



**UFPR**



# TE 131

## Proteção de Sistemas Elétricos

Capítulo 9 – Proteção  
de Banco de  
Capacitores e  
Motores





# 1. Proteção de Motores

- Os estudos do IEEE e EPRI indicam que, em média, 33% das falhas em motores são elétricas, 31% são mecânicas e 35% são devidas ao ambiente, manutenção e outras razões;
- A adequada seleção e ajuste do motor são fundamentais para a boa performance do sistema.

- Proteção do motor é necessária quando:

Tabela 19.1 Causas de falhas de motores	
Falhas Externas	Falhas Internas
Suprimento desbalanceado	Falhas em Mancais
Subtensões	Falhas de enrolamento
Alimentação Monofásica	Sobrecargas
Sequência de Fase Reversa	

## Proteção de Motores de Baixa Tensão

- Normalmente são protegidos por relé térmico e fusível retardado;
- A função 49 tem o ajuste do relé térmico normalmente feito na corrente nominal ( $I_n$ ) do motor (ou  $1,05 \times I_n$ ), uma vez que os relés térmicos já apresentam um valor de partida superior à corrente ajustada;
- Caso o motor possua um fator de serviço (FS) superior a 1, pode-se ajustar a unidade térmica com o valor de  $I_n \times FS$ .

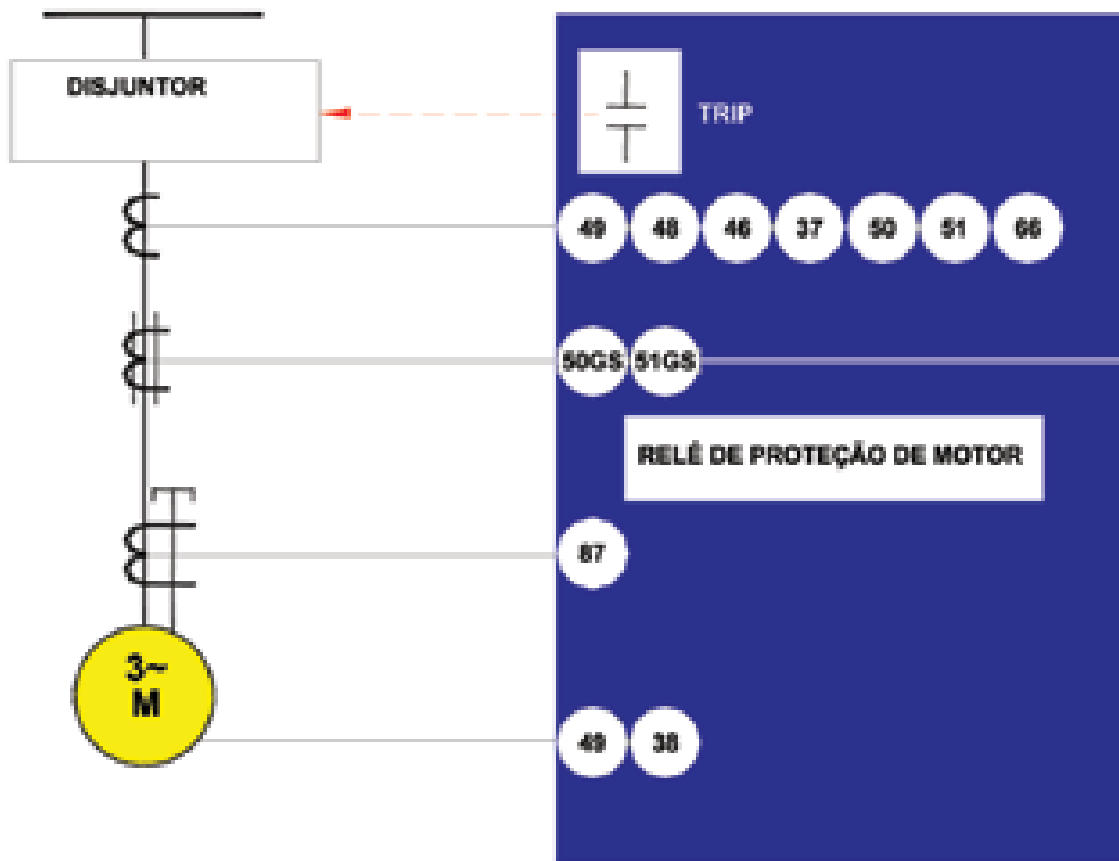


- Os fusíveis são escolhidos de modo que seja permitida a partida do motor, mas não devem ser maiores a 300% de  $I_n$ ;
- Atualmente os relés digitais aplicados a motores de baixa tensão já vem com praticamente quase todas as funções de proteção dos motores de média tensão.



