



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

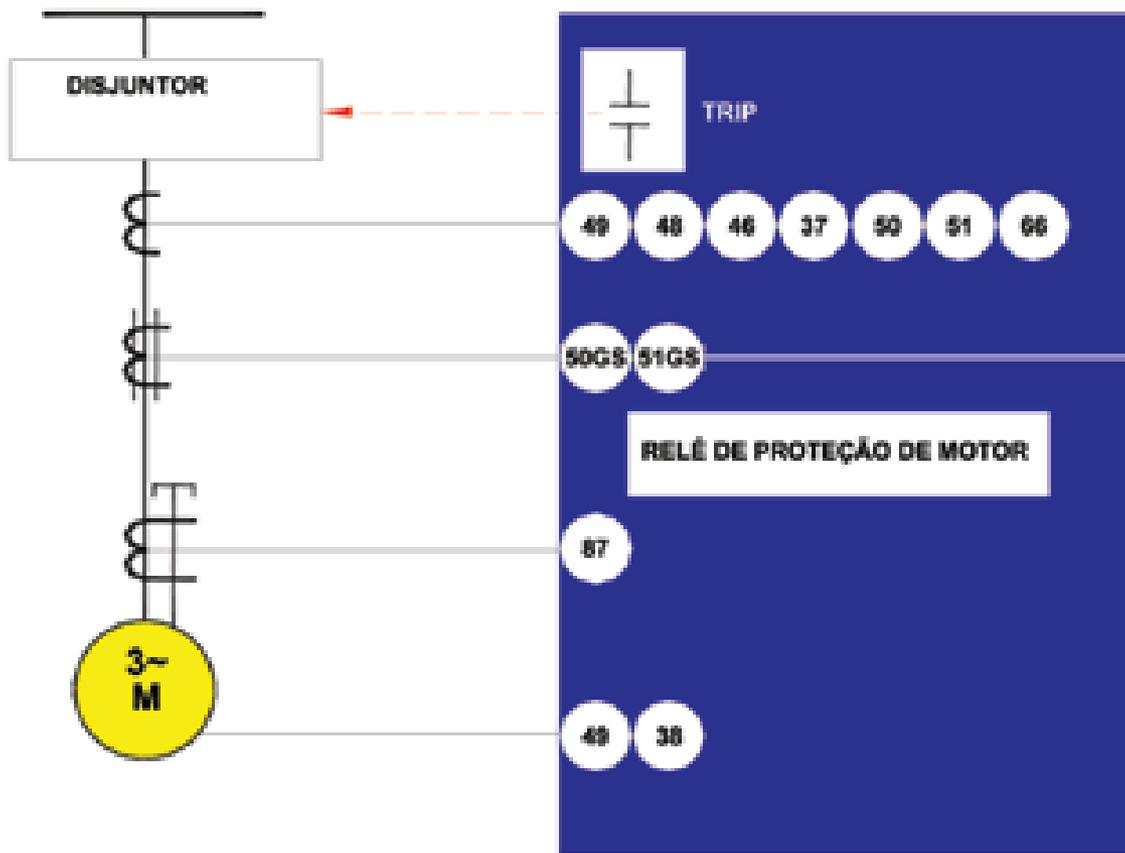
- Normalmente são protegidos por relé térmico e fusível retardado;
- A função 49 tem o ajuste do relé térmico normalmente feito na corrente nominal (I_n) do motor (ou $1,05 \times I_n$), uma vez que os relés térmicos já apresentam um valor de partida superior à corrente ajustada;
- Caso o motor possua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

