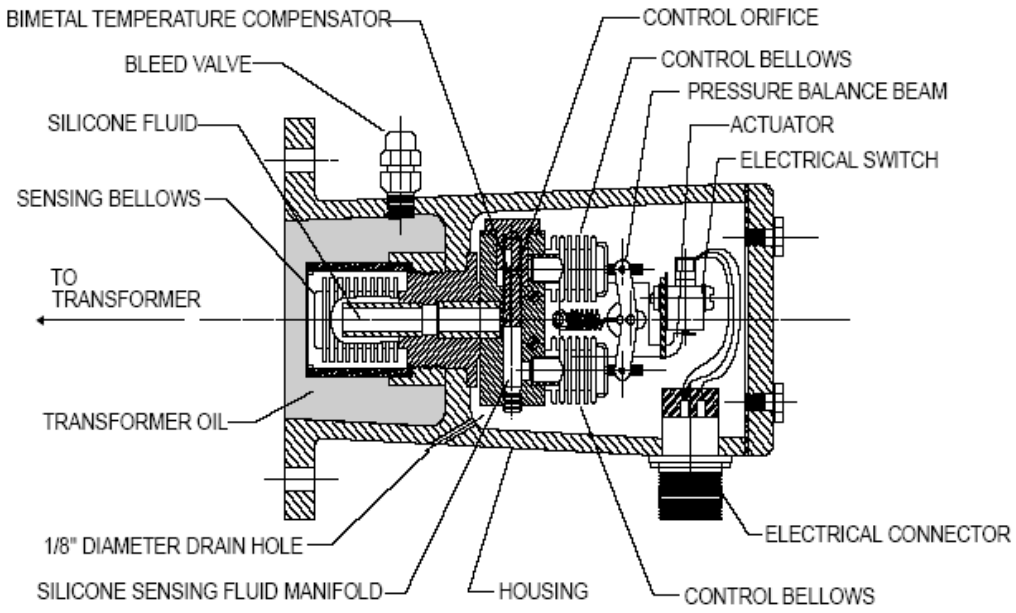
برای تشخیص معیوب شدن کیسه هوایی داخل کنسرواتور ترانسفورماتور قدرت شکل ۸-۸ از رله بوخهلتس که مانند شکل ۹-۸ در قسمت بالای کنسرواتور نصب می شود و یا از رله فشاری مانند شکل ۱۰-۸ که در بدنه کنسرواتور نصب می شود ، استفاده می گردد.




شکل ۸-۸




شکل ۹-۸

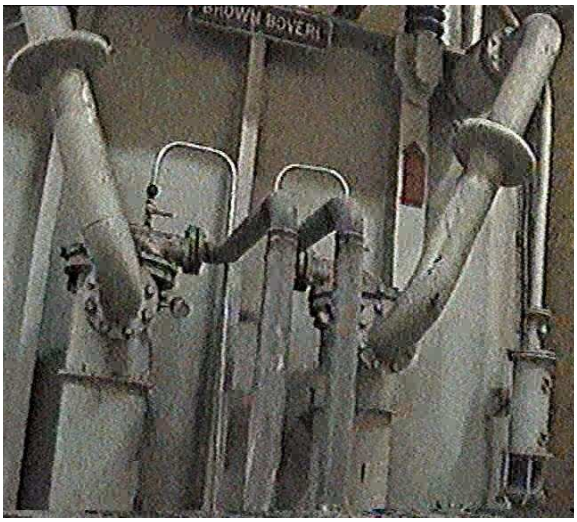



شکل ۱۰- ۸

## ۸-۷- نشان دهنده ی جریان روغن

در ترانسفورماتورهای قدرت ، رکتیفایر ، کوره های قوس الکتریکی و پاتیلی که مجهز به پمپ روغن می باشند ، یک نشان دهنده ی جریان روغن در مسیر **By Pass** به موازات مسیر پمپ های روغن نصب می شود که در شرایط روشن بودن پمپ ها و جاری بودن روغن ، صفحه ی معلق آن به صورت مایل قرار می گیرد. اما با خاموش شدن پمپ و یا قطع جریان روغن ، صفحه بر اثر نیروی وزن خود پایین آمده و به صورت قائم قرار می گیرد ( شکل ۱۱-۸ ).

هنگام قرار گرفتن صفحه به طور قائم ، کنتاکتی بسته خواهد شد که موقعیت این صفحه را در اطاق فرمان گزارش نماید. همچنین از طریق دریچه ی شیشه ای ، موقعیت آن قابل رویت است.



شکل ۱۱-۸

## ۸-۸- برقگیر

برای حفاظت ترانسفورماتورها در مقابل اضافه ولتاژهای موجی و موقت از برقگیرها استفاده می شود تا اینگونه اضافه ولتاژها را از سیستم به زمین هدایت کنند.

### ✱اضافه ولتاژهای موجی و منابع تولید آنها

این گونه اضافه ولتاژها به صورت موج ظاهر می شوند و با سرعتی نزدیک به سرعت نور در هادی ها منتشر می گردند و در برخورد با هر گره تغییر شکل و تغییر دامنه می دهند. این تغییر دامنه بصورت افزایشی و با سرعت ثابت صورت می گیرد.

سرعت افزایش دامنه کیلو ولت بر میکروثانیه [ KV / µ S ] است.

منابع تولید اضافه ولتاژهای موجی عبارتند از صاعقه و سوئیچینگ ( کلید زنی )

- اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه را اضافه ولتاژ های خارجی ( external ) گویند.
- اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی را اضافه ولتاژهای داخلی ( internal ) گویند

### ✱اضافه ولتاژهای موقت و منابع تولید آنها

به اضافه ولتاژهایی که شکل موجی ندارند و بیش از ولتاژ نرمال شبکه باشند ، اضافه ولتاژهای موقت گفته می شود. مشخصه ی این اضافه ولتاژها کوتاه مدت بودن آنها است.

منابع تولید اضافه ولتاژهای موقت عبارتند از :

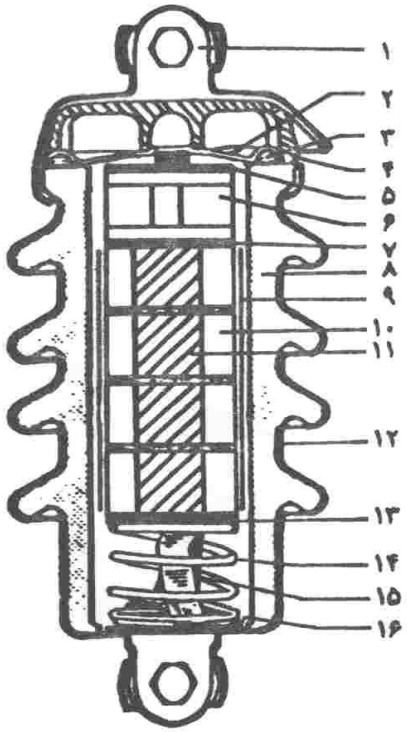
- خطای شبکه
- بی باری خطوط
- قطع و وصل خطوط
- قطع بارهای اکتیو و رأکتیو بزرگ
- ورود و خروج ترانسفورماتور ها
- مانورهای غلط در شبکه
- تنظیم نادرست دستگاههای کنترل ولتاژ ترانسفورتور ها و ژنراتورها
- بروز پدیده ی رزونانس و فروزونانس
- قطع فیوزهای فشارقوی

شکل ۱۲–۸ یک نوع برقگیر را نشان می دهد که برای حفاظت ترانسفورماتور ها کاربرد دارد و داخل آنها قرص های **Zno** مانند شکل ۱۳–۸ قرار می گیرد. بنابراین به آنها برقگیر **Zno** گفته می شود.

شکل ۱۲–۸

شکل ۱۳–۸

شکل ۱۴–۸ قسمت های داخلی یک برقگیر **Zno** را نشان می دهد.




۱– کنتاکت بالای برقگیر
۲– سوپاپ اطمینان ( دریچه ی فشار )
۳– لاستیک دور لبه برای آب بندی بهتر
۴– منفذ خروج گاز
۵– کنتاکت ارتباط بالای برقگیر
۶– لوله افزایش ارتفاع برقگیر
۷– صفحات هادی برای اتصال بهتر
۸– پرسلین ( چینی )
۹– عایق میکای لوله ای برای ایجاد عایقی بیشتر برای جلوگیری از تخلیه ی الکتریکی روی سطح وریستورها
۱۰– وریستور
۱۱– عایق روی وریستور
۱۲– لعاب روی وریستور
۱۳– کنتاکت ارتباط به پایین برقگیر
۱۴– فنر برای محکم نگهداشتن اجزای اصلی
۱۵– هادی ارتباطی برای ایجاد اتصال با حداقل مقاومت
۱۶– کنتاکت پایین برقگیر

شکل ۱۴–۸

شکل ۱۵–۸ برقگیرهای محافظ یک دستگاه ترانسفورماتور کوره ی قوس الکتریکی به قدرت **MVA** ۲۵ را نشان می دهد.

شکل ۱۵–۸

برقگیر شاخی یا آرماتور برای حفاظت ترانسفورماتور های قدرت در مقابل اضافه ولتاژهای موقت مانند شکل های ۱۶-۸ کاربرد دارد.

( الف )  شکل ۱۶-۸  ( ب )

برای حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت بزرگ در مقابل اضافه ولتاژهای داخلی و خارجی از برقگیر های با فنتیل استفاده می شود. شکل های ۱۷-۸ دو نمونه از برقگیر های با فنتیل **۲۰KV** و **۶۳ KV** و شکل ۱۸- ۸ یک نمونه برقگیر با فنتیل **۱۳۲ KV** را نشان می دهد.

شکل ۱۷-۸  شکل ۱۸-۸

ترانسفورماتوهای قدرت که از طریق شبکه های کابلی برقدار می شوند ، امپدانس موجی کابل های تغذیه ی ترانسفورماتور نقش مؤثری در کاهش اضافه ولتاژ داخلی به عهده دارند. برقگیر این نوع ترانسفورماتورها در داخل باکس و در ابتدای ترمینال ورودی قرار دارد (شکل ۱۹-۸).

شکل ۱۹-۸

## ۹-۸- ضربه گیر ( Surge Arrester )

برای جذب هارمونیک های تولیدی ترانسفورماتورهای کوره های قوس الکتریکی از مجموعه ی **RC** شکل ۲۰-۸ استفاده می شود. این مجموعه برای اصلاح ضریب قدرت مدار الکتریکی کوره ی پاتیلی نیز کاربرد دارند.

شکل ۲۰-۸

## ۱۰- ۸- رله ی بار زیاد یا ۴۹

این رله توسط **CT** تغذیه شده و مطابق با **Curve** و هماهنگ با رله های بار زیاد تجهیزات الکتریکی پایین دست ترانسفورماتور تنظیم و تست می شود.

## ۱۱- ۸- رله ی جریان زیاد زمانی یا ۵۱

این رله توسط **CT** تغذیه شده و مطابق با **Curve** و هماهنگ با رله های جریان زیاد تجهیزات الکتریکی پایین دست ترانسفورماتور تنظیم و تست می شود.

## ۱۲- ۸- رله ی جریان زیاد لحظه ای یا ۵۰

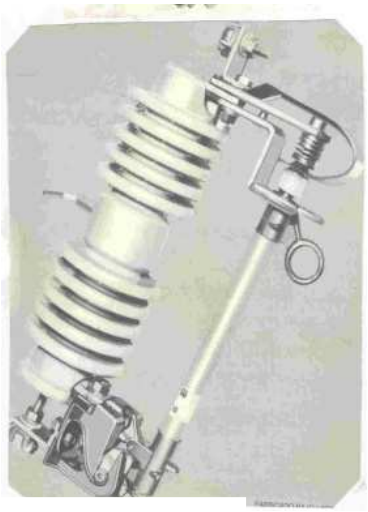
این رله توسط **CT** تغذیه شده مطابق با **Curve** و هماهنگ با رله های جریان زیاد لحظه ای تجهیزات الکتریکی پایین دست ترانسفورماتور تنظیم و تست می شود.

## ۱۳-۸- رله های اتصال زمین **N** ۵۰ و **N** ۵۱

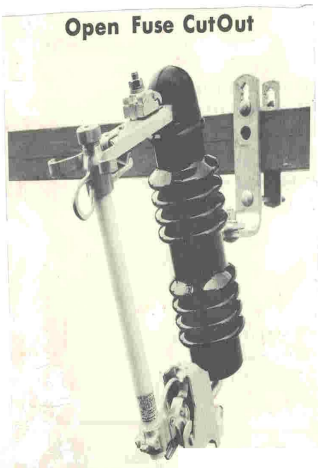
این رله ها توسط **CT** تغذیه شده و متناسب با نوع اتصال و امپدانس صفر ترانسفورماتور تنظیم و تست می شود.

## ۱۴-۸- فیوز

برای حفاظت ترانسفورماتورهای هوایی که قدرت آنها معمولاً از **KVA** ۲۵تا **KVA** ۳۱۵ است ، فیوزهای **Cut-out** شکل ۲۱-۸ وفیوزهای **HRC** شکل ۲۲-۸ کاربرد دارد.

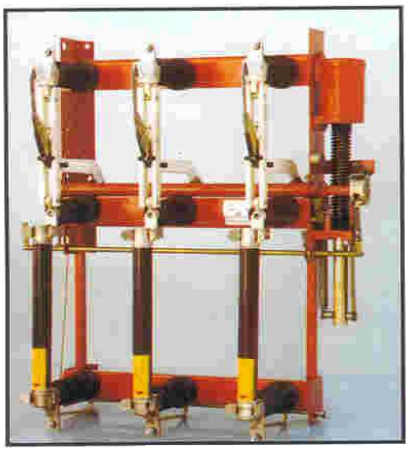


الف




ب

شکل ۲۱-۸



شکل ۲۲-۸

| جدول A | | | | | | جدول B | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قدرت ترانسفورماتور KVA | قدرت ترانسفورماتور KW | شدت جریان فشار قوی | شدت جریان فشار ضعیف | فیوز مجاز فشار قوی A | | قدرت ترانسفورماتور KVA | آمپر رله کلید فشار ضعیف |
| **50** | 40 | **1.45** | 72 | **6** | | 50 | **75** |
| **75** | 60 | **2.16** | 108 | **10** | | 75 | **110** |
| **100** | 80 | **2.9** | 144 | **10** | | 100 | **145** |
| **125** | 100 | **3.6** | 180 | **15** | | 125 | **180** |
| **160** | 128 | **4.6** | 231 | **15** | | 160 | **235** |
| **200** | 160 | **5.8** | 289 | **25** | | 200 | **290** |
| **250** | 200 | **7.2** | 361 | **25** | | 250 | **365** |
| **315** | 252 | **9.2** | 455 | **25** | | 315 | **460** |
| **400** | 320 | **11.5** | 578 | **40** | | 400 | **580** |
| **500** | 400 | **14.5** | 722 | **40** | | 500 | **725** |
| **630** | 504 | **18.2** | 910 | **40** | | 630 | **920** |
| **800** | 640 | **23.1** | 1156 | **40** | | 800 | **1160** |
| **1000** | 800 | **29** | 1445 | **2*40** | | 1000 | **1450** |
| **1250** | 1000 | **36.1** | 1806 | **2*40** | | 1250 | **1810** |
| **1600** | 1280 | **46.2** | 2312 | **2*40** | | 1600 | **2315** |
| **2000** | 1600 | **58** | 2890 | **--** | | 2000 | **2890** |
| **2500** | 2000 | **72.2** | 3612 | **--** | | 2500 | **3615** |

**توضیح** : آمپر قطع رله کلید فشار ضعیف را مطابق جدول ( B ) میزان نمائید .

# Sepam 2000 transformer without RTDs

| functions | ANSI code | Sepam types [2] T01 | T02 | T03 | T04 | T05 | T06 | T07 | T09 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **protection** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| thermal overload | 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| phase overcurrent | 50/51 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| earth fault (sensitive E/F) | 50N/ 51N(G) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| neutral voltage displacement | 59N | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 |
| directional overcurrent | 67 | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| directional earth fault | 67N | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 |
| tank earth leakage [3][4] | 50/51 | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | |
| neutral [3] | 50N/ 51N | | | 2 | | | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | |
| undervoltage | 27 | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 |
| undervoltage remanent | 27R | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 |
| overvoltage | 59 | | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | 2 | 2 |
| restricted earth fault [4] | 64REF | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | |
| **metering** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■ |
| peak demand phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltage (U21, U32, U13, V1, V2, V3) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| real/ reactive power (P, Q) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real/ reactive power | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| power factor | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| thermal capacity used | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| accumulated real/ reactive energy (±Wh, ±VArh) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual current | | ■ | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■ |
| residual voltage | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **control and monitoring** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| open / close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Buchholz thermal relay detection of gas, pressure and temperature level (DGPT/ PTC) | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| inter-tripping [1] | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| logic discriminition | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **Sepam models** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| standard S36 | | YR | XR | KR | YR | XR | LR | LR | XR | XR | XR | LR | LR | XR | LR | XR | XR | LR | XR |
| compact S26 | | LX | LT | | LX | LT | | | LT | LT | LT | | | LT | | LT | LT | | LT |
| number of standard ESTOR boards | | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |

# Sepam 2000 transformer with RTDs

| functions | ANSI code | Sepam types [2] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | T21 | T22 | T23 | T24 | T25 | T26 | T27 | T29 | T30 | T31 | T32 | T33 | T34 | T35 | T36 | T37 | T38 | T39 |
| **protection** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| thermal overload | 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| phase overcurrent | 50/51 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| earth fault (sensitive E/F) | 50N/ 51N(G) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| neutral voltage displacement | 59N | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 |
| directional overcurrent | 67 | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| directional earth fault | 67N | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 |
| tank earth leakage [3][4] | 50/51 | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | |
| neutral [3] | 50N/ 51N | | | 2 | | | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | |
| undervoltage | 27 | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 |
| undervoltage remanent | 27R | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 |
| overvoltage | 59 | | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | 2 | 2 |
| temperature set point (6 RTDs) | 38/49T | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| restricted earth fault [4] | 64REF | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | |
| **metering** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■ |
| peak demand phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltage (U21, U32, U13, V1, V2, V3) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| real/ reactive power (P, Q) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real/ reactive power | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| power factor | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| thermal capacity used | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| accumulated real/ reactive energy (±Wh, ±VArh) | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| temperature (6 RTDs) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual current | | ■ | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■/■* | ■ | ■ | ■/■* | ■ |
| residual voltage | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **control and monitoring** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| open / close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Buchholz thermal relay detection of gas, pressure and temperature level (DGPT/ PTC) | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| inter-tripping [1] | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| logic discrimination | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **Sepam models** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| standard S36 | | ZR | SR | KZ | ZR | SR | LS | LS | SR | SR | SR | LS | LS | SR | LS | SR | SR | LS | SR |
| compact S26 | | LS | | | LS | | | | | | | | | | | | | | |
| number of standard ESTOR boards | | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |

# Setting ranges

| functions | Fxxx [1] | settings | | time delays |
|---|---|---|---|---|
| **thermal overload** | **F431** | | | |
| | | negative sequence/unbalance coefficient: 0 ; 2.25 ; 4.5 ; 9 | | |
| | | time constants: | heating | T1: 5 to 120 mn |
| | | | cooling | T2: 5 to 600 mn |
| | | alarm: 50% to 200% of nominal thermal capacity used | | |
| | | tripping: 50% to 200% of nominal thermal capacity used | | |
| **phase overcurrent** | **F011-F012-F013-F014** | | | |
| definite time DT | | 0.3 to 24 In | | t: 0.05 to 655 s |
| IDMT [2] | | 0.3 to 2.4 In | | t: 0.1 to 12.5 s at 10 Is |
| **earth fault** | **F081-F082-F083-F084** | | type of sensor | |
| definite time DT | | 0.05 to 10 In<br>0.1 to 20 A<br>1.5 to 300 A<br>0.05 to 10 Ino<br>0.05 to 10 Ino | sum of 3 phase currents<br>CSH core bal. CT, 2 A<br>CSH core bal. CT, 30 A<br>1 A or 5 A CT [3]<br>core balance CT [4] | t: 0.05 to 655 s |
| IDMT [2] | | 0.05 to 1 In<br>0.1 to 2 A<br>1.5 to 30 A<br>0.05 to 1 Ino<br>0.05 to 1 Ino | sum of 3 phase currents<br>CSH core bal. CT, 2 A<br>CSH core bal. CT, 30 A<br>1 A or 5 A CT [3]<br>core balance CT [4] | t: 0.1 to 12.5 s at 10 Iso |
| harmonic 2 restraint taken into account | | yes<br>no | | |
| **neutral voltage displacement** | **F391** | | | |
| | | 2% to 80% of Un if VT: $Un/\sqrt{3}/100/\sqrt{3}$<br>5% to 80% of Un if VT: $Un/\sqrt{3}/100/3$ | | t : 0,05 to 655 s |
| **directional overcurrent** | **F521** | characteristic angle 30°,45°, 60° | | |
| definite time DT | | 0.3 to 24 In | | t: 0.05 to 655 s |
| IDMT [2] | | 0.3 to 2.4 In | | t: 0.1 to 12.5 s at 10 Is |
| **directional earth fault** | **F501** | characteristic angle 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° and - 45° | | |
| definite time DT | | 0.05 to 10 In<br>0.1 to 20 A<br>1.5 to 300 A<br>0.05 to 10 Ino<br>0.05 to 10 Ino | sum of 3 phase currents<br>CSH core bal. CT, 2 A<br>CSH core bal. CT, 30 A<br>1 A or 5 A CT [3]<br>core balance CT [4] | t: 0.05 to 655 s |
| **tank earth leakage** | **F021** | | | |
| definite time DT | | 0.3 to 24 In | | t: 0.05 to 655 s |
| IDMT [2] | | 0.3 to 2.4 In | | t: 0.1 to 12.5 s at 10 Is |

**Reminder:** rated current **In**, basis current **Ib**, rated voltage **Un** and current **Ino** are general parameters that are set at the time of Sepam 2000 commissioning.
**In** is the current sensor rated current (CT rating).
**Ib** is the current which corresponds with the rated power of the transformer.
**Un** is the phase-to-phase voltage of the voltage sensor primary windings.
**Ino** is the residual current sensor rating.
Rated thermal a capacity use corresponds to a steady current egal to Ib.
[1] function identification for protection setting.
[2] IDMT curves:
- inverse: SIT,
- very inverse: VIT,
- extremely inverse: EIT,
- ultra inverse: UIT,
- long time inverse: LTI.

[3] with CSH 30 interposing ring CT.
[4] core balance CT with ratio 1/n ($50 \leqslant n \leqslant 1500$) with ACE 990 interface.

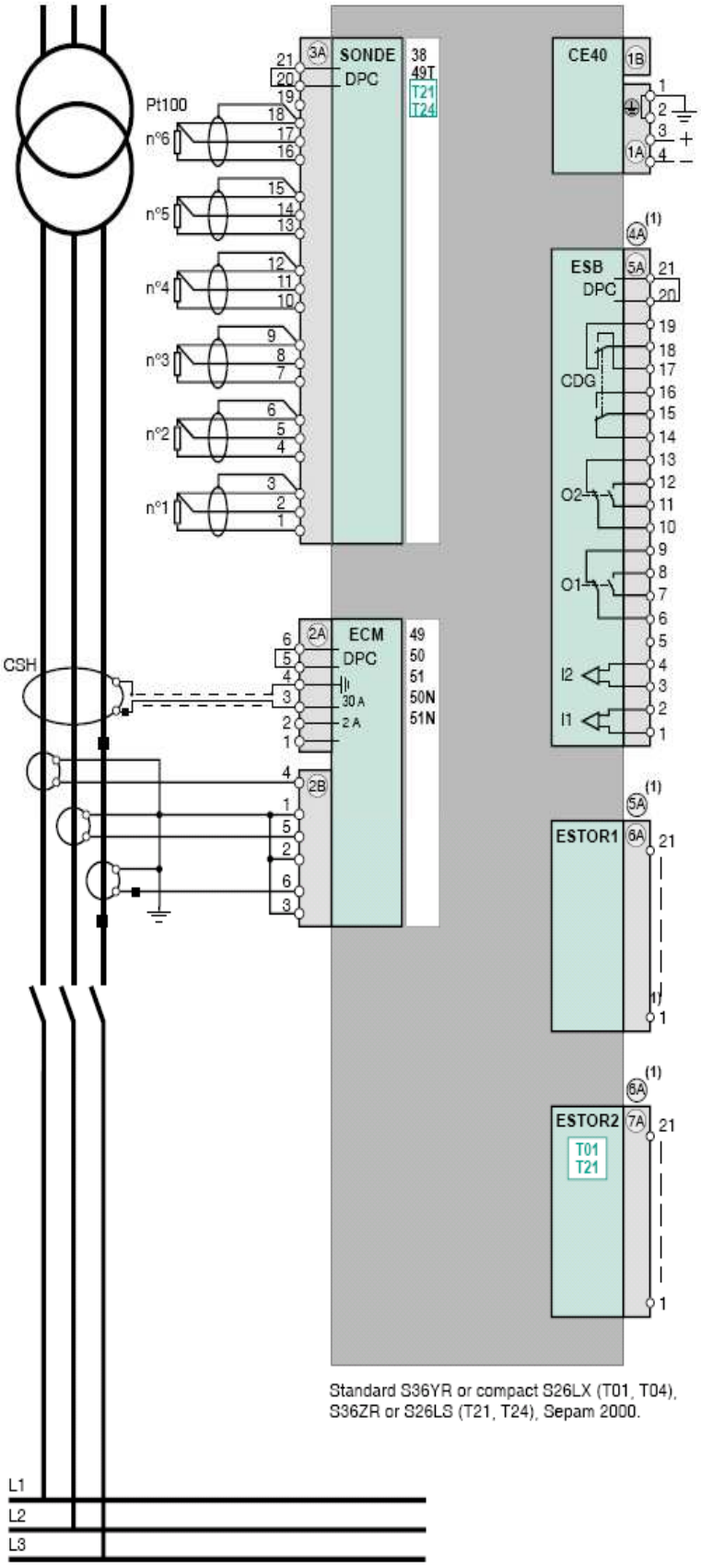
## Setting ranges (cont'd)

| functions | Fxxx [1] | settings | | time delays |
|---|---|---|---|---|
| **neutral** | **F091-F092** | | **type of sensors** | |
| definite time DT | | 0.05 to 10 In | sum of 3 phase currents | t: 0.05 to 655 s |
| | | 0.1 to 20 A | CSH core bal. CT, 2 A | |
| | | 1.5 to 300 A | CSH core bal. CT, 30 A | |
| | | 0.05 to 10 Ino | 1 A or 5 A CT [3] | |
| | | 0.05 to 10 Ino | core balance CT [4] | |
| IDMT [2] | | 0.05 to 1 In | sum of 3 phase currents | t: 0.1 to 12.5 s at 10 Iso |
| | | 0.1 to 2 A | CSH core bal. CT, 2 A | |
| | | 1.5 to 30 A | CSH core bal. CT, 30 A | |
| | | 0.05 to 1 Ino | 1 A or 5 A CT [3] | |
| | | 0.05 to 1 Ino | core balance CT [4] | |
| harmonic 2 restraint taken into account | | yes<br>no | | |
| **undervoltage** | **F321-F341-F361** | | | |
| | | 5% to 100% of Un | | t: 0.05 to 655 s |
| **remanent undervoltage** | **F351** | | | |
| | | 5% to 100% of Un | | t: 0.05 to 655 s |
| **overvoltage** | **F301-F302** | | | |
| | | 50% to 150% of Un | | t: 0.05 to 655 s |
| **temperature set point (RTDs)** | **F461 à F466** | | | |
| | | 0 °C to 180 °C | | |
| **restricted earth fault** | **F651** | | | |
| | | 0.05 In to 0.8 In if In ≥ 20 A<br>0.1 In to 0.8 In if In < 20 A | | |

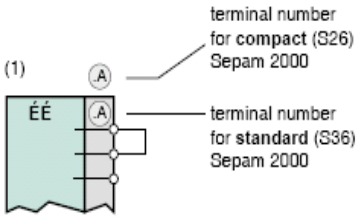
**Reminder:** rated current **In**, basis current **Ib**, rated voltage **Un** and current **Ino** are general parameters that are set at the time of Sepam 2000 commissioning.
**In** is the current sensor rated current (CT rating).
**Ib** is the current which corresponds with the rated power of the transformer.
**Un** is the phase-to-phase voltage of the voltage sensor primary windings.
**Ino** is the residual current sensor rating.
[1] function identification for protection setting.
[2] IDMT curves:
- inverse: SIT,
- very inverse: VIT,
- extremely inverse: EIT,
- ultra inverse: UIT,
- long time inverse: LTI.

[3] with CSH 30 interposing ring CT.
[4] core balance CT with ratio 1/n (50 ≤ n ≤ 1500) with ACE 990 interface.

## T01, T04, T21, T24 types
## incomer




Standard S36YR or compact S26LX (T01, T04), S36ZR or S26LS (T21, T24), Sepam 2000.

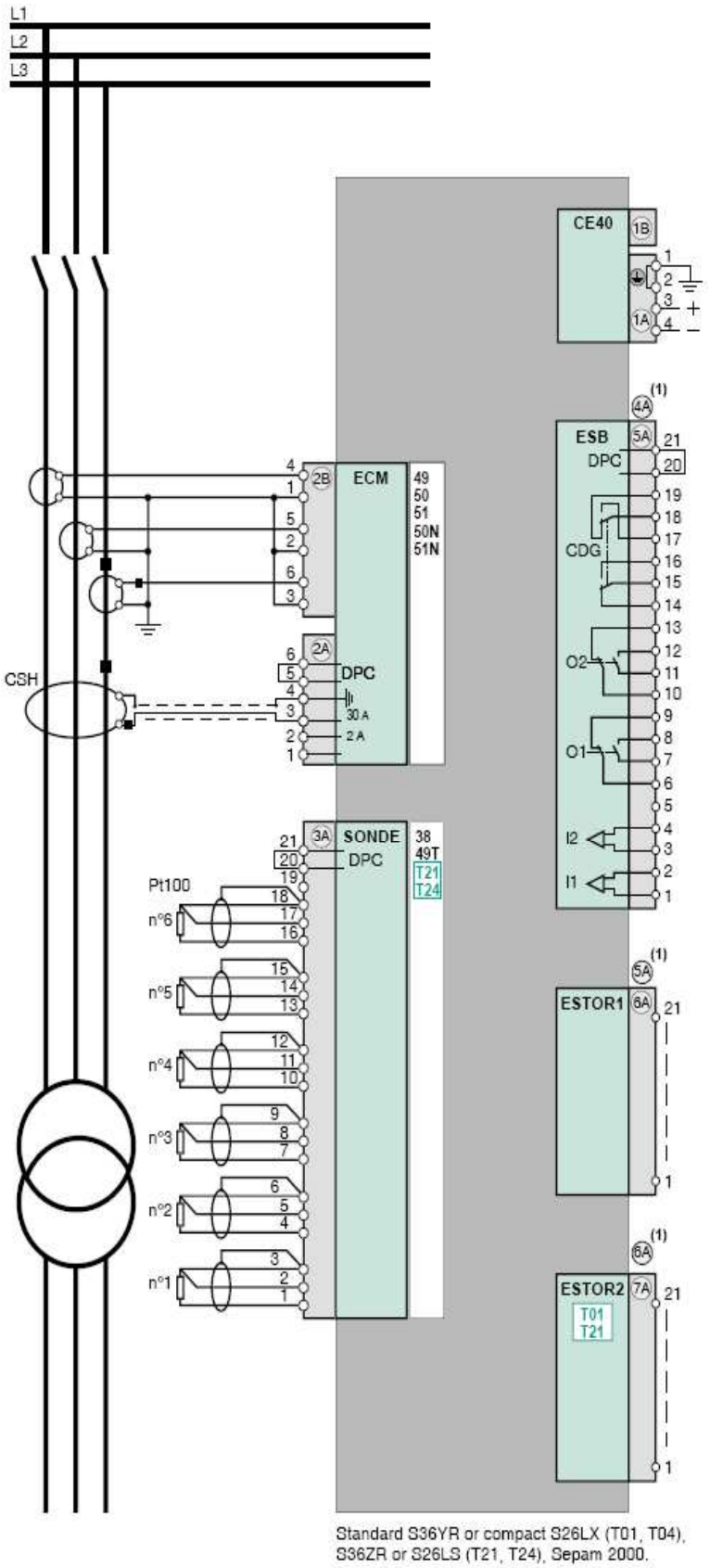



**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

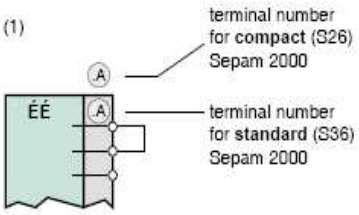
Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۳-۸

## T01, T04, T21, T24 types
## feeder




(1)

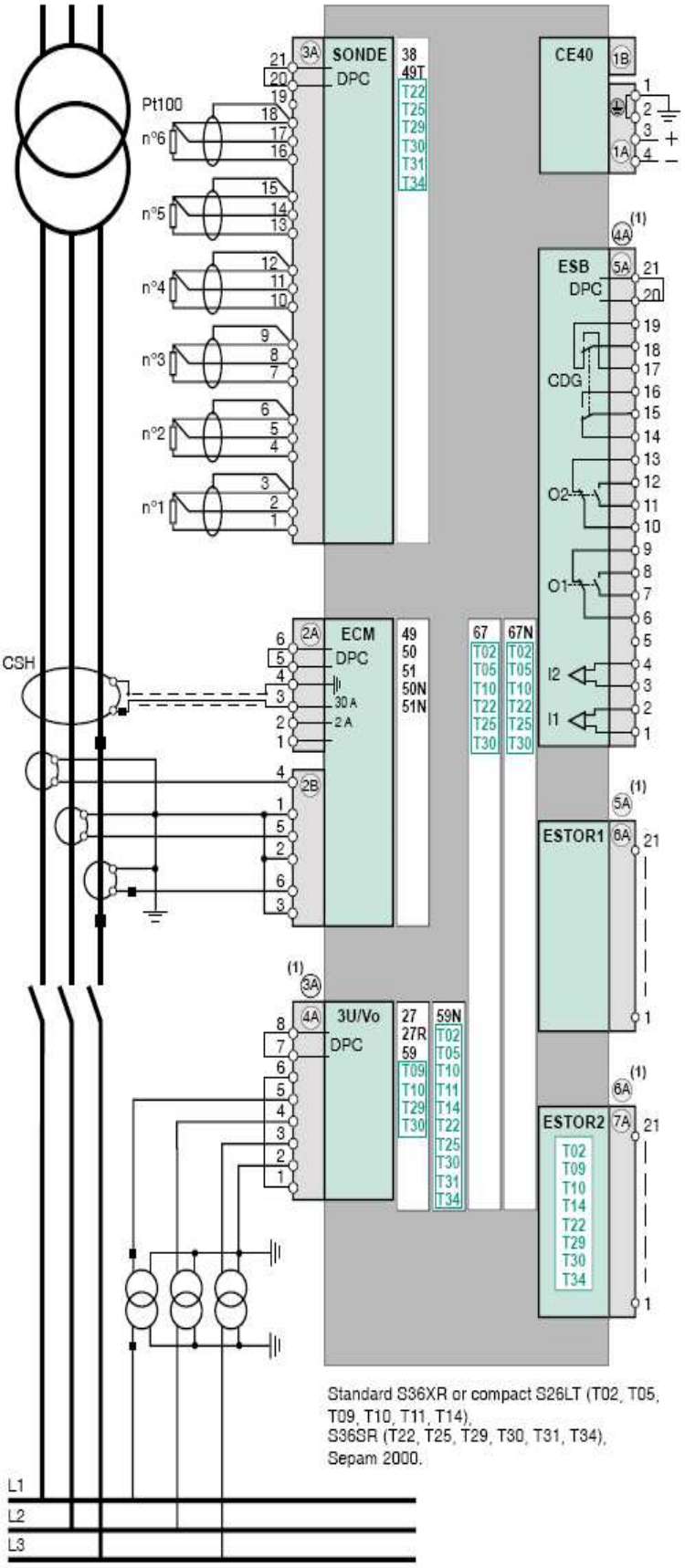



**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۴-۸

## T02, T05, T09, T10,T11, T14, T22, T25, T29, T30, T31, T34 types incomer




Standard S36XR or compact S26LT (T02, T05, T09, T10, T11, T14),
S36SR (T22, T25, T29, T30, T31, T34),
Sepam 2000.

(1) terminal number for **compact** (S26) Sepam 2000

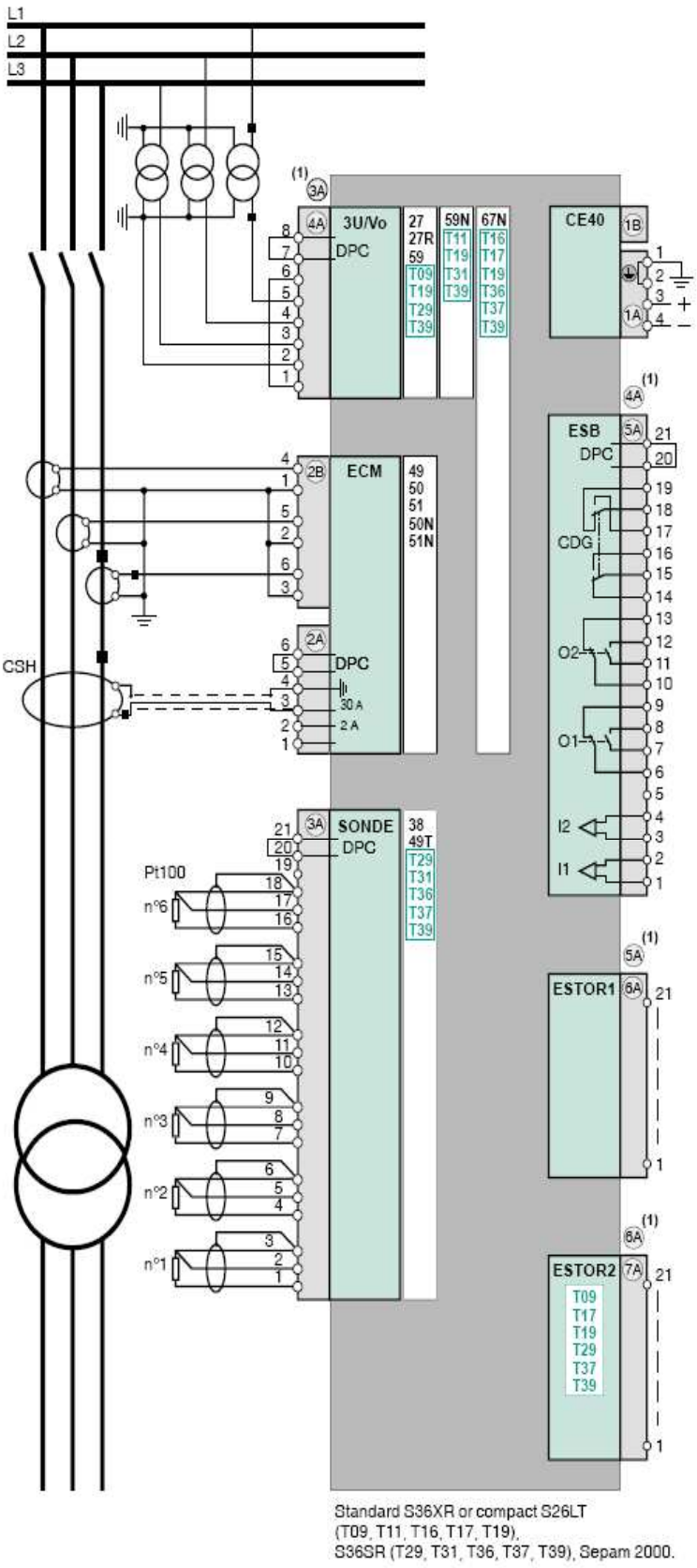
terminal number for **standard** (S36) Sepam 2000

**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

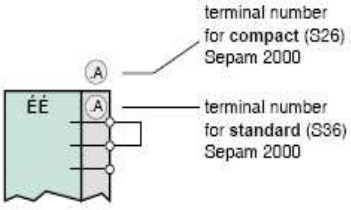
Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۵-۸

## T09, T11, T16, T17, T19, T29, T31, T36, T37, T39 types feeder




Standard S36XR or compact S26LT (T09, T11, T16, T17, T19), S36SR (T29, T31, T36, T37, T39), Sepam 2000.

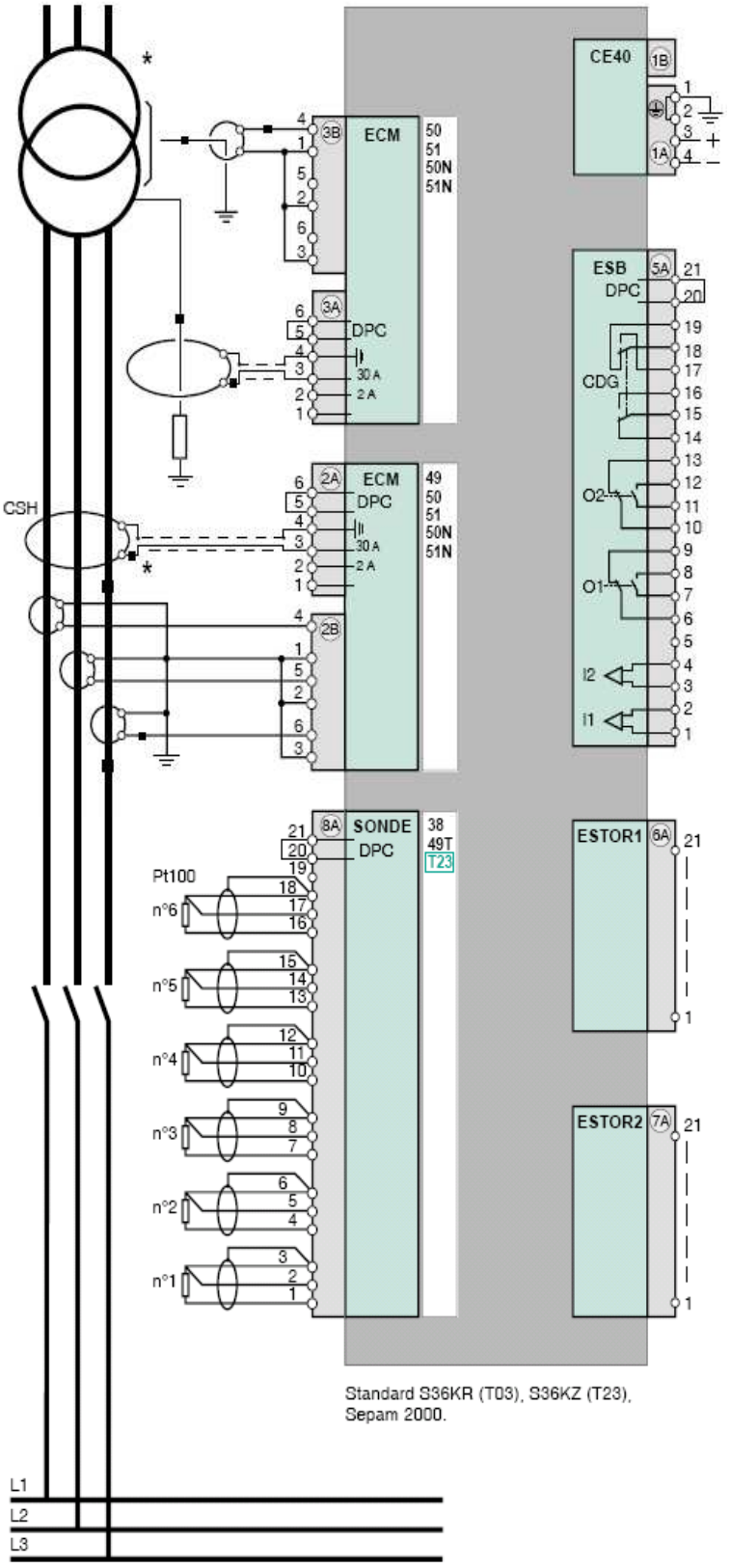



N.B.
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۶-۸

## T03, T23 types
## incomer




Standard S36KR (T03), S36KZ (T23), Sepam 2000.