## Proteção de Motores de Média Tensão

- As principais proteções aplicadas à motores de média tensão são:
  - 49 – Sobrecarga
  - 48 – Sequência incompleta
  - 46 – Desequilíbrio de corrente
  - 37 – Marcha a vazio
  - 50 – Unidade instantânea
  - 51LR – Rotor bloqueado após a partida
  - 66 – Número de partidas por hora
  - 50 GS – Unidade instantânea “Ground Sensor”
  - 51 GS – Unidade temporizada “Ground Sensor”
  - 87 – Diferencial
  - 38 – RTD (Proteção de Mancal)
  - 49S – Sobrecarga térmica do estator



- Pontos a serem observados:

## **Corrente (IP) e tempo (TP) de partida**

- É necessário conhecer a corrente e o tempo de partida do motor. O ideal é ter a oscilografia, principalmente dos motores de média tensão.

## **Duração**

- Depende da máquina acionada;
- Quando não se dispõe de dados típicos para o tempo de partida, o ideal é fazer simulação do tempo de partida. Por fim pode-se adotar os valores:
  - Bomba: 5 s
  - Compressor: 10 s
  - Ventilador: não dá para estimar
  - Moinhos: não dá para estimar

- O valor da corrente de partida pode ser obtida do data sheet do motor. Algumas vezes é encontrado na placa. Quando não se dispõe, pode-se adotar o seguinte:
  - Motor de média tensão:  $6xI_n$
  - Motor de baixa tensão:  $8xI_n$

### **Tempo de rotor bloqueado (TRB)**

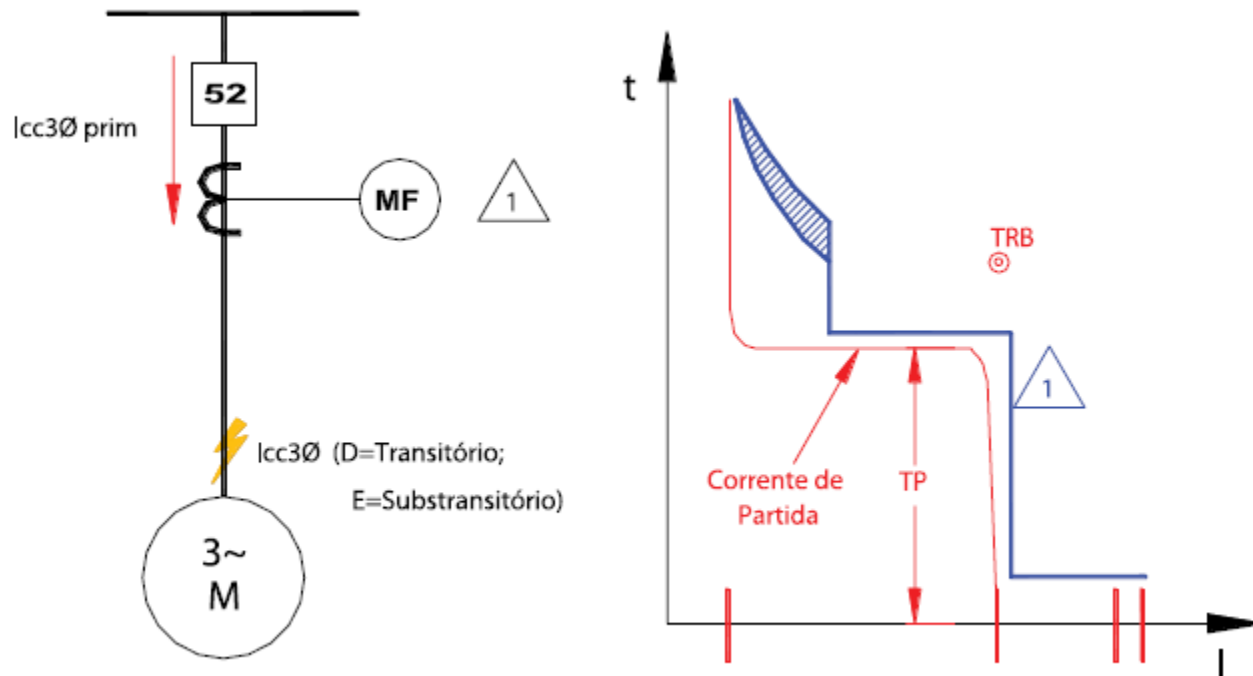
- Fornecido pelo fabricante. Não consta na placa.