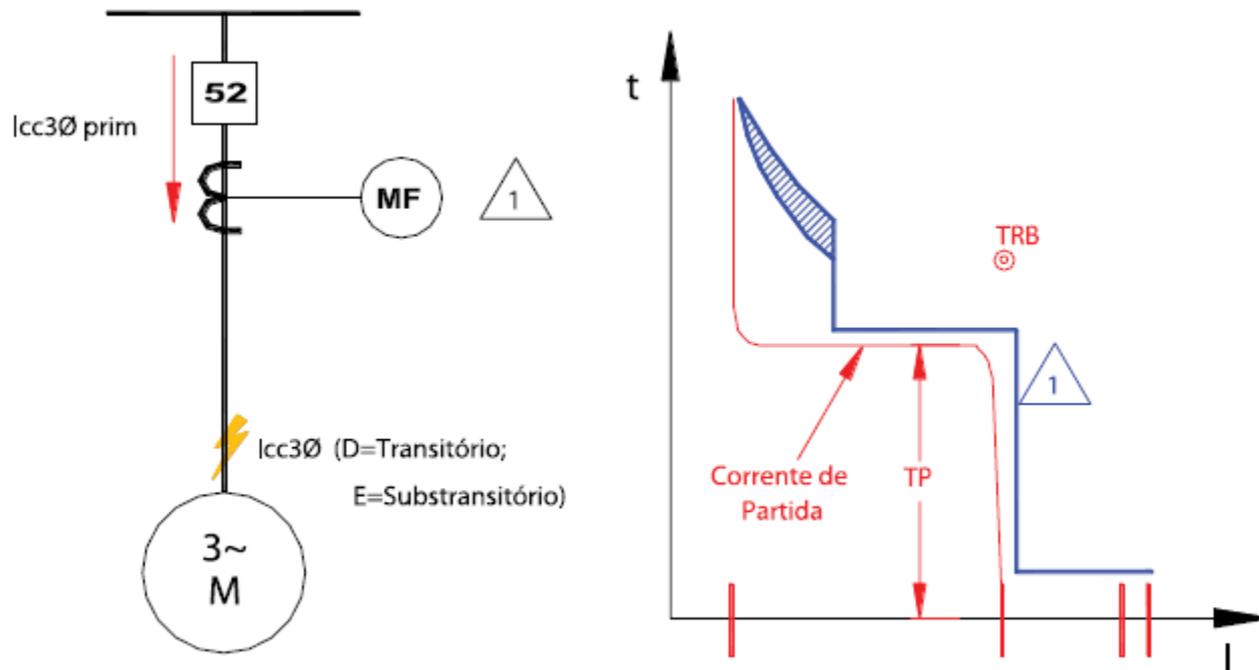
- Fornecido pelo fabricante. Não consta na placa.

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*

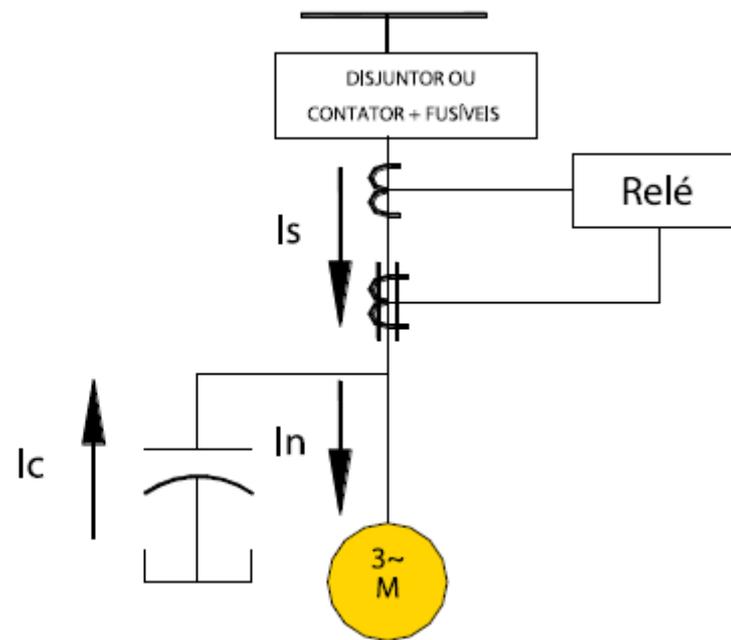
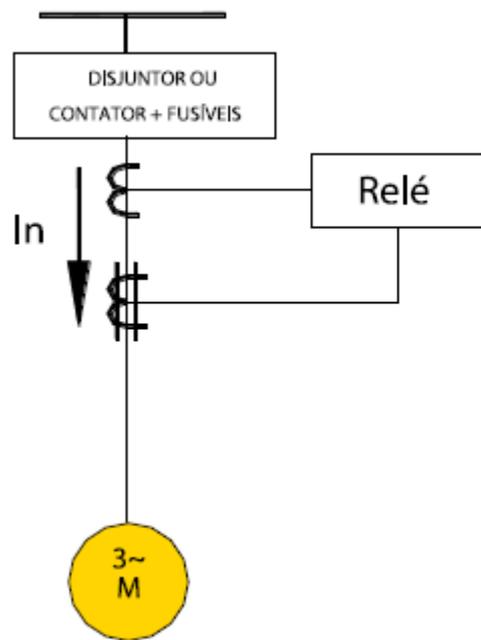
- Deve-se ajustar a proteção de forma que a curva característica $t \times I$ do relé passe abaixo da curva térmica de dano completa do motor na condição de regime, partida ou aceleração e rotor bloqueado.
- O IEEE Std 620 padroniza três condições: (a) rotor bloqueado, (b) partida e (c) em regime. Devem 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;