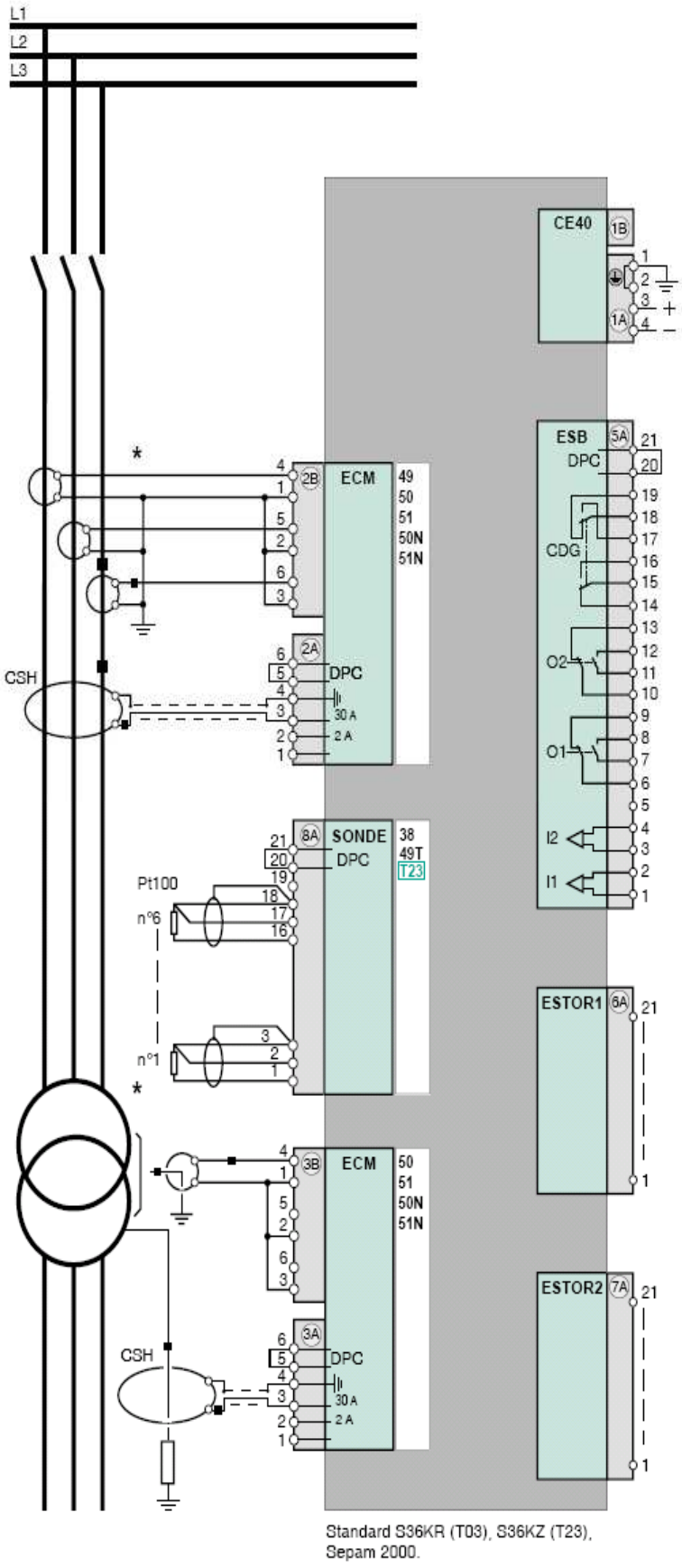
* **Use of special-purpose CSP sensors:**
Only standard sensors (T) connected to connector 2B may be replaced by CSP sensors, which are connected to connectors 2L1, 2L2 and 2L3 (see other connection schemes).
The sensors connected to 3B must be of the standard type (T).

**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۸-۲۷

## T03, T23 types
## feeder




Standard S36KR (T03), S36KZ (T23), Sepam 2000.

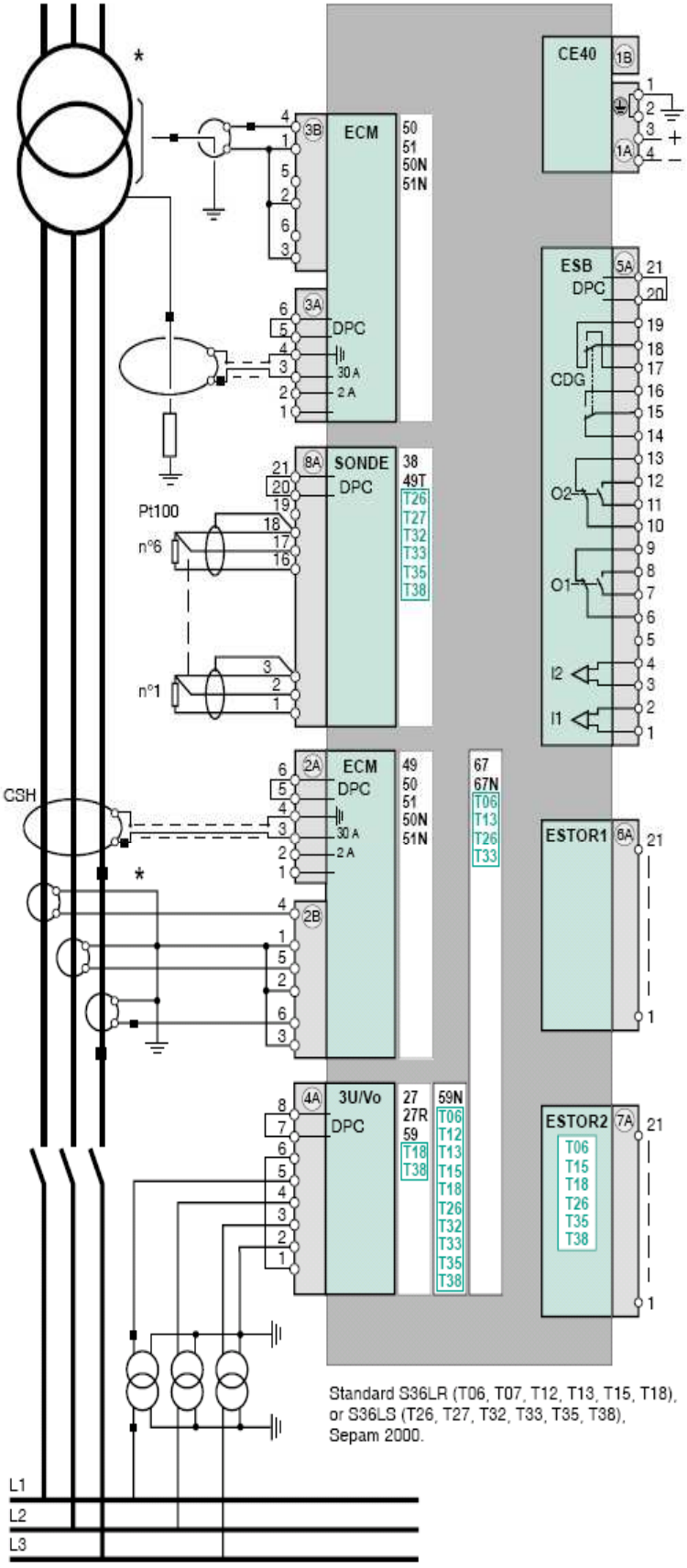
*** Use of special-purpose CSP sensors:**
Only standard sensors (T) connected to connector 2B may be replaced by CSP sensors, which are connected to connectors 2L1, 2L2 and 2L3 (see other connection schemes).
The sensors connected to 3B must be of the standard type (T).

**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۸-۸

## T06, T07, T12, T13, T15, T18, T26, T27, T32, T33, T35, T38 types incomer




Standard S36LR (T06, T07, T12, T13, T15, T18), or S36LS (T26, T27, T32, T33, T35, T38), Sepam 2000.

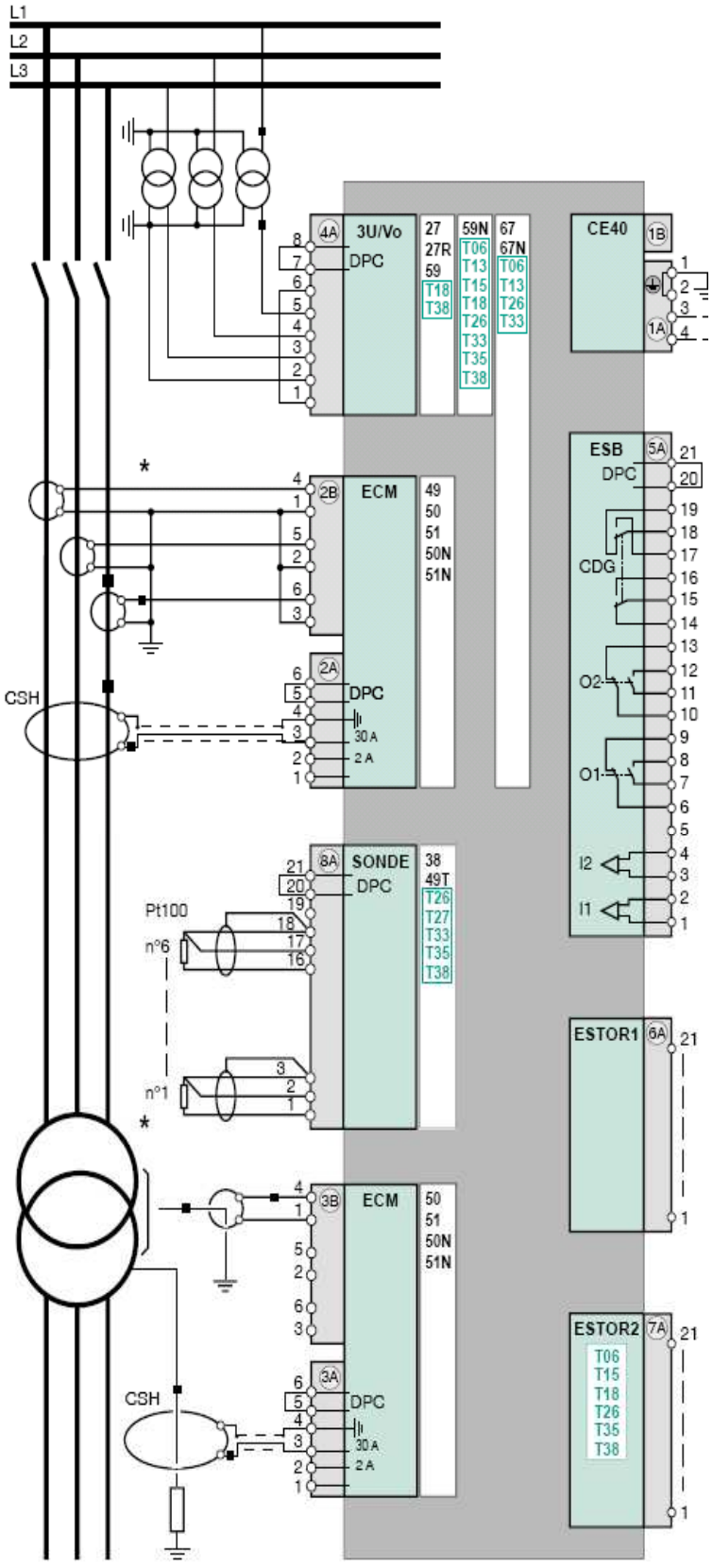
* **Use of special-purpose CSP sensors:**
Only standard sensors (T) connected to connector 2B may be replaced by CSP sensors, which are connected to connectors 2L1, 2L2 and 2L3 (see other connection schemes).
The sensors connected to 3B must be of the standard type (T).

**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

شکل ۲۹-۸

## T06, T07, T13, T15, T18, T26, T27, T33, T35, T38 types feeder




Standard S36LR (T06, T07, T13, T15, T18),
S36LS (T26, T27, T33, T35, T38),
Sepam 2000.

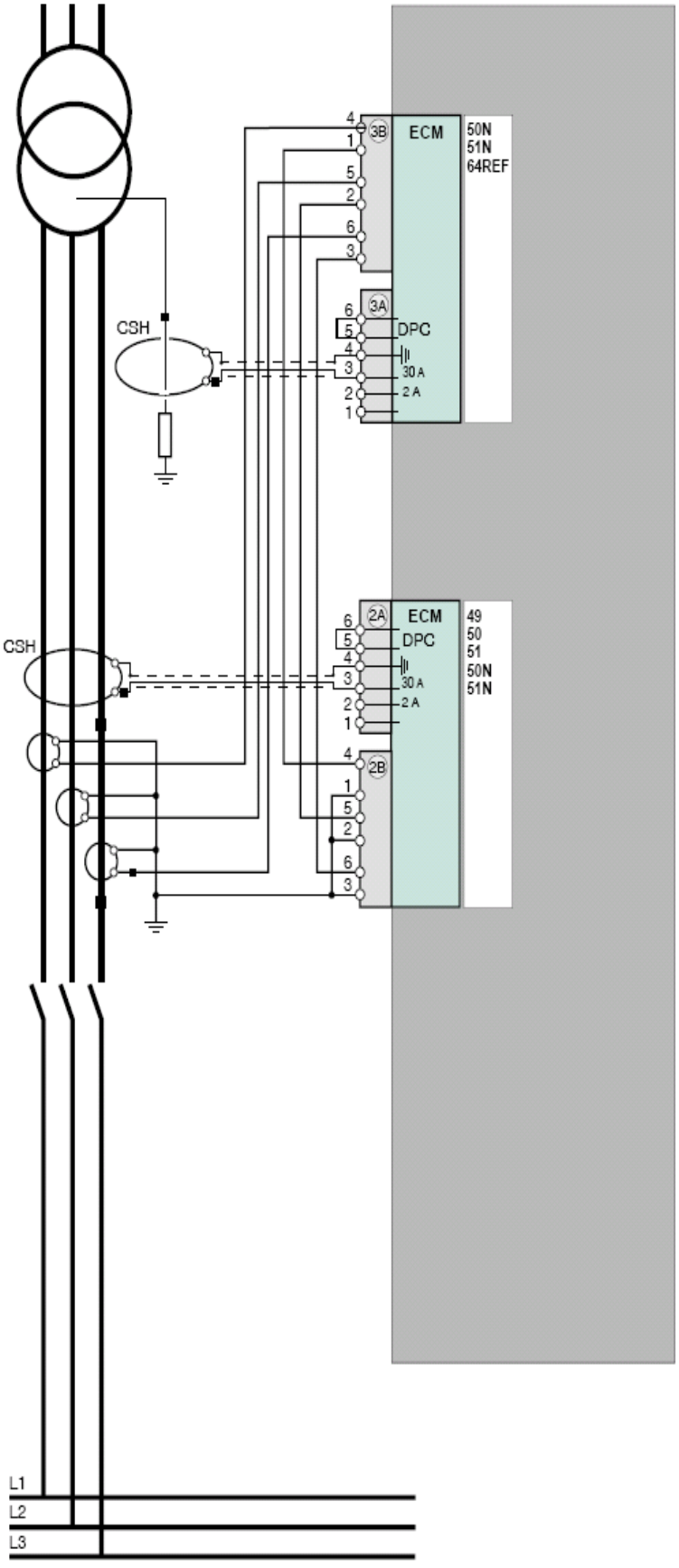
*** Use of special-purpose CSP sensors:**
Only standard sensors (T) connected to connector 2B may be replaced by CSP sensors, which are connected to connectors 2L1, 2L2 and 2L3 (see other connection schemes).
The sensors connected to 3B must be of the standard type (T).

**N.B.**
Refer to the "other connection schemes" section regarding other arrangements.
DPC: detection of plugged connectors.
CDG: watchdog.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

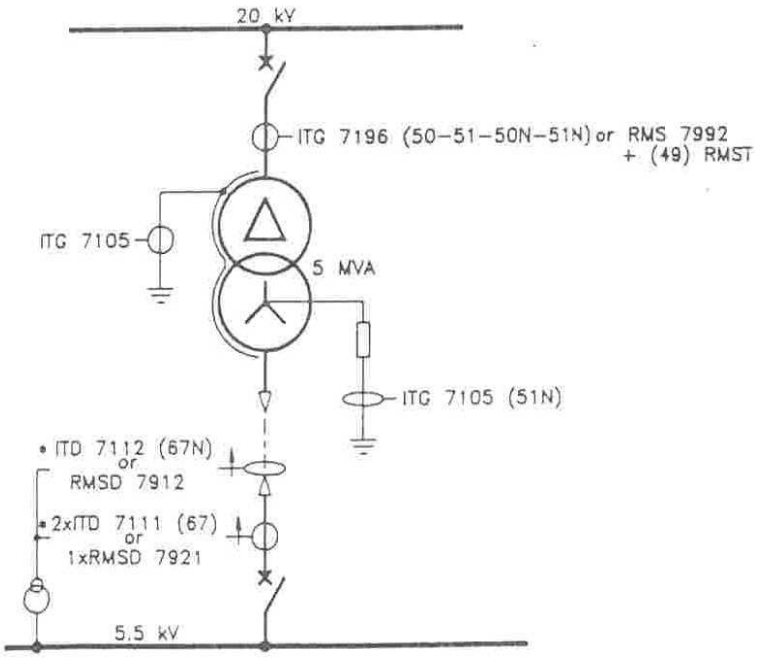
شکل ۸-۳۰

## Connection for restricted earth fault
## T03, T06, T07, T12, T13, T15, T18, T23, T26, T27, T32, T33, T35, T38 types
## incomer



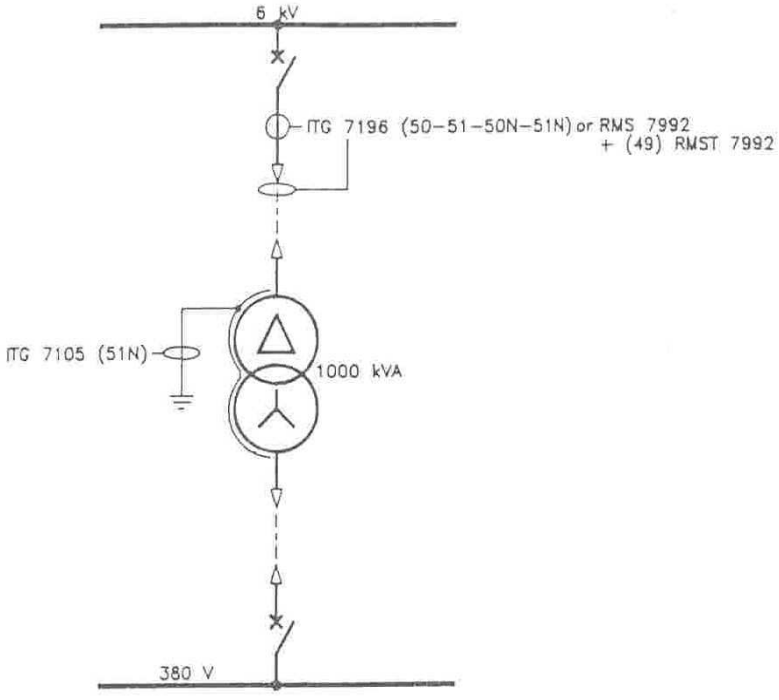

شکل ۳۱-۸

PROTECTION EXAMPLE : MV/MV TRANSFORMER




**شکل ۸-۳۲**

PROTECTION EXAMPLE : MV/LV TRANSFORMER




**شکل ۸-۳۳**

## ۹- حفاظت دیفرانسیلی ترانسفورماتور قدرت

رله دیفرانسیل ذیل به تفاضل برداری بین دو یا چند کمیت الکتریکی پاسخ می‌دهد .

از تعریف فوق موارد ذیل را می‌توان نام برد :

۱ـ رله دیفرانسیل حداقل دو کمیت واقعی داود مانند $I_1$ و $I_2$

۲ـ دو یا چند کمیت واقعی با بستی مشابه هم باشد نظیر جریان الکتریکی $I_1$ و جریان الکتریکی $I_2$ .

۳ ـ رله به تفاضل برداری بین دو کمیت پاسخ می‌دهد مانند $(I_1 - I_2)$ که این تفاضل شامل دامنه و زاویه فاز می‌باشد .

حفاظت دیفرانسیلی معمولاً بعنوان یک سیستم حفاظتی واحد بکار گرفته می‌شود . ناحیه حفاظتی دیفرانسیلی دقیقاً توسط موقعیت CT ها مشخص می‌گردد . تفاضل‌گیر با اتصال مناسب که از ثانویه ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ در اختیار رله گذاشته می‌شود ، حاصل می‌گردد .

### کاربرد های حفاظت دیفرانسیلی :

اکثر رله های دیفرانسیل ، رله های دیفرانسیل جریانی هستند که تفاضل بین بردار جریانهای ورودی به سیم پیچی و جریان های خروجی سیم پیچی سبب عملکرد رله می‌گردد .

اصولاً حفاظت دیفرانسیلی در موارد ذیل بکار می‌رود :

الف ـ حفاظت ژنراتور

ب ـ حفاظت ژنراتور ـ ترانسفورماتور با اتصال واحد .

ج ـ حفاظت ترانسفورماتور .

د ـ حفاظت فیدر (خط انتقال) توسط Pilot-wire در حفاظت دیفرانسیلی

هـ ـ حفاظت خطوط انتقال توسط مقایسه جریان الکتریکی حمل شده توسط خطوط .

و ـ حفاظت موتورهای بزرگ یا فشار قوی .

ز ـ حفاظت باس‌بار یا شین .

در حفاظت دیفرانسیل سرعت عملکرد رله خیلی بالا است . همچنین رله مشخص و معینی را حفاظت می‌کند و جائیکه حفاظت دیستانس بعلت کاهش امپدانس (در فیدرهای نیروگاه) مقدور نباشد ، رله دیفرانسیل بنحو احسن حفاظت مورد نظر را انجام می‌دهد .

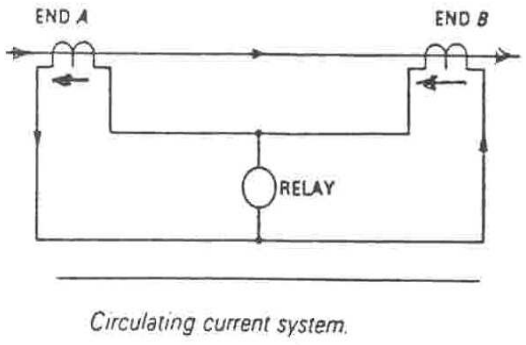
## اساس کار رله دیفرانسیل :

رله دیفرانسیل براساس مقایسه جریان کار می‌کند . به عبارتی جریان ابتداء و انتهای وسیله ای که باید حفاظت شود ، سنجیده شده و با هم مقایسه می‌شود ، پس یک رله دیفرانسیل براساس جریان گردش (Circulation Current) کار می‌کند .

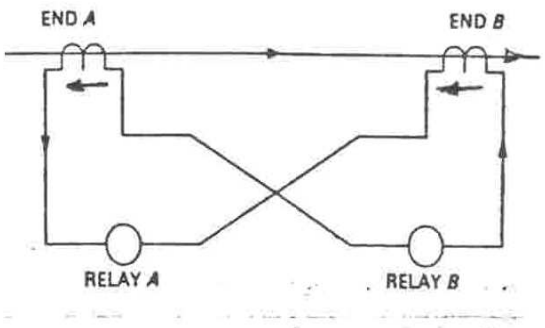
تفاوت جریان در دو طرف منطقه حفاظت شده ، اغلب در اثر اتصال کوتاه یا اتصال زمین و غیره بوجود می‌آید .

جریانهای مورد مقایسه از ثانویه CT ها تامین می‌شود ، البته ثانویه CT ها بایستی جریان ثانویه اشان با هم برابر باشد (۵ آمپر) و منحنی مغناطیسی آنها $E=f(I_e)$ نیز یکی باشد .

CT ها در حفاظت دیفرانسیلی باید طوری بسته شوند که در حالت عادی جریانهای ثانویه اشان همدیگر را خنثی کرده و رله فاقد جریان الکتریکی باشد . مانند شکل ۱-۹.




Circulating current system.



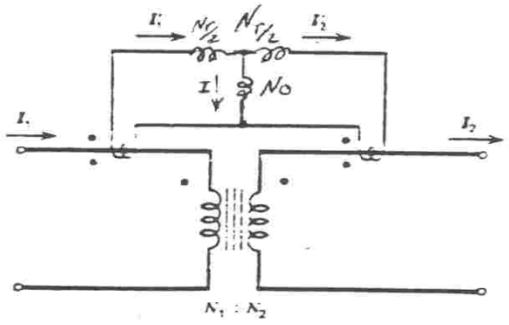

شکل ۱-۹

## حفاظت ترانسفورماتوری رله دیفرانسیل :

از آنجائیکه ترانسفورماتورهای قدرت در مقابل اتصال سیم پیچها و اتصال ... حفاظت می‌گردند لذا در سیستم حفاظت دیفرانسیلی برای چنین ترانسفورماتوری داریم :

$$I_1' = \frac{I_1}{K_1}$$

$$I_2' = \frac{I_2}{K_2}$$



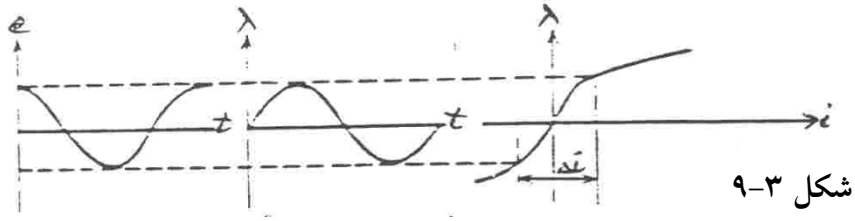
شکل ۲-۹

برای حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت بایستی جریان تهاجمی یا مغناطیس‌کننده ، بهنگام وصل ترانسفورماتور به شبکه مهار گردد و رله دو برابر آن بی اعتنا بماند و رله باید بین جریان تهاجمی (Inrush Current) و جریان اتصال کوتاه (short circuit) تفاوت بگذارد .

فرض می کنیم ، هنگامیکه ولتاژ ماکزیمم است ترانسفورماتور به شبکه وصل شود . اگر $u = u_m \cos \omega t$ باشد پس :

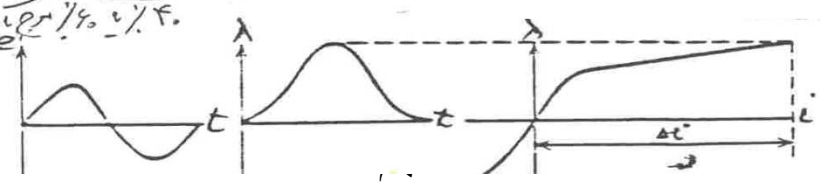
$$\lambda = \int_0^t u\,dt = \int_0^t V_m \cos \omega t\,dt$$

$$\lambda = \frac{u_m}{\omega} \sin \omega t \Big|_0^t \Rightarrow \lambda = \frac{u_m}{\omega} \sin \omega t$$



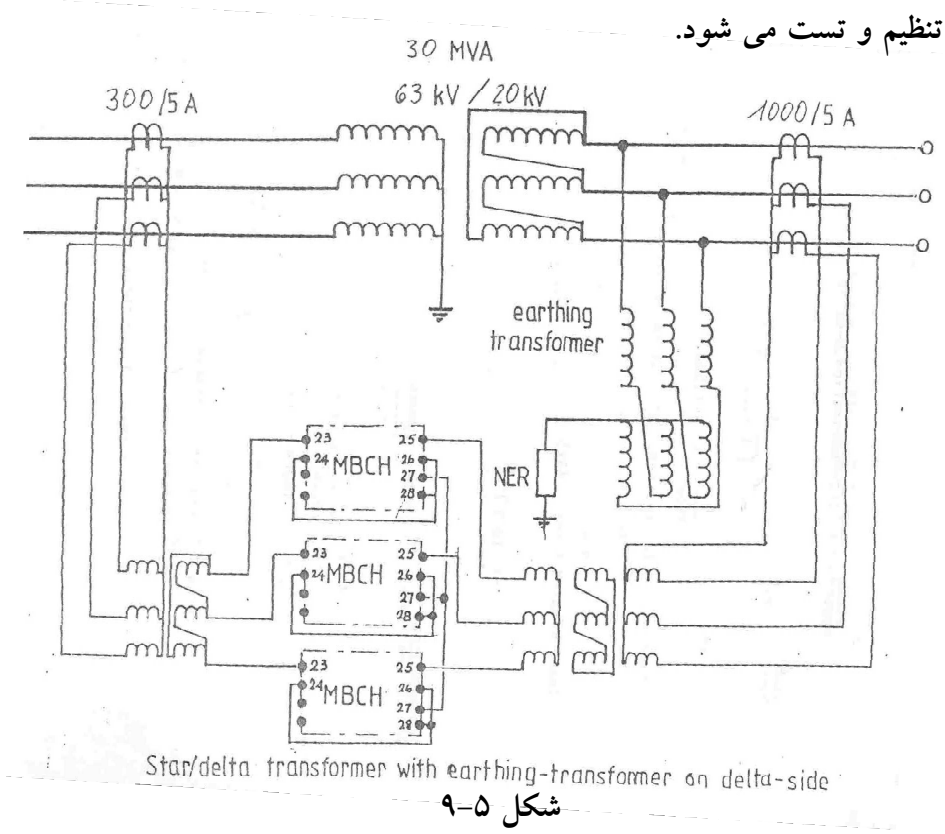
شکل ۳-۹

اگر ترانسفورماتور در زمانیکه ولتاژ صفر است به شبکه وصل شود ، جریانی که ترانسفورماتور در این حالت از شبکه دریافت می کند بمراتب بیشتر از جریان زصل ترانسفورماتور با ولتاژ حداکثر است . جریان تهاجمی دارای یک مولفه جریان دائم زود گذر و یک مولفه جریان متناوب می باشد که دارای هارمونی های بالاست . مولفه جریان دائم بستگی به زمان وصل داشته اما هارمونیهای بالا مولفه جریان متناوب به زمان وصل بستگی ندارد ، بخصوص هارمونی دوم که همیشه اصلی است .



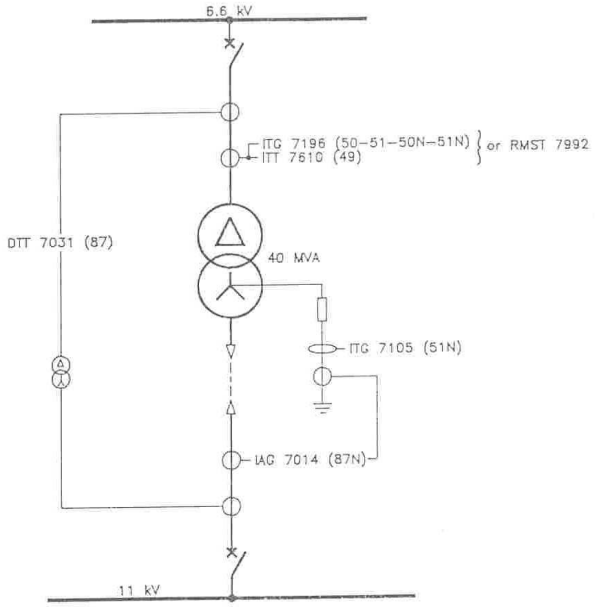
شکل ۴- ۹

مدار حفاظتی ترانسفورماتور **MVA** ۳۰ با اتصال ستاره- مثلث همراه با ترانسفورماتور زمین مطابق شکل ۵- ۹ است. برای تبدیل جمع برداری به جمع جبری در ترانسفورماتورهای قدرت با اتصال ستاره – مثلث از ترانسفورماتورهای **Phase shift** استفاده می شود ، یا اتصال **CT** های طرف اتصال ستاره ترانسفورماتور قدرت را مثلث و اتصال **CT** های طرف اتصال مثلث ترانسفورماتور قدرت را ستاره می بندند. رله دیفرانسیل درصدی ترانسفورماتور ۲۵٪ تا ۳۰ ٪ جریان نامی ترانسفورماتور تنظیم و تست می شود.

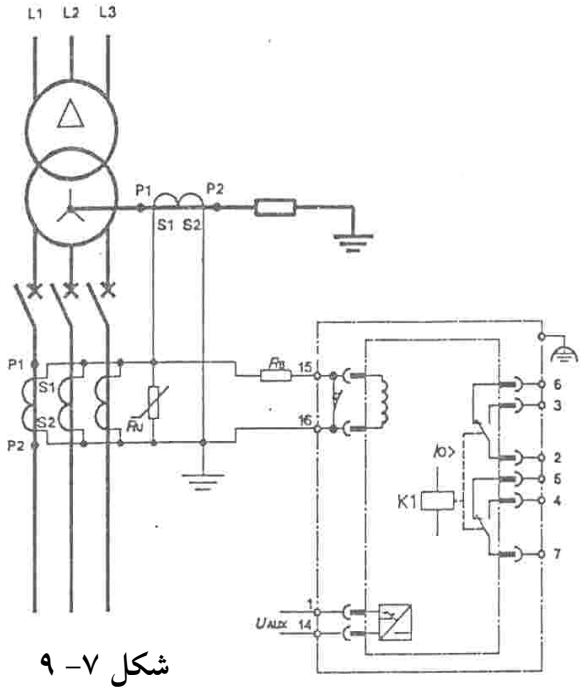



**شکل ۵-۹**

PROTECTION EXAMPLE : HV/MV TRANSFORMER

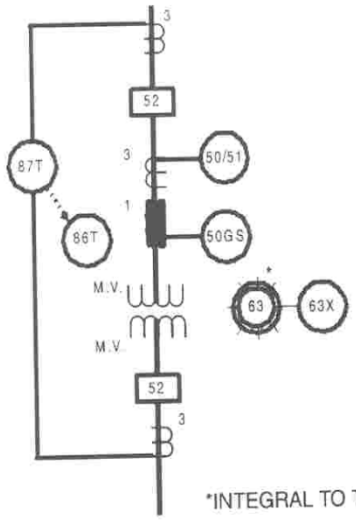



**شکل ۶-۹**




شکل ۷- ۹

Protection for transformers 750kVa and above, medium voltage windings:



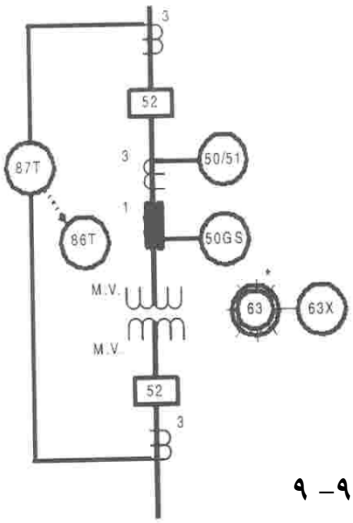

*INTEGRAL TO TRANSFORMER

**Device list for TR2**

| | |
|---|---|
| 87T | Differential |
| 86T | Lockout auxiliary |
| 50/51 | Overcurrent & short circuit |
| 50GS | Ground fault |
| 63 | Integral fault pressure |
| 63X | Fault pressure auxiliary |

شکل ۸- ۹

Protection for transformers 750kVa and above, medium voltage windings:




**Device list for TR2**

| | |
|---|---|
| 87T | Differential |
| 86T | Lockout auxiliary |
| 50/51 | Overcurrent & short circuit |
| 50GS | Ground fault |
| 63 | Integral fault pressure |
| 63X | Fault pressure auxiliary |

شکل ۹- ۹

## ۱۰- حفاظت رله ای موتورهای القایی

برای طراحی حفاظت الکتریکی موتورهای القایی اطلاعاتی از موتور مورد حفاظت لازم است ، این اطلاعات عبارتند از:

۱- قدرت نامی ( $P_2$ ) برحسب HP یا KW

۲- ولتاژ منبع ( $V_S$ ) برحسب ولت

۳- جریان بار کامل ( FLC ) بر حسب آمپر

۴- افزایش درجه حرارت مجاز

۵- جریان روتور قفل شده

۶- ماکزیمم زمان مجاز روتور قفل شده

۷- زمان شتاب گرفتن

۸- ولتاژ راه اندازی

### ۱-۸- مشخصه راه اندازی و حرارتی موتور القایی

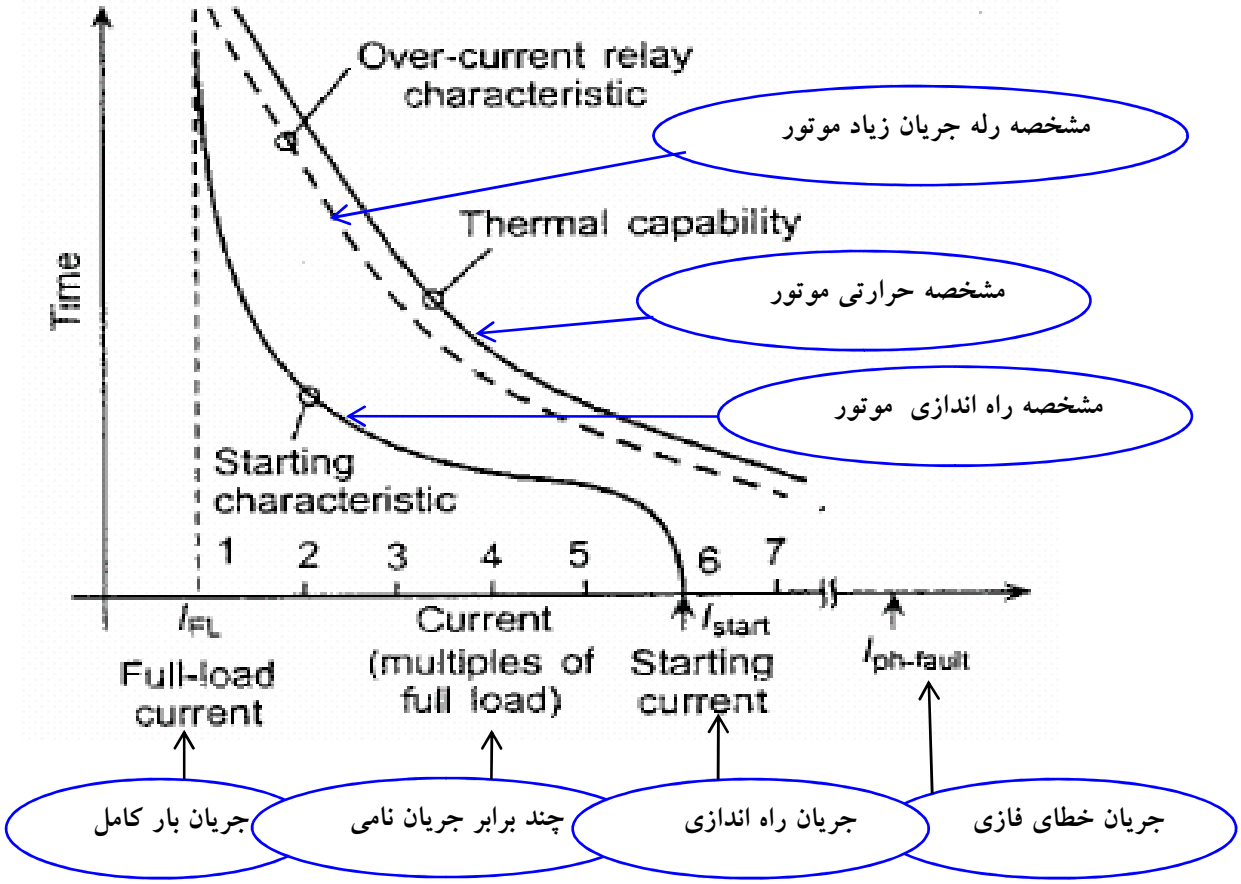
وقتی یک موتور القایی مستقیماً راه اندازی می شود ، جریان راه اندازی زیادی در حدود ۵ تا ۸ برابر جریان نامی از شبکه می کشد.

از آن جایی که دامنه جریان راه اندازی با جریان خطا قابل مقایسه است ، بنابراین حفاظت اضافه جریان تعبیه شده برای یک موتور القایی باید قادر به تشخیص خطای واقعی از جریان زیاد مربوط به راه اندازی باشد.

همچنین بایستی هماهنگی لازم بین مشخصه ی راه اندازی موتور و مشخصه ی رله اضافه جریان انجام شود. شکل ۱- ۱۰ مشخصات راه اندازی ، حرارتی و عملکرد رله جریان زیاد یک موتور القایی را نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۱- ۱۰ نشان داده شده است ، مشخصه ی رله جریان زیاد ، بالاتر از مشخصه ی راه اندازی و پایین تر از مشخصه ی حرارتی موتور است.

بدین ترتیب رله در زمان راه اندازی موتور عمل نمی کند ، ولی از ایجاد شرایط اضافه بار که مشکل حرارتی در موتور به وجود می آورد ، جلوگیری می کند.




شکل ۱- ۱۰

جدول ۱- ۱۰ مشخصات ضریب قدرت در لحظه راه اندازی و بارهای مختلف ، راندمان برحسب بارهای مختلف ، نسبت جریان راه اندازی به جریان نامی و تأثیر دما بر قدرت مورد بهره برداری موتورهای القایی سه فاز را نشان می دهد.