### **Duração**

- Depende do projeto da máquina. Os valores normalmente podem variar de 5 s a 25 s, sendo mais comum da ordem de 15 s a 17 s.

## Curva típica de proteção

- Como pode ser observado, a curva do dispositivo de proteção passa abaixo do ponto de rotor bloqueado (a quente).



## Comportamento do motor de indução

- Quando a tensão cai, a corrente aumenta e assim o relé 27 trabalha como backup para sobrecarga nos motores de indução (potencia constante).

## Ajuste das principais proteções

### a) *Função 49 - sobrecarga térmica*

- Deve-se ajustar a proteção de forma que a curva característica  $t \times I$  do relé passe abaixo da curva térmica de dano completa do motor na condição de regime, partida ou aceleração e rotor bloqueado.
- O IEEE Std 620 padroniza três condições: (a) rotor bloqueado, (b) partida e (c) em regime. Devem ser solicitadas ao fabricante.
- A maior parte dos relés digitais simula o limite térmico do estator.

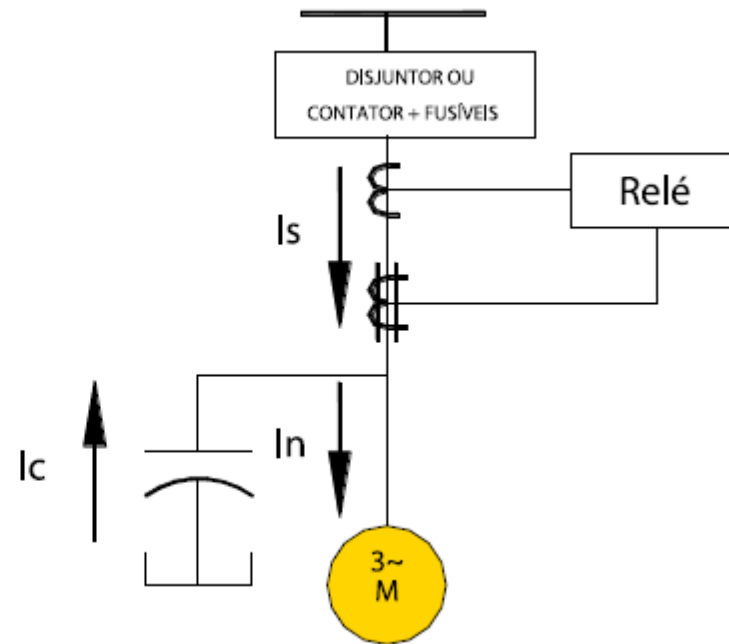
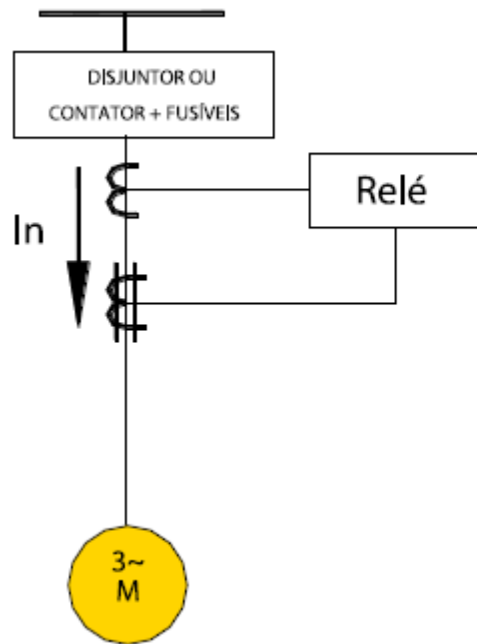
- A função 49 deve ser ajustada em:

$$I_{49} = 1 \text{ a } 1,05 \times I_{N_{\text{MOTOR}}}$$

- Curva térmica: Deve permitir o motor partir (> TP) e ficar abaixo da curva  $I^2t$  de rotor bloqueado;
- Algumas vezes pode-se utilizar toda capacidade térmica da máquina aplicando-se os fatores correspondentes devidos ao fator de serviço.



- Particularidade:
  - Quando capacitores são chaveados com motores e a proteção está à montante do ponto de conexão do capacitor, parte do reativo passa a ser entregue agora pelo capacitor ( $I_c$ );
  - Caso não se corrija a corrente que o relé enxerga, na ocorrência de sobrecarga, o motor não estará adequadamente protegido.



## **b) Função 50 – sobrecorrente instantânea**

- Se o dispositivo de manobra do motor é disjuntor, deve ser ajustada em um valor tal que permita o motor partir.

$$I_{50} = 1.1 \times 1.6 \times IP_{\text{SIMÉTRICA}} = 1.76 \times IP_{\text{SIMÉTRICA}}.$$

- Se o dispositivo de manobra do motor é contator, deve-se bloquear esta função, deixando-a a cargo
- dos fusíveis, pois contadores não terão capacidade para interromper;
- Quando se utiliza fusíveis, o calibre máximo a ser utilizado deve ser de 300% de  $I_n$ .

## c) **Função 46 - Desequilíbrio de corrente**

- O valor máximo permitido para o ajuste da proteção de sequência negativa deve ser de 15%.

$$I_{46} < 0.15 \times I_{N_{MOTOR}} \text{ (ou 25\% de desequilíbrio)}$$

$$T_{46} = 3.5 \text{ s}$$

**e) Função 51LR - Rotor bloqueado após a partida ou mechanical jam**

$$I_{51LR} = (1.5 \text{ a } 2) \cdot I_n$$
$$T_{51LR} = 2 \text{ s}$$

**f) Função 50GS - Proteção ground sensor do motor**

$$I_{50GS} = 15 \text{ a } 20 \text{ A (ou } 0.2 \times I_{N_{MOTOR}})$$

$T_{50GS} = 0$  (se o dispositivo de manobra é disjuntor)

$T_{50GS} = 400 \text{ ms}$  (se o dispositivo de manobra é contator e o neutro do transformador de força é aterrado por resistor)

## g) **Função 27 - Subtensão**

- É antes uma proteção coletiva de motores e não individual, pois é instalada na entrada de um CCM;
- Subtensões sustentadas podem levar à sobrecargas;