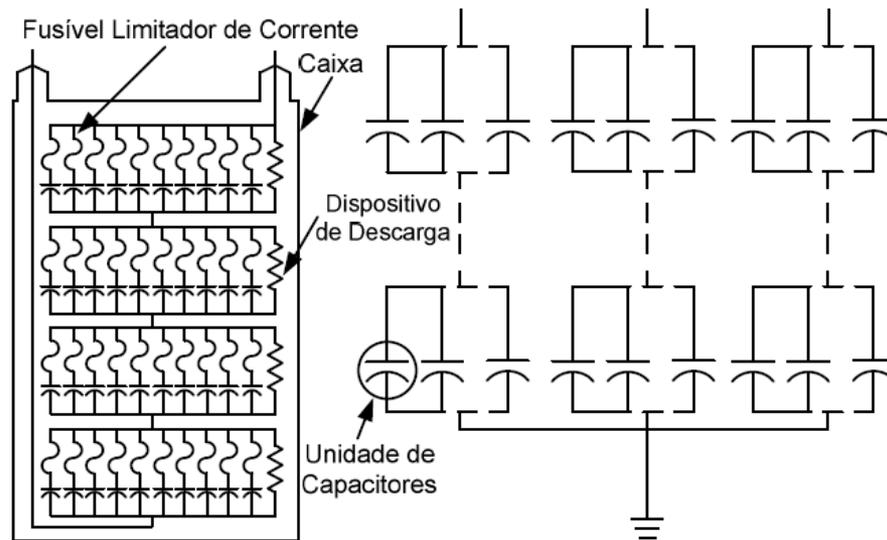
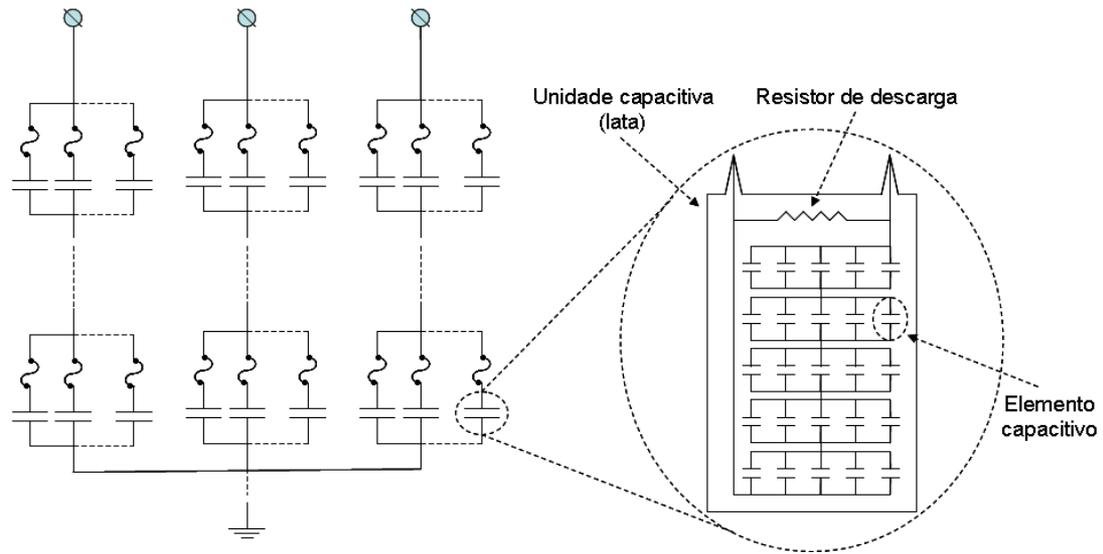
Pick up: 80% V_n