## ۲- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر خطاهای الکتریکی

خطاهایی که در حفاظت الکتریکی موتورهای القایی مورد بررسی قرار می گیرند ، عبارتند از:

۱- خطای اتصال کوتاه ترمینالها

۲- خطای اتصال زمین

۳- خطای اتصال کوتاه فاز به فاز

۴- خطای اتصال حلقه در سیم پیچ

### ۱-۲- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر اتصال کوتاه ترمینالها

جریان خطا در ترمینالهای موتور به میزان قابل توجهی از جریان بار ، جریان راه اندازی و جریان هر خطای داخلی بیشتر است. بنابراین یک رله ی جریان زیاد لحظه ای با تنظیم بالا برای حفاظت در برابر خطای اتصال کوتاه ترمینالهای موتور پیشنهاد می شود.

| قدرت $p_2$ برحسب KW دمای محیط برحسب درجه سانتیگراد | | نسبت جریان راه اندازی به جریان نامی | راندمان ( $\eta$ ) | | | ضریب قدرت ( $\cos\varphi$ ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 50 | $\frac{Ist}{In}$ | 4/4 | 3/4 | 2/4 | 4/4 | 3/4 | 2/4 | لحظه راه اندازی |
| ≤1.1 | ≤1 | 5 | 0.730 | 0.725 | 0.685 | 0.785 | 0.730 | 0.640 | 0.70 |
| 1.5 | 1.4 | 5.4 | 0.770 | 0.760 | 0.730 | 0.770 | 0.720 | 0.620 | 0.70 |
| 2.2 | 2 | 5.6 | 0.780 | 0.770 | 0.740 | 0.790 | 0.730 | 0.630 | 0.63 |
| 3 | 2.7 | 6.5 | 0.800 | 0.795 | 0.775 | 0.800 | 0.730 | 0.645 | 0.62 |
| 4 | 3.7 | 6.8 | 0.830 | 0.830 | 0.810 | 0.810 | 0.745 | 0.660 | 0.62 |
| 5.5 | 5 | 7 | 0.830 | 0.830 | 0.810 | 0.810 | 0.745 | 0.670 | 0.55 |
| 7.5 | 6.9 | 7 | 0.840 | 0.840 | 0.820 | 0.820 | 0.770 | 0.710 | 0.55 |
| 9 | 8.3 | 7 | 0.850 | 0.850 | 0.830 | 0.840 | 0.795 | 0.665 | 0.50 |
| 11 | 10 | 7 | 0.880 | 0.880 | 0.860 | 0.820 | 0.770 | 0.665 | 0.50 |
| 15 | 14 | 7.5 | 0.880 | 0.880 | 0.860 | 0.820 | 0.770 | 0.670 | 0.50 |
| 18.5 | 17 | 7.8 | 0.880 | 0.880 | 0.860 | 0.820 | 0.770 | 0.660 | 0.45 |
| 22 | 20 | 7.8 | 0.900 | 0.900 | 0.880 | 0.820 | 0.775 | 0.660 | 0.45 |
| 30 | 27.5 | 8 | 0.900 | 0.900 | 0.880 | 0.835 | 0.775 | 0.670 | 0.40 |
| 37 | 34 | 7.5 | 0.910 | 0.910 | 0.890 | 0.835 | 0.780 | 0.715 | 0.40 |
| 45 | 41.5 | 7.5 | 0.910 | 0.910 | 0.890 | 0.850 | 0.810 | 0.715 | 0.40 |
| 55 | 50.5 | 7.5 | 0.920 | 0.920 | 0.900 | 0.850 | 0.805 | 0.715 | 0.40 |
| 75 | 69 | 7.5 | 0.920 | 0.920 | 0.900 | 0.850 | 0.805 | 0.725 | 0.38 |
| 90 | 83 | 7.5 | 0.935 | 0.930 | 0.905 | 0.855 | 0.815 | 0.730 | 0.38 |
| 110 | 101 | 8 | 0.935 | 0.930 | 0.905 | 0.830 | 0.820 | 0.730 | 0.37 |
| 132 | 122 | 8 | 0.940 | 0.925 | 0.910 | 0.865 | 0.820 | 0.740 | 0.36 |
| 160 | 144 | 8 | 0.940 | 0.925 | 0.910 | 0.865 | 0.825 | 0.740 | 0.35 |
| 200 | 184 | 8 | 0.940 | 0.925 | 0.910 | 0.875 | 0.840 | 0.750 | 0.30 |

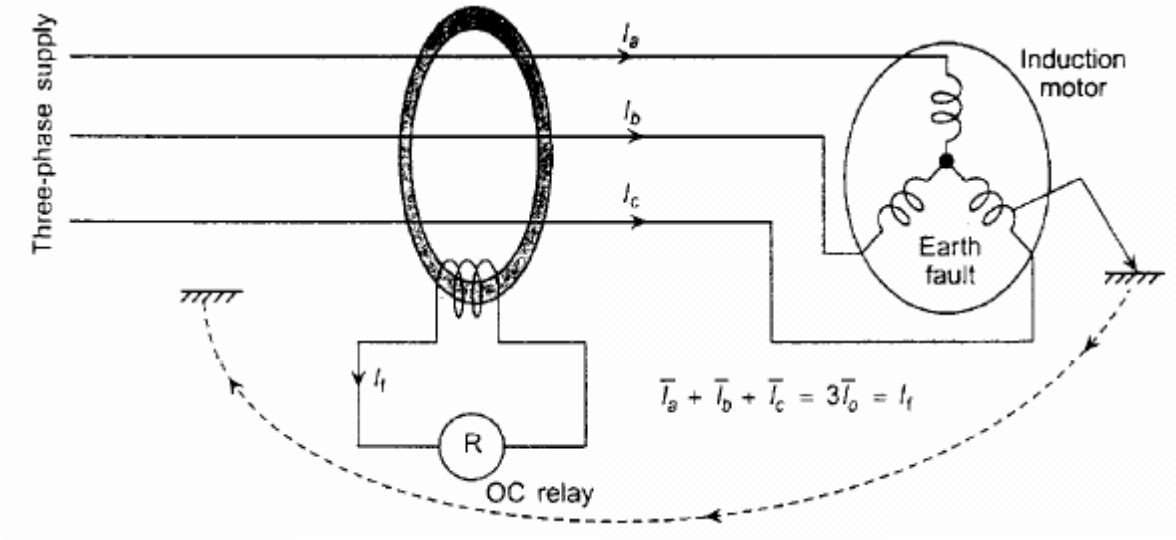
جدول ۱- ۱۰

## ۲- ۲- ۱۰- حفاظت موتور در برابر خطای اتصال زمین

**اغلب خطاهایی که در سیم پیچی موتور رخ می دهد ، اتصال زمین است ، که در اثر نقصان عایق بندی بروز می کند. این نوع اتصال کوتاه توسط یک رله جریان زیاد لحظه ای که برای حدوداً ۲۰٪ جریان نامی تنظیم می گردد ، به آسانی آشکار می گردد.**

**باید اطمینان حاصل شود که این رله در اثر جریان پس ماند ناشی از اشباع ترانسفورماتورهای جریان در حین راه اندازی عمل نخواهد کرد. برای جلوگیری از عملکرد رله ی اتصال زمین در زمان راه اندازی موتور ، حداقل ولتاژ عملکرد رله را با قرار دادن یک مقاومت پایدار کننده ی سری با رله ، بالا می برند.**

**شکل ۲- ۱۰ یک نوع حفاظت خطای زمین در موتور القایی را نشان می دهد.**




**شکل ۲- ۱۰**

وقتی موتور بطور عادی کار می کند، جمع لحظه ای جریان سه فاز صفر است. بنابراین شاری در هسته ایجاد نمی گردد و در سیم پیچ تحریک ولتاژی القاء نخواهد شد.

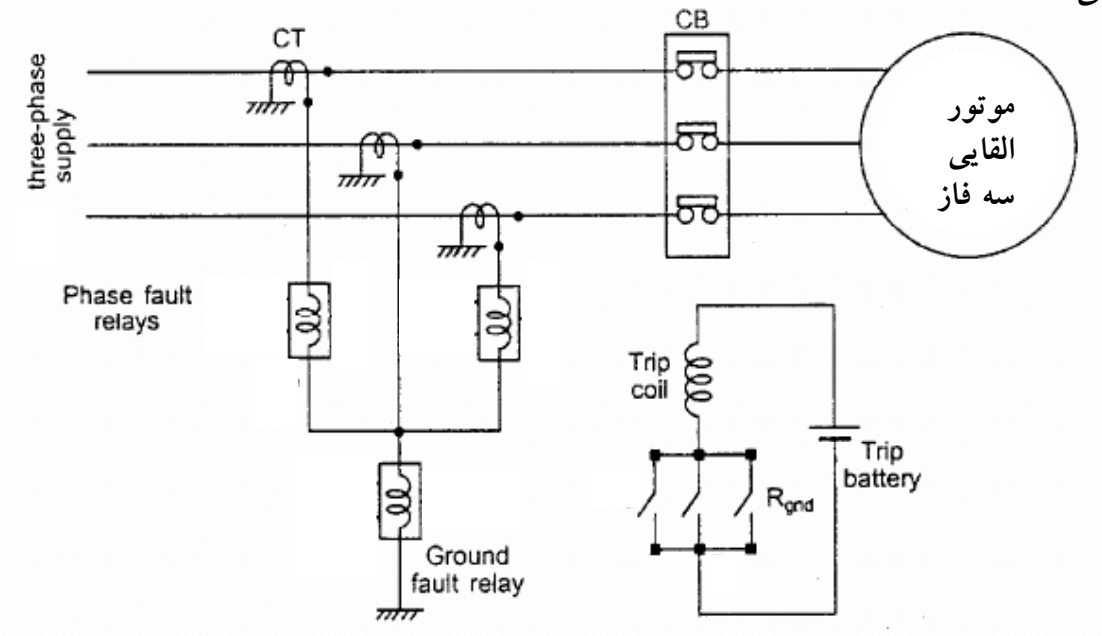
حال یک خطای زمین در نظر بگیرید. جمع سه جریان صفر نخواهد شد. بنابراین یک mmf خالص اولیه متناسب با جریان خطا $I_f$ که از مسیر نوترال به منبع بر می گردد، ایجاد می شود. در این شرایط در هسته CT شار خواهیم داشت و در سیم پیچ تحریک ولتاژی القاء خواهد شد. این ولتاژ می تواند عامل عملکرد یک رله حساس باشد.

اگر از یک مدار الکترونیکی جهت تشخیص ولتاژ القاء شده استفاده گردد، رله جریان متعادل فوق می تواند با حساسیت فوق العاده عمل کند و جریان خطاهای زمین تا چند ده میلی آمپر را تشخیص دهد. اما حساسیت بیش از حد نیز می تواند عملکرد نامطلوب در مقابل نویز را به همراه داشته باشد.

### ۳-۲-۱۰- حفاظت در برابر خطای اتصال کوتاه فاز به فاز

**حفاظت در مقابل خطاهای فاز و همچنین خطاهای زمین بر اساس سطح ولتاژ و اندازه ی موتور ، توسط فیوز یا رله ی اضافه جریان امکان پذیر است. عمده ی موتورها توسط فیوز HRC حفاظت می گردند.**

**در موتورهای القایی با قدرت بالا ، جهت افزایش دقت در حفاظت فاز به فاز از رله های اضافه جریان استفاده می شود. در استفاده از رله اضافه جریان ، مشخصه ی تحمل حرارتی موتور نیز باید مد نظر قرار گیرد. شکل ۳- ۱۰ مدار حفاظتی اتصال کوتاه فاز به فاز و فاز به زمین یک موتور القایی سه فاز را نشان می دهد.**

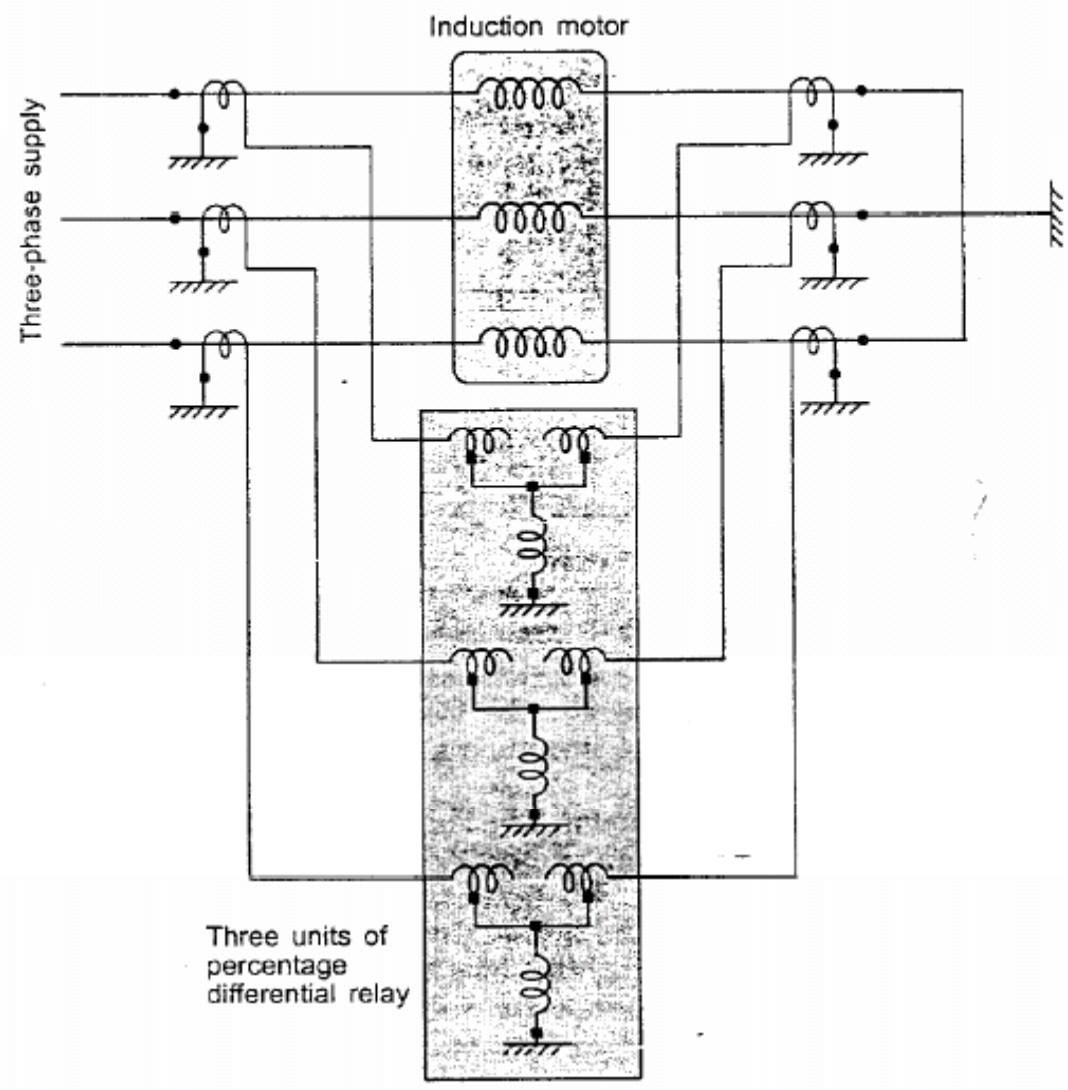



**شکل ۳- ۱۰**

**در موتورهای القایی** به خاطر وجود مقدار نسبتاً بیشتری عایق در بین هادی های دو فاز اتصال کوتاه بین دو فاز کمتر رخ می دهد. از آنجا که سیم پیچهای استاتور به طور کامل در داخل آهن زمین شده قرار دارند، هر نوع اتصالی سریعاً به زمین وصل شده و باعث عملکرد رله اتصال زمین لحظه ای خواهد شد. گاهی در مورد موتورهای بزرگ و مهم برای حفاظت در مقابل اتصال فاز – فاز از رله های دیفرانسیل استفاده می شود ، **شکل ۴- ۱۰.**

اما چنانچه موتور به یک سیستم زمین وصل شده باشد ، در صورت وجود یک رله اتصال زمین حساس سریع، به نظر نمی رسد نفع چندانی از رله دیفرانسیل عاید گردد.

**شکل ۴- ۱۰ استفاده از رله ی دیفرانسیل درصدی برای حفاظت داخلی موتورهای القایی سه فاز را نشان می دهد.**

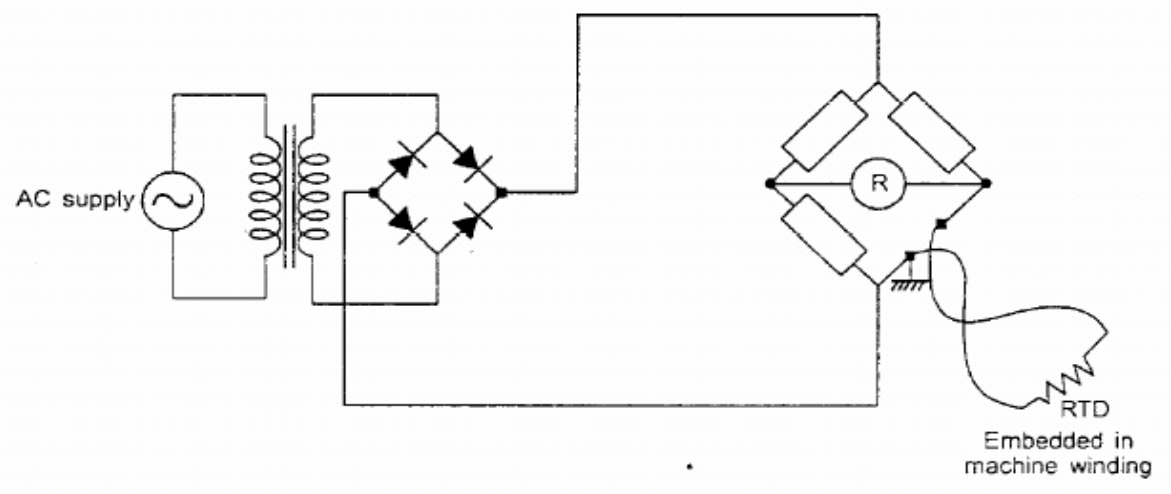



**شکل ۴- ۱۰**

## ۴-۲-۱۰- حفاظت خطای اتصال حلقه در سیم پیچ موتورهای القایی

خطای اتصال چند حلقه در یک سیم پیچ باعث تغییر قابل ملاحظه ای در جریان موتور نخواهد شد و از این رو تشخیص آن نیز مشکل می باشد. اما چنین خطاهایی باعث ایجاد نقاط بسیار داغ و تخریب عایق خواهد شد. بجز موتورهای بسیار بزرگ، درعمده موتور القایی حفاظتی در مقابل خطای داخل حلقه صورت نمی گیرد. حسگرهای حرارتی پراکنده می توانند در مقابل خطای داخل حلقه، قابل اطمینان باشند.

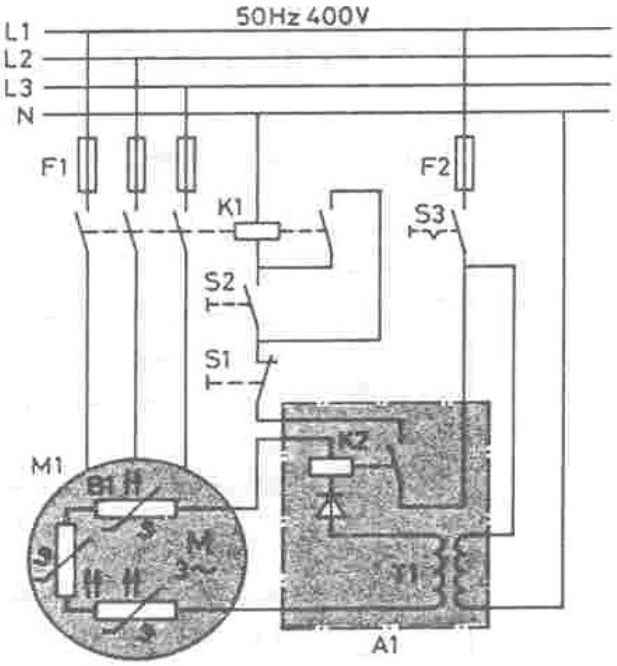
**شکل های ۵- ۱۰ و ۶- ۱۰ دو مدار حفاظتی موتور القایی در برابر افزایش دمای سیم پیچ را نشان می** اجزا پل بنحوی تنظیم شده اند که در دمای عادی پل متعادل است. یک رله حساس نیز به عنوان تشخیص دهنده بنحوی قرار گرفته است که با عبور جریان از گالوانومتر DC، ایجاد کنتاکت می کند.




**شکل ۵- ۱۰ - RTD موجود در موتور القایی و متصل به پل وتسون**

**در مدار شکل ۶- ۱۰ سه RTD از نوع PTC استفاده شده است. با وصل کلید دو وضعیتی S3 ، دستگاه حفاظتی A1 فعال می شود و رله ی K2 بسته شده و مدار کنترل K1 را آماده می کند. با وصل لحظه ای استارت S2 کنتاکتور K1 وصل می شود.**

**مقاومت های PTC به عنوان حسگر حرارتی B1 ، به طور سری با بوبین K1 سری شده است. مقدار این مقاومت ها در اثر حرارت ناشی از سیم پیچ موتور به علت اتصال حلقه یا اضافه بار بشدت افزایش یافته و ولتاژ بوبین K2 کاهش می یابد. در نتیجه مدار کنترل K1 قطع شده و موتور متوقف می شود.**




محافظ کامل موتور با حسگر حرارتی B1

**شکل ۶- ۱۰**

## ۳- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر خطاها و شرایط کاری غیر عادی از دید منبع تغذیه

**خطاهایی که در حفاظت الکتریکی موتورهای القایی در این وضعیت باید مورد بررسی قرار گیرد ، عبارتند از:**

**۱- نامتعادل بودن منبع ولتاژ**

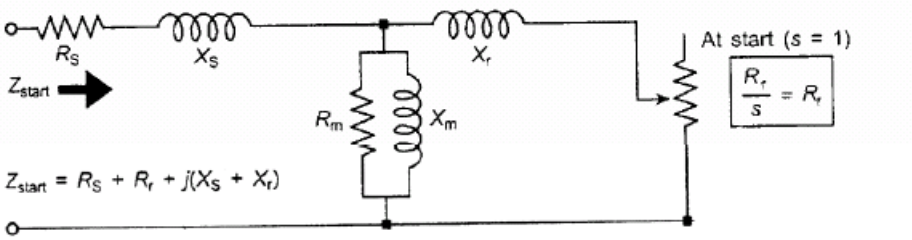
**۲- قطع یک فاز**

**۳- کاهش ولتاژ منبع**

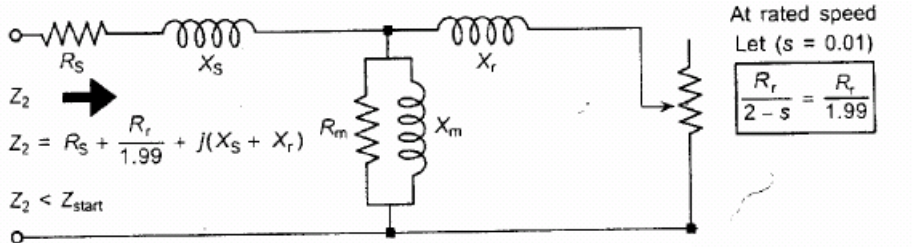
**۴- جابجایی فازها**

### ۱-۳- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر نامتعادل بودن منبع ولتاژ

موتورهای القائی بزرگ به ولتاژ منبع نامتعادل بسیار حساس می باشند. بالاخص مولفه منفی ولتاژ که به دلیل عدم تعادل بروز می کند، مشکلات زیادی ایجاد می نماید. موتور در مقابل مولفه منفی امپدانس کمی نشان می دهد. در واقع امپدانس منفی موتور از امپدانس مثبت راه اندازی موتور کمتر می باشد ، **شکل ۷-۱۰.** بنابراین اگر جریان راه اندازی موتور 6 برابر جریان بار کامل باشد، یک مولفه منفی ولتاژ 4% باعث عبور 24% جریان مولفه منفی از موتور خواهد شد. این باعث افزایش حرارت استاتور می گردد.




**الف ) مدار معادل موتور القایی در زمان راه اندازی**



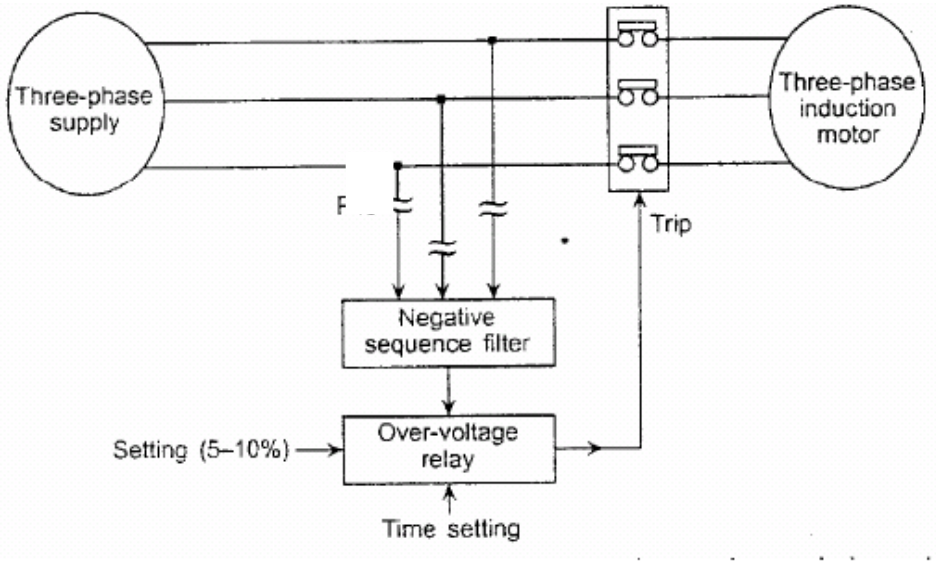

**ب ) مدار معادل موتور القایی هنگام کار با توالی منفی**

**شکل ۷- ۱۰**

بعلاوه، میدان مغناطیسی ناشی از مولفه منفی با سرعت $N_S$ در خلاف جهت دوران رتور ایجاد می شود که با سرعت $(1-s)N_S$ دوران می کند که s لغزش موتور القایی می باشد. این باعث خواهد شد جریانی با فرکانس $(2-s)N_S$ در رتور ایجاد گردد. این فرکانس نزدیک به دو برابر فرکانس اصلی می باشد. به دلیل اثر پوستی، رتور در مقابل عبور این جریان مقاومت زیادی نشان می دهد که این باعث افزایش حرارت در رتور خواهد شد.

بنابراین وجود ولتاژ نامتعادل در موتورهای بزرگ باید سریعاً تشخیص داده شود و تدبیر مناسب اتخاذ گردد.

**شکل ۸- ۱۰یک مدار حفاظتی با رله مؤلفه منفی را برای موتور القایی در برابر منبع ولتاژ نامتعادل نشان می دهد.**




**شکل ۸- ۱۰**

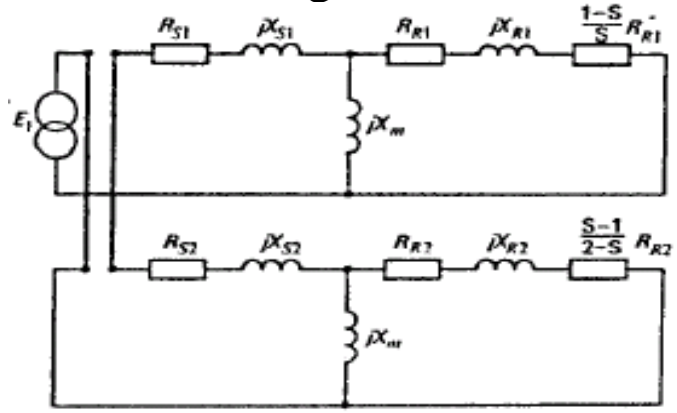
## ۲-۳- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر قطع یک فاز منبع

تک فاز شدن بدلیل خطای عملکرد یک قطب از کنتاکتور یا دژنکتور سه فاز یا خطای فیوز و یا عوامل مشابه می باشد. تک فاز شدن، باعث عبور جریان مولفه منفی می گردد. موتور نیز بدلیل محدودیتهای حرارتی، توانائی محدود در تحمل عبور جریان مولفه منفی دارد.

تک فاز شدن باعث کاهش گشتاور موتور، احتمال توقف موتور، افزایش جریان موتور و نهایتاً افزایش درجه حرارت موتور و سوختن آن خواهد شد. بنابراین این وضعیت باید تشخیص داده شده و موتور از شبکه قطع گردد.

با توجه به محدودیت حرارتی موتور درعبور جریان مولفه منفی و اینکه انرژی آزاد شده در این شرایط متناسب با $I_2^2t$ می باشد، لازم است در حفاظت در مقابل عبور مولفه منفی تحمل حرارتی موتور به عنوان معیار درنظر گرفته شود.

**شکل ۹- ۱۰ مدار معادل موتور القایی را که یک فاز آن قطع شده است ، نشان می دهد.**




$R_S$ Resistance per phase of the stator
$R_R$ Resistance per phase of the rotor referred to the stator
$X_S$ Leakage reactance per phase of the stator
$X_R$ Leakage reactance per phase of the rotor referred to the stator
$X_m$ Mutual reactance
$S$ Slip

**شکل ۹- ۱۰**

### ۳-۳- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر کاهش ولتاژ منبع

گشتاور تولیدی موتور القایی متناسب با مجذور ولتاژ است. بنابراین کاهش جزیی در ولتاژ باعث کاهش قابل توجه در گشتاور تولیدی می گردد. این کاهش گشتاور می تواند باعث کاهش سرعت و افزایش جریان موتور شود. اگر کاهش جدی ولتاژ برای بیش از چند ثانیه ادامه داشته باشد، موتورهای القایی بزرگ باید از مدار خارج شوند. رله ولتاژ کم برای محافظت در مقابل کاهش ولتاژ شبکه استفاده می شود.

### ۴-۳-۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر جابجایی فازها

اگر در توالی فازهای تغذیه کننده موتور جابجایی صورت گیرد، موتور در جهت مخالف دوران خواهد کرد. در بسیاری از کاربردها نظیر جرثقیل ها و آسانسورها، این مسئله خطرناک است. در چنین شرائطی، تشخیص دهنده فاز که معمولاً جزئی از رله اضافه ولتاژ یا ولتاژ زیاد و یا رله مولفه منفی می باشد، موتور را بلافاصله قطع می کند.

## ۴-۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر شرایط کاری غیر عادی سمت بار مکانیکی

**موتورهای القایی را بایستی در برابر شرایط غیر عادی ذیل که از سمت بار کوپل شده به موتور تحمیل می شود ، حفاظت کرد.**

**۱- خرابی یاتاقان**

**۲- گیر کردن روتور**

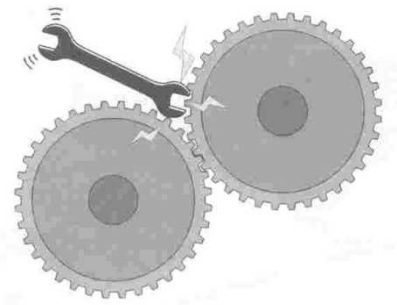
**۳- جریان کم یا قدرت کم**

**۴- اضافه بار**

### ۱-۴-۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر خرابی یاتاقان و گیرکردن روتور

شکست بلبرینگ وگیرکردن موتور گشتاور بار بیشتری به موتور تحمیل می کند. این شکل در افزایش جریان استاتور منعکس می گردد. با توجه به اینکه بسیاری از خطاهای دیگر نیز باعث افزایش جریان می گردد، تشخیص گیرکردن رتور بدین ترتیب است که موتورباید به سرعت نامی رسیده باشد و جریانی بیش از 1.2 جریان نامی در مدت زمانی بیش از دو برابر زمان تنظیم رتور قفل شده استمرار داشته باشد.

**در شکل ۱۰- ۱۰ گیر مکانیکی به تصویر کشیده شده است. این نوع حفاظت حتی در موتورهای کوچک بایستی اعمال شود، زیرا در اثر گیر مکانیکی موتور صدمه می بیند.**

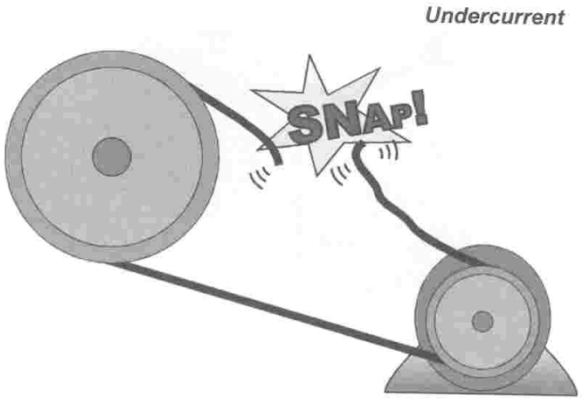


**شکل ۱۰- ۱۰**

## ۲-۴- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر جریان کم یا قدرت کم

المان یا عنصر**جریان کم** جهت آشکار کردن کاهش یا افت جریان موتور بکار می رود . این بخش جهت نشان دادن افت مکش پمپ، افت جریان هوای فن، یا بریده شدن تسمه در نقاله ها بسیار مناسب است . برای مثال، اگر تسمه نقاله بریده شود، موتور کماکان به چرخاندن نقاله بدون هیچ باری روی آن ادامه می دهد، و در نتیجه ، جریان موتور کاهش می یابد. بهمین ترتیب، موتور با شتاب بیشتری حرکت خواهد کرد چون عملاً باری روی آن نیست.

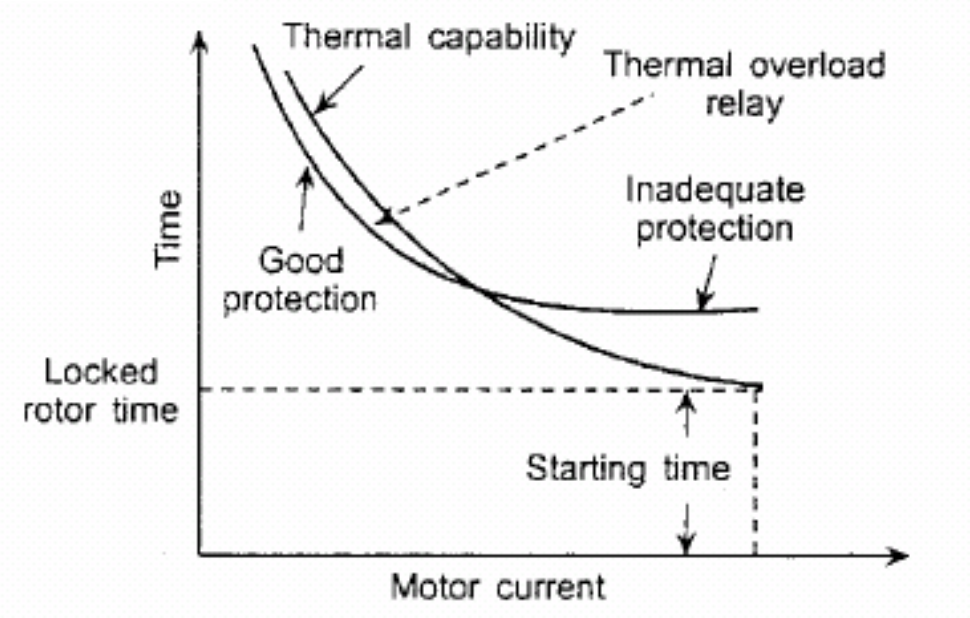
**در شکل ۱۱- ۱۰ عامل حفاظت موتور القایی در برابر جریان کم یا قدرت کم موتور القایی به تصویر کشیده شده است.**




**شکل ۱۱- ۱۰**

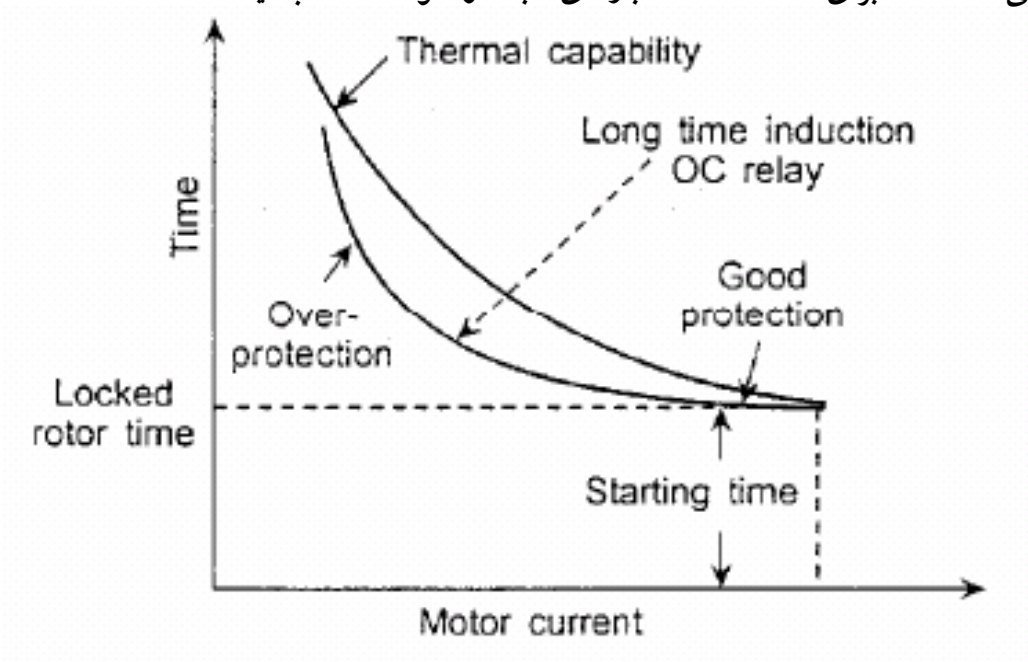
## ۳-۴- ۱۰- حفاظت موتور القایی در برابر اضافه بار

رله اضافه بار حرارتی در مقابل اضافه بارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بخوبی حفاظت می کند. اما ممکن است در مقابل اضافه بارهای شدید محافظت خوبی صورت ندهد ، **شکل ۱۲- ۱۰** .



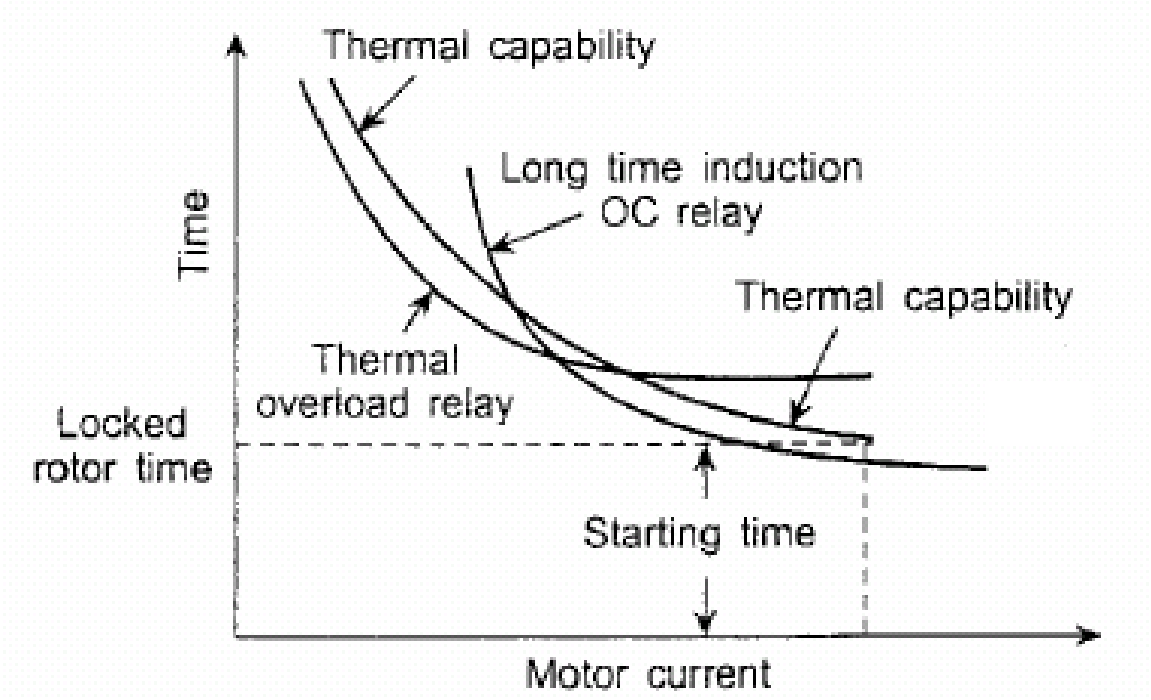

**شکل ۱۲- ۱۰**

در شکل ۱۳- ۱۰ رله های اضافه جریان با زمان زیاد در مقابل اضافه بارهای شدید ، بخوبی محافظت می کنند . اما برای حفاظت اضافه بارهای سبک و متوسط مناسب نیست.




شکل ۱۳- ۱۰

ترکیب دو رله جریان زیاد و اضافه جریان در شکل ۱۴- ۱۰ ، ترکیب مناسبی برای حفاظت موتورهای القایی در برابر بارهای سبک ، متوسط و زیاد است.