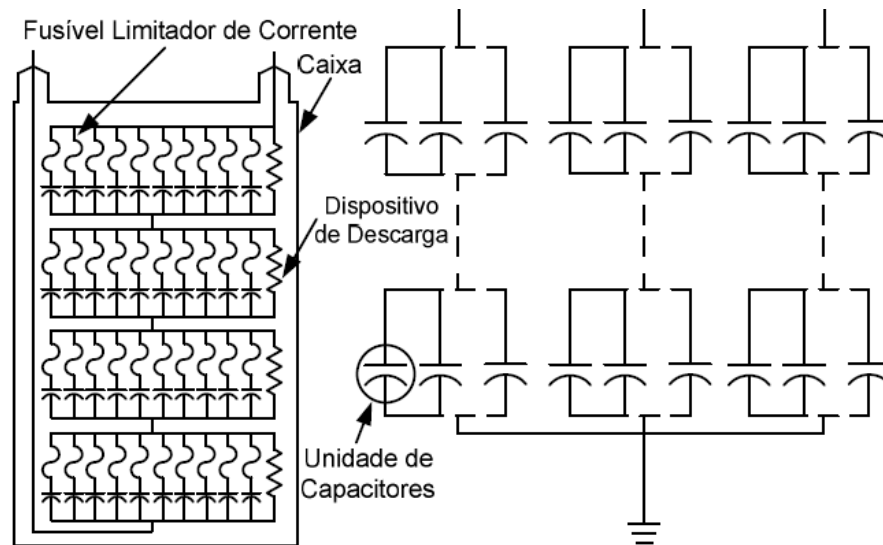
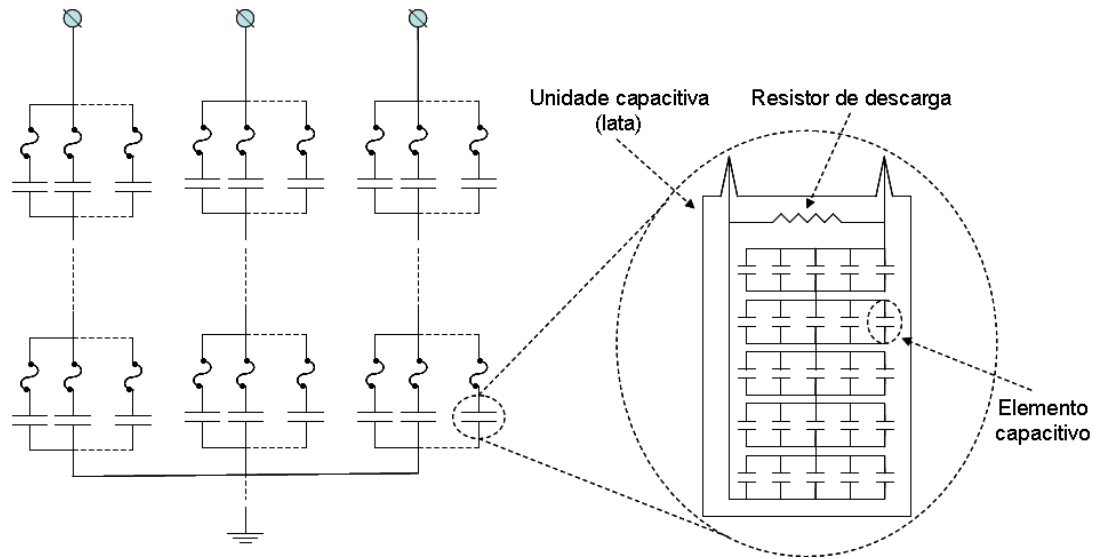
Pick up: 80%  $V_n$

Temporização: 2 s

- O número 80% na grande maioria das vezes atende devido ao fato de que as quedas de tensão na partida normalmente não excedem 12%. Como as concessionárias podem ter até 7% de queda (Aneel: +5% e -7%), chega-se a 19%.

## 2. Proteção de Bancos de Capacitores de MT

- Os bancos de capacitores são projetados com várias configurações para atender às restrições do projeto do sistema;
- O engenheiro de proteção tem que estar preparado para proteger qualquer uma dessas configurações.





- Existem várias normas e guias para a proteção decapacitores, entre as quais podem ser citadas:
  - IEEE Std C37.99-2002 “Guide for protection of shunt capacitors banks”
  - IEEE Std 18-2002 “Shunt Power Capacitors”
  - IEC 831-1 1988 “Shunt Power Capacitors of the self healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V”
  - ABNT NBR 5282 JUN 1998 – “Capacitores de potência em derivação para sistemas de tensão acima de 1000 V – Especificação”