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”

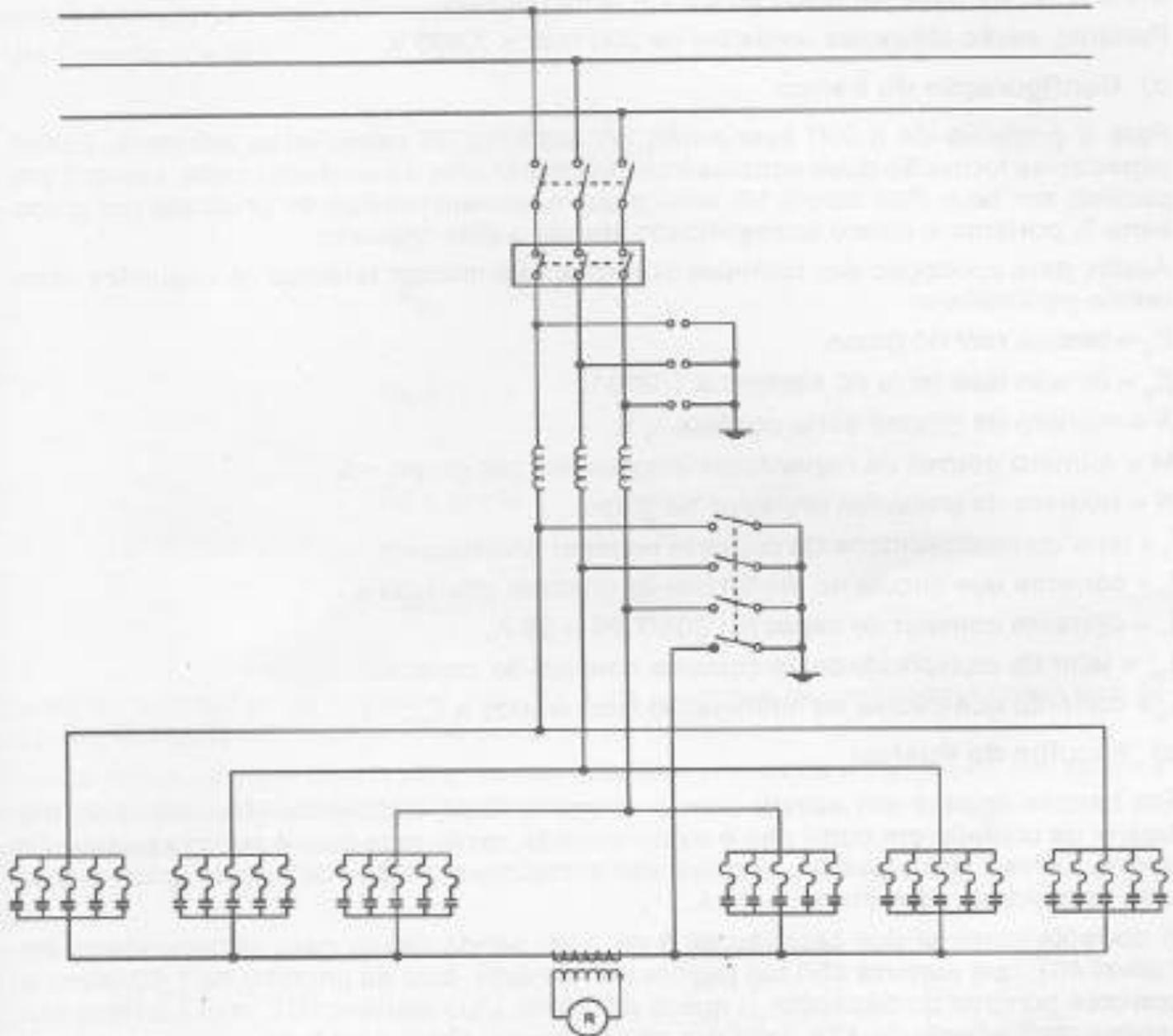
- Os bancos de capacitores shunt trifásicos são comumente conectados em uma das seguintes formas:
 - Delta
 - Estrela não aterrada
 - Estrela aterrada
 - Dupla estrela não aterrada
 - Dupla estrela aterrada
- Para potência acima de 3.100 kVAr, é prática utilizar dupla estrela não aterrada.