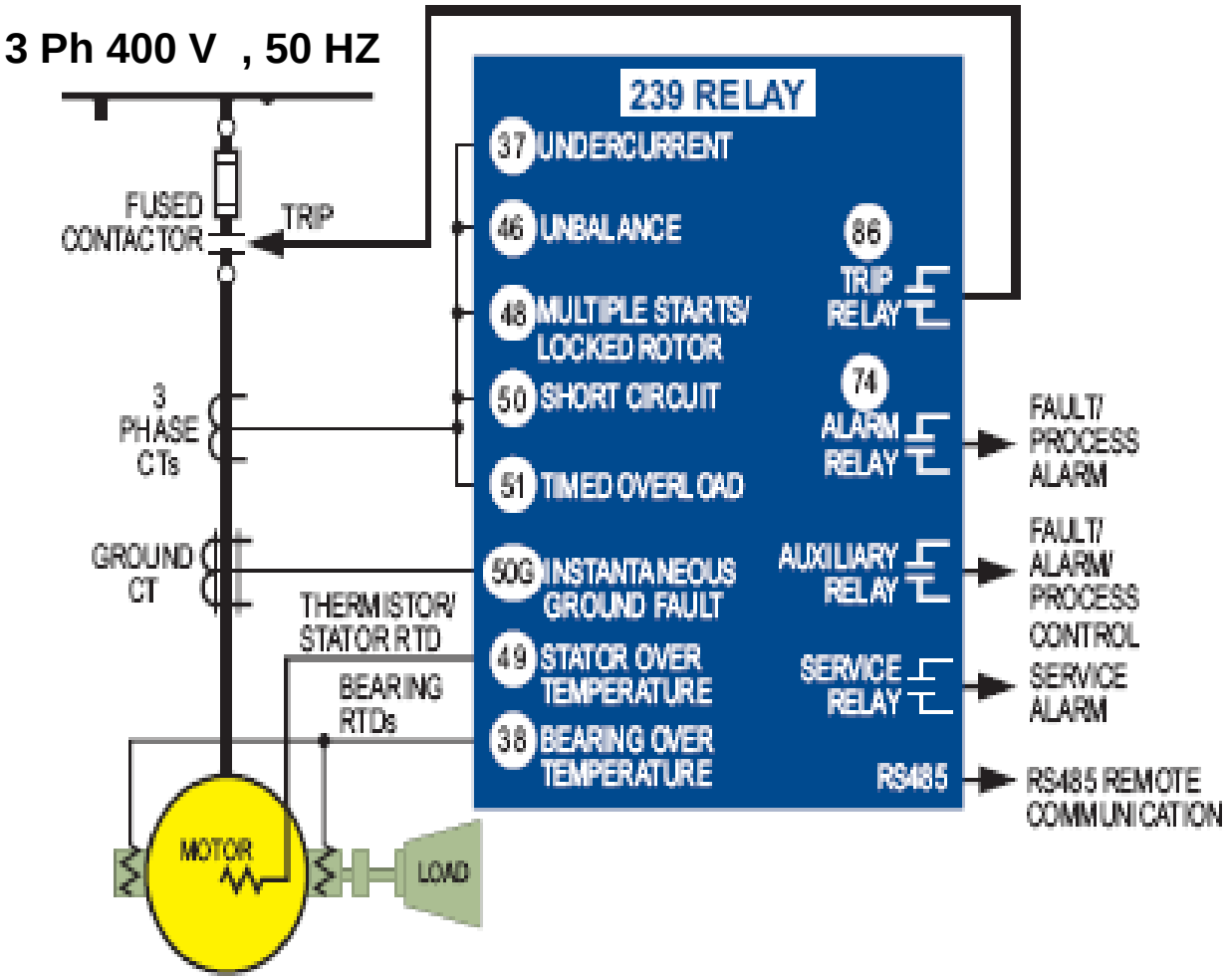



شکل ۱۴- ۱۰

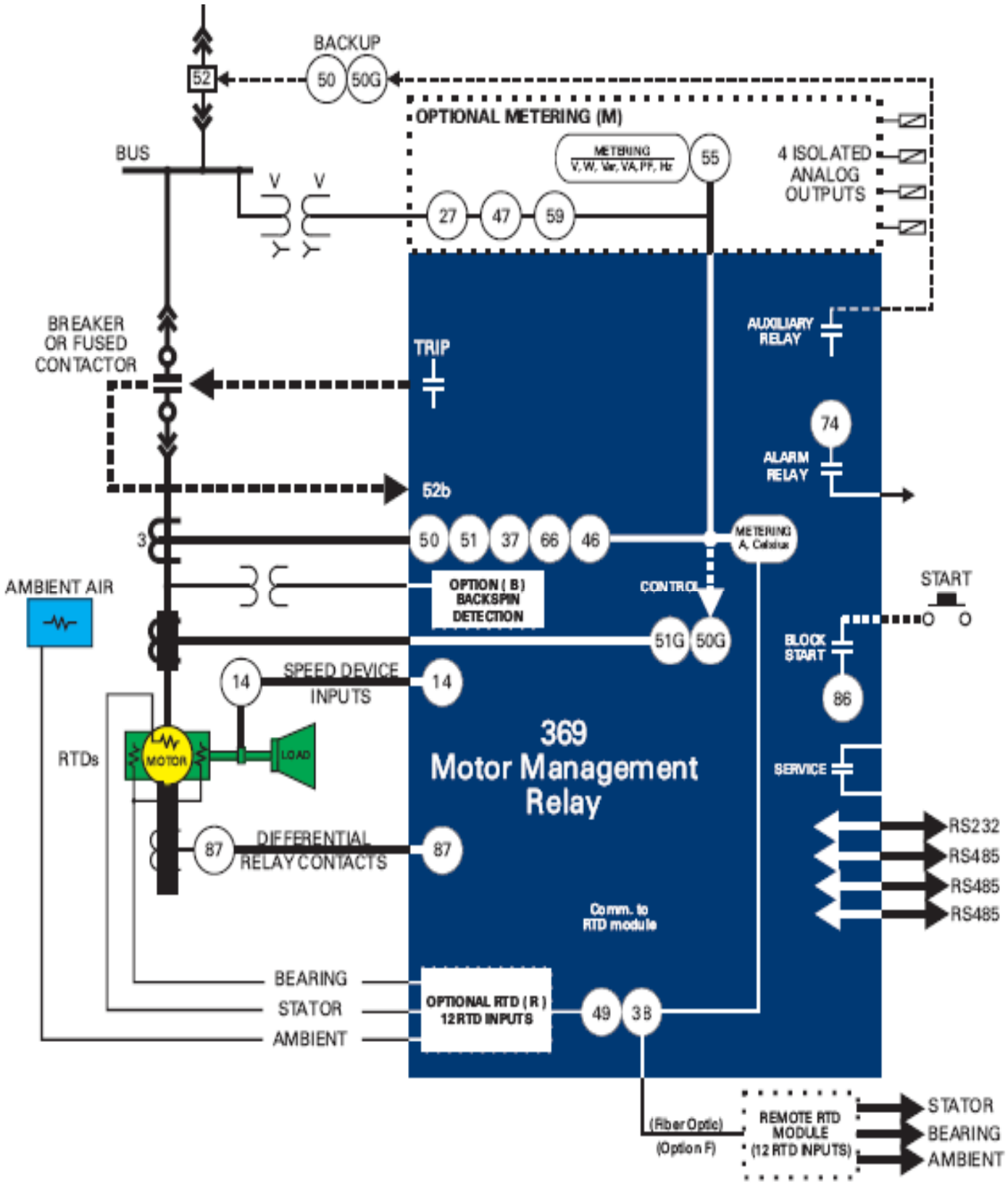
## ۱۱- انواع مدارهای حفاظتی موتورهای القایی

| functions | ANSI code | Sepam types (1) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | M02 | M03 | M04 | M05 M20 | M06 | M07 | M08 | M09 M21 | M11 M22 | M14 | M15 | M16 M23 |
| **protections** | | | | | | | | | | | | | |
| thermal overload | 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| phase overcurrent | 50/51 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| earth fault (sensitive E/F) | 50N/51N(G) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| negative sequence / unbalance | 46 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| locked rotor/excessive starting time | 48/51LR | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| phase undercurrent | 37 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| starts per hour | 66 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| positive sequence undervoltage | 27D | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| direction of rotation | 47 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| directional earth fault | 67N | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | | | |
| reverse real power | 32P | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | |
| reactive overpower | 32Q/40 | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | |
| temperature set points | 38/49T | | | | 6<br>12 | | 6 | 6 | 6<br>12 | 6<br>12 | 6 | | 6<br>12 |
| motor differential | 87M | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | |
| **metering** | | | | | | | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltages (U21, U32, U13) | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| real / reactive power (P, Q) | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real / reactive power | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| power factor | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| accumulated real / reactive energy (±Wh, ±VArh) | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| thermal capacity used | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| start inhibit time delay / number of starts before inhibition | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| temperature | | | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ |
| phase rotation | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| unbalance ratio / unbalance current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| starting time and current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual voltage | | | ■ | | | ■ | ■ | | ■ | | | | |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| differential current and through current | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | |
| **control and monitoring** | | | | | | | | | | | | | |
| open / close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| load shedding | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| restart | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| logic discrimination | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| running hours counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

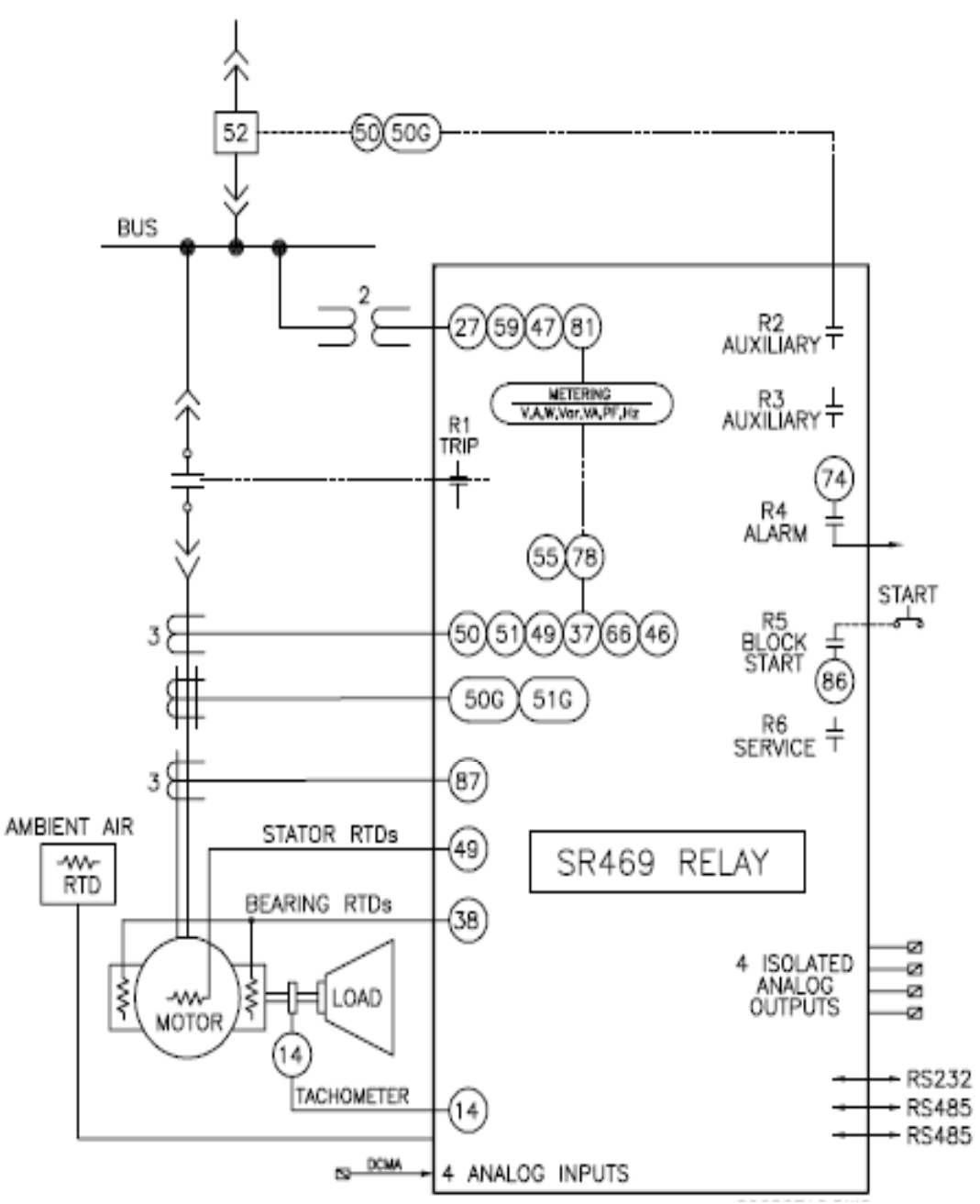
شکل ۱-۱۱


3 Ph 400 V , 50 HZ
239 RELAY
37 UNDERCURRENT
46 UNBALANCE
48 MULTIPLE STARTS/ LOCKED ROTOR
50 SHORT CIRCUIT
51 TIMED OVERLOAD
50G INSTANTANEOUS GROUND FAULT
49 STATOR OVER TEMPERATURE
38 BEARING OVER TEMPERATURE
86 TRIP RELAY
74 ALARM RELAY
AUXILIARY RELAY
SERVICE RELAY
RS485
FAULT/ PROCESS ALARM
FAULT/ ALARM/ PROCESS CONTROL
SERVICE ALARM
RS485 REMOTE COMMUNICATION
FUSED CONTACTOR
TRIP
3 PHASE CTs
GROUND CT
THERMISTOR/ STATOR RTD
BEARING RTDs
MOTOR
LOAD

شکل ۲-۱۱


BACKUP
52
50
50G
OPTIONAL METERING (M)
METERING
V, W, Var, VA, PF, Hz
55
4 ISOLATED
ANALOG
OUTPUTS
BUS
V
V
27
47
59
BREAKER
OR FUSED
CONTACTOR
TRIP
AUXILIARY
RELAY
74
ALARM
RELAY
52b
3
50
51
37
66
46
METERING
A, Celsius
AMBIENT AIR
OPTION ( B )
BACKSPIN
DETECTION
CONTROL
START
51G
50G
BLOCK
START
86
14
SPEED DEVICE
INPUTS
14
RTDs
MOTOR
LOAD
369
Motor Management
Relay
SERVICE
87
DIFFERENTIAL
RELAY CONTACTS
87
RS232
RS485
RS485
RS485
Comm. to
RTD module
BEARING
STATOR
AMBIENT
OPTIONAL RTD ( R )
12 RTD INPUTS
49
38
(Fiber Optic)
(Option F)
REMOTE RTD
MODULE
(12 RTD INPUTS)
STATOR
BEARING
AMBIENT

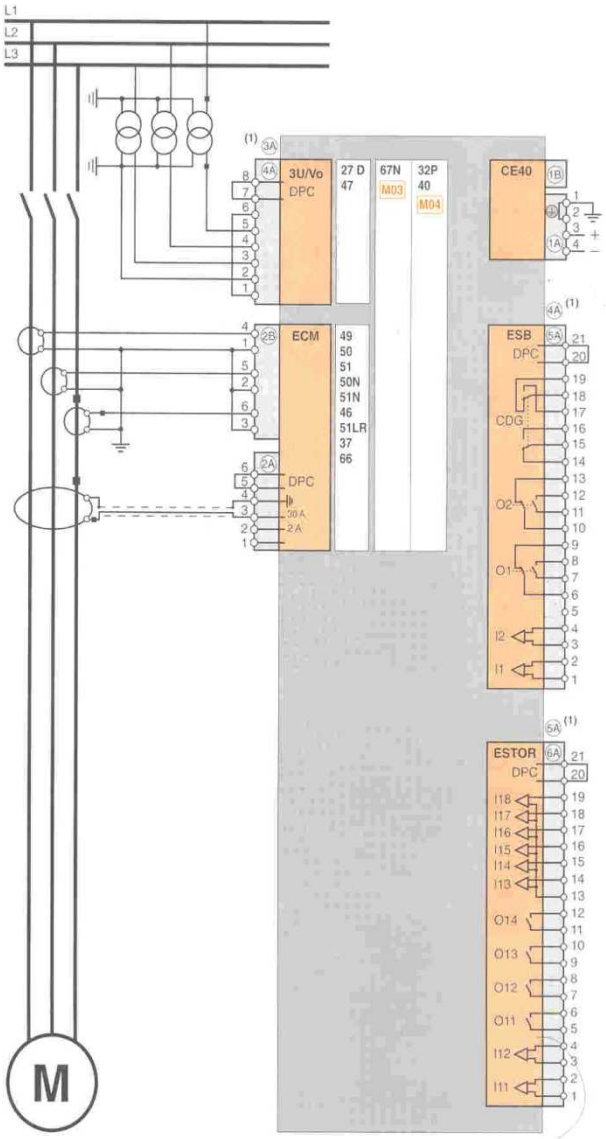
شکل ۳-۱۱




Typical applications in

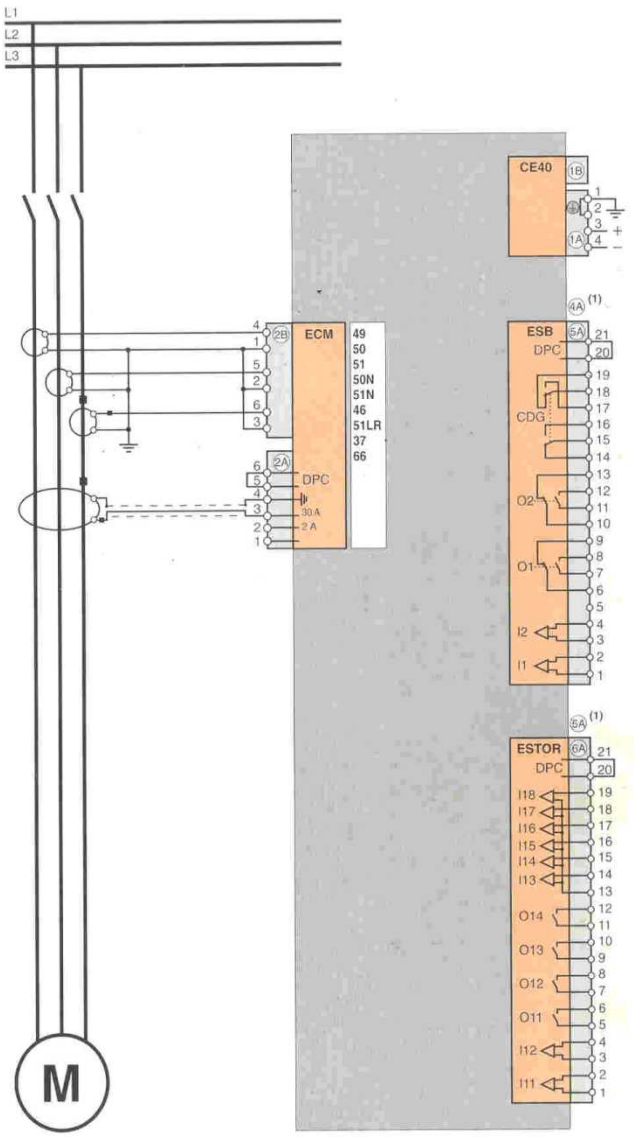
- Pumps
- Fans
- Compressors
- Mills
- Shredders
- Extruders
- Debarkers
- Refiners
- Cranes
- Conveyors
- Chillers
- Crushers
- Blowers

شکل ۴- ۱۱



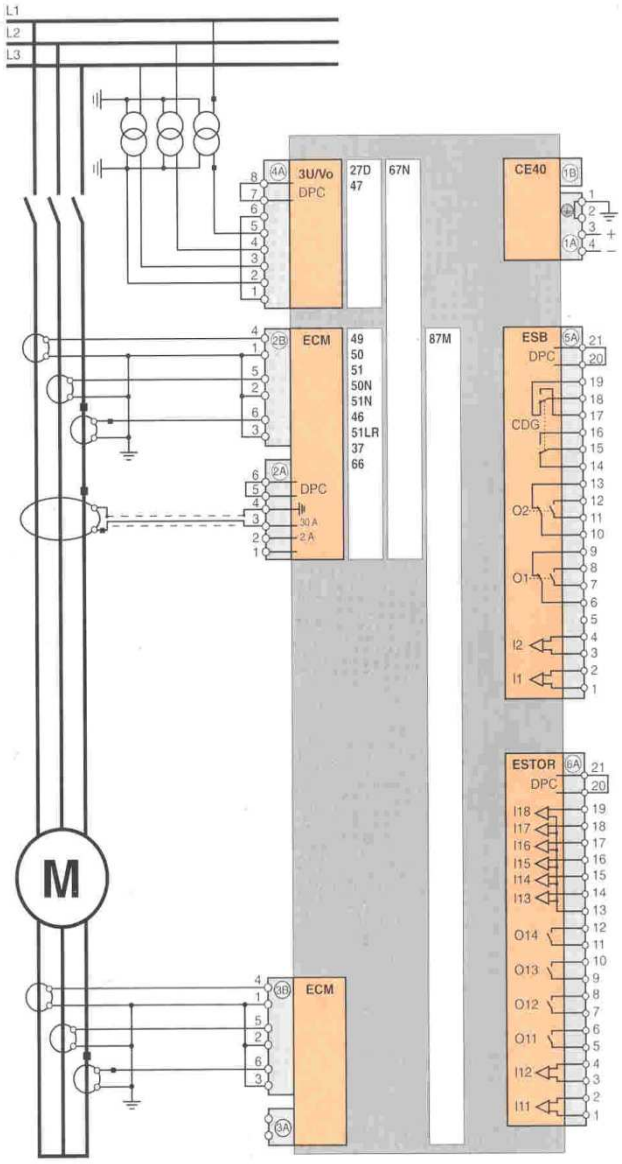

**مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رله M02 و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱**

**شکل ۵- ۱۱**



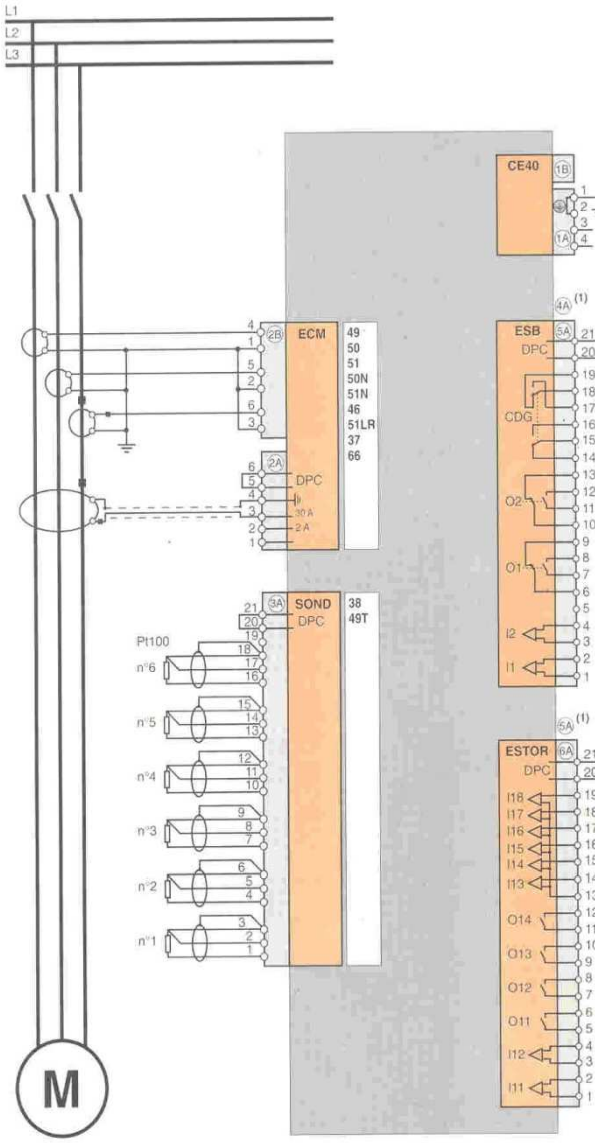

**مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رلهM03 ، M04 و M15 و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱**

**شکل ۶-۱۱**



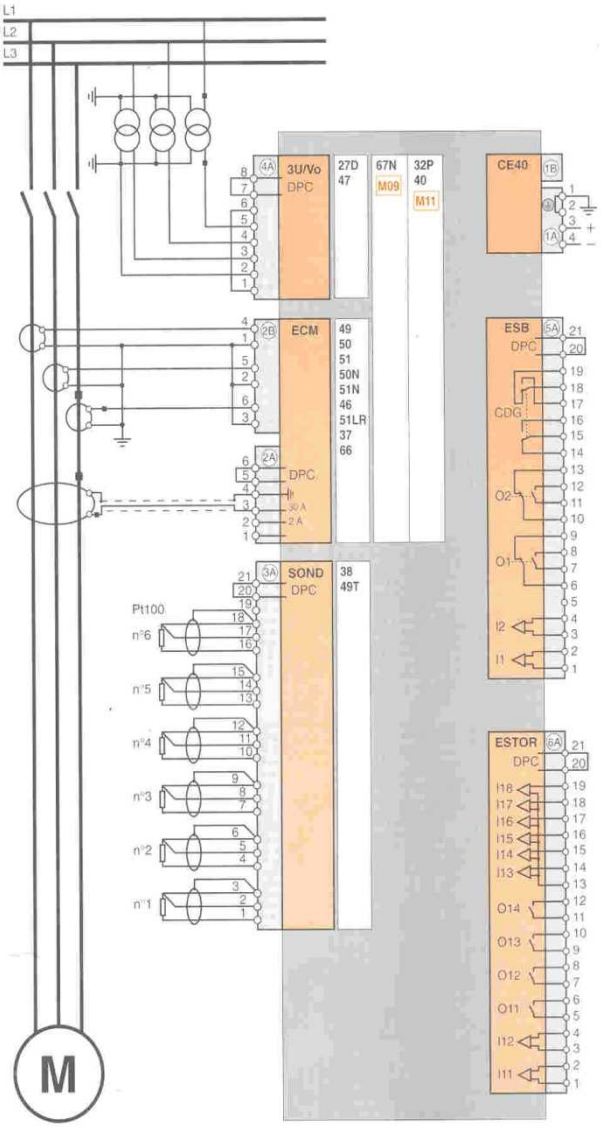

**مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رله M05**
**و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱**

**شکل ۷-۱۱**



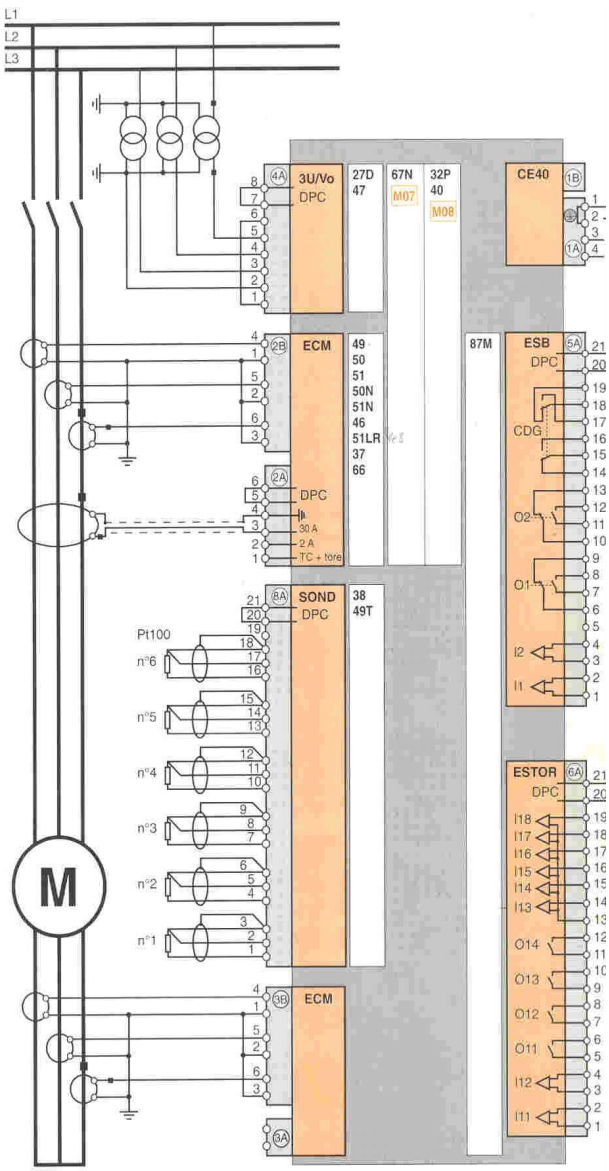

**مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رله M06**
**و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱**

**شکل ۸-۱۱**




مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رله **M07** ، **M08** و **M14** و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱

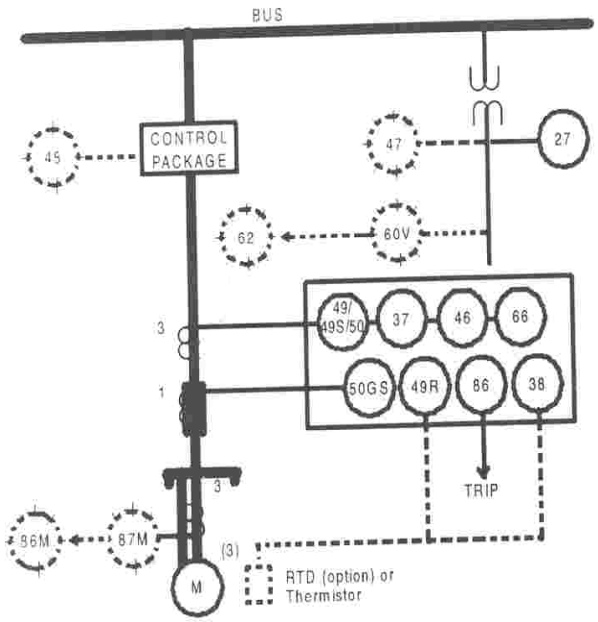
شکل ۹-۱۱




مدار حفاظتی موتور الکتریکی نوع رله **M09** ، **M11** و **M16** و مشخصات مطابق شکل ۱-۱۱

شکل ۱۰- ۱۱

***Protective Zone (MTR1A)***
Recommended protection for a more important small inductions motor (below 1500 HP):

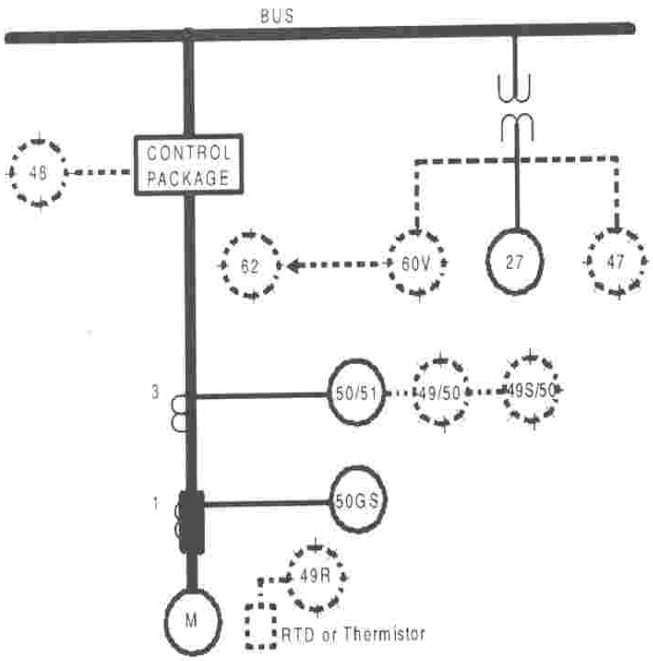



**Device list for MTR1A**

| | |
|---|---|
| 27 | Undervoltage |
| 37 | Undercurrent |
| 38 | Bearing Overtemperature (RTD) |
| 46 | Unbalance or current-reversal |
| 47 | Three phase undervoltage and reverse phase sequence |
| 48 | Adjustable definite time device or timer |
| 49 | Overload |
| 49R | Winding Overtemperature (Thermistor or RTD) |
| 49S | Locked rotor |
| 50 | Short circuit |
| 50GS | Ground fault |
| 60V | Voltage unbalance |
| 62 | Timer |
| 66 | Successive starts |
| 87M | Differential |
| 86,86M | Lockout Auxiliary |

**شکل ۱۱-۱۱**

***Protective Zone (MTR1)***
Minimum protection for a small induction motor (below 1500HP):




**Device list for MTR1**

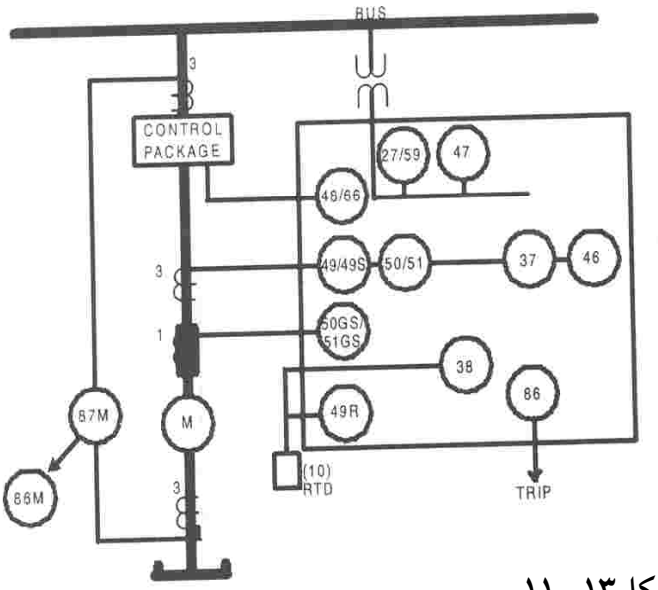
| | |
|---|---|
| 27 | Time Undervoltage |
| 47 | Undervoltage and reverse phase sequence |
| 48 | Incomplete sequence timer |
| 49/50 | Thermal overcurrent |
| 49R | Winding overtemperature (RTD) |
| 49S/50 | Time and instantaneous overcurrent (locked rotor) |
| 50GS | Instantaneous overcurrent ground |
| 50/51 | Time and instantaneous overcurrent |
| 60V | Voltage unbalance |
| 62 | Timer |

**شکل ۱۲-۱۱**

## M O T O R

### *Protective Zone (MTR2)*

Minimum protection for a large induction motor (1500 HP and above):




**Device list for MTR2**

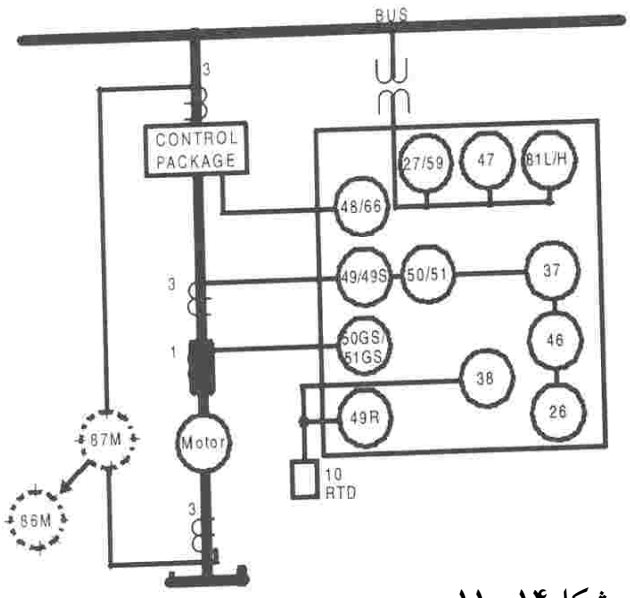
| | |
|---|---|
| 27/59 | Under and overvoltage |
| 37 | Undercurrent |
| 38 | Bearing Overtemperature (RTD) |
| 46 | Current unbalance |
| 47 | Undervoltage/reverse phase sequence |
| 48 | Incomplete sequence |
| 49 | Overload |
| 49R | Winding overtemperature (RTD) |
| 49S | Locked rotor protection |
| 50/51 | Instantaneous & time overcurrent |
| 50GS/ 51GS | Instantaneous & time overcurrent ground sensor |
| 66 | Successive starts |
| 86,86M | Lockout Auxiliary |
| 87M | Differential |

شکل۱۳- ۱۱

## M O T O R

### *Protective Zone (MTR2A)*

Recommended protection for a more important large induction motor (1500 HP and above):




**Device list for MTR2A**

| | |
|---|---|
| 27/59 | Under and overvoltage |
| 37 | Undercurrent |
| 46 | Current unbalance |
| 47 | Undervoltage/reverse phase sequence |
| 48 | Incomplete sequence |
| 49 | Overload |
| 49R | Winding overtemperature (RTD) |
| 49S | Locked rotor |
| 50/51 | Instantaneous and time overcurrent |
| 50GS/ 51GS | Instantaneous and time overcurrent ground sensor |
| 66 | Successive starts |
| 81L/H | Frequency |
| 86M | Lockout Auxiliary |
| 87M | Differential |

شکل۱۴- ۱۱

## موتورهای سه فاز و حفاظت آنها

| مشخصات موتور | | | شبکه 400 V | | | شبکه 690 V | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| توان نامی | $\cos\varphi$ (تقریبی) | بازده $\eta$ (تقریبی) | جریان نامی (تقریبی) | کوچکترین فیوز A | | جریان نامی (تقریبی) | کوچکترین فیوز A | |
| | | | | اتصال مستقیم | Y Δ | | اتصال مستقیم | Y Δ |
| kW | | | A | | | A | | |
| 0,25 | 0,7 | 0,62 | 0,8 | 2 | 2 | 0,5 | 2 | 2 |
| 0,37 | 0,72 | 0,64 | 1,2 | 4 | 2 | 0,7 | 2 | 2 |
| 0,55 | 0,75 | 0,69 | 1,6 | 4 | 2 | 0,9 | 2 | 2 |
| 0,75 | 0,8 | 0,74 | 2 | 4 | 4 | 1,1 | 2 | 2 |
| 1,1 | 0,83 | 0,77 | 2,6 | 4 | 4 | 1,5 | 2 | 2 |
| 1,5 | 0,83 | 0,87 | 3,5 | 6 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 2,2 | 0,83 | 0,81 | 5 | 10 | 6 | 2,9 | 6 | 4 |
| 3 | 0,84 | 0,81 | 6,6 | 16 | 10 | 3,5 | 6 | 4 |
| 4 | 0,84 | 0,82 | 8,5 | 20 | 16 | 4,9 | 10 | 6 |
| 5,5 | 0,85 | 0,83 | 11,5 | 25 | 20 | 6,7 | 16 | 10 |
| 7,5 | 0,86 | 0,85 | 15,5 | 35 | 25 | 9 | 16 | 10 |
| 11 | 0,86 | 0,87 | 23 | 35 | 35 | 13 | 25 | 16 |
| 15 | 0,86 | 0,87 | 30 | 50 | 35 | 18 | 25 | 20 |
| 18,5 | 0,86 | 0,88 | 36 | 63 | 50 | 21 | 35 | 25 |
| 22 | 0,87 | 0,89 | 43 | 63 | 50 | 25 | 35 | 35 |
| 30 | 0,87 | 0,9 | 57 | 80 | 63 | 33 | 50 | 35 |
| 37 | 0,87 | 0,9 | 72 | 100 | 80 | 42 | 63 | 50 |
| 45 | 0,88 | 0,91 | 85 | 125 | 100 | 49 | 63 | 63 |
| 55 | 0,88 | 0,91 | 104 | 160 | 125 | 60 | 100 | 63 |
| 75 | 0,88 | 0,91 | 142 | 200 | 160 | 82 | 125 | 100 |
| 90 | 0,88 | 0,92 | 169 | 224 | 200 | 98 | 125 | 100 |
| 110 | 0,88 | 0,92 | 204 | 250 | 224 | 118 | 160 | 125 |
| 132 | 0,88 | 0,92 | 243 | 300 | 250 | 140 | 200 | 160 |
| 160 | 0,88 | 0,93 | 292 | 355 | 300 | 170 | 224 | 200 |
| 200 | 0,88 | 0,93 | 368 | 425 | 425 | 214 | 300 | 224 |
| 250 | 0,88 | 0,93 | 465 | 500 | 500 | 270 | 355 | 300 |
| 315 | 0,88 | 0,93 | 580 | 630 | 630 | 337 | 425 | 355 |
| 400 | 0,89 | 0,94 | - | - | - | 410 | 500 | 425 |
| 500 | 0,89 | 0,95 | - | - | - | 515 | 630 | 630 |
| 600 | 0,9 | 0,96 | - | - | - | 600 | 710 | 630 |

جریان نامی موتور برای موتورهای جریان سه فاز معمولی چهار قطب صادق است. فیوزها برای موتورهای با روتور قفسه‌ای با این فرض معتبرند که در اتصال مستقیم جریان راه‌اندازی حداکثر 6 برابر جریان نامی موتور و مدت زمان راه‌اندازی دست کم 5 ثانیه، و در راه‌اندازی ستاره - مثلث جریان راه‌اندازی 2 برابر جریان نامی موتور و مدت زمان راه‌اندازی حداکثر 15 ثانیه باشد . برای جریانهای نامی بزرگتر و / یا زمانهای راه‌اندازی طولانیتر، فیوزهای با جریان نامی بزرگتری باید به کار رود .