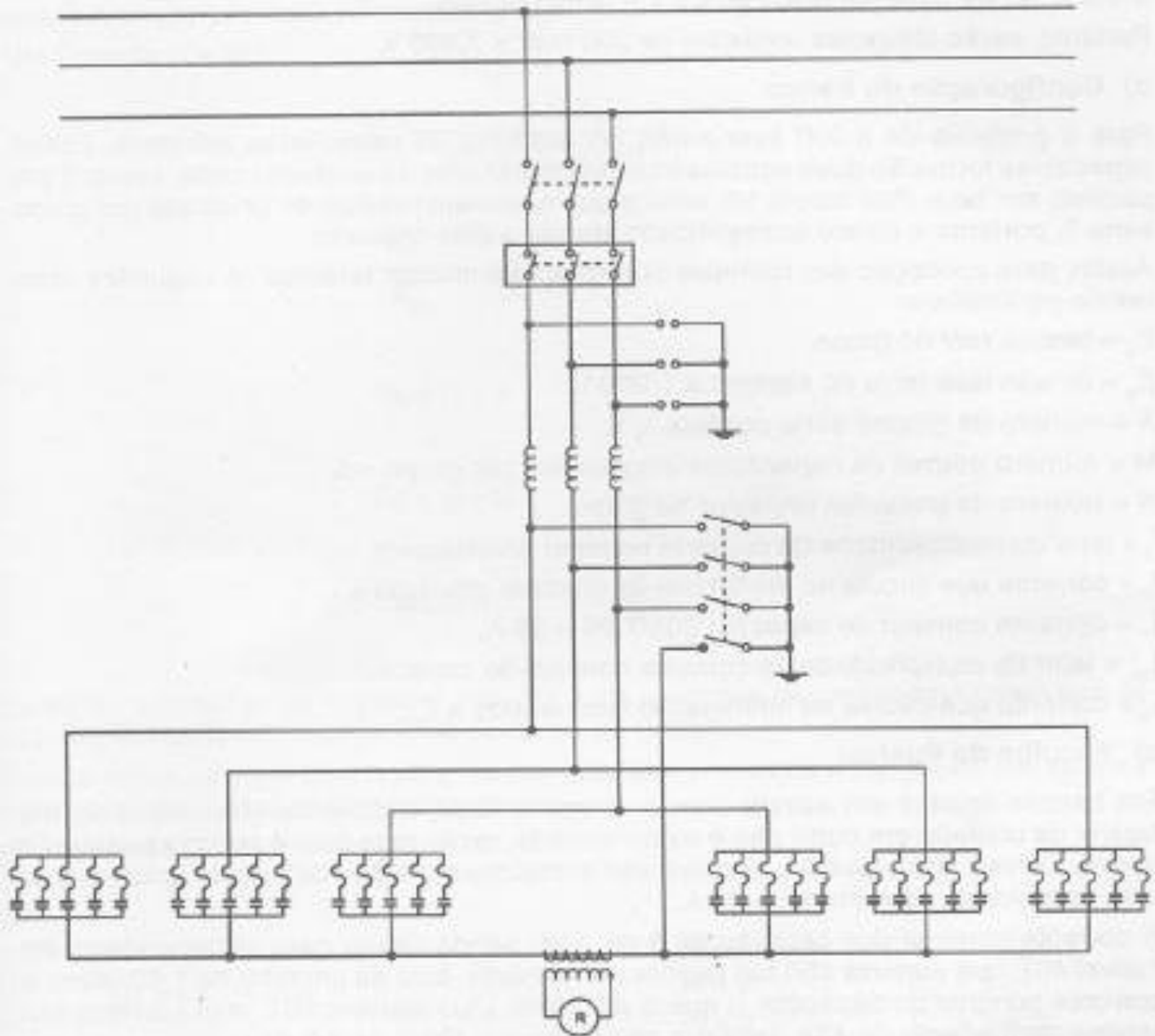
- Os bancos de capacitores shunt trifásicos são comumente conectados em uma das seguintes formas:
  - Delta
  - Estrela não aterrada
  - Estrela aterrada
  - Dupla estrela não aterrada
  - Dupla estrela aterrada
- Para potência acima de 3.100 kVAr, é prática utilizar dupla estrela não aterrada.

## Pontos a serem protegidos

- Operar permanentemente com 110% de  $V_n$  (incluindo-se sobretensões harmônicas);
- Operar até 180% de  $I_n$  (incluindo a fundamental e as harmônicas);
- Operar no máximo a 115% kVAr nominal para a fundamental;
- Operar permanentemente com 135% dos kVAr nominais (desde que não exceda a 110%  $V_n$ ).

## Esquema de proteção Dupla Estrela Isolada

- Nesta configuração, é comum usar apenas o balanço de corrente para fornecer a proteção do banco;
- A retirada de um capacitor provoca desequilíbrio entre as duas estrelas;
- A corrente que circula entre o neutro das duas estrelas.