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.

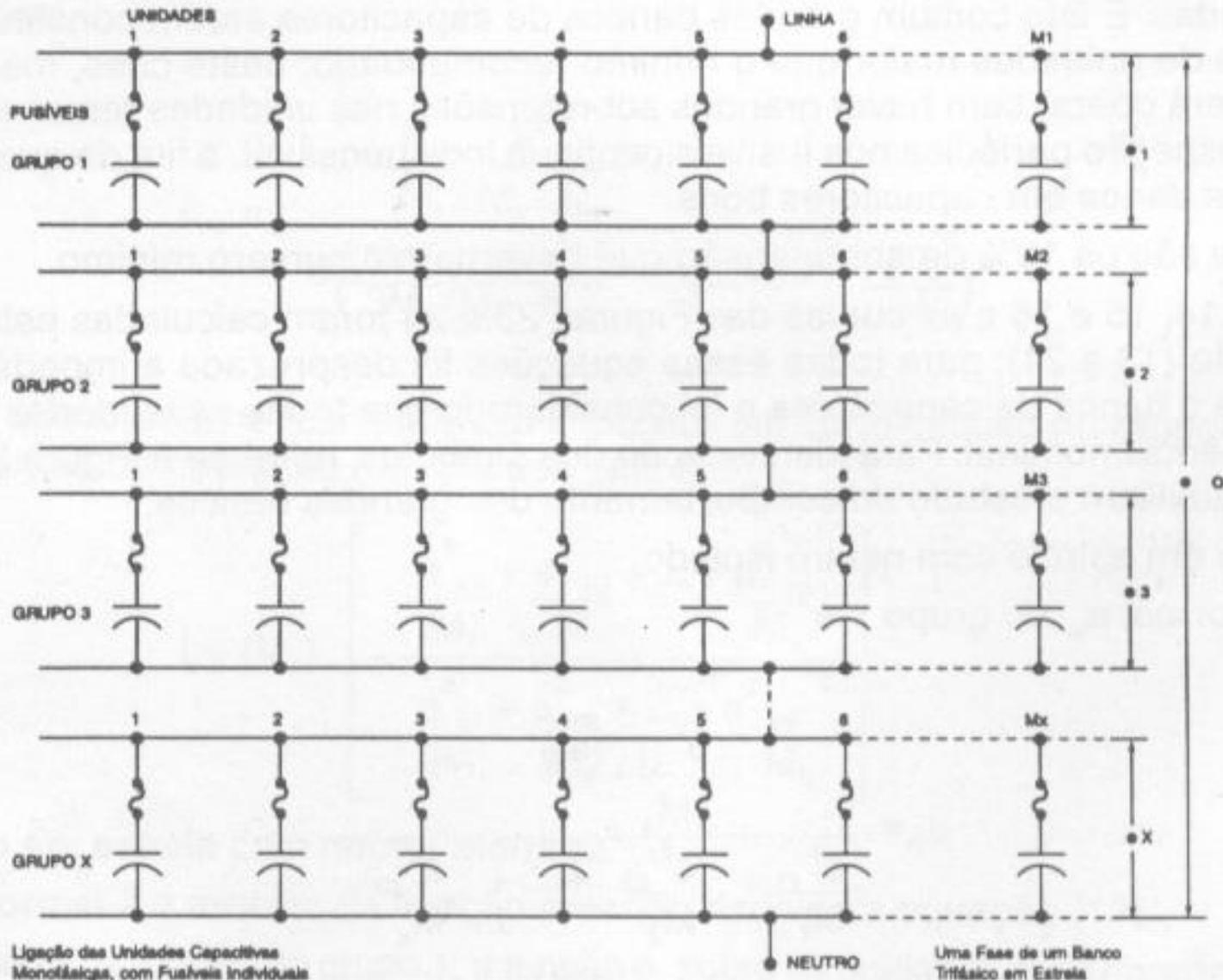


- Corrente de neutro dada por

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

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.