اگر ولتاژ شبکه غیر از 400 V یا 690 V باشد، آنگاه شدت جریان به نسبت عکس ولتاژ تغییر می‌کند .

$$I = I_{400} \cdot \frac{400\ V}{U}$$

I شدت جریان برای ولتاژ مورد نظر — U ولتاژ شبکه مورد نظر

$I_{400}$ شدت جریان برای 400 V

مثال : یک موتور 22 kW با راه‌اندازی ستاره - مثلث در شبکه 500 V به کار انداخته می‌شود . فیوز دست کم به چه بزرگی باید باشد؟

حل :

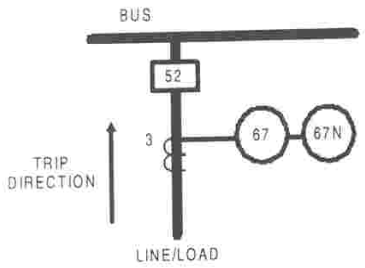
$I = I_{400} \cdot 400\ V/U = 43\ A \cdot 400\ V/500\ V = 34,4\ A \Rightarrow$ فیوز **50 A**

## ۱۲- مدرات حفاظتی پیشنهادی برای فیدرها

F E E D E R

***Protective Zone (FDR3)***

Standard Directional circuit:




**Device list for FDR3**

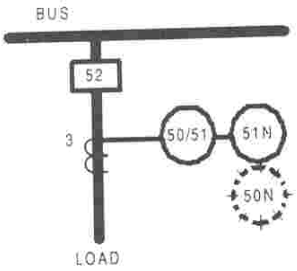
| | |
|---|---|
| 67 | Directional overcurrent and short circuit |
| 67N | Directional time delay and instantaneous ground fault |

شکل ۱-۱۲

F E E D E R

***Protective Zone (FDR1)***

Standard Non-directional circuit, residually connected ground relay:




**Device list for FDR1**

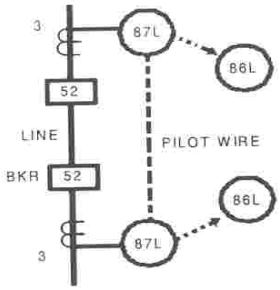
| | |
|---|---|
| 50/51 | Phase overcurrent and short circuit |
| 51N | Time delay ground fault |
| 50N | Instantaneous ground fault |

شکل ۲-۱۲

F E E D E R

***Protective Zone (FDR4)***

Long lines and critical short length lines:



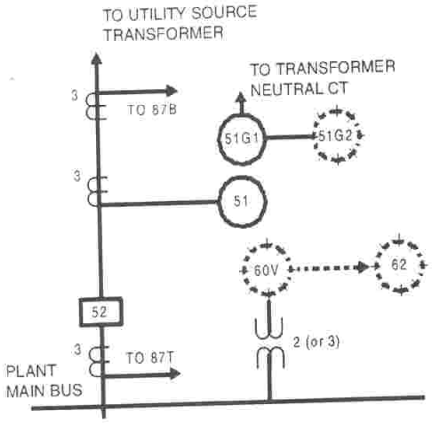

**Device list for FDR4**

| | |
|---|---|
| 87L | Pilot wire line |
| 86L | Lockout auxiliary |

شکل ۳-۱۲

## INCOMING LINE

***Protective Zone (IL2)***
Single source incoming line via utility transformer (no internal generation):



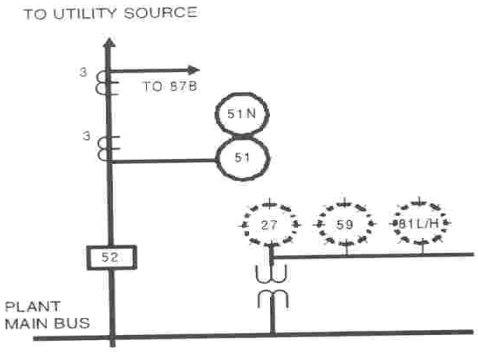

**Device list for IL2**

| | |
|---|---|
| 51 | Phase overcurrent |
| 51G-1 | Ground overcurrent |
| 51G-2 | Ground overcurrent |
| 60V | Voltage unbalance |
| 62 | Timer |

شکل ۱-۱۳

## INCOMING LINE

***Protective Zone (IL1)***
Single source incoming line (no internal generation):



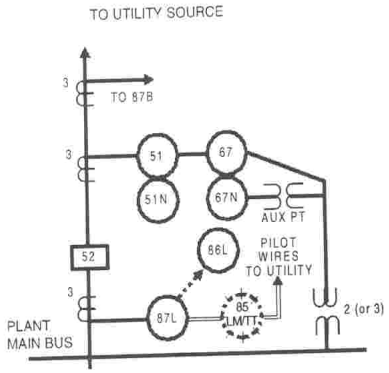

**Device list for IL1**

| | |
|---|---|
| 27 | Undervoltage |
| 51 | Phase overcurrent |
| 51N | Residual overcurrent |
| 59 | Overvoltage |
| 81L/H | Frequency |

شکل ۲-۱۳

## INCOMING LINE

***Protective Zone (IL3)***
Single source incoming line with internal generation:



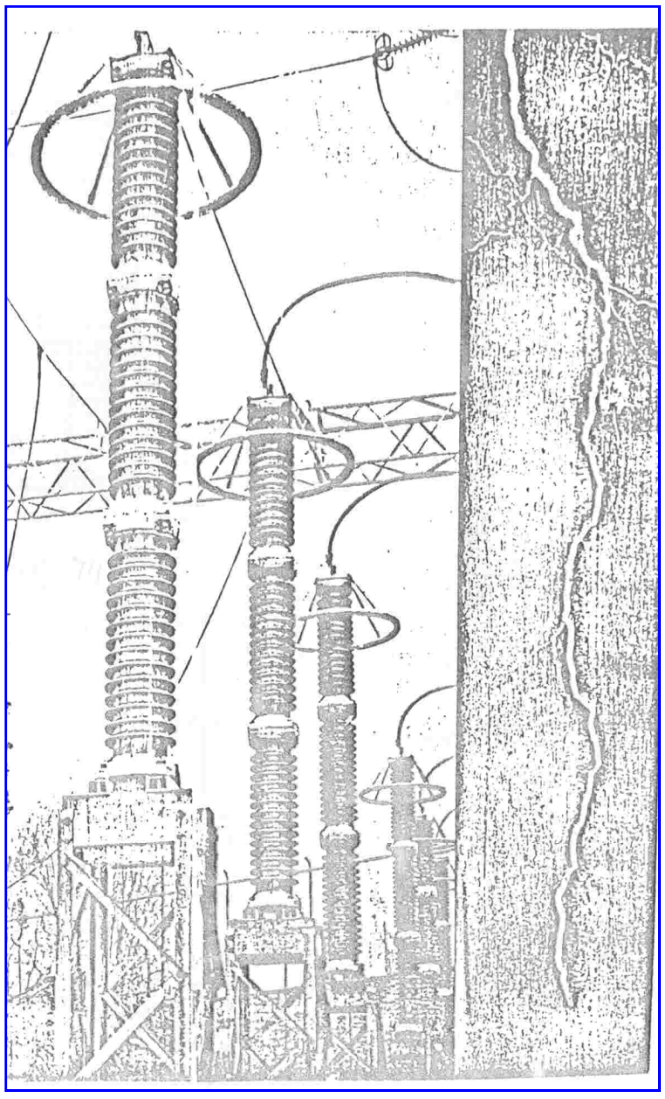

**Device list for IL3**

| | |
|---|---|
| 51 | Phase overcurrent |
| 51N | Residual overcurrent |
| 67 | Directional phase overcurrent |
| 67N | Directional ground overcurrent |
| 85LM/TT | Communication monitor |
| 86L | Lockout auxiliary |
| 87L | Differential |

شکل ۳-۱۳

**شکل ۴-۱۳ برقگیرهای خطوط فشارفوی و فوق فشارقوی را نشان می دهد. همچنین عبور جریان ناشی از اضافه ولتاژ اعمال شده بر خطوط انتقال انرژی الکتریکی در شکل ۵-۱۳ مشاهده می شود.**

**شکل ۴-۱۳**

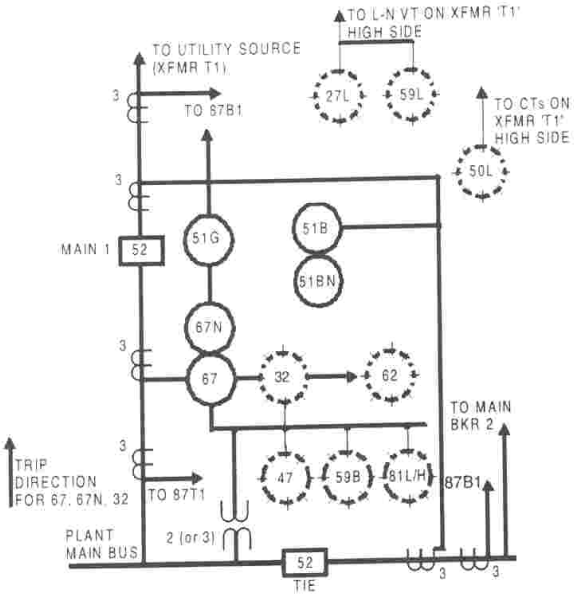


**شکل ۵-۱۳**

## INCOMING LINE

***Protective Zone (IL4)***

Dual source incoming line (dual line with internal generation & via utility transformer):




**Device list for IL4**

| | |
|---|---|
| 27L | Undervoltage |
| 32 | Power direction |
| 47 | Phase undervoltage and reverse phase sequence |
| 50L | Instantaneous overcurrent |
| 51B | Phase time overcurrent |
| 51BN | Residual time overcurrent |
| 51G | Ground overcurrent |
| 59B | Overvoltage |
| 59L | Overvoltage |
| 62 | Timer |
| 67 | Directional phase overcurrent |
| 67N | Directional ground overcurrent |
| 81L/H | Frequency |

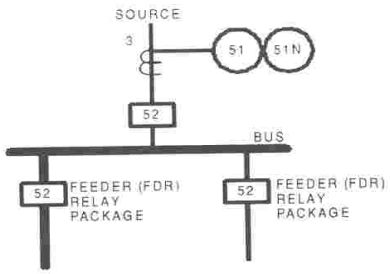
شکل ۶-۱۳

## ۱۴- حفاظت پیشنهادی برای **Busbar** های شبکه ی مصرف انرژی الکتریکی

## BUS

***Protective Zone (BUS1)***

Single source, radial configuration:




**Device list for BUS1**

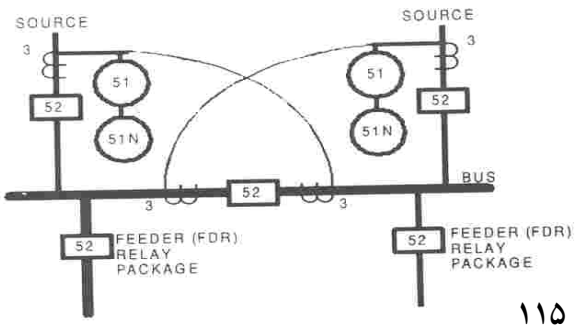
| | |
|---|---|
| 51 | Phase overcurrent |
| 51N | Ground fault |

شکل ۱- ۱۴

## BUS

***Protective Zone (BUS2)***

Multiple sources with bus tie breaker:




**Device list for BUS2**

| | |
|---|---|
| 51 | Phase overcurrent |
| 51N | Ground fault |

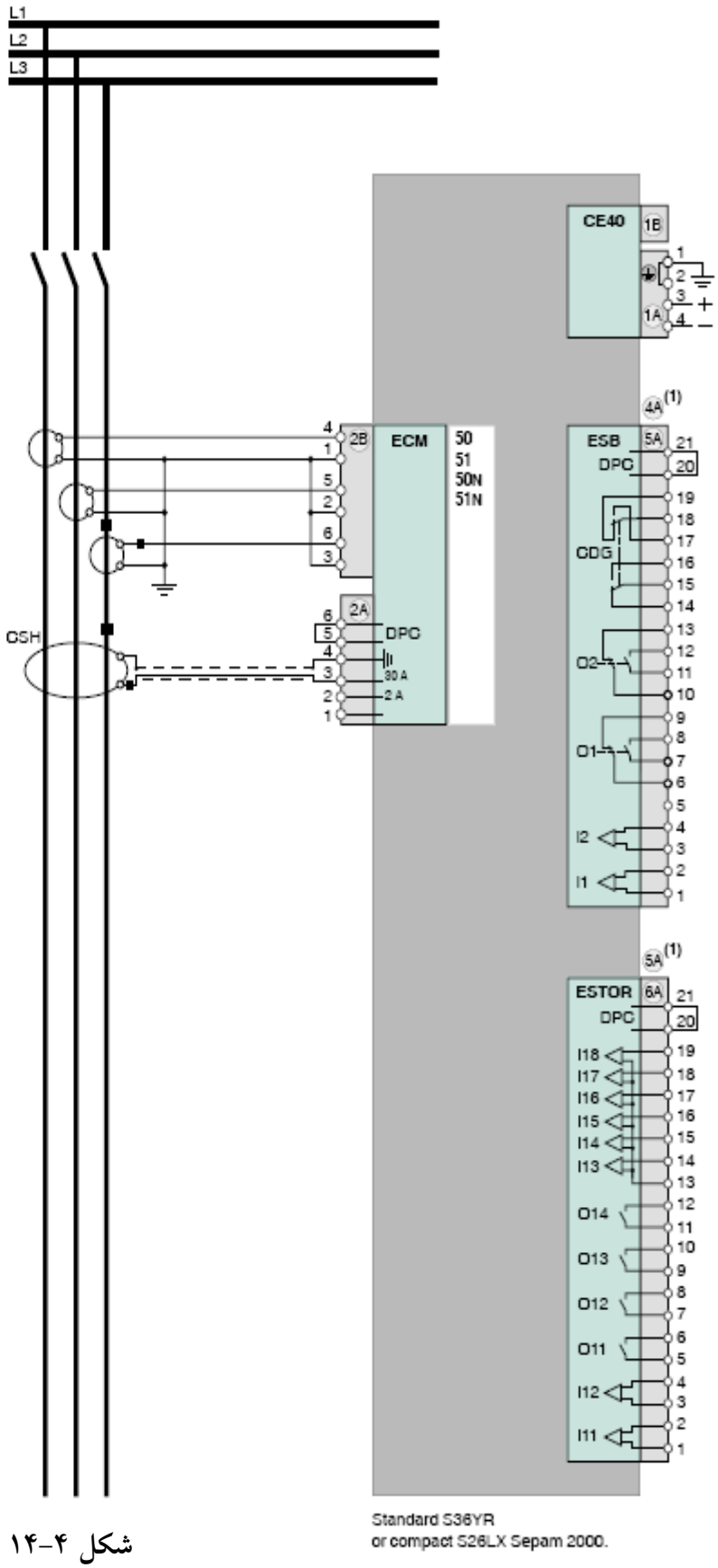
شکل ۲- ۱۴

## Sepam 2000 substation/busbars

| functions | ANSI code | Sepam types | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | substations | | | | | | | | | busbars | | | | | |
| | | S01 | S02 | S03 | S04 | S05 | S06 | S07 | S08 | S09 | B01 | B02 | B12 | B03 | B04 | B07 |
| **protection** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| phase overcurrent | 50/51 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| earth fault (sensitive E/F) | 50N/51N(G) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| undervoltage | 27 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 2 | | 2 | 2/2* |
| positive sequence undervoltage | 27D | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | | |
| remanent undervoltage | 27R | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1/1* |
| overvoltage | 59 | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2/2* |
| neutral voltage displacement | 59N | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| directional overcurrent | 67 | | | 1 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | |
| directional earth fault | 67N | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | |
| reverse real power | 32P | | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | | | |
| underfrequency | 81L | | | | | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 4 | | | 2 |
| overfrequency | 81H | | | | | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | | 2 |
| rate of change of frequency | 81R | | | | | | | | | 2 | | | 2 | | | |
| synchronism check | 25 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| **metering** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltage (U21, U32, U13, V1, V2, V3) | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■/■** |
| real / reactive power (P, Q) | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real / reactive power | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| power factor | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| accumulated real / reactive energy (±Wh, ±VArh) | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| phase rotation | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| residual current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual voltage | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| **control and monitoring** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| open / close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| recloser | 79 | ■ | ■ | | ■ | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| logic discrimination | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| VT monitoring | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| earth fault trip counter | | ■ | ■ | | ■ | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| disturb. recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **Sepam models** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| standard S36 | | YR | XR | XR | XR | XR | XR | XR | XR | XR | YR | XR | XR | XR | XR | TR |
| compact S26 | | LX | LT | LT | LT | LT | LT | LT | LT | LX | LX | LT | | LT | LT | |
| number of standard ESTOR boards | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |

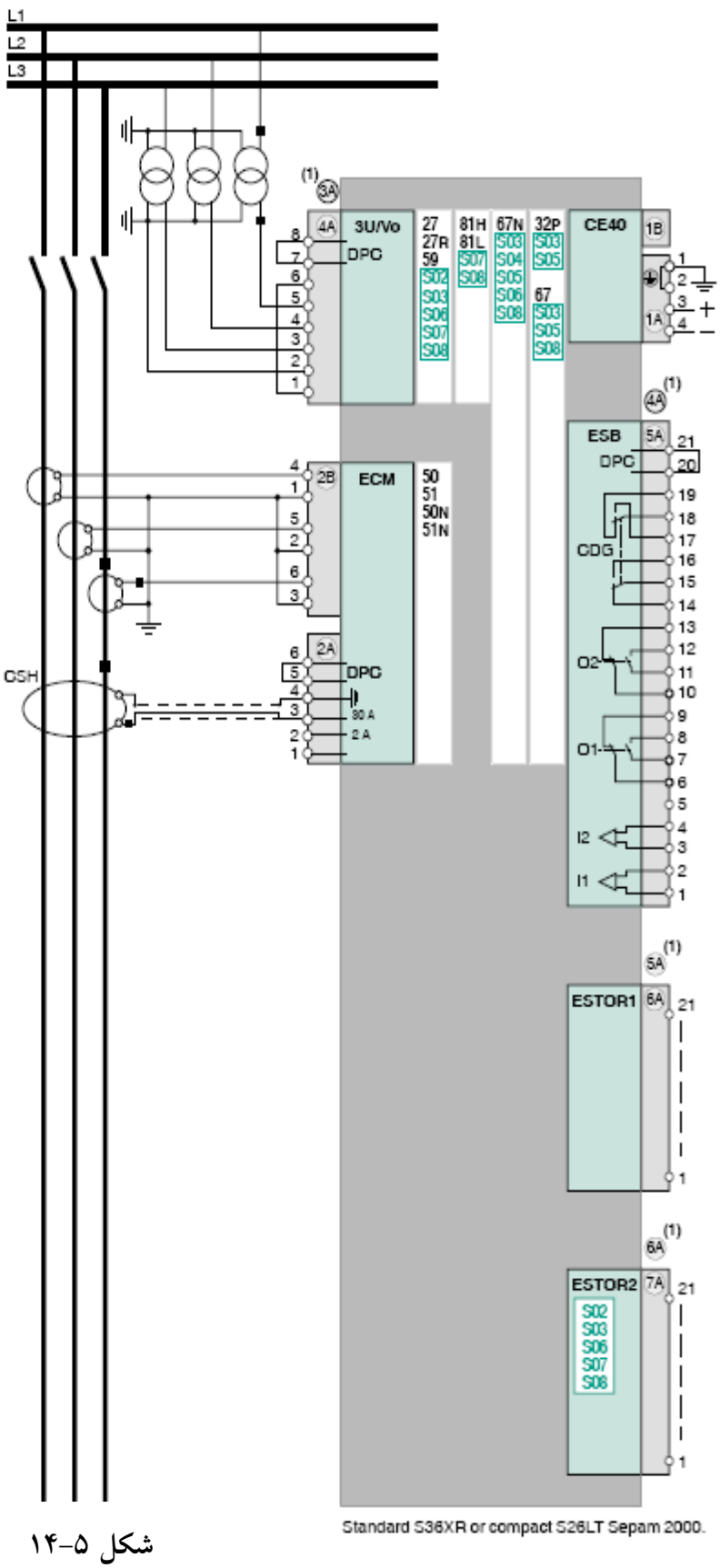
شکل ۳-۱۴

## S01 type




شکل ۴-۱۴

## S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08 types

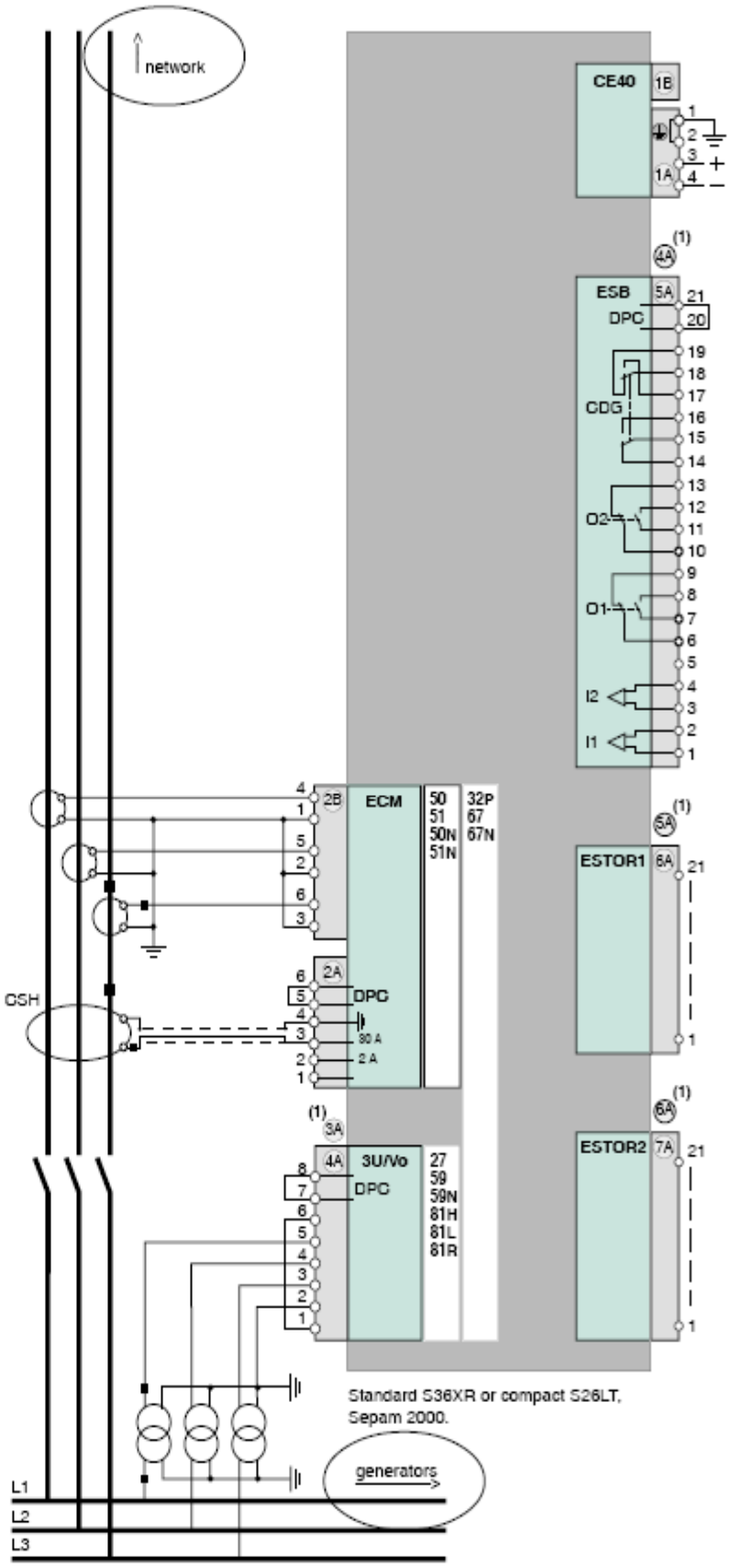



Standard S36XR or compact S26LT Sepam 2000.

شکل ۵-۱۴

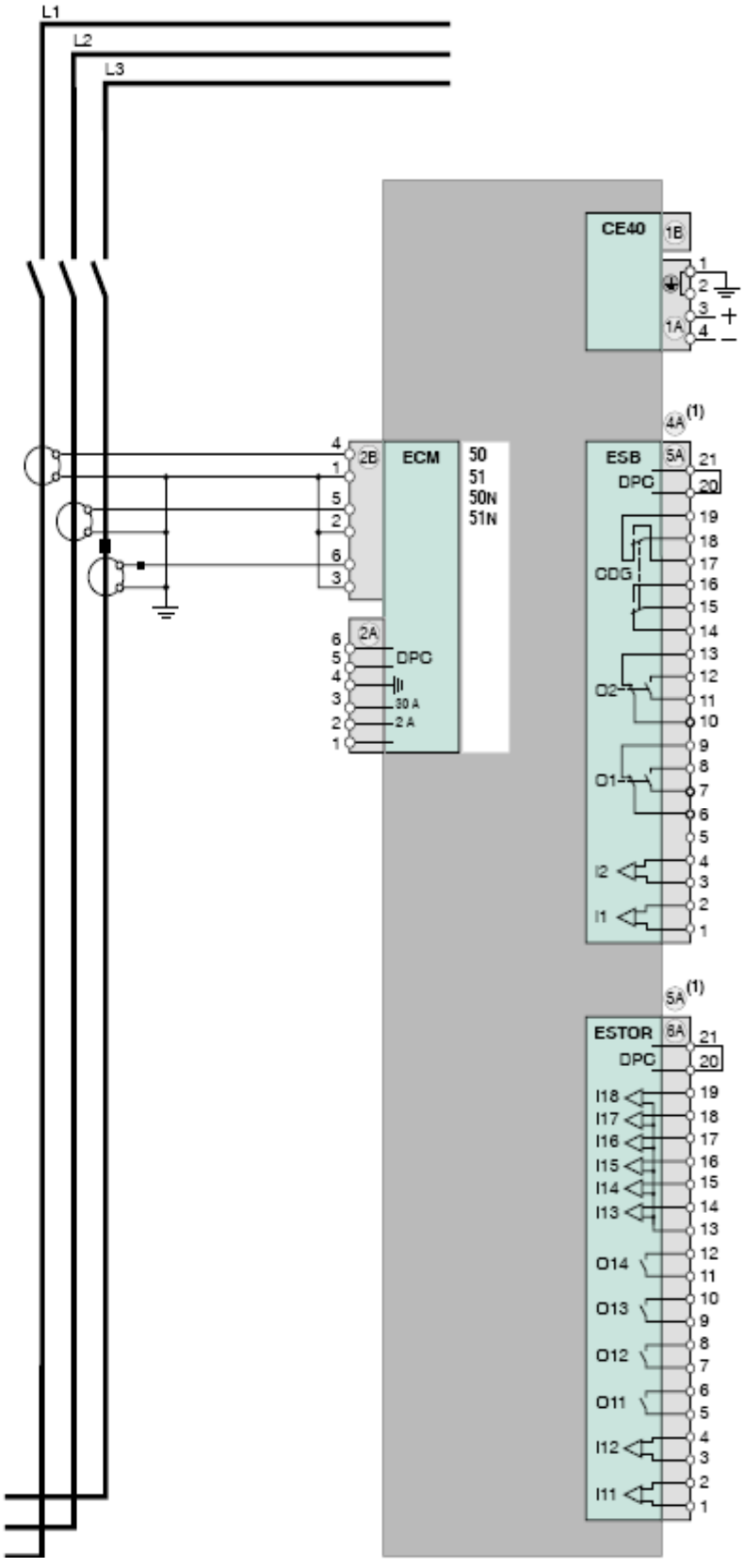
## S09 type

This type is designed for uncoupling with large AC generators coupled to the network. The S03 and S05 types may be used for uncoupling with small AC generators.



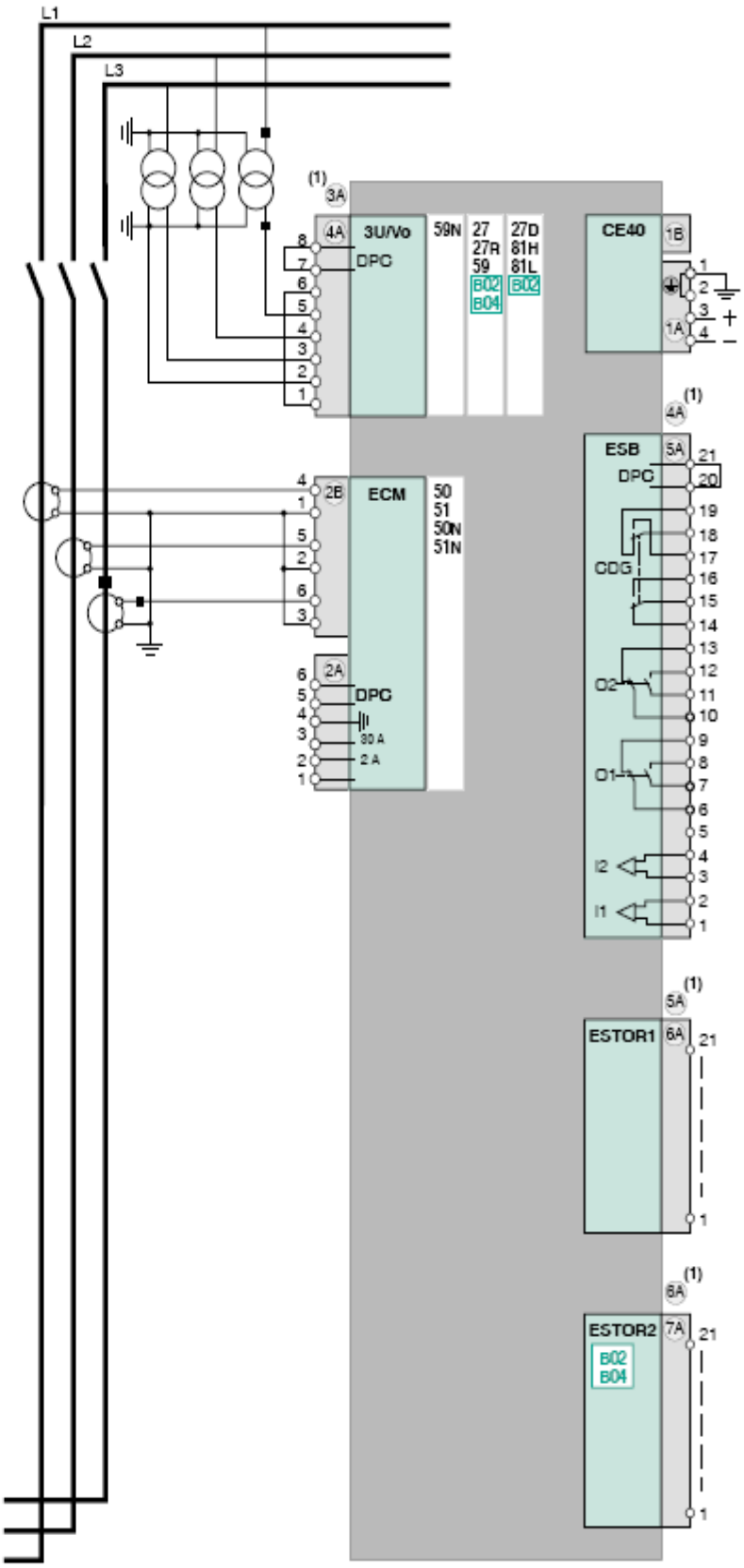

شکل ۶-۱۴

## B01 type



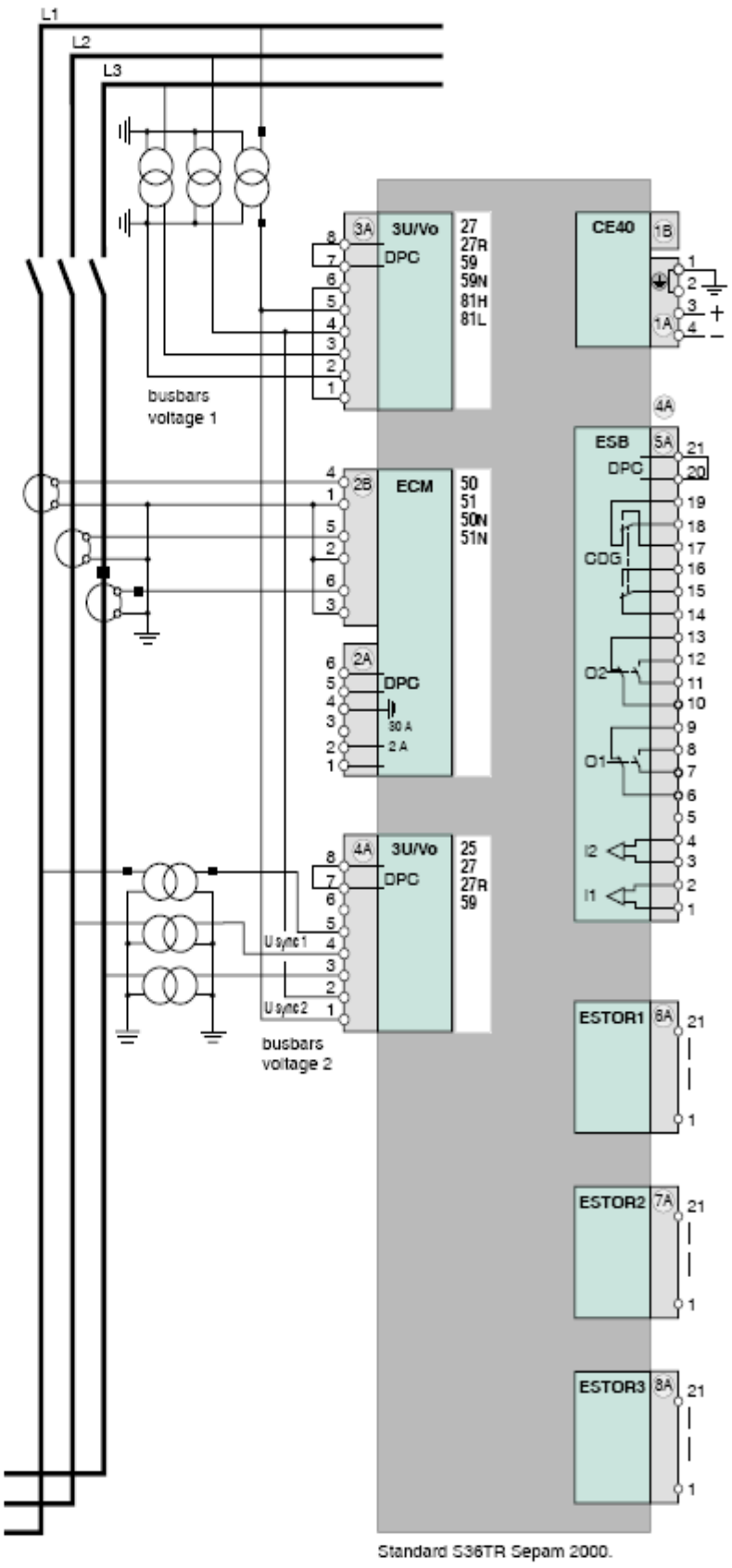

شکل ۷-۱۴

## B02, B03, B04 types




شکل ۸-۱۴

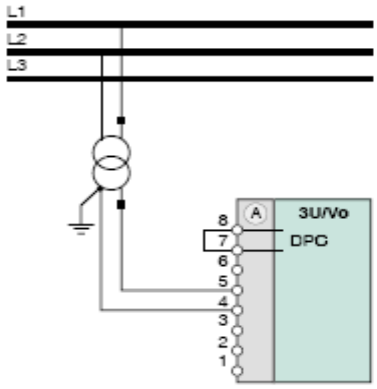
## B07 type



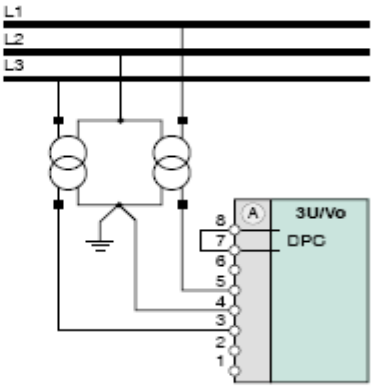

شکل ۹-۱۴

## Phase voltage

( الف )



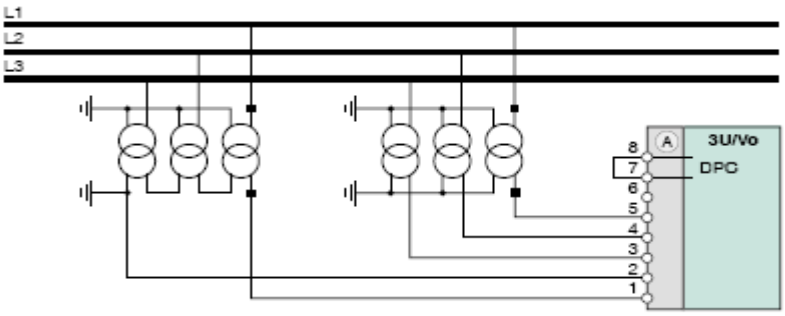

Connection of a voltage transformer (does not allow implementation of the positive sequence undervoltage, neutral voltage displacement and directional earth fault protection functions, or phase rotation and residual voltage measurement).




V-connection of 2 voltage transformers (does not allow implementation of the neutral voltage displacement and directional earth fault protection functions, or residual voltage measurement).

## Phase and residual voltage

( ب )

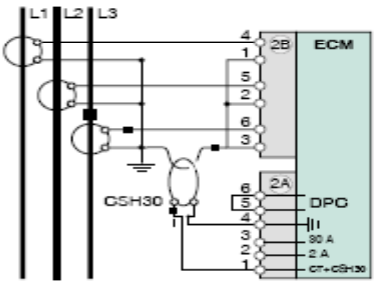


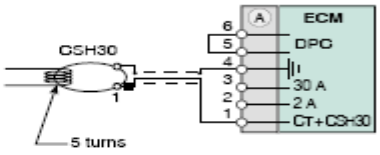

Broken delta connection of voltage transformers for residual voltage measurement.

## Residual current

with CT 1A or 5A

( ج )

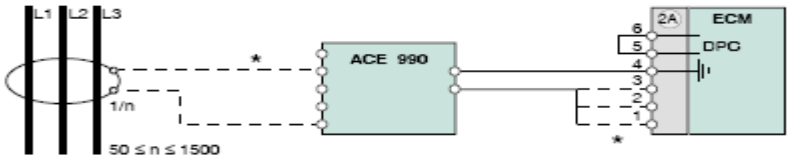



For connection of 1 A transformers make 5 turns at the CSH30 primary

with sensors other than CSH 120 or CSH 200

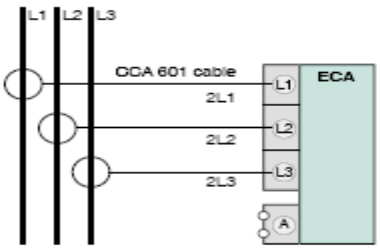
( د )



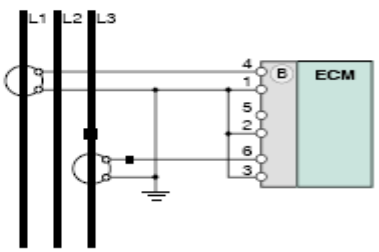

(*) The core balance CT-ACE 990 and ACE 990-Sepam 2000 connections depend on the transformer ratio of the core balance CT and the current to be measured.

## Phase current

( ر )




Connection of special-purpose CSP sensors according to type of Sepam 2000.

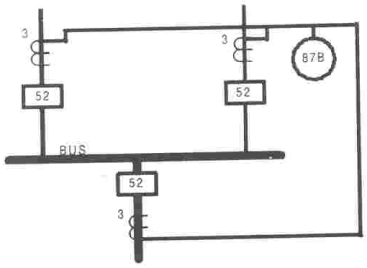



Connection of 2 current transformers.

Correspondence between primary and secondary connection (i.e.: P1, S1).

**B U S**

***Protective Zone (BUS3)***
Single or multiple sources, with or without bus tie breakers:



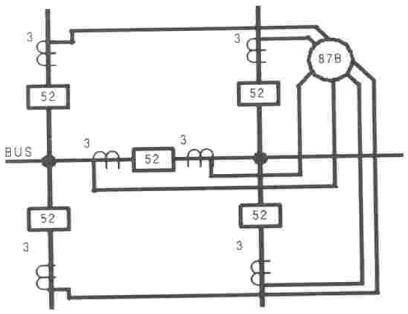

**Device list for BUS3**

87B Differential

**شکل ۱۰-۱۲**

**B U S**

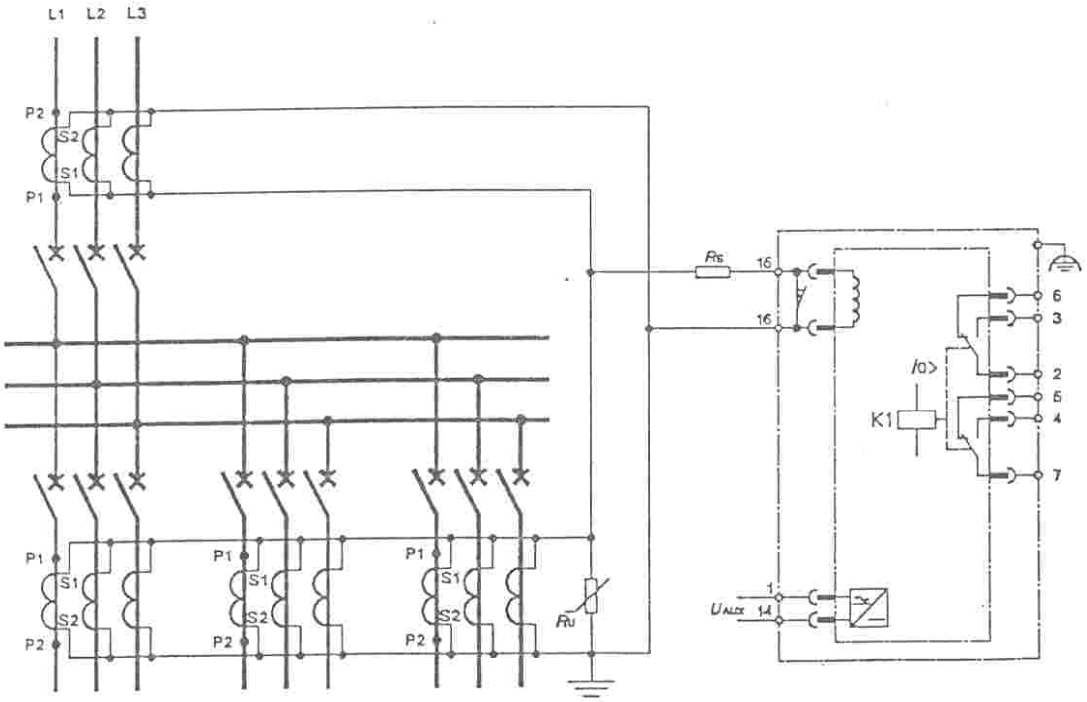
***Protective Zone (BUS4)***
Multiple sources, bus tie breakers, multi-ratio CT's:




**Device list for BUS4**

87B Differential

**شکل ۱۱-۱۴**




Protezione differenziale di terra ristretta di sbarra.

Busbar restricted earth fault differential protection.