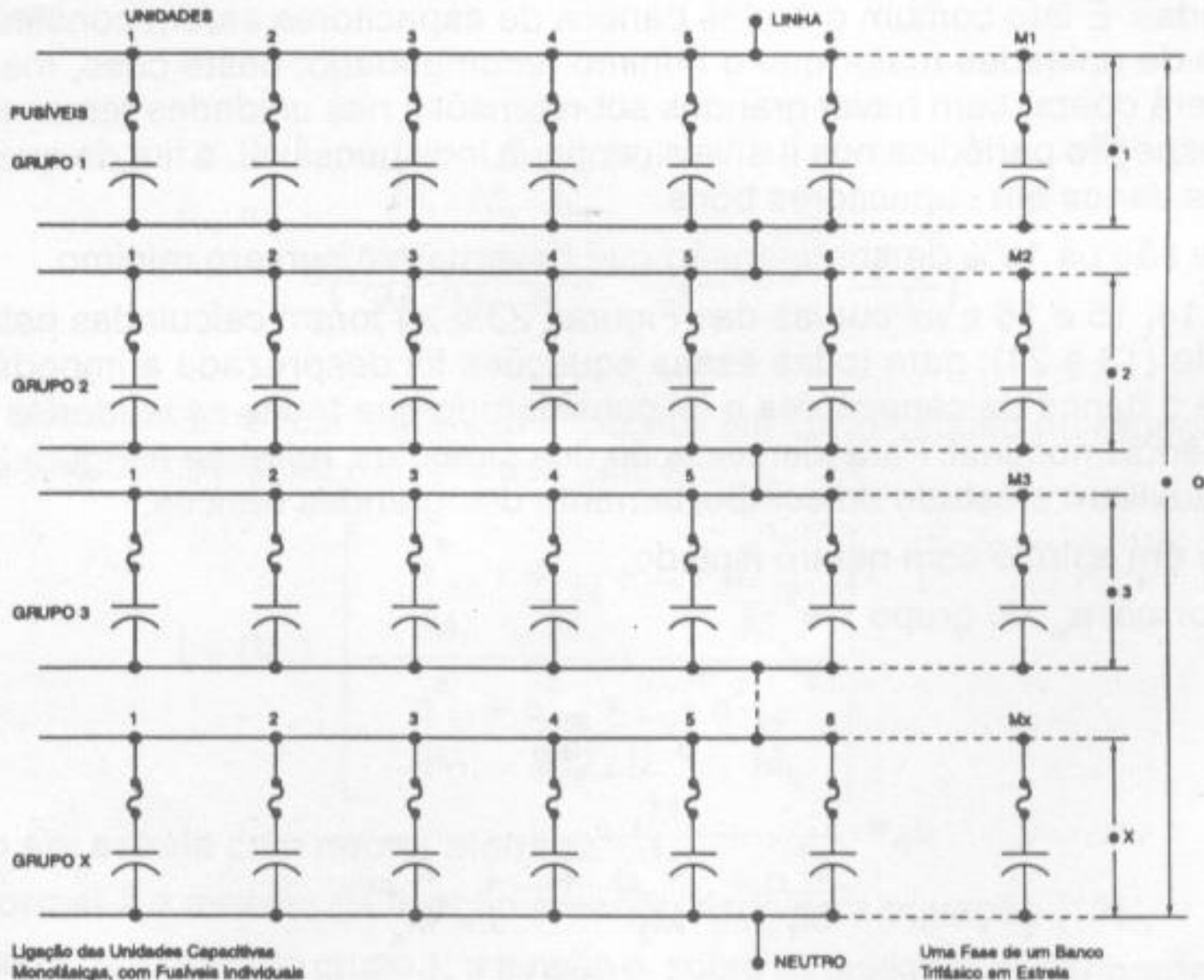


- Corrente de neutro dada por

$$I_{Neutro} = \frac{3NM}{6S(M - N) + 5N} I_{capacitor}$$

Onde:

- $M$  = número normal de capacitores em paralelo por grupo
- $N$  = número de unidades retiradas de um grupo
- $S$  = Numero de grupos série em uma fase do BC.