- 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

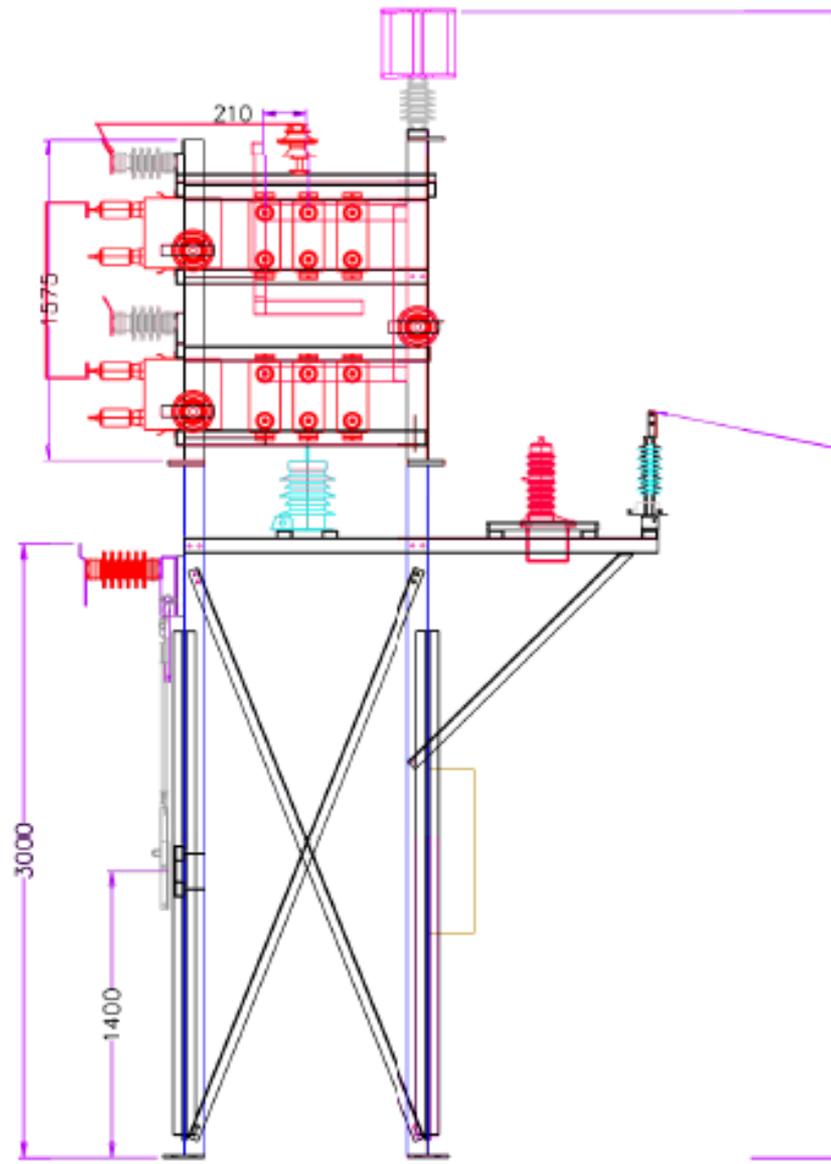
$$I_{50N} \leq \frac{I_{relé(N)}}{1,1}$$

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