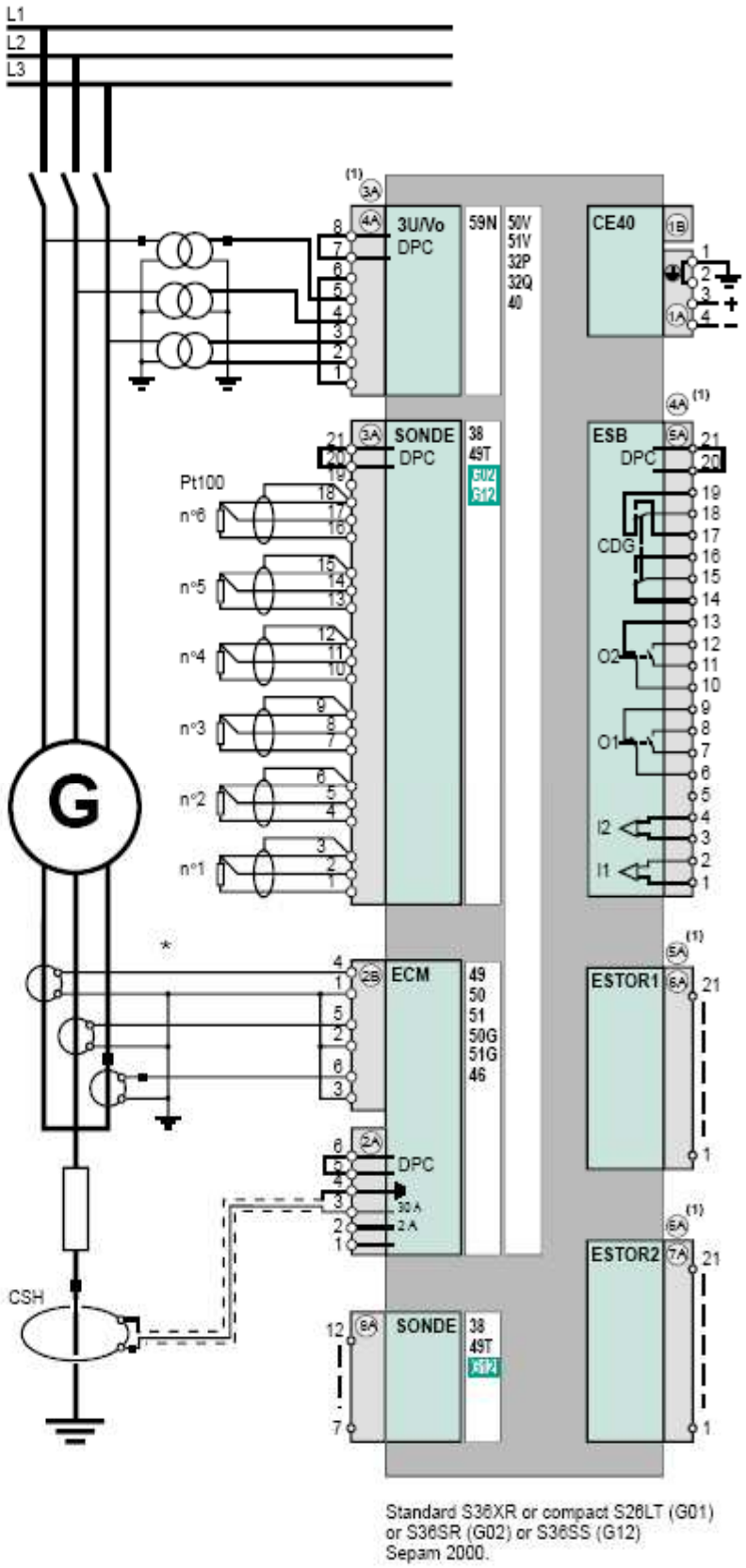
**شکل ۱۲-۱۴**

## Sepam 2000 generators

| functions | ANSI code | Sepam types [2] [3] | | | | | | | | | | generator-transfomer unit | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | G01 | G02 G12 | G03 | G04 | G05 | G06 G13 | G07 | G08 | G17 | G18 | G00 | G15 | G16 |
| **protections** | | | | | | | | | | | | | | |
| phase overcurrent | 50/51 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4/2* | 4/2* |
| thermal overload | 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| voltage restrained overcurrent | 50V/51V | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| negative sequence/ unbalance | 46 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| earth fault | 50N/51N (G) | | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| neutral | 50G/51G | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| undervoltage [1] | 27 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2*** | 2*** | 2 | 2*** | 2*** |
| overvoltage [1] | 59 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| neutral voltage displacement [1] | 59N/64 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| directional overcurrent | 67 | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | |
| directional earth fault | 67N | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | |
| reverse real power | 32P | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| field loss (reverse reactive power) | 32Q/40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| underfrequency [1] | 81L | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| overfrequency [1] | 81H | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| temperature set points (RTDs 1/12) | 38/49T | | 6/12 | | 6 | | 6/12 | | 6 | | 6 | | | 6 |
| restricted earth fault | 64REF | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | |
| biased differential | 87G | | | | | | | | | 1 | 1 | | | |
| synchronism check | 25 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| **metering** | | | | | | | | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* | ■ | ■/■* | ■/■* |
| peak demands phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltages (U21, U32, U13, V1, V2, V3) | | ■ | ■ | ■/■** | ■/■** | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| real / reactive power (P,Q) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real/ reactive power | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| power factor | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| thermal capacity used | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| accumulated real/ reactive energy (±Wh, ±VArh) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| temperature | | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| residual current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* |
| residual voltage | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| differential and through currents | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| **control and monitoring** | | | | | | | | | | | | | | |
| open/ close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| logic discrimination | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| Buchholz, thermal, DGPT, PTC | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| generator shutdown logic | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| de-energizing logic | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| running hours counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| disturbance recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| VT monitoring | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| **Sepam models** | | | | | | | | | | | | | | |
| standard S36 | | XR | SR/ SS | TR | TS | XR | SR/ SS | XR | SR | LR | LS | | LR | LS |
| compact S26 | | LT | | | | | | | | | | LT | | |
| number of standard ESTOR boards | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

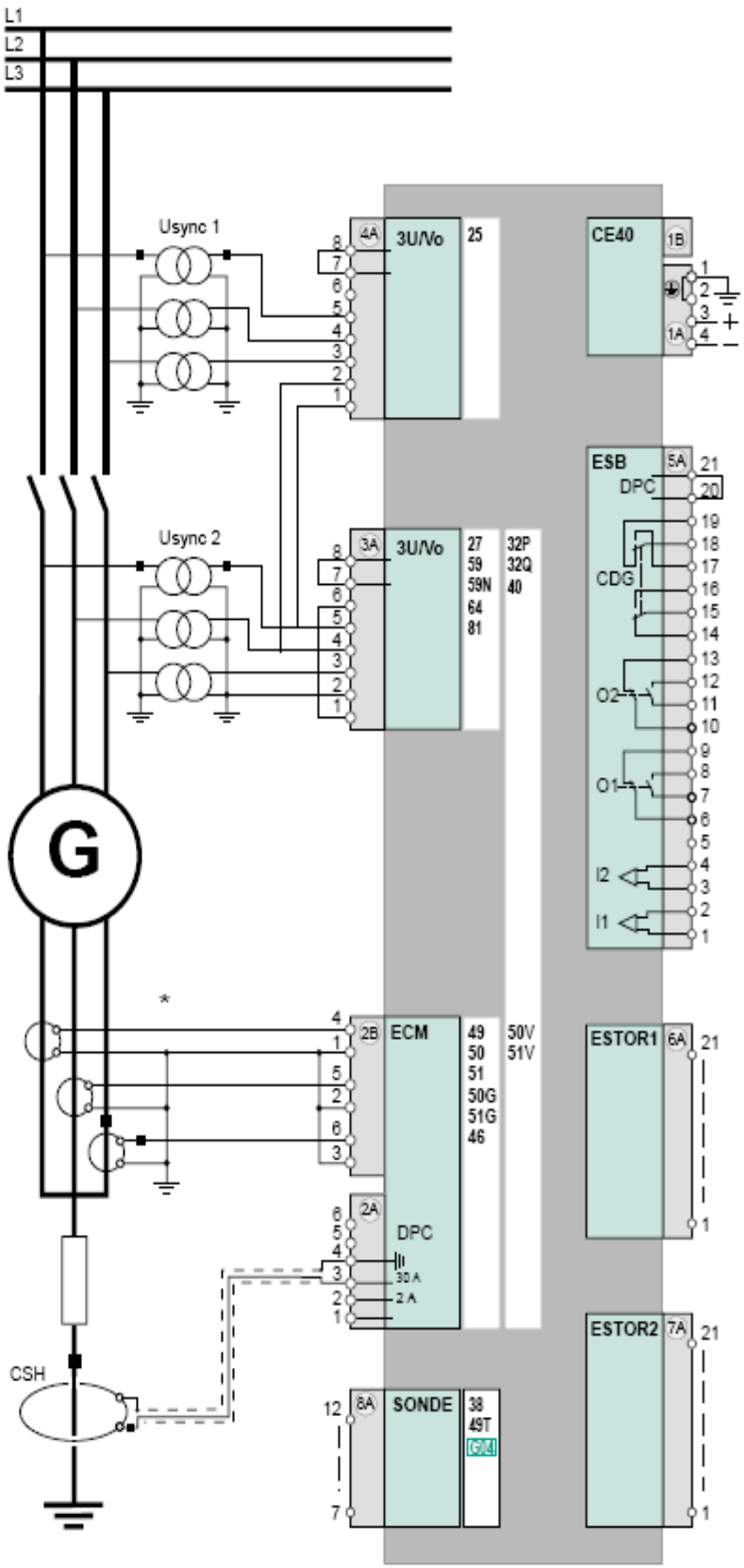
شکل ۱- ۱۵

## G01, G02 and G12 types




شکل ۲-۱۵

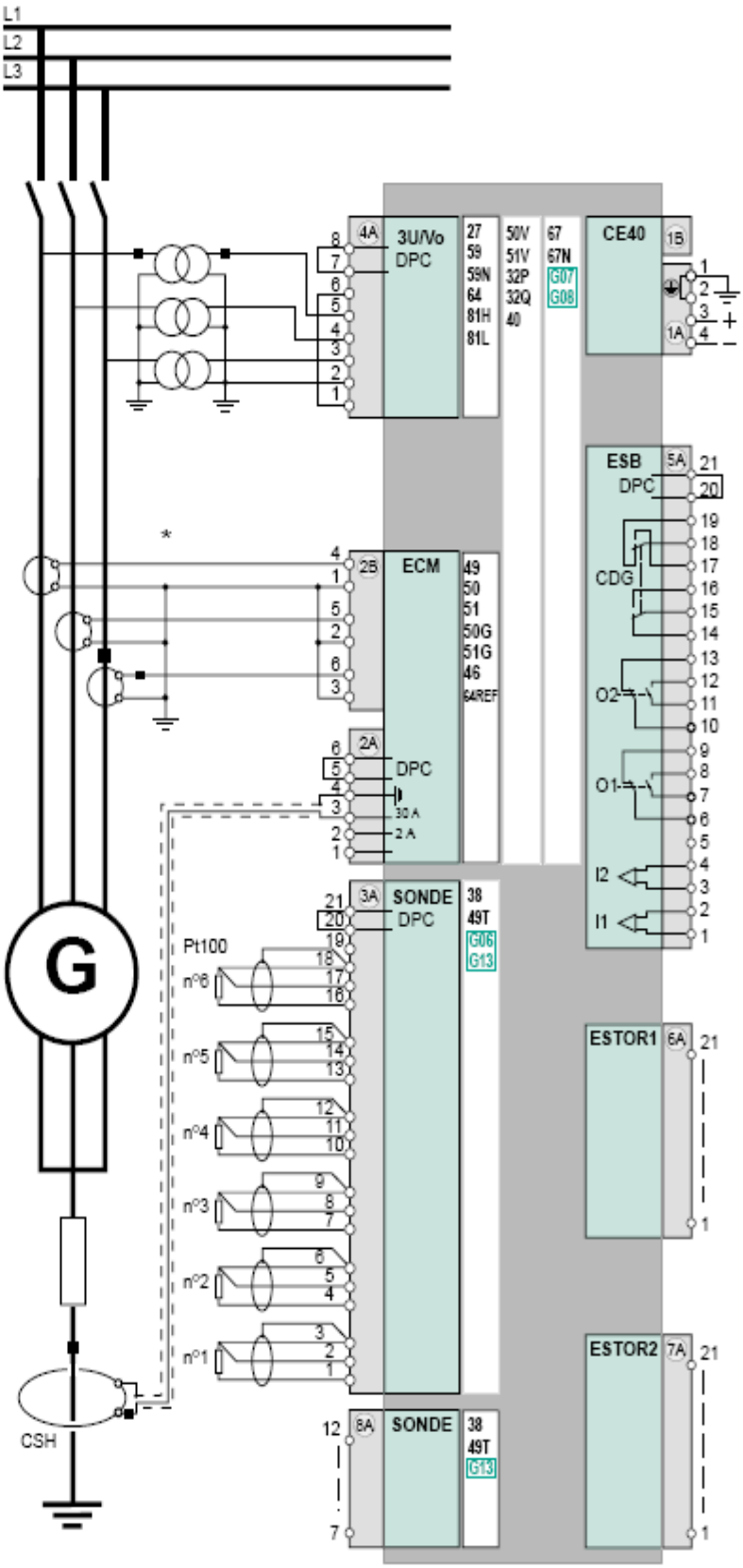
## G03 and G04 types




Standard S36TR (G03) or S36 TS(G04) Sepam 2000.

شکل ۳-۱۵

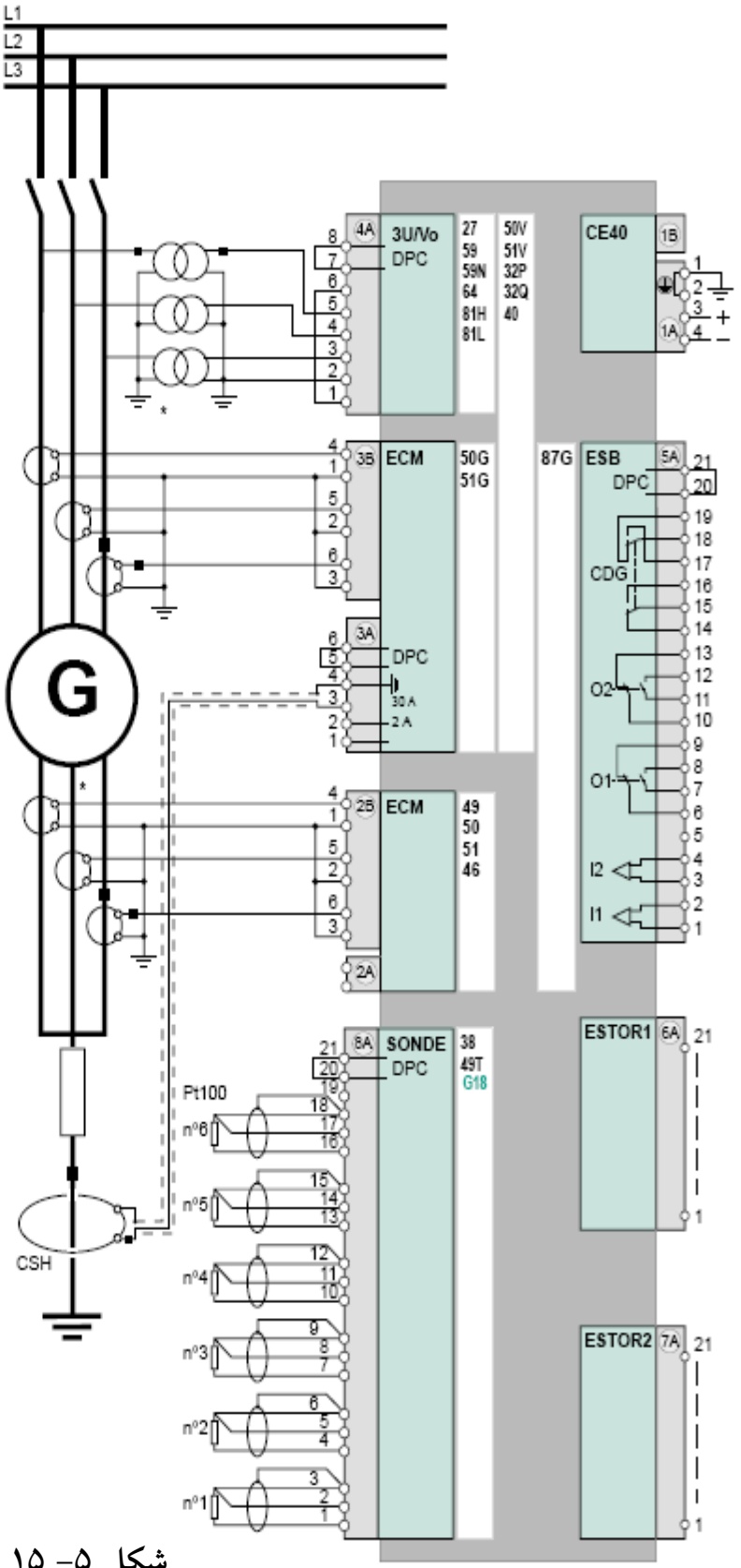
## G05, G06, G07, G08 and G13 types




Standard S36XR (G05) or S36SR (G06) or S36SS (G13) Sepam 2000.

شکل ۴-۱۵

## G17 and G18 types

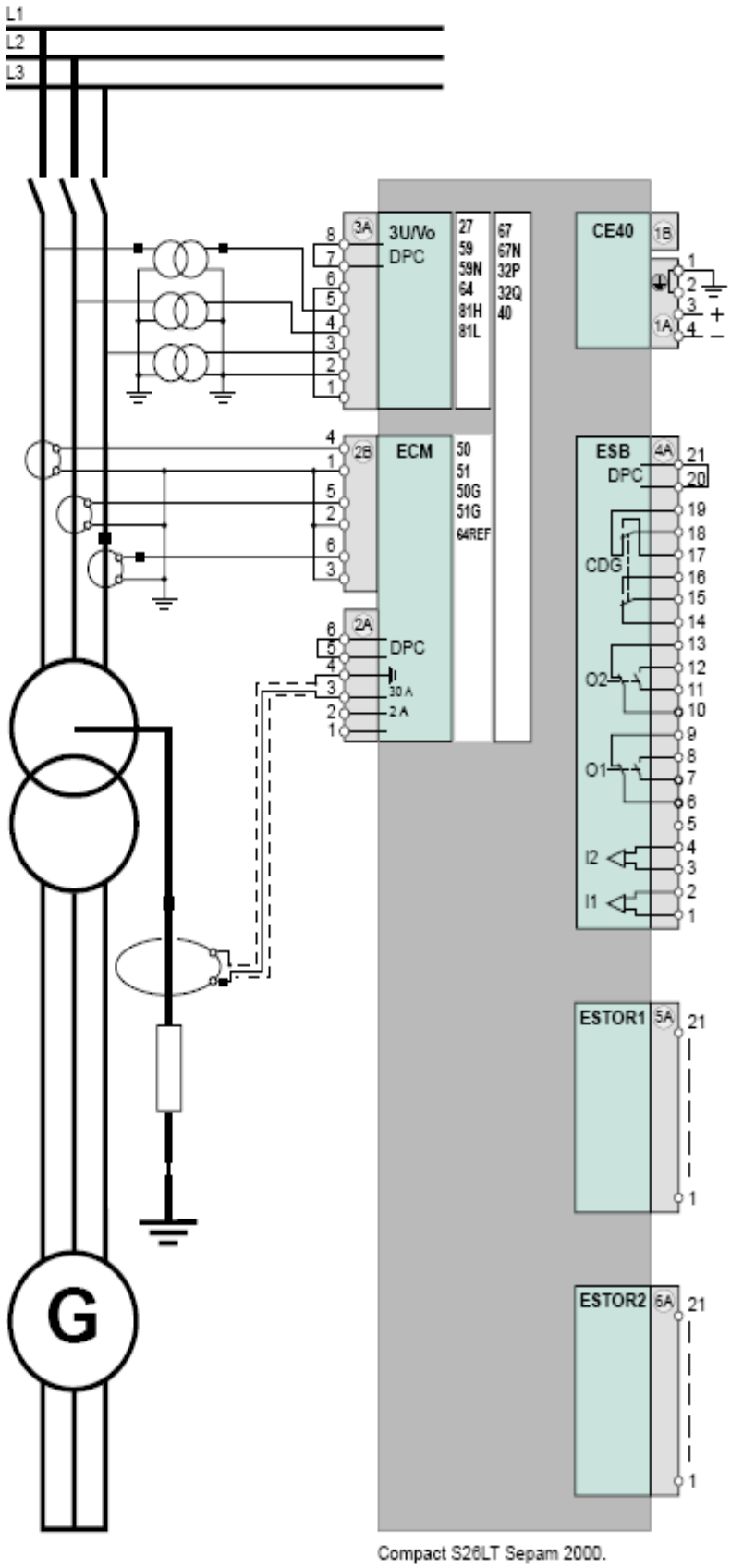



Standard S36LR (G17) or S36LS (G18)
Sepam 2000.

شکل ۵- ۱۵

## G00 type

To be combined with G01, G02 or G12 types to protect medium-size generator-transformer units.

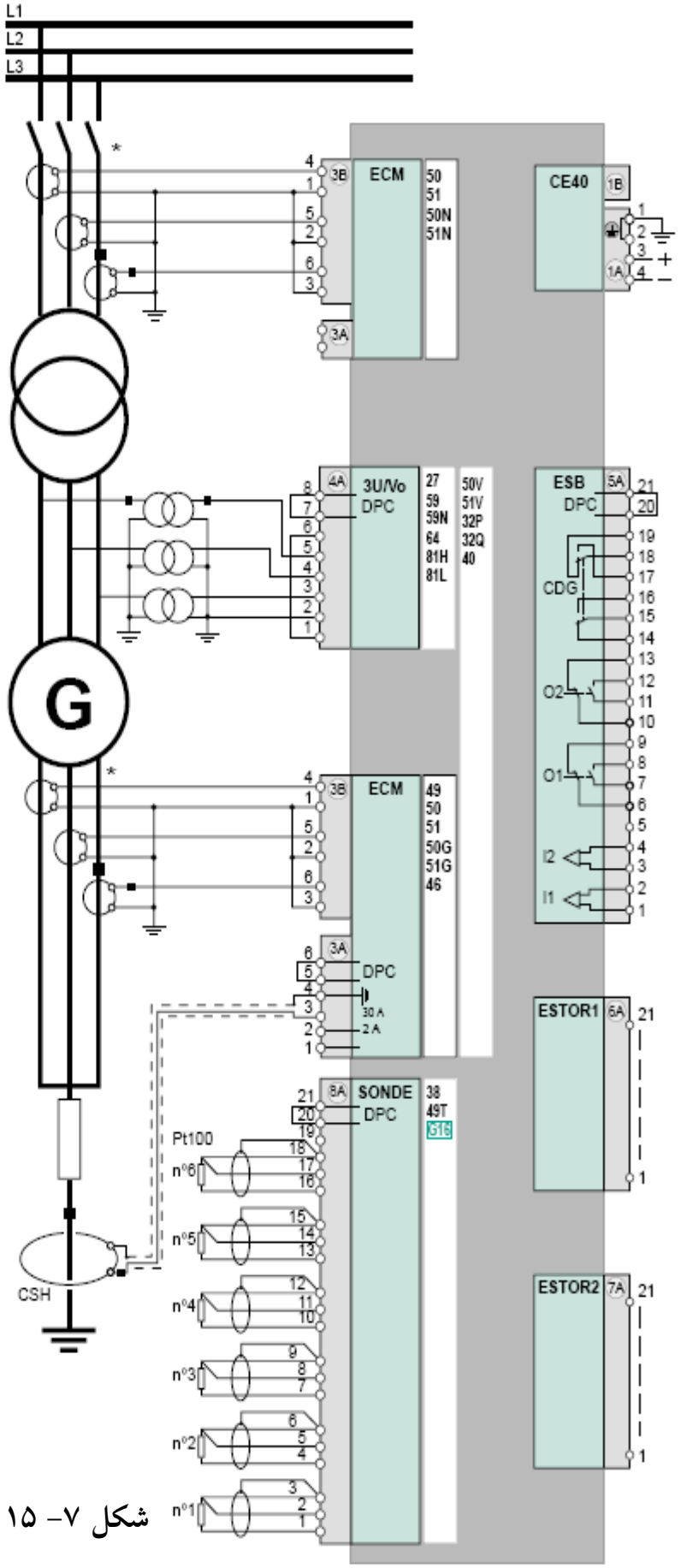



Compact S26LT Sepam 2000.

شکل ۶- ۱۵

## G15 and G16 types

**Protection of small generator-transformer units**

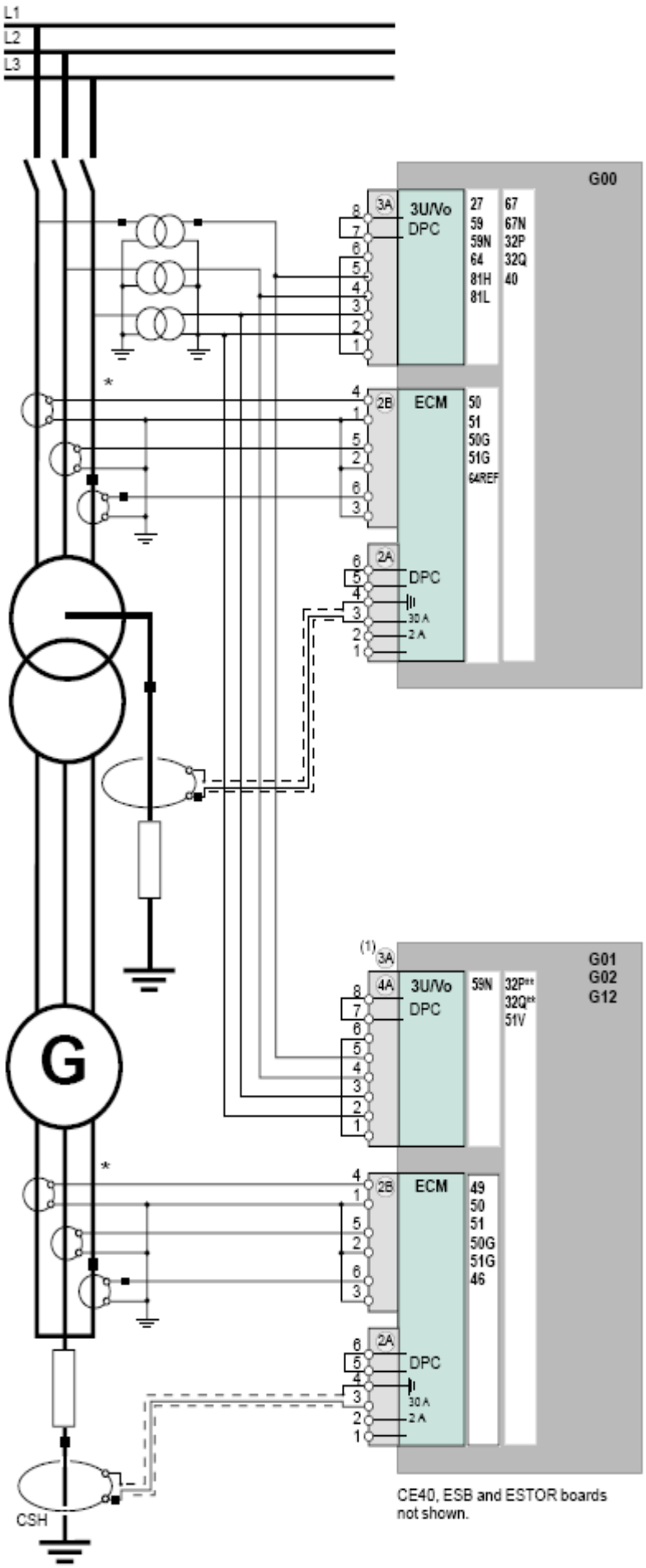



شکل ۷– ۱۵

Standard S36LR (G15) or S36LS (G16)
Sepam 2000.

## Sepam 2000
## combination of G00 and G01 types or G02 or G12 type

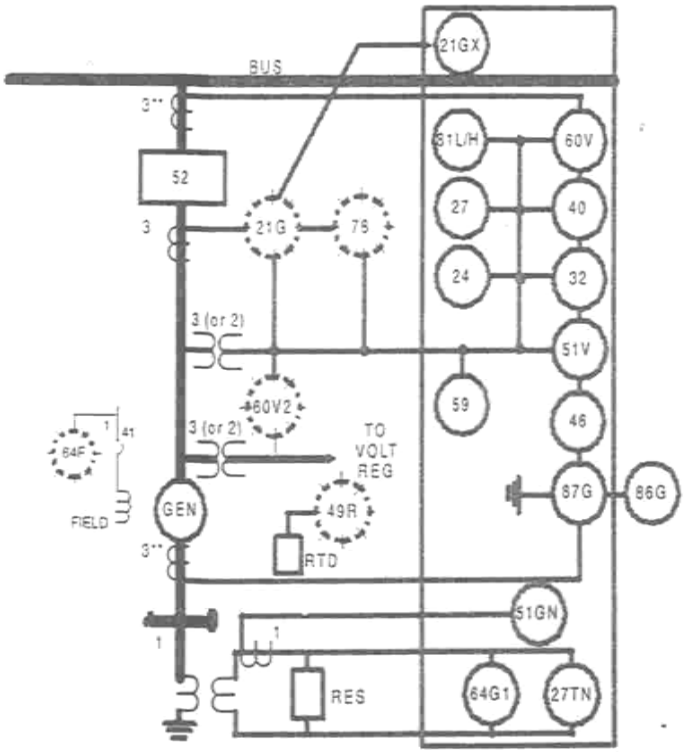
Protection of medium generator-transformer units




شکل ۸- ۱۵

## Protective Zone (GEN3)

Minimum protection for a large machine with high resistance grounding:




### Device list for GEN 3

| | |
|---|---|
| 21G | Distance |
| 21GX | Aux to 21G |
| 24 | Overexcitation |
| 27 | Undervoltage |
| 27TN | Undervoltage (Third Harmonic) |
| 32 | Power Direction |
| 40 | Loss of Excitation |
| 46 | Current Unbalance |
| 49R | Overload (RTD) |
| 51GN | Time Overcurrent (Ground) |
| 51V | Time Overcurrent (V Restraint) |
| 59 | Overvoltage |
| 60V | Voltage Balance |
| 64F | Ground (field) |
| 64G | Ground (stator) |
| 78 | Out-of-step |
| 81L/H | Frequency |
| 86G | Lockout Auxiliary |
| 87G | Differential |

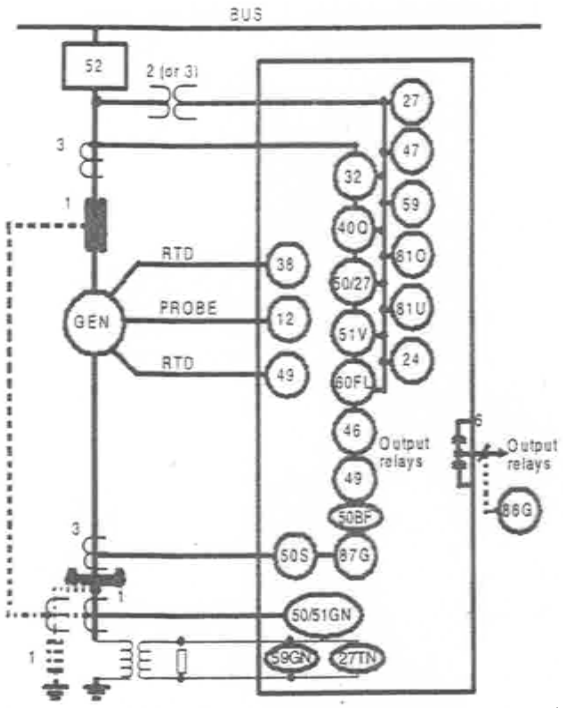
** If no external fault source exists, exchange connections of protection from line side CT's to neutral side CT's and vice versa.

شکل ۹-۱۵

GENERATOR

## Protective Zone (GEN2)

Recommended protection for a small machine with low/high resistance grounding:




### Device list for GEN 2

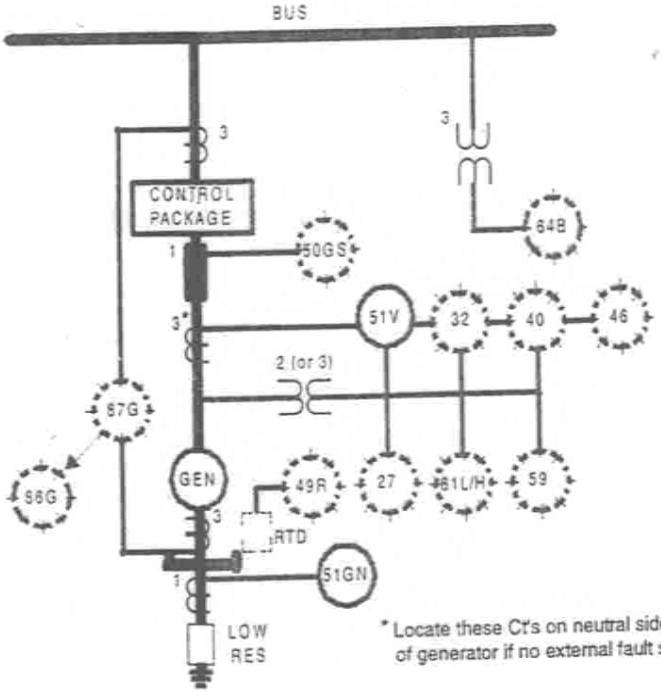
| | |
|---|---|
| 12 | Overspeed |
| 24 | Overexcitation, Volts/Hz |
| 27 | Undervoltage |
| 50/27 | Inadvertent generator energization |
| 32 | Reverse power for anti-motoring |
| 38 | Bearing overtemperature |
| 39 | Bearing vibration (analog inputs) |
| 40Q | Loss of field |
| 46 | Negative Sequence Overcurrent($I_2^2t$) |
| 47 | Voltage phase reversal |
| 49 | Stator thermal (RTD and thermal model) |
| 50BF | Breaker failure detection |
| 50S | Instantaneous overcurrent (during startup) |
| 50/51GN | Instantaneous or definite time overcurrent |
| 51V | Voltage restrained phase overcurrent |
| 59 | Overvoltage |
| 59GN/ 27TN | 100% stator ground |
| 60FL | VT fuse failure detection |
| 81 | Over and underfrequency |
| 87G | Phase differential |
| 86G | Lockout Auxiliary |

شکل ۱۰-۱۵

## GENERATOR

### *Protective Zone (GEN1)*

Minimum protection for a small machine with low resistance grounding:




**Device list for GEN 1**

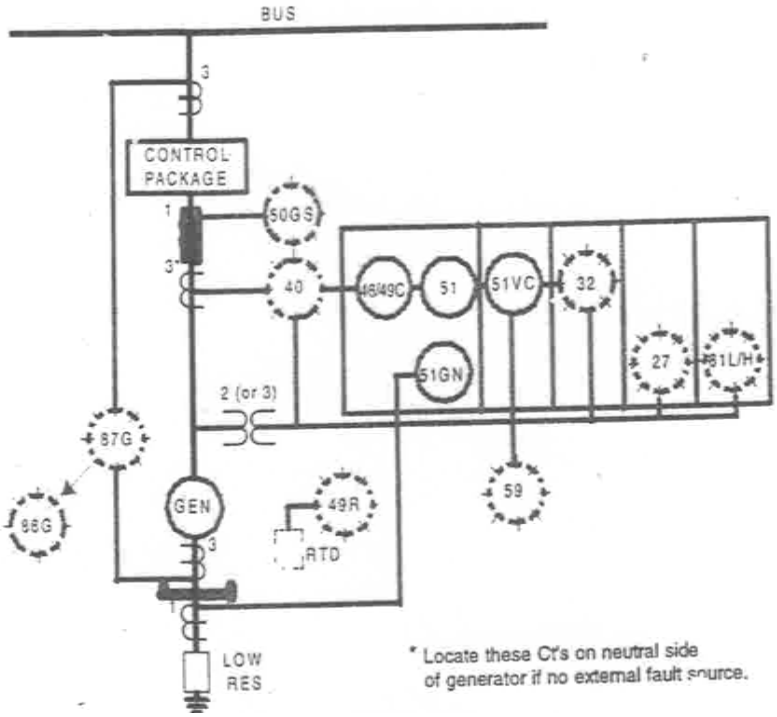
| | |
|---|---|
| 27 | Undervoltage |
| 32 | Power Direction |
| 40 | Loss of Excitation |
| 46 | Current Unbalance |
| 49R | Overload (RTD) |
| 50GS | Instantaneous Overcurrent Ground |
| 51GN | Time Overcurrent Ground |
| 51V | Time Overcurrent (V Restraint) |
| 59 | Overvoltage |
| 64B | Bus Ground Detection |
| 81L/H | Frequency |
| 86G | Lockout Auxiliary |
| 87G | Differential |

شکل ۱۱-۱۵

## GENERATOR

### *Protective Zone (GEN1A)*

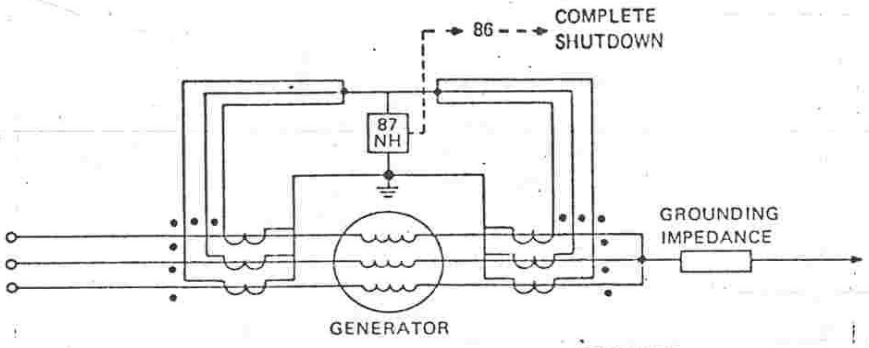
Alternate protection for a small machine with low resistance grounding:



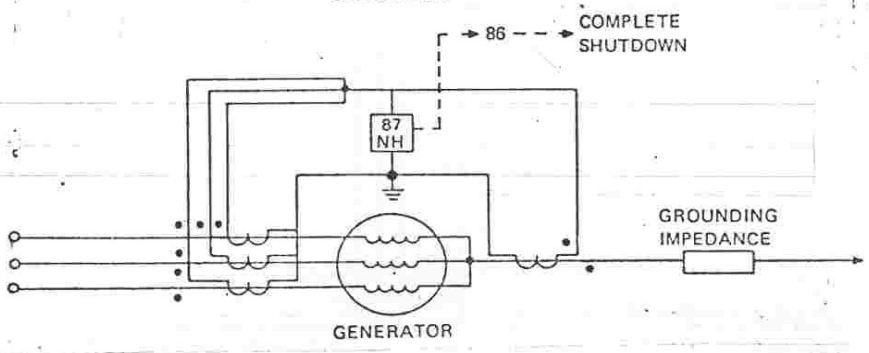

**Device list for GEN 1A**

| | |
|---|---|
| 27 | Undervoltage |
| 32 | Power Direction |
| 40 | Loss of Excitation |
| 46 | Current Unbalance |
| 49R | Overload (RTD) |
| 50GS | Instantaneous Overcurrent Ground |
| 51GN | Time Overcurrent (Ground) |
| 51VC | Time Overcurrent (V Control) |
| 59 | Overvoltage |
| 81L/H | Frequency |
| 86G | Lockout Auxiliary |
| 87G | Differential |

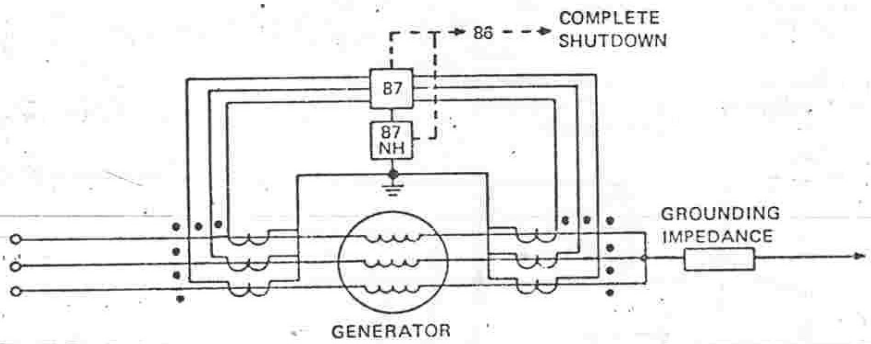
شکل ۱۲-۱۵



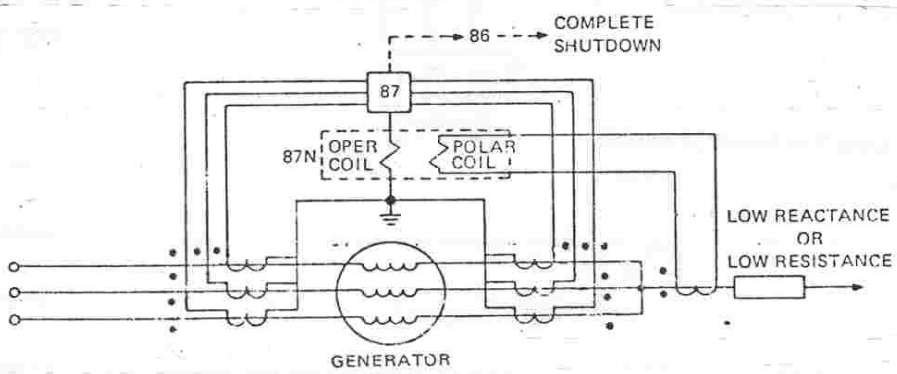

شکل ۱۳-۱۵



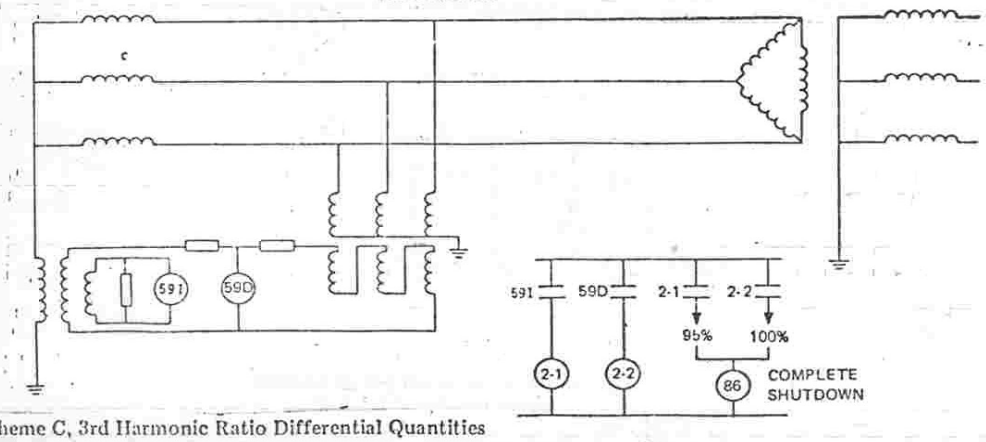

شکل ۱۴-۱۵




شکل ۱۵-۱۵

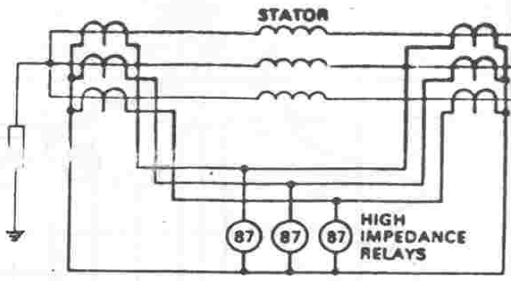



شکل ۱۶-۱۵

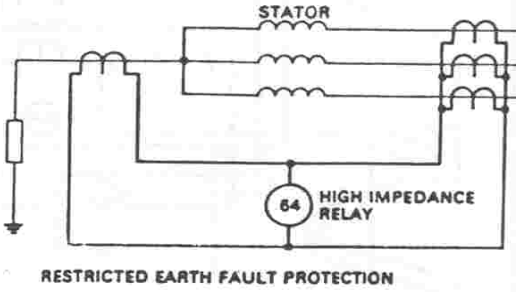



شکل ۱۷-۱۵

Scheme C, 3rd Harmonic Ratio Differential Quantities

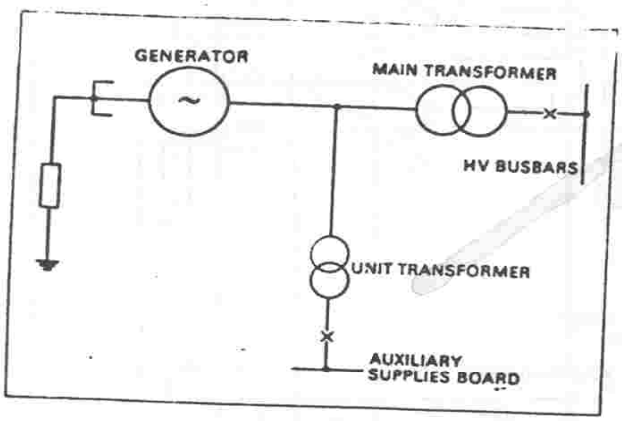



( الف )



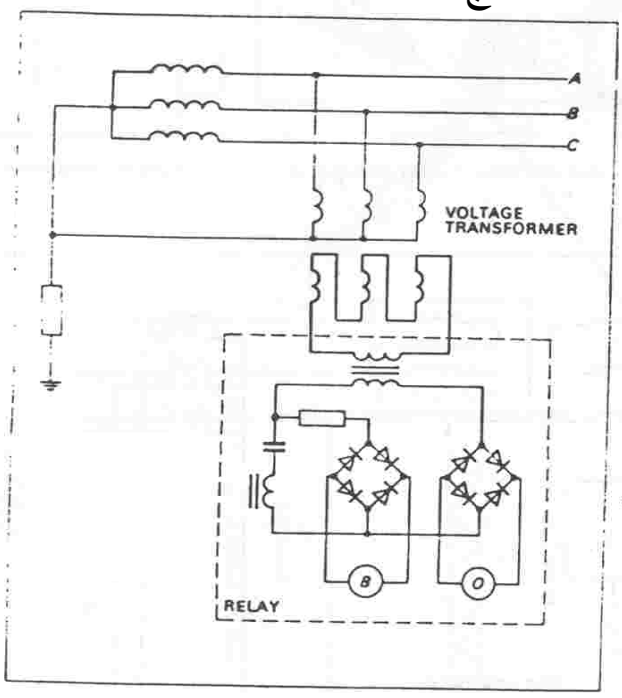

RESTRICTED EARTH FAULT PROTECTION

( ب )

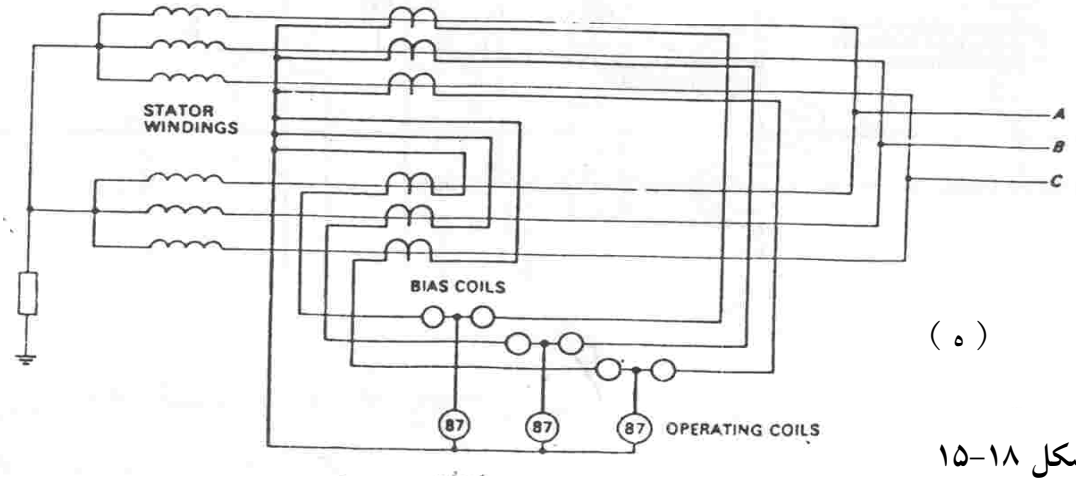



*Generator-transformer unit.*

( ج )

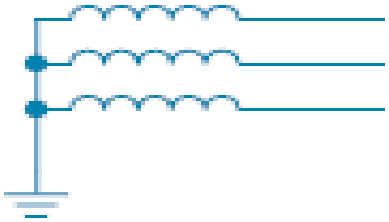



( د )

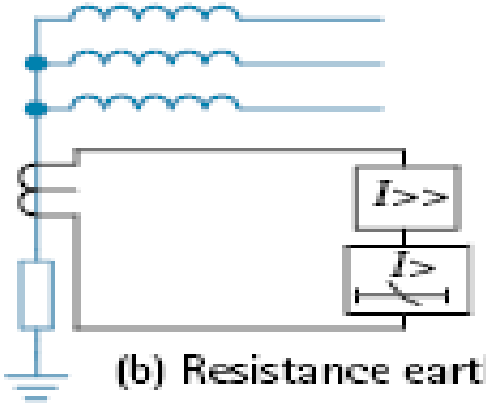



( ه )

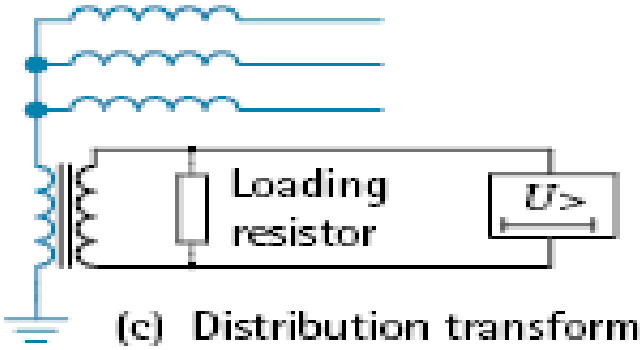
شکل ۱۸-۱۵



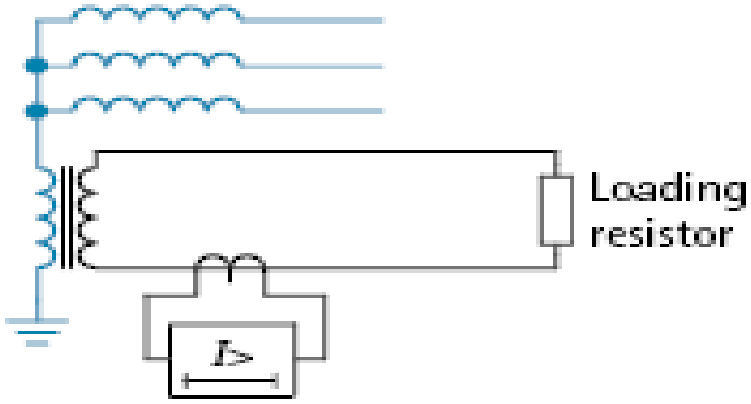
(a) Direct earthing




(b) Resistance earthing

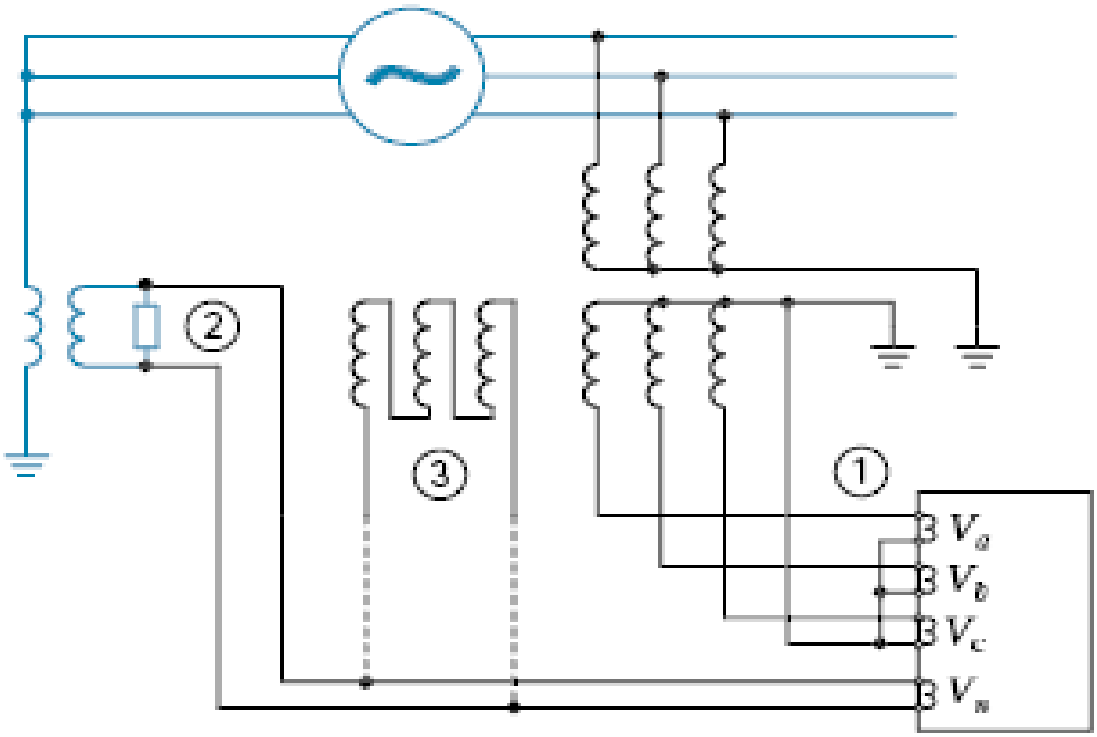



(c) Distribution transformer earthing with overvoltage relay.