Ligação das Unidades Capacitivas Monofásicas, com Fusíveis Individuais

- Tensão remanescente para a perda de N capacitores

$$E_{\text{Grupo } N \text{ retiradas}} = \frac{6M}{6S(M - N) + 5N} E_{\text{fase-neutro do BC}}$$

- Sobretensão:

$$\text{Sobretensão} = \frac{E_{\text{Grupo } N \text{ retiradas}} - E_{\text{capacitor}}}{E_{\text{capacitor}}} \times 100\%$$



- Ajuste da unidade instantânea

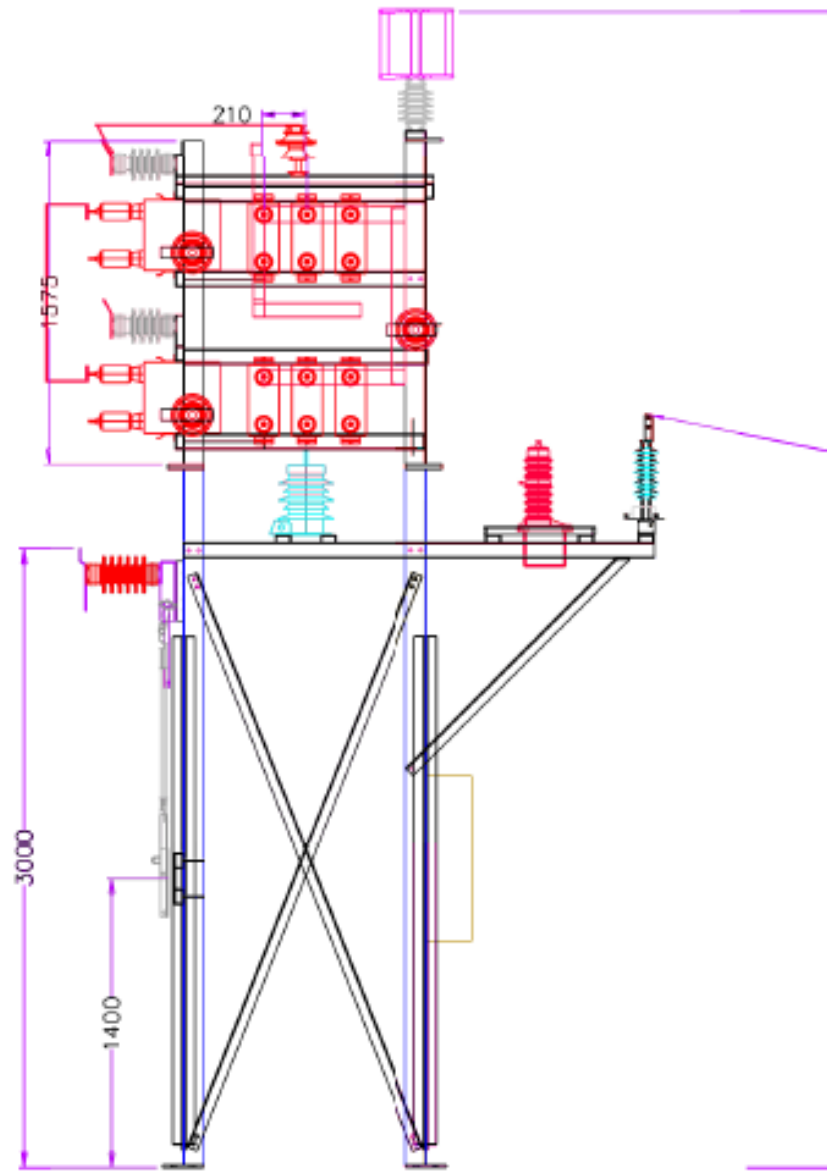
$$I_{50N} \leq \frac{I_{relé(N)}}{1,1}$$

Ajuste da unidade temporizada

$$I_{relé(N)} < I_{51N} \leq \frac{I_{relé(N+1)}}{1,1}$$

$I_{relé(N)}$  – Corrente de neutro para N capacitores retirados sem que seja atingido 10% de sobretensão nas demais do grupo sobre a RTC.





VISTA FRONTAL