(d) Distribution transformer earthing with overcurrent relay

شکل ۱۹-۱۵

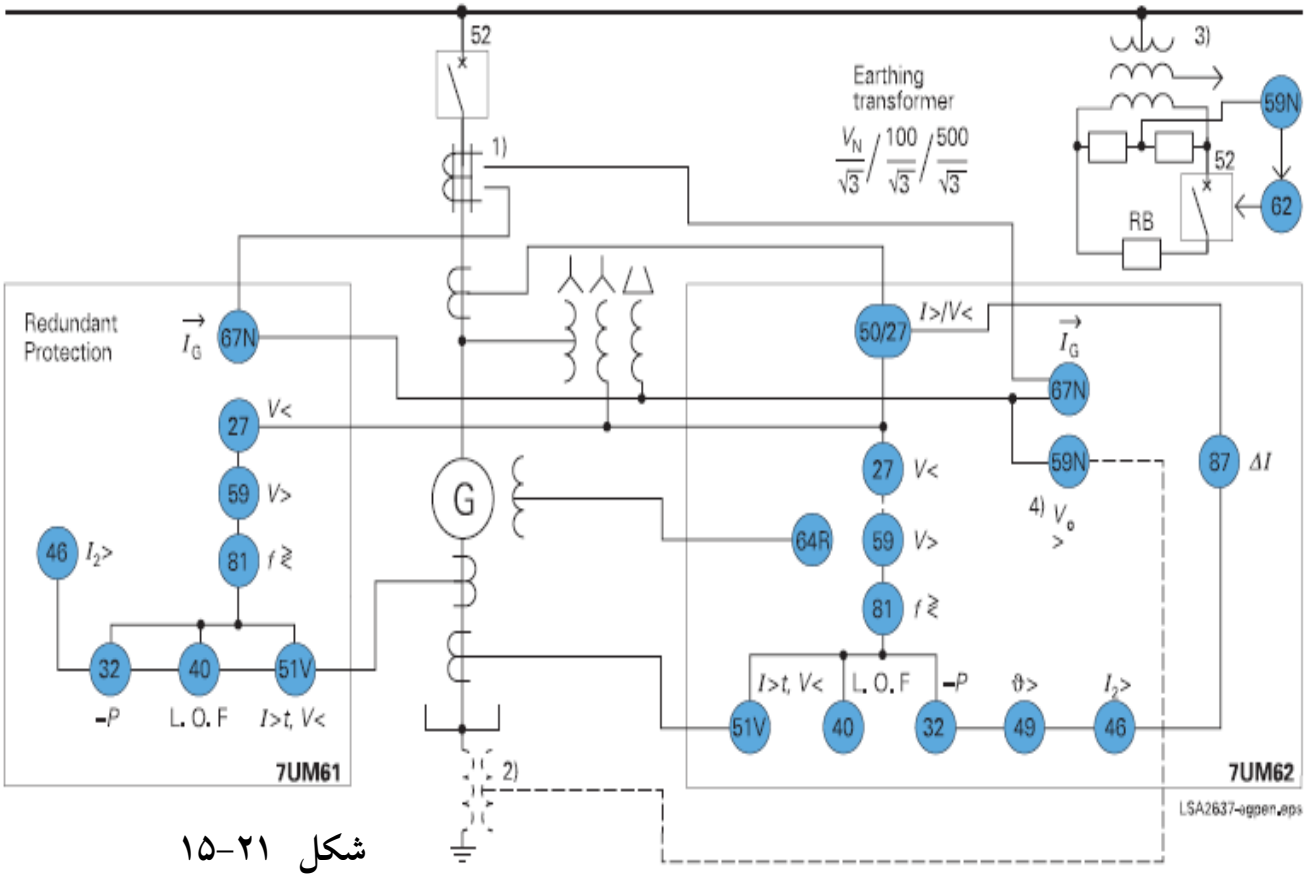



① Derived from phase neutral voltages

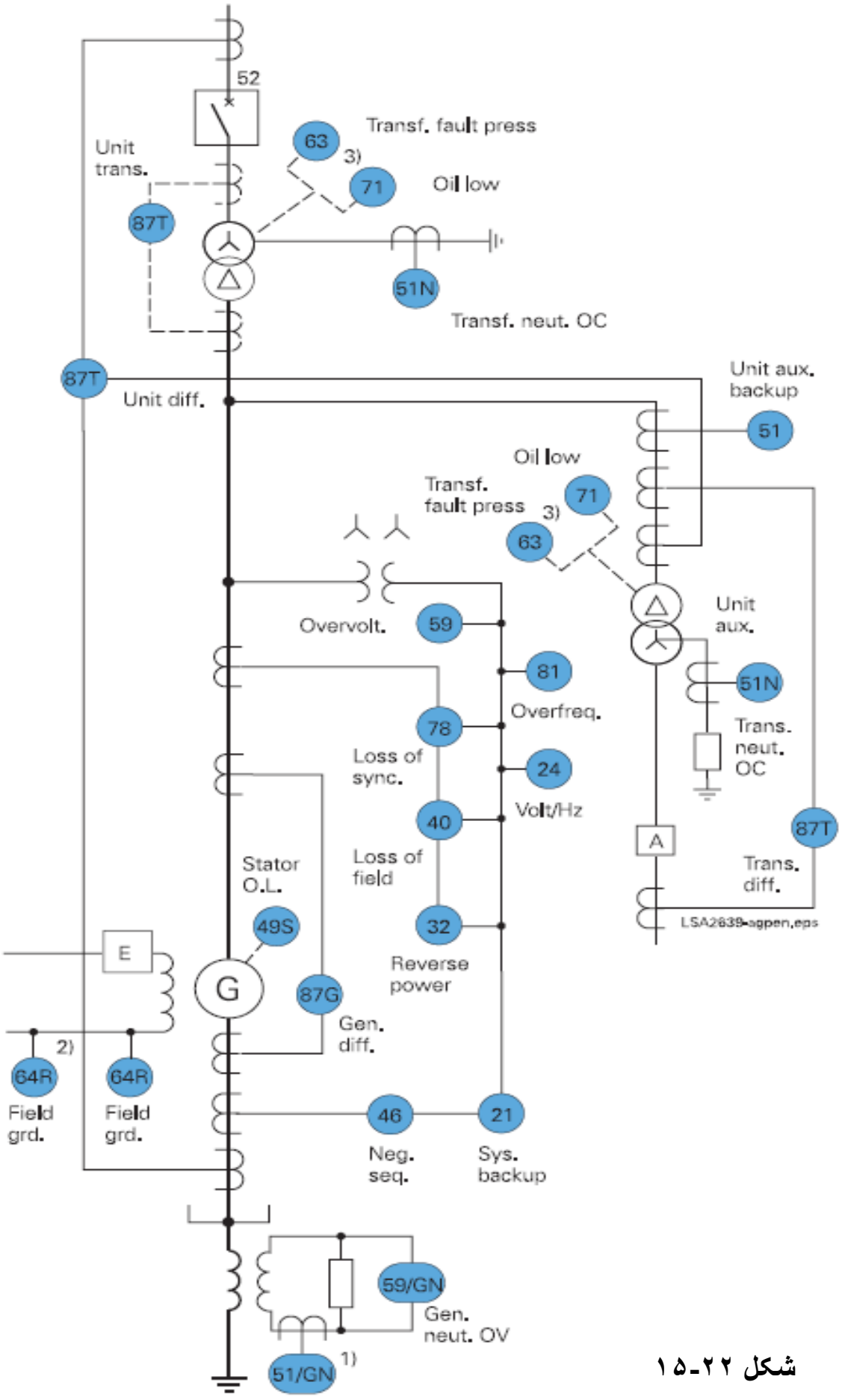
② Measured from earth impedance

③ Measured from broken delta VT

شکل ۲۰-۱۵




شکل ۲۱-۱۵


52
Transf. fault press
63
3)
Unit
trans.
71
Oil low
87T
51N
Transf. neut. OC
87T
Unit diff.
Unit aux.
backup
51
Oil low
Transf.
fault press
71
3)
63
Overvolt.
59
Unit
aux.
81
51N
Overfreq.
78
Trans.
neut.
OC
Loss of
sync.
24
Volt/Hz
40
87T
A
Stator
O.L.
Loss of
field
Trans.
diff.
49S
32
LSA2639-appen.eps
E
Reverse
power
G
87G
Gen.
diff.
2)
64R
64R
Field
grd.
Field
grd.
46
21
Neg.
seq.
Sys.
backup
59/GN
Gen.
neut. OV
1)
51/GN

**شکل ۲۲-۱۵**

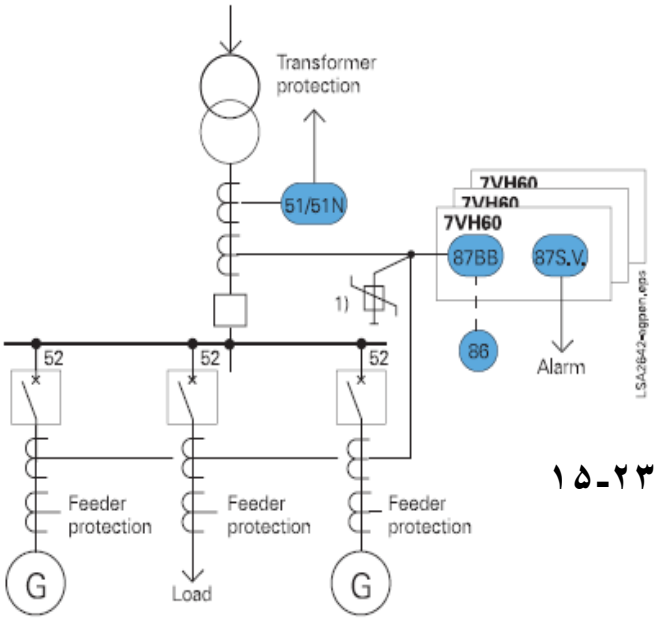
## 34 High-impedance busbar protection

*General hints:*

- Normally used with single busbar and 1½ breaker schemes.
- Requires separate class X current transformer cores. All CTs must have the same transformation ratio.

*Note:*

1) A varistor is normally applied across the relay input terminals to limit the voltage to a value safely below the insulation voltage of the secondary circuits (see page 2/51).




شکل ۱۵-۲۳

Fig. 2/74

## 35 Low-impedance busbar protection 7SS60

*General hints:*

- Normally used with single busbar, 1½ breaker and double busbar schemes.
- Different CT transformation ratios can be adapted by matching transformers.
- Unlimited number of feeders.
- Feeder protection can be connected to the same CT core.

شکل ۱۵-۲۴

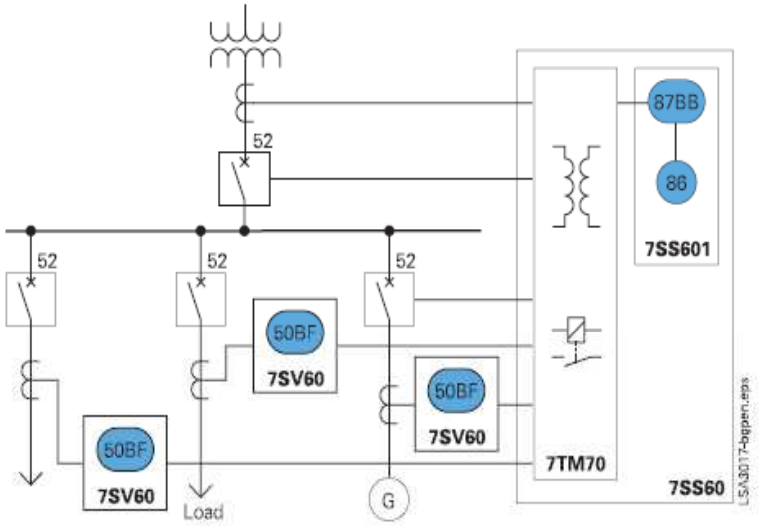
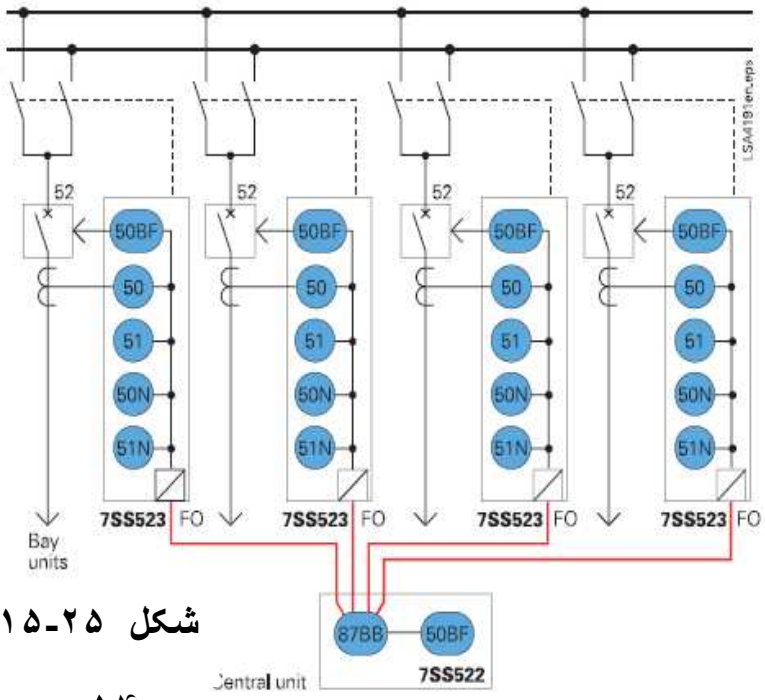



Fig. 2/75

## 36 Low-impedance busbar protection 7SS52

*General hints:*

- Preferably used for multiple busbar schemes where an isolator replica is necessary.
- The numerical busbar protection 7SS5 provides additional breaker failure protection.
- CT transformation ratios can be different, e.g. 600/1 A in the feeders and 2000/1 A at the bus tie.
- The protection system and the isolator replica are continuously self-monitored by the 7SS52.
- Feeder protection can be connected to the same CT core.



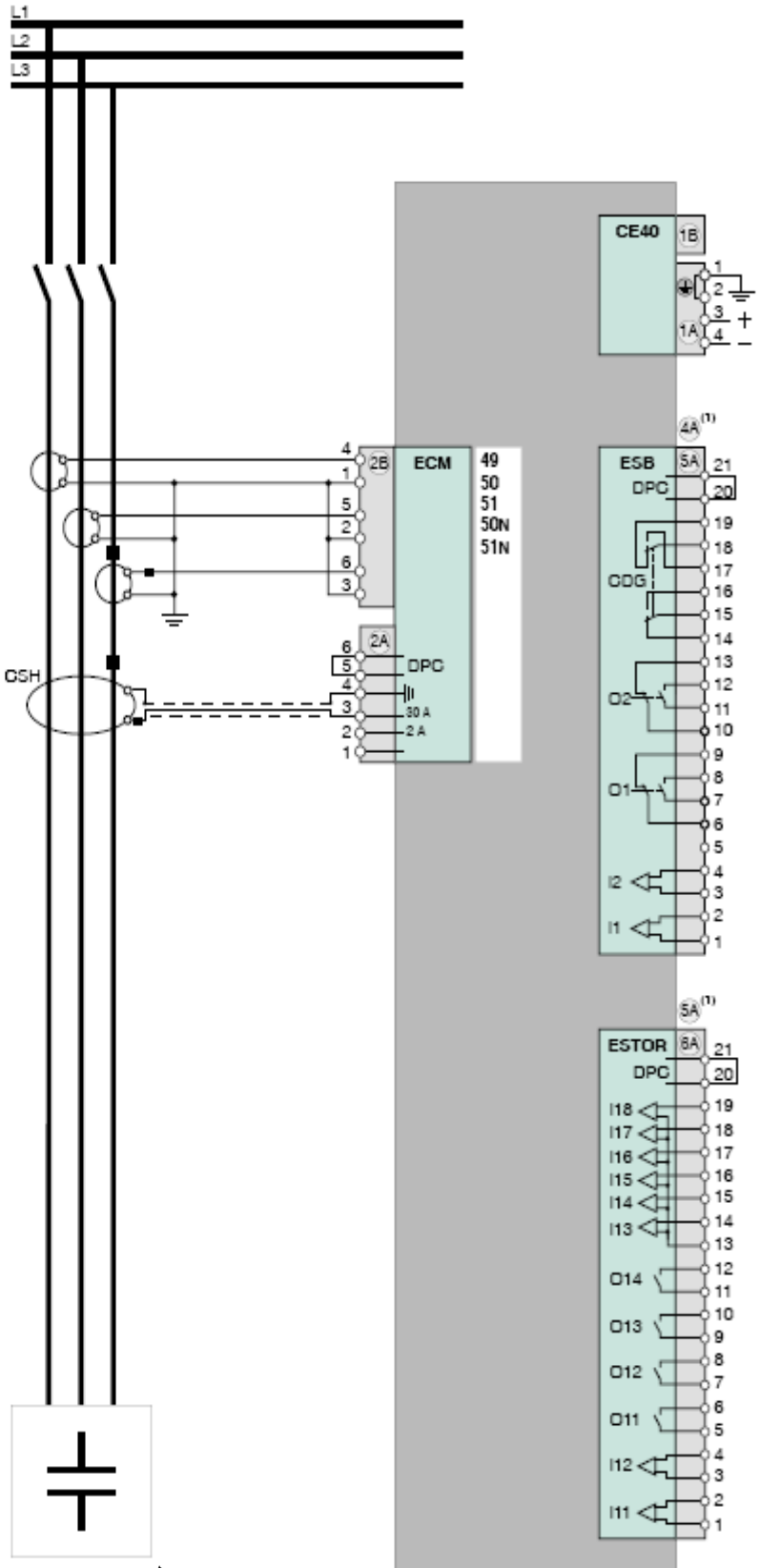

شکل ۱۵-۲۵

## Sepam 2000 capacitors

| functions | ANSI | Sepam types | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | code | C01 | C02 | C03 | C04 | C06 | C08 |
| **protection** | | | | | | | |
| thermal overload | 49 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| phase overcurrent | 50/51 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| earth fault (sensitive E/F) | 50N/51N(G) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| neutral to neutral unbalance: single-capacitor bank | 50N/51N | | 2 | | 2 | | |
| 3-capacitor bank | 50/51 | | | | | 3x2 | 3x2 |
| undervoltage | 27 | | | | | 1 | 1 |
| overvoltage | 59 | | | | | 2 | 2 |
| **metering** | | | | | | | |
| phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■/■* | ■/■* |
| peak demand phase currents (I1, I2, I3) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| voltage (U21, U32, U13, V1, V2, V3) | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| real / reactive power (P, Q) | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| peak demand real and reactive power | | | | | | ■ | ■ |
| power factor | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| frequency | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| accumulated real / reactive energy (±Wh, ±VARh) | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| tripping currents (I1, I2, I3, Io) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| true rms current | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| disturbance recording | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| thermal capacity used | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| residual current | | ■ | ■/■* | ■ | ■/■* | ■ | ■ |
| residual voltage | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| cumulative breaking current and number of breaks | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **control and monitoring** | | | | | | | |
| open / close | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| lockout relay | 86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| inhibit closing | 69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| annunciation | 30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| delay capacitor re-energizing | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| logic discrimination | 68 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| trip circuit supervision | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| detection of plugged connectors (DPC) | 74 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| operation counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| running hours counter | | | | | | | ■ |
| phase fault trip counter | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| external protection tripping | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| VT supervision | | | | | | ■ | ■ |
| unbalance | | | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| capacitor control | | | | | | | ■ |
| disturb. recording triggering | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| **Sepam models** | | | | | | | |
| standard S36 | | YR | KR | XR | LR | LR | LR |
| compact S26 | | LX | | LT | | | |
| number of standard ESTOR boards | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |

The figures in the columns represent the number of similar function devices.
For example, for phase overcurrent protection, "2" means 2 separate 3-phase protection relays.
* function available with 2 sets of sensors.

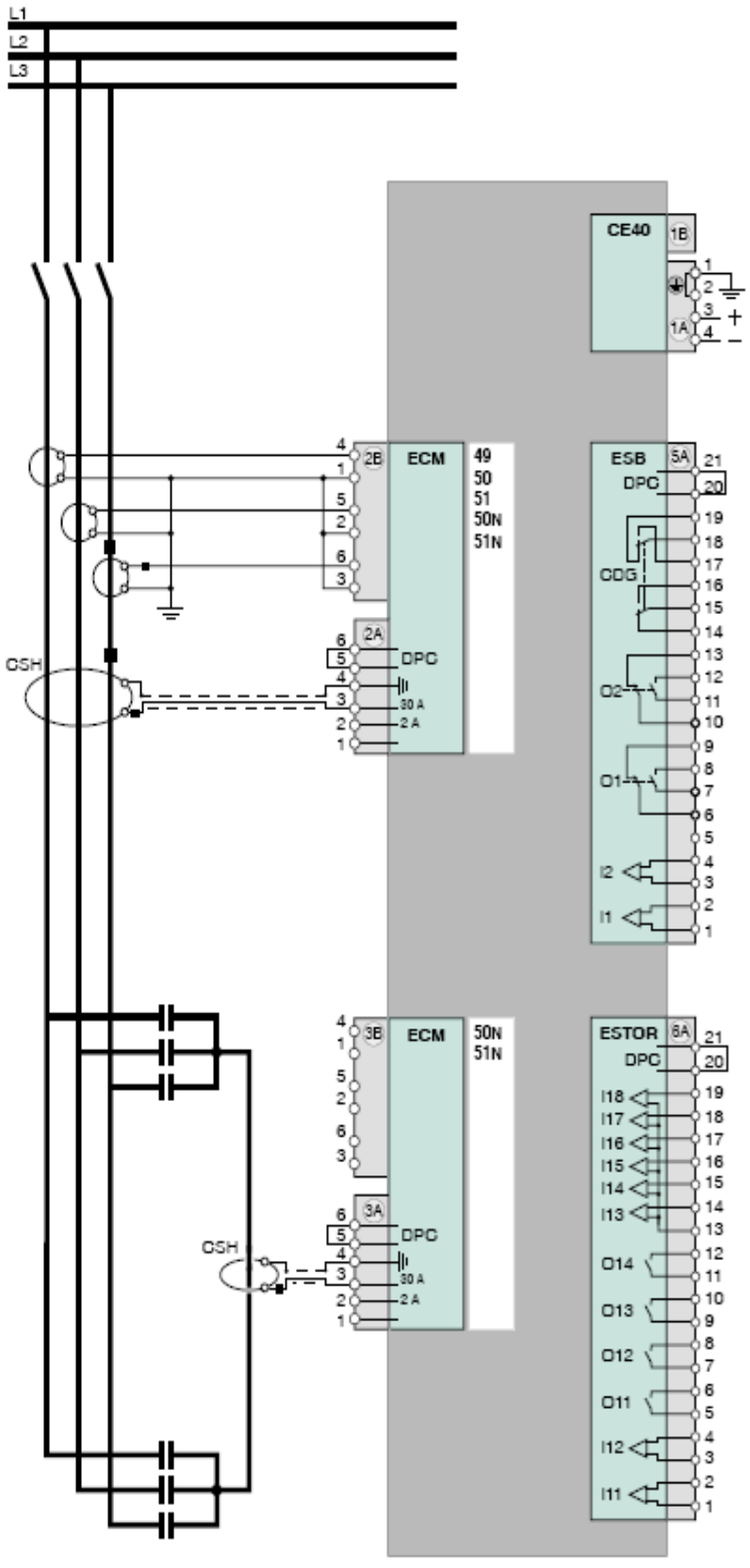
## C01 type




Standard S36YR or compact S26LX, Sepam 2000.

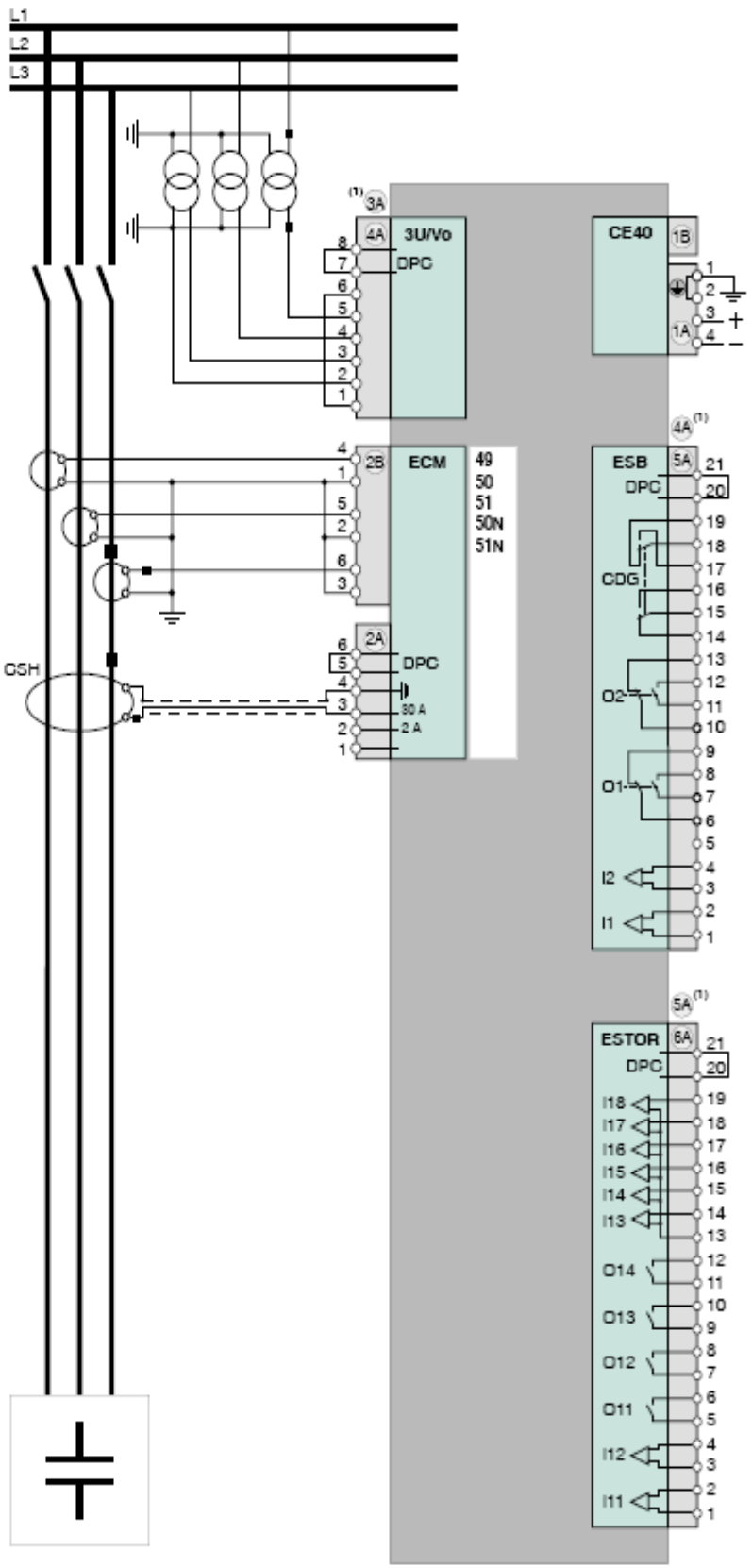
شکل ۱-۱۶

## C02 type




شکل ۲-۱۶

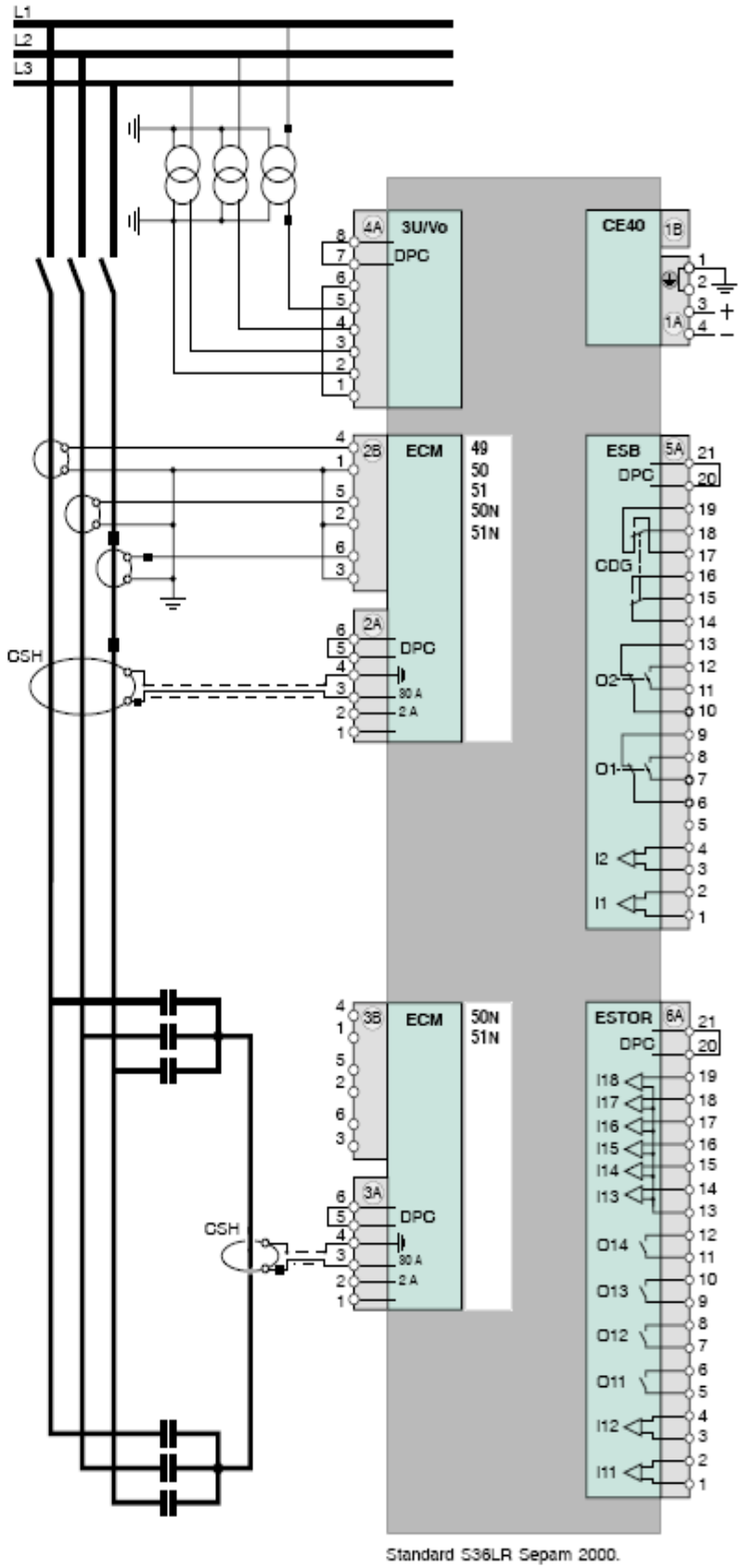
## C03 type




Standard S36XR or compact S26LT, Sepam 2000.

شکل ۳-۱۶

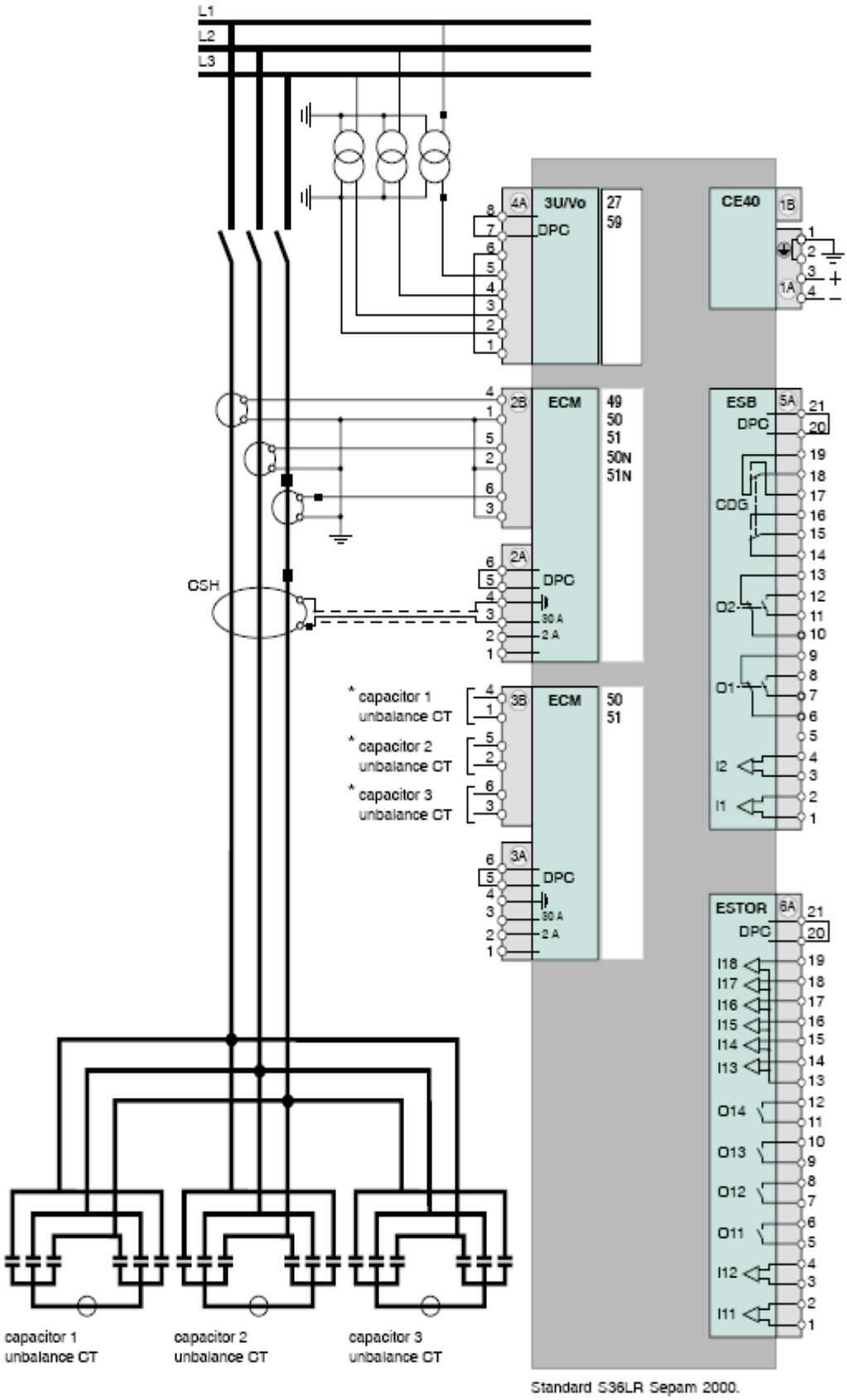
## C04 type




Standard S36LR Sepam 2000.

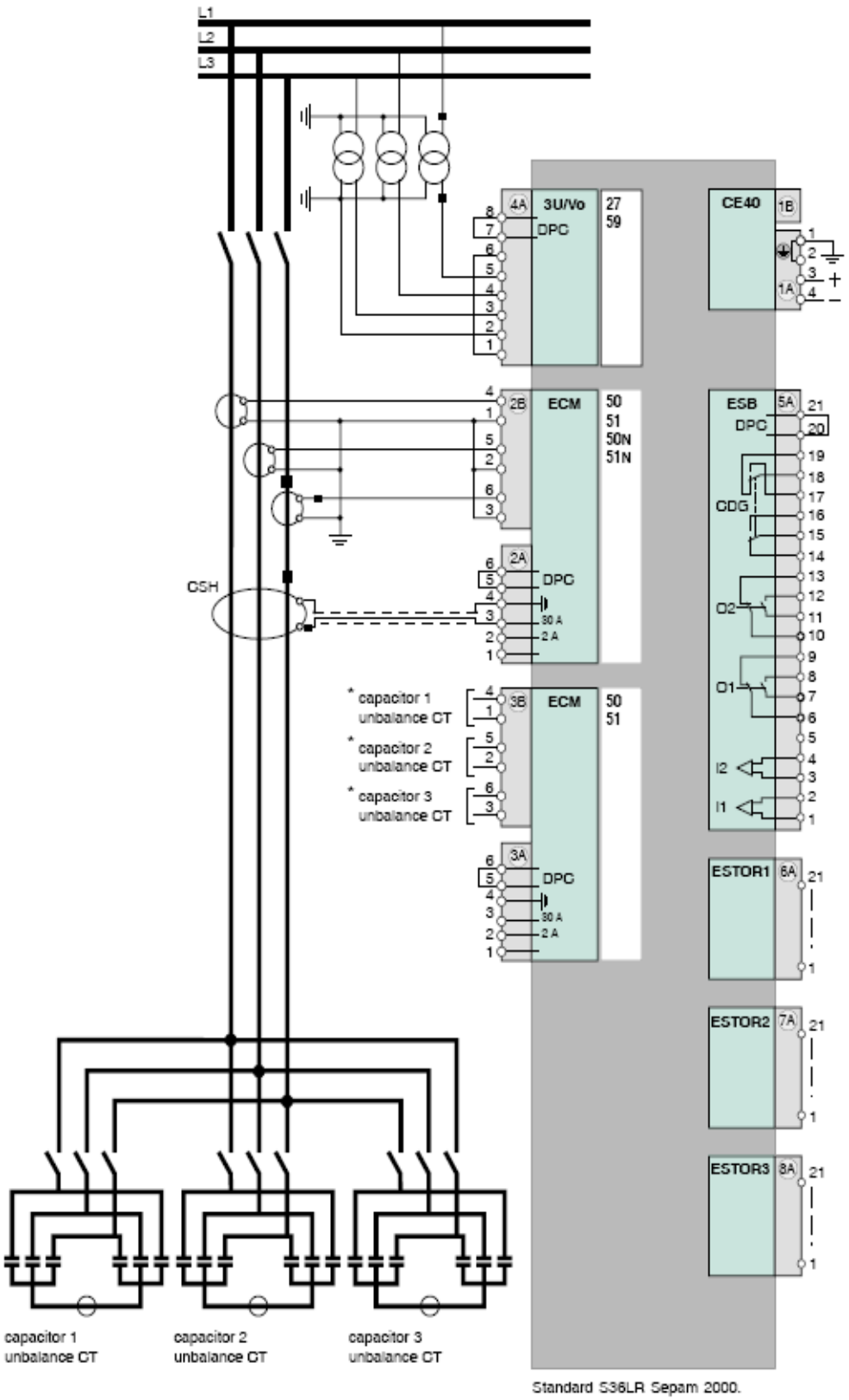
شکل ۴-۱۶

## C06 type



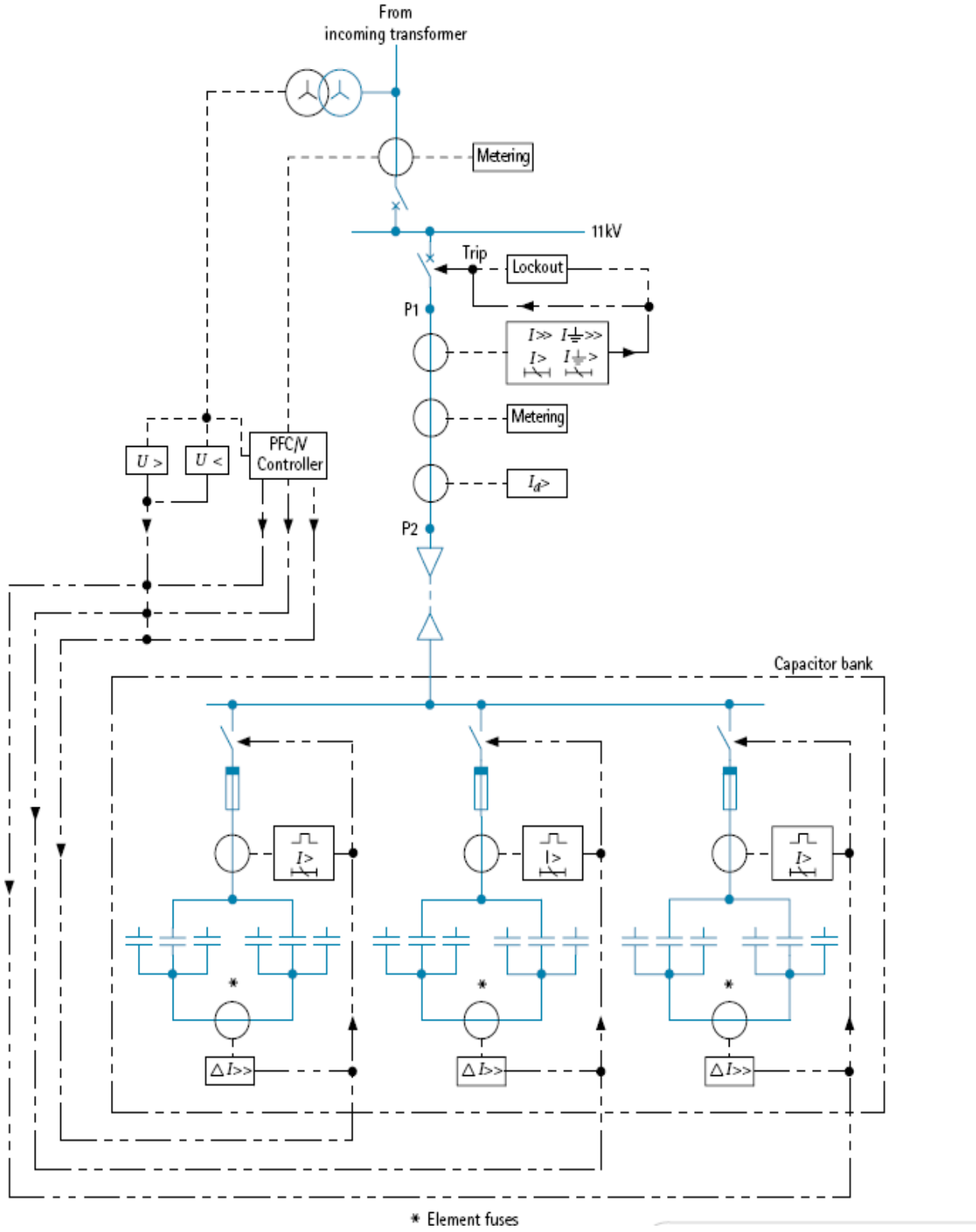

شکل ۵-۱۶

## C08 type




Standard S36LR Sepam 2000.

شکل ۶-۱۶


From
incoming transformer
Metering
11kV
Trip
Lockout
P1
I>> I⏚>>
I> I⏚>
Metering
Id>
P2
U >
U <
PFC/V
Controller
Capacitor bank
I>
ΔI>>
* Element fuses

شکل ۷-۱۶

## ۱۷- رله های جریان زیاد جهت دار Directional Overcurrent Relays

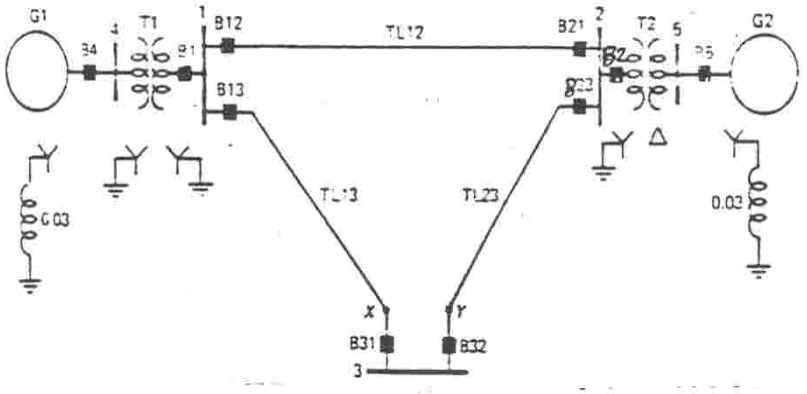
با افزایش مسیر تغذیه جریان در سیستم قدرت ، نیاز به افزایش ضریب اطمینان در شبکه های از دو سو تغذیه ، تعیین محل اتصال کوتاه یا اتصال زمین در شبکه های قدرت و بمنظور سد کردن قدرت و یا جریان الکتریکی در تاسیسات الکتریکی از رله جهت یاب استفاده می شود .

همچنین هر چه سیستم قدرت گسترده تر می شود ، هماهنگی رله های اضافه جریان نیز پیچیده تر میگردد و حتی گاهی نیز غیر ممکن خواهد بود .

برای درك مطلب مزبور شکل ذیل را در نظر بگیرید و فرض کنید که در نقطه $x$ اتصال کوتاه رخ داده باشد . در صورت وقوع اتصالی در نقطه $x$ ، از دیژنکتور $CB_{31}$ و $CB_{32}$ جریانهای مشابهی میگذرد . البته از دیژنکتور $CB_{23}$ نیز همین جریان عبور میکند .

در زمان وقوع اتصالی در نقطه $x$ ، $CB_{31}$ و $CB_{13}$ باید هر دو عمل کنند و قسمت معیوب را از سایر قسمتهای سالم سیستم جدا کنند .

اما اگر هنگام این اتصالی، $CB_{32}$ نیز عمل نماید در اینصورت شین شماره ۳ بی برق می شود که خود یك امر غیر ضروریست .




شکل ۱-۱۷

توسط رله اضافی جریان با تاخیر زمانی می توان رله مربوطه به $CB_{31}$ را سریعتر از رله $CB_{32}$ تنظیم نمود .

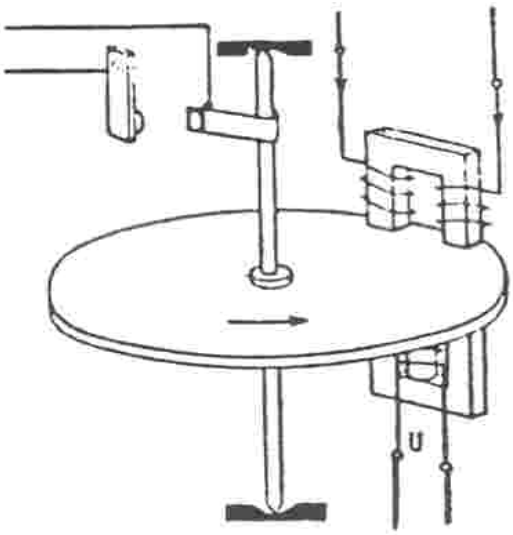
حال اگر در نقطه $f$ اتصالی رخ دهد ، در این حال $CB_{31}$ سریعتر از $CB_{32}$ عمل میکند و پس از عمل $CB_{23}$ ، شین شماره ۳ بدون برق می شود .

در نتیجه می توان دریافت که هماهنگی رله های اضافه جریان با تاخیر زمانی ، بطریقی که شینی در سیستم بی برق نگردد ، امر غیر ممکن است .

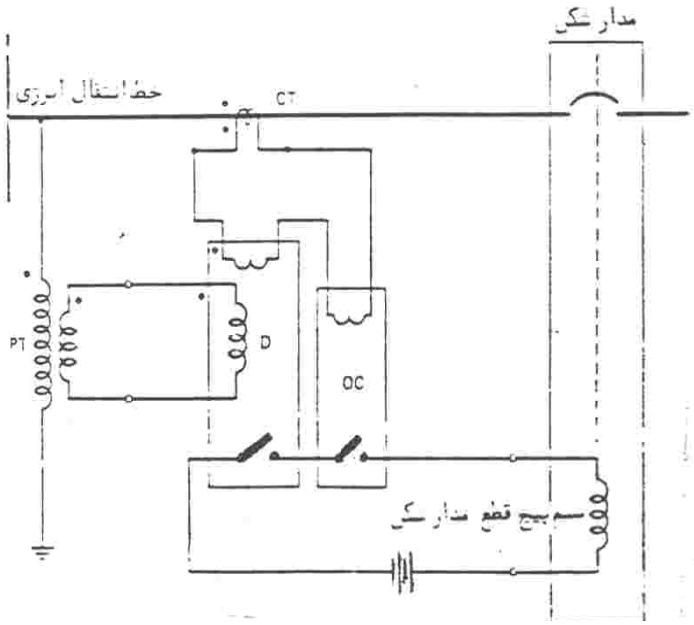
برای فائق شدن بر این مسئله از رله های جهت یاب استفاده می کنیم و کلید های قدرت $CB_{12}$ ، $CB_{21}$ ، $CB_{13}$ ، $CB_{31}$ ، $CB_{23}$ ، $CB_{32}$ بایستی به رله های جهت یاب مجهز باشند تا پاسخگوی حفاظت لازم باشند با مد نظر قرار دادن این مطلب که رله جهت یاب در هر دو حالت اتصال کوتاه و اتصال زمین ، جهت توان یا جهت جریان را سنجیده و مشخص می کند ولی شرایط کار رله برای این دو حالت بکلی با هم متفاوت است ، زیرا در محل اتصال کوتاه ، ولتاژ صفر و جریان بسیار زیاد ااست پس آنچه رله جهت یاب را در اتصال فعال می کند ولتاژ کم و جریان زیاد است .

در صورتیکه برعکس در موقع اتصال بزمین شدن سیستم قدرت ، رله دارای ولتاژی بیشتر از ولتاژ نامی شبکه (چون ولتاژ جابجا می شود) و جریان رله ، مجموع جریان شبکه می باشد ، در اینصورت نزدیکترین رله به محل اتصال زمین دارای جریان کم و ولتاژ زیاد می باشد .

برای تشخیص جهت جریان یا جهت توان از رله واتمتری یکفاز می توان استفاده نمود که این رله بصورت رله زکوند ریا رله ثانویه ، بر روی CT و PT بسته می شود . از آنجائیکه رله های جهت یاب الکترو دینامیکی کمتر تابع فرکانس می باشند نسبت به رله اندوکسیون ارجحیت دارند و می توان آنها را در جریان دائم نیز بکار گرفت رله های جهت یاب بعنوان یک عضو سنجشی ، بیشتر همراه رله های جریان زیاد و دیستانس بکار میرود .




**۲-۱۷- رله اندوکسیونی جریان زیاد جهت دار**




**۳-۱۷- رله جریان زیاد جهت دار**

**تغذیه مناسب جهت عمل رله جهت یاب :**

**در موقع اتصال کوتاه ، ولتاژ کم بوده و با وجود شدت جریان بسیار زیاد اتصال کوتاه ، گشتاور رله بسیار کم است و برای بحرك در آوردن رله کافی نیست . از اینن جهت بایستی جهت بالا بودن گشتاور گردشی و حساسیت**

و دقت رله اقدام لازم بعمل آورد • که این اقدامات عبارتند از :

۱ ــ بزرگ انتخاب کردن سیم پیچی ولتاژ رله •

۲ ــ سری کردن یک مقاومت تابع ولتاژ با سیم پیچی ولتاژ •

۳ ــ اعمال ولتاژ مناسب به بوبین ولتاژ رله , توسط یک رله تحریک کننده دیگری در لحظه اتصال کوتاه •

٤ ــ استفاده از ولتاژ یا اختلاف پتانسیل دو فاز دیگر که در اثر اتصال کوتاه شده شبکه خیلی کوچک نشده باشد • ( در موقع اتصال دو فاز برای تعیین محل اتصال کوتاه , فقط جهت توان لازم کافی است و بهیچوجه سنجش واقعی توان لازم نیست )

٥ ــ جریان اعمال شده به رله بایستی با ولتاژ تغذیه رله را آنقدر جابجا نمود تا حد اکثر گشتاور برای فعال کردن رله بدست آید • در این حالت زاویه بین جریان و ولتاژ جابجا شده را زاویه حداکثر گشتاور رله گویند و آنرا با MTA نشان می دهند • Maximum Torque Angle

در کاربرد رله های جهت یاب بایستی به نکات ذیل توجه نمود :

۱ ــ اتصال رله که در حقیقت مبین زاویه بین جریان و ولتاژ اعمال شده به رله است •

۲ ــ زاویه حداکثر گشتاور رله ( MTA )

۳ ــ کمیت قطبی یا پلاریزه کننده رله که سبب بوجود آمدن فلوها در سیم پیچی ولتاژ و یا جریان رله می گردد •

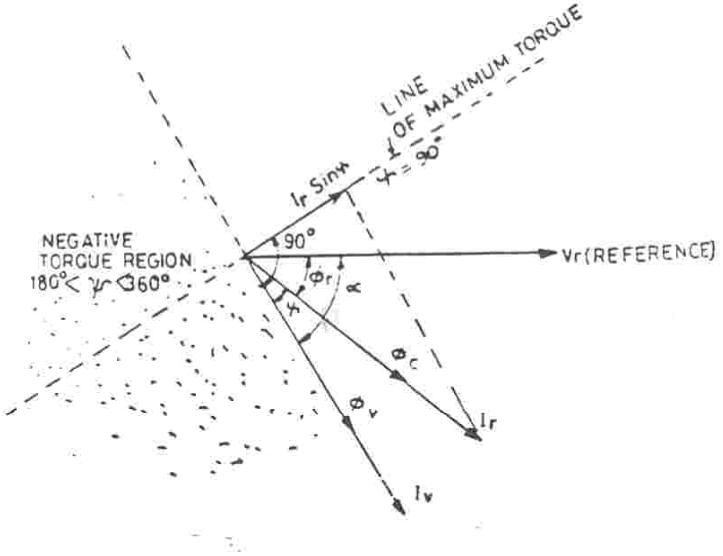
٤ ــ کمیت پلاریزه کننده مرجع در رله که جریان یا ولتاژ است •

٥ ــ گشتاور تولید شده در رله های اندوکسیونی $T=KVI\sin\varphi$

٦ ــ گشتاور تولید شده در رله های الکترودینامیکی $T=KVI\cos\varphi$

**مشخصه عملکرد رله جهت یاب :**

**شکل ذیل مربوط دیاگرام برداری یک جهت دار می باشد**




**شکل ۴-۱۷ رله ی جریان زیاد جهت دار**

$V_r$ - ولتاژ اعمال شده به بوبین ولتاژ رله از PT

$I_r$ - جریان اعمال شده به بوبین جریان رله از CT

$I_v$ - جریان اعمال شده از $V_r$ به بوبین ولتاژ رله که از رابطه $I_V = \frac{V_r}{Z_V}$ بدست می آید .

$\phi_c$ - شار مغناطیسی ناشی از جریان $I_r$

$\phi_v$ - شار مغناطیسی از جریان $I_v$ است .

گشتاور تولید شده در یک رله اندکسیونی از رابطه ذیل بدست می آید .

$$T = K \phi_c \phi_r \sin\psi$$

$\psi$ (زاویه خوانده می شود) و زاویه بین $\phi_c$ و $\phi_v$ می باشد و یا زاویه بین $I_r$ و $I_v$ است . اگر $\alpha$ زاویه بین $I_v$ ، $V_r$ زاویه بین $\phi_r$ و $I_r$ ، $V_r$ باشد داریم :

$$T = K_1 I_r I_v \sin(\alpha - \phi_r)$$

چون $I_v$ با $V_r$ یعنی ولتاژ اعمال شده به رله متناسب است پس :

$$T = K_2 . V_r . I_r \sin(\alpha - \phi_r)$$

۱ ــ در رله اندوکسیونی مقدار $\sin(\alpha - \varphi_r)$ مثبت است اگر $\alpha - \varphi_r$ بین صفر و $180^\circ$ قرار گیرد و اگر $\alpha - \varphi_r$ بین $180^\circ$ و $360^\circ$ قرار گیرد مقدار $\sin(\alpha - \varphi_r)$ منفی است .

۲ ــ گشتاور حداکثر در زاویه $\alpha - \varphi_r = 90^\circ$ بوجود می آید که در این صورت $I_r$ نسبت به $I_V$ ، $90^\circ$ پیش فاز است .

این زاویه ، به زاویه حداکثر گشتاور موسوم است

۳ ــ در زاویه $\varphi = \alpha - \varphi_r$ گشتاور منفی است $180^\circ < \varphi < 360^\circ$ در گشتاور منفی رله هیچگونه عملکردی ندارد .

٤ ــ اگر $I_r$ یا $V_r$ مقدارش صفر باشد رله عمل نمی کند

٥ ــ توسط تغییر زاویه داخلی $\alpha$ مشخصه رله جهت یاب تغییر می یابد ، ممکن است $\alpha$ مقادیر ذیل را بخود اختصاص دهد :

الف ــ $\alpha = 0^\circ$ که در این حالت رله بصورت راکتیو عمل می کند و گشتاور آن از رابطه ذیل بدست می آید که مقدار حداکثر قدرت راکتیو را در $\varphi_r = 90^\circ$ بدست می آورد و همانطور که از دیاگرام مشخص است $\varphi_r$ زاویه بین $I_r$ ، $V_r$ است

$$T = K_2 V_r I_r \sin \varphi_r$$

ب ــ $\alpha = 90^\circ$ که در این حالت گشتاور رله از رابطه ذیل بدست می آید .

$$T = K_2 V_r I_r \sin(90 - \varphi_r)$$

$$T = K_2 V_r I_r \cos \varphi_r$$

رله مزبور به رله توان اکتیو یا توان واته معروف است

ج ــ اگر $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ باشد رله یک قدرت ترکیبی را که هم اکتیو هم راکتیو است مورد سنجش قرار می دهد .

سه رله مزبور که در بندهای الف و ب و ج شرح آن رفت در سیستم های قدرت الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد .

اتصالات رله های جهت یاب :

برای تولید گشتاورهای مناسب بایستی ولتاژ و جریان تزریق شده به رله بطور استاندارد انتخاب گردد که مهمترین آنها اتصال های $30^\circ$ ، $60^\circ$ ، $90^\circ$

معروف است که هر کدام بیانگر روابط فازی موجود بین ولتاژ یا زه یا مرجع و جریان تزریق شده به رله در غرب قدرت ۱ است •

اتصال $30^{\circ}$ یا MTA ($0^{\circ}$)

در این اتصال ، رله فاز a با جریان همان فاز $I_a$ و ولتاژ فاز c,a یعنی $V_{ac}$ و رله فاز b با جریان $I_b$ وولتاژ $V_{ba}$ و رله فاز C با جریان $I_c$ و ولتاژ $V_{cb}$ تغذیه می شود •

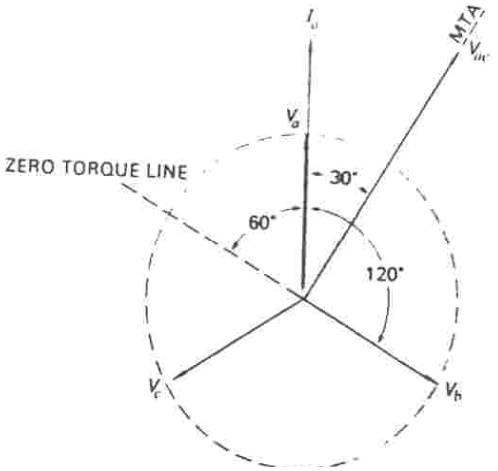
در این حالت فلوی حاصل در کویل ولتاژ از $V_{ac}$ به اندازه $90^{\circ}$ پس فاز است بنابراین حداکثر گشتاور وقتی عاید می گردد که جریان فازی از ولتاژ فازی ، بستم باندازه $30^{\circ}$ پس فاز باشد •

ولتاژ اعمال شده به بوبین ولتاژ رله $30^{\circ}$ نسبت به جریان تزریق شده به بوبین جریان رله ، پس فاز است •

محدوده تریپ یا عملکرد رله برای جریانهای از $60^{\circ}$ پیش فاز تا $120^{\circ}$ پس فاز می باشد وقتی این اتصال برای هر فاز بکار برده می شود (سه المانی) نتایج رضایتبخش است •

کاربرد : فیدرهای Plain

محدود ۵ های ترانسفورماتوری را در حفاظت دیفرانسیل




A phase element connected $I_a$ $V_{ac}$
B phase element connected $I_b$ $V_{ba}$
C phase element connected $I_c$ $V_{cb}$

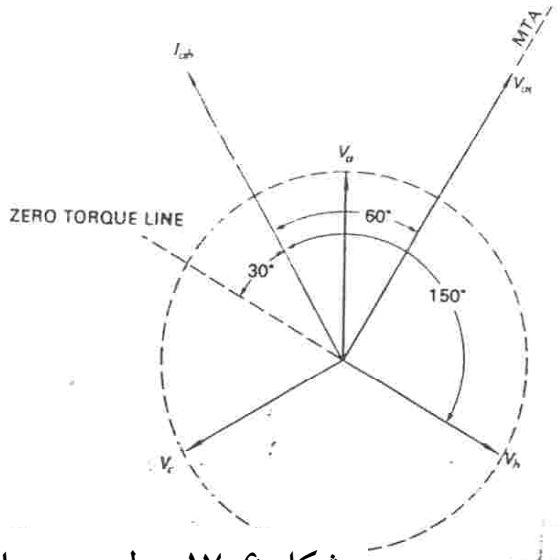
شکل ۵-۱۷- رله ی جریان زیاد جهت دار با اتصال ۳۰ درجه و ( 0 ) MTA

اتصال $60^{\circ}$ رله جهت یاب :

این اتصال بدو صورت انجام می گیرد •

الف ـ اتصال $60^\circ$ با ( $0^\circ$ ) MTA

در این روش رله فاز A با جریان $I_{ab}$ وولتاژ $V_{ac}$ و رله فاز B با جریان $I_{bc}$ و ولتاژ $V_{ba}$ و رله فاز C با جریان $I_{ca}$ و ولتاژ $V_{cb}$ تغذیه می گردد.
در این حالت فلوی ناشی از بوبین ولتاژ باندازه $90^\circ$ نسبت به ولتاژ آن ، بس فاز است.
محدوده تریپ از $30^\circ$ پیش فاز تا $150^\circ$ پس فاز است.
وقتی جریان فازها نسبت به ولتاژ مربوطه اشان $60^\circ$ پس فاز باشد ($I_a$ نسبت به $V_a$) و ($I_b$ نسبت به $V_b$) و ($I_c$ نسبت به $V_c$).
جریان اعمال شده به رله $I_{ab}$ نسبت به $V_a$، $30^\circ$ پس فاز می شود و با ولتاژ اعمال شده به رله $V_{ac}$ همفاز شده و حداکثر گشتاور تولید می گردد.
در این نوع اتصال که از ولتاژ های فاز A و C و جریان مثلثی ترکیب شده از جریانهای فاز A و B با ضریب توان 1 استفاده می شود جریان $I_{ab}$ از $V_{ac}$ باندازه $60^\circ$ پیش فاز می باشد و مناسب برای فیدرهای Plain و فیدرهای ترانسفورماتور می باشد. چون CT مثلث بسته نمی شود برای سایر مقاصد حفاظت از آن استفاده نمود و این خود محدودیت بزرگی است.

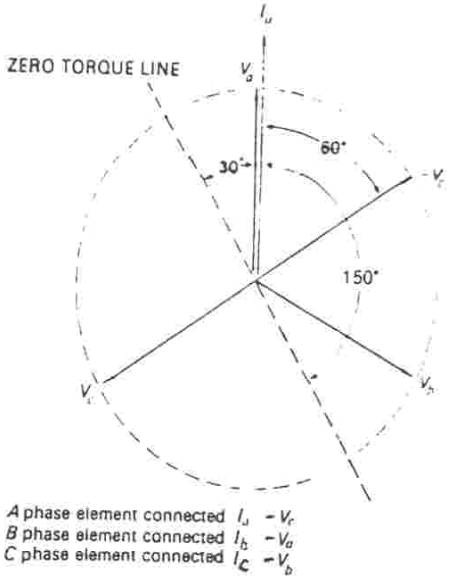



**شکل ۶-۱۷- رله ی جریان زیاد با اتصال ۶۰ درجه**

ب ـ اتصال $60^\circ$ برای رله جهت یاب با ( $0^\circ$ ) MTA

در این روش رله فاز A با جریان $I_a$ و ولتاژ $-V_c$ و رله فاز B با جریان ,

$I_b$ و ولتاژ $V_c$ - ورله فاز C با جریان $I_c$ و ولتاژ $V_b$ - تغذیه می گردد .
در این حالت فلوی ایجاد شده در بوبین ولتاژ، $90^\circ$ نسبت به ولتاژ پس‌فاز است .
حداکثر گشتاور در این اتصال زمانی بوجود می آید که جریان از ولتاژ فاز به زمین سیستم باندازه $60^\circ$ پس‌فاز باشد .
با این اتصال محدوده تریپ جهت دار از $30^\circ$ پیش‌فاز تا $150^\circ$ پس‌فاز بدست می آید
امروزه بعلت خطای عملکرد این رله برای اتصال ها بغیر از اتصال سه فاز دیگر از این رله استفاده نمی شود .

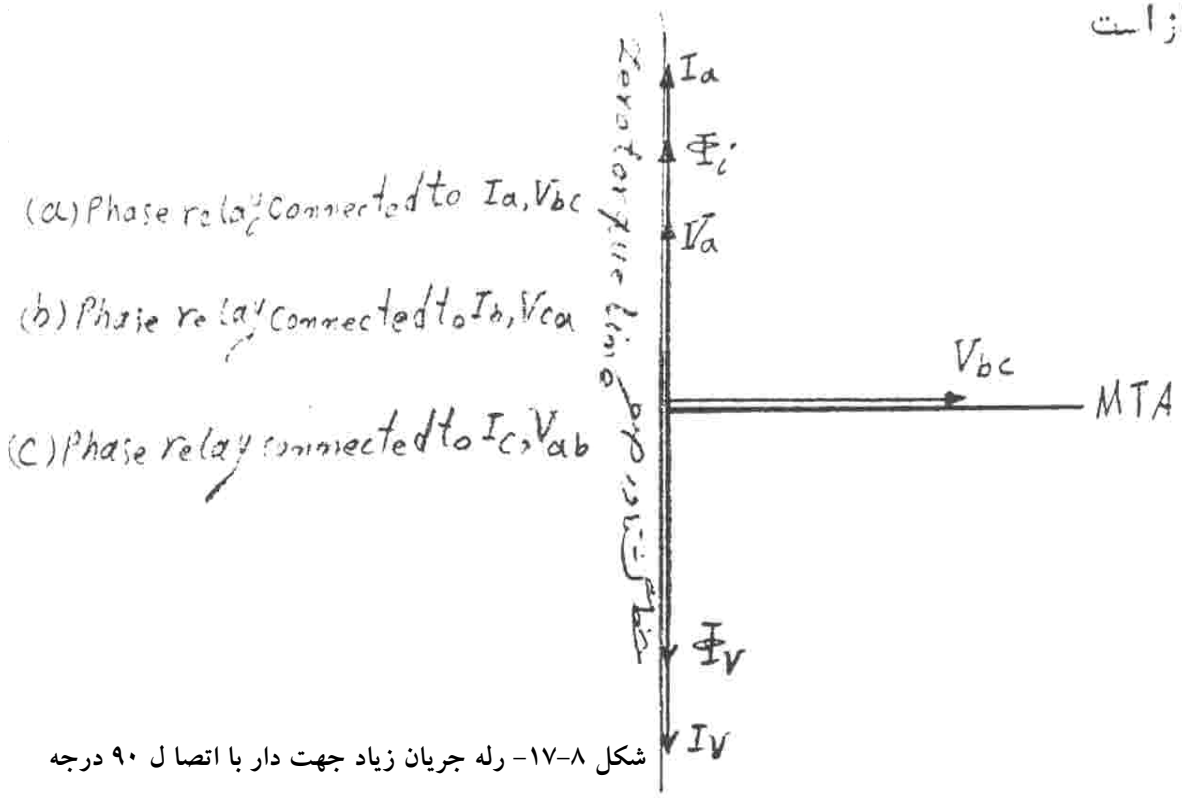



**۷-۱۷- رله ی جریان زیاد جهت دار با اتصال ۶۰ درجه**

اتصال $90^\circ$ رله جهت یاب $MTA(0^\circ)$

در این اتصال ، وقتی که جریان اتصالی به میزان زیادی ، پس‌فاز ، می باشد . مورد استفاده قرار می گیرد .
بوبین ولتاژد این رله از ولتاژی که باندازه $90^\circ$ از جریان رله در ضریب توان 1 جابجا شده تغذیه می شود .

در این اتصال چون جریان و ولتاژ رله باندازه $90^{\circ}$ باهم اختلاف فاز دارند ( $\cos\varphi = 1$ ) هیچگونه گشتاور تولید نمی گردد • محدوده تریپ جهت دار $180^{\circ}$ پس فاز است




شکل ۸-۱۷- رله جریان زیاد جهت دار با اتصال ۹۰ درجه

اتصال $90^{\circ}$ رله جهت یاب ( $45^{\circ}$ ) MTA

رله فاز A با جریان $I_a$ و ولتاژ $V_{bc}$ که باندازه $45^{\circ}$ در خلاف جهت عقربه ساعت جابجا شده اند، تغذیه می شود •

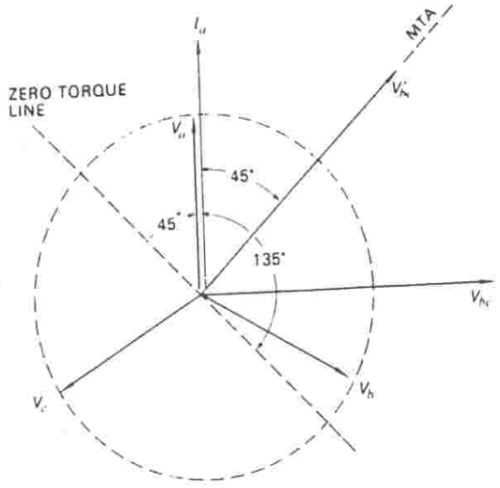
در این حالت فلوی حاصل از کویل ولتاژ باندازه $45^{\circ}$ نسبت به ولتاژ اعمال شده و نسبت ولتاژ جابجا شده $90^{\circ}$ پس فاز است •

حداکثر گشتاور رله زمانی حاصل می شود که جریان نسبت به ولتاژ فاز به زمین سیستم $45^{\circ}$ پس فاز باشد این نوع اتصال برای محدوده تریپ جهت دار، مناسب برای جریانهای از $45^{\circ}$ پیش فاز تا $135^{\circ}$ پس فاز است •

رله فاز A با جریان $I_a$ و ولتاژ $V_{bc}$

رله فاز B با جریان $I_b$ و ولتاژ $V_{ca}$

رله فاز C با جریان $I_c$ و ولتاژ $V_{ab}$ است •




**شکل ۹-۱۷- رله ی جریان زیاد جهت دار با اتصال ۹۰درجه و ( 45 ) MTA**

اتصال ^90 با ^30 MTA

در این حالت رله فاز A توسط جریان $\bar{I}_a$ و ولتاژ $\bar{V}_{bc}$ که باندازه ^30 در خلاف جهت عقربه ساعت « CCW » جابجا شده , تغذیه می شود .

فلوی حاصل در کویل ولتاژ به اندازه ^60 نسبت به ولتاژ اعمال شده به رله باندازه ^90 نسبت به ولتاژ جا بجا شده به رله , پس فاز است.

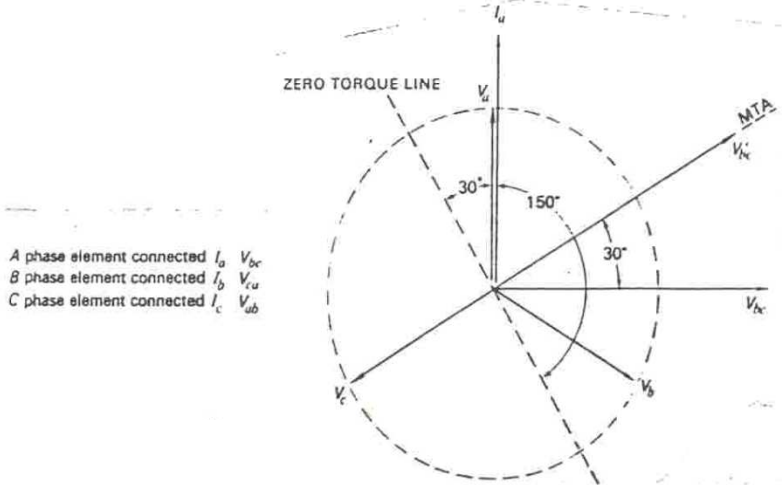
وقتی حداکثر گشتاور بدست می آید که جریان نسبت به ولتاژ فاز به زمین سیستم باند ازه ^60 پس فاز باشد .

محدوده تریپ جهت دار از ^30 پیش فاز تا 150 پس فاز است .

رله فاز A به جریان $\bar{I}_a$ و ولتاژ $\bar{V}_{bc}$

رله فاز B به جریان $\bar{I}_b$ و ولتاژ $\bar{V}_{ca}$

رله فاز C به جریان $\bar{I}_c$ و ولتاژ $\bar{V}_{ab}$ اتصال یافته است .




**شکل ۱۰-۱۷- رله جریان زیاد جهت دار با اتصال ۹۰ درجه و( 30 ) MTA**

$\varphi$ زاویه بین جریان و ولتاژ بوده اگر مقدار آن ثابت باشد زاویه بین فاز و اگر مقدار $\varphi$ منفی باشد زاویه پیش فاز است .

در شبکه کامل چون مقاومت اهمی ( R ) سهم نسبتاً بزرگی را در مقاومت کل دارد در نتیجه اغلب $\varphi < 45$ می شود .

در شبکه هوائی مقاومت سلفی بزرگتر و در نتیجه $\varphi > 45^{\circ}$ است .

اگر اتصال کوتاه نزدیک ژنراتور اتفاق بیفتد زاویه به $90^{\circ}$ نزدیک می شود .

رله جهت یاب برای سنجش اتصال کوتاه , چند قطبه :

در رله چند قطبه دو یا سه رله سنجشی بطور مکانیکی با هم مرتبط و متصل هستند . در این صورت هر کدام از دستگاهها, گشتاور تولید نموده که در , رله های الکترو دینامیکی از رابطه : $P = I_1 I_2 \cos x$

بدست می آید و مجموعه این گشتاور ها, نیروی لازم جهت بکار انداختن رله را بوجود می آورد .

در موقعی که از دو رله استفاده می شود, "رله ها حتی المقدور بایستی آرون بسته شوند . در این اتصال لازم نیست که از ولتاژ دو فازی که اتصالی نشده اند برای سنجش استفاده شود بلکه در این جا بعلت اختلاف فاز بین جریان $I_1$ ، $I_2$ بهتر است مناسبترین اختلاف سطح ها انتخاب شوند .

رله جهت یاب برای تعیین اتصال زمین :

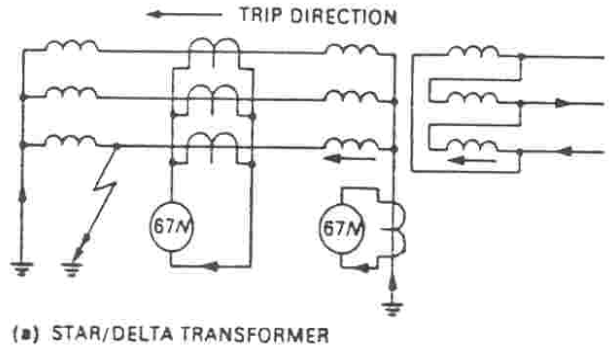
در این رله در شبکه هائی که فقط صفر ستاره آن زمین نشده است . جهت توان دواته و در شبکه ای که توسط سلف زمین شده , جهت توان واته را تعیین می کند .

در شبکه ای که نقطه صفر آن با سلف زمین شده (شبکه خاموش یا کمپانیزه شده ) برای تعیین محل اتصال زمین از رله اندوکسیونی استفاده می شود و باید جهت جریان در سیم پیچی ولتاژ توسط مدار مخصوص ۹۰ درجه چرخانده شود اگر در شبکه که نقطه صفر آن زمین نشده است (شبکه ایزوله یا کمپانیزه نشده ) از رله الکترودینامیکی جهت حفاظت اتصال زمین استفاده شود بایستی جریان در سیم پیچی ولتاژ, توسط مدار مخصوصی $90^{\circ}$ چرخانده شود

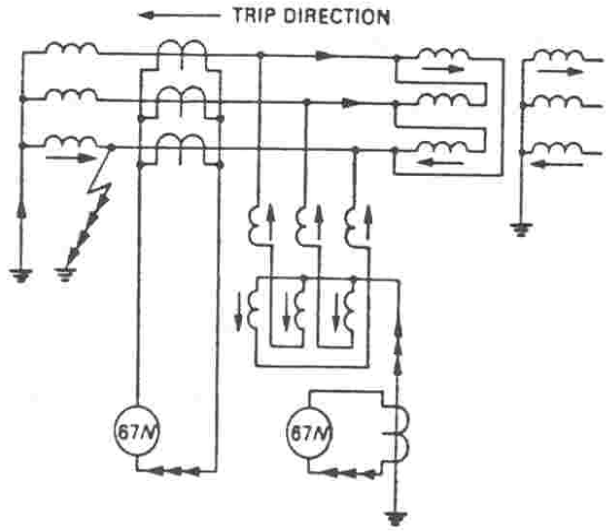
این رله از نظر ساختمان شبیه رله اضافه جریان جهت یاب است با این تفاوت که توسط ولتاژ ، یا جریان باقیمانده پلاریزه شده عمل می‌کند .

ولتاژ پلاریزه توسط سه PT که بصورت مثلث باز اتصال یافته اند حاصل می‌گردد (( حتماً باید طرف اولیه ترانس ولتاژ زمین شود ))

در مورد پلاریزه نمودن توسط جریان ، جریان از یک CT واقع در نقطه صفر ترانسفورماتور و زمین تامین می‌گردد .

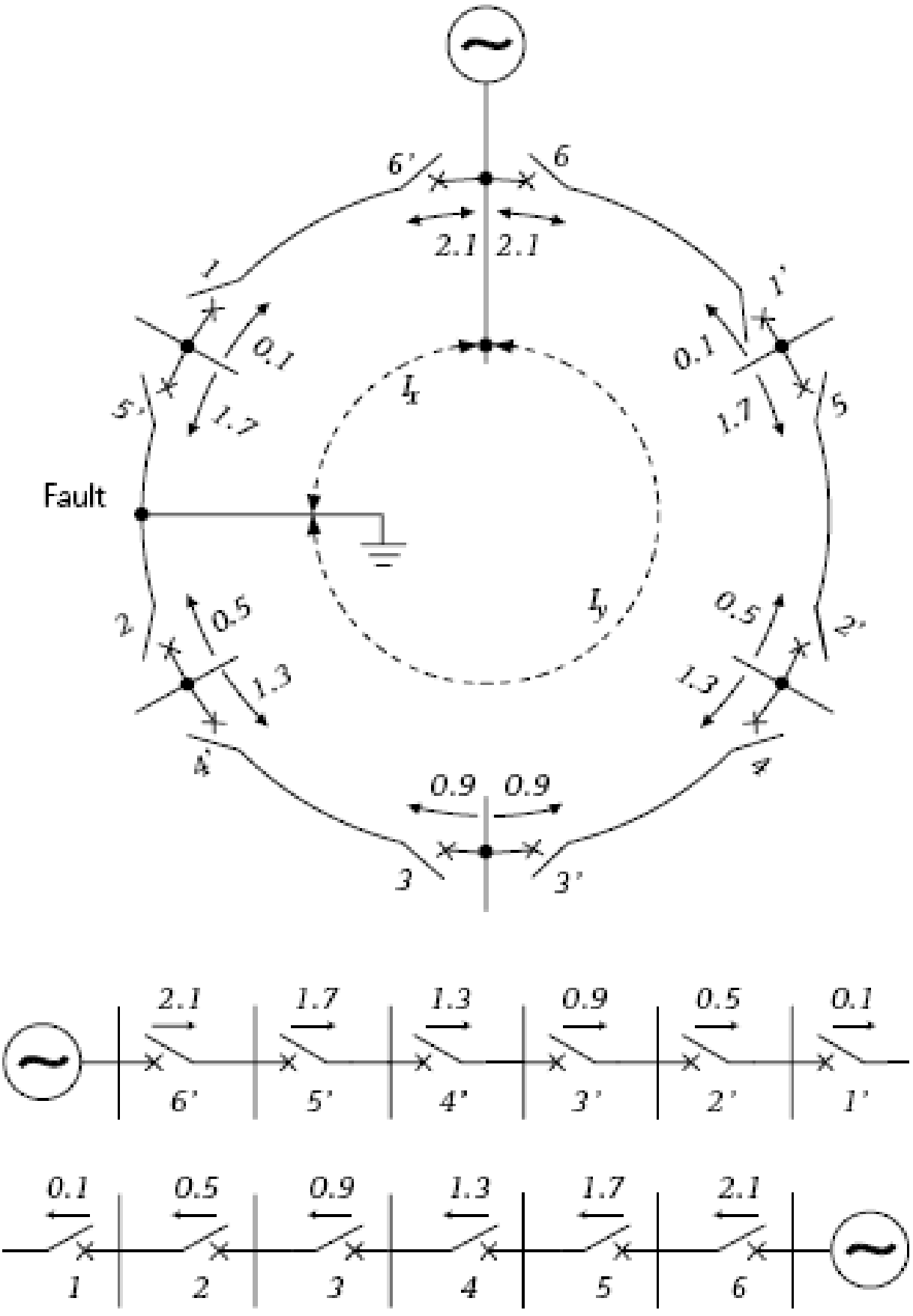



(a) STAR/DELTA TRANSFORMER




(b) DELTA/STAR TRANSFORMER WITH EARTHING TRANSFORMER

**شکل ۱۱-۱۷- رله اتصال زمین جریان زیاد جهت دار**


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

شکل ۱۲-۱۷

## ۱۷- منابع و مآخذ


۱۷-۱- کاتالوگ ها و دستورالعمل های کاربردی رله های GEC

۱۷-۲- کاتالوگ ها و دستورالعمل های کاربردی رله های GE

۱۷-۳- کاتالوگ ها و دستورالعمل های کاربردی رله های SEPAM

۱۷-۴- کاتالوگ ها و دستورالعمل های کاربردی رله های زیمنس

۱۷-۵- کتاب ART OF RELAYING