

4

Dispositivos de Seccionamento e Proteção

4.1 Prescrições Gerais

Todos os condutores fase de uma instalação devem ser protegidos, por um ou mais dispositivos de seccionamento automático, contra sobrecorrentes (sobrecargas e curtos-circuitos).

Esses dispositivos devem interromper as sobrecorrentes antes que elas possam danificar, devido aos seus efeitos térmicos e mecânicos, a isolamento, conexões e outros materiais próximos aos condutores.

Destaca-se que a proteção dos condutores realizada de acordo com este item não garante necessariamente a proteção dos equipamentos ligados a esses condutores.

A detecção de sobrecorrentes deve ser prevista em todos os condutores fase e deve provocar o seccionamento do condutor em que a corrente for detectada, não precisando, necessariamente, provocar o seccionamento dos outros condutores fase.

Se o seccionamento de uma só fase puder causar danos, por exemplo, no caso de motores trifásicos, devem ser tomadas medidas apropriadas para a proteção dos motores.

Dispositivos unipolares montados lado a lado, apenas com suas alavancas de manobra acopladas, não são considerados dispositivos multipolares.

4.2 Fusíveis e Dispositivos Fusíveis

Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente que consiste em um elemento fusível (elo) ou lâmina de liga metálica de baixo ponto de fusão que se funde, por efeito Joule, quando a intensidade de corrente elétrica superar, devido a uma sobrecarga ou um curto-circuito, o valor que poderia danificar o isolamento dos condutores ou danos em outros elementos do circuito.

Dispositivo fusível compreende todas as partes constituintes do dispositivo de proteção.

De acordo com a aplicação, a norma IEC 60269-2-1 (NBR 11841) utiliza duas letras para a especificação dos fusíveis. A primeira letra indica em que tipo de sobrecorrente o fusível irá atuar, e a segunda, que tipo de equipamento o fusível é indicado para proteger, conforme apresentado na Tabela 4.1, a seguir.

Tabela 4.1 Categoria de utilização dos fusíveis

| | | |
|-----------------------|---|---|
| Primeira letra | a | Fusível limitador de corrente, atuando somente na presença de curto-circuito |
| Minúscula | g | Fusível limitador de corrente, atuando na presença tanto de curto-circuito como de sobrecarga |

Segunda letra

Maiúscula

| | |
|----|--|
| G | Proteção de linha, uso geral |
| M | Proteção de circuitos motores |
| L | Proteção de linha |
| Tr | Proteção de transformadores |
| R | Proteção de semicondutores, ultrarrápidos |
| S | Proteção de semicondutores e linha (combinado) |

Por exemplo:

“aM” – Fusível para proteção de motores (atuação para curto)

“gL/gG” – Fusível para proteção de cabos e uso geral (atuação para sobrecarga e curto)

“aR” – Fusível para proteção de semicondutores (atuação para curto)

4.2.1 Principais tipos de fusíveis

Existem diversos tipos de dispositivos fusíveis no mercado; podem-se destacar três tipos bastante usuais nas instalações: fusíveis cilíndricos, D e NH.

Fusíveis cilíndricos (cartuchos)

São utilizados na proteção principalmente de máquinas e painéis, dispendo de modelos para as instalações em geral. Devidamente aplicados, podem ser instalados, sem riscos de toque acidental durante seu manuseio, em seccionadoras fusíveis padrão DIN. A Figura 4.1 mostra um exemplo de dispositivo fusível cilíndrico com algumas de suas especificações técnicas.



- Categoria de utilização: gG e aM
- Tensão nominal: 500 VCA
- Capacidade de interrupção nominal: 100 kA
- Categoria de utilização: manobra em vazio – IEC 60947-3
- Grau de proteção: IP 20

Fusível cilíndrico e base.

Figura 4.1

Os fusíveis cilíndricos possuem categorias de utilização gG e aM, com correntes nominais de 1 a 100 A. Disponíveis em três tamanhos diferentes e capazes de atuar em redes de tensão nominal até 500 VCA, apresentam alta capacidade de interrupção (100 kA) em um equipamento extremamente compacto. A Tabela 4.2 apresenta os valores de corrente nominal, comumente encontrados.

Tabela 4.2 Corrente nominal dos fusíveis cilíndricos e bases

| Fusíveis cilíndricos categoria de utilização gG/aM | Bases para fusíveis cilíndricos |
|--|---------------------------------|
|--|---------------------------------|

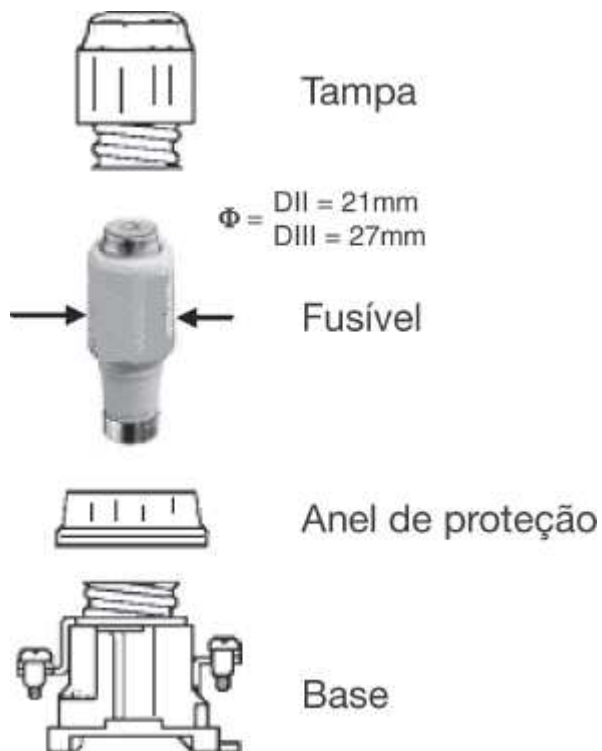
| Dim. (mm) | Corrente nominal (A) | Dim. (mm) | Corrente nominal (A) | Dim. (mm) | Corrente nominal (A) | Dim. (mm) | Corrente nominal (A) | Número de polos | Seção dos condutores (mm) |
|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------|---------------------------|
| 10 × 38 | 1 | 14 × 51 | 2 | 22 × 58 | 8 | 10 × 38 | 32 | 1 | 2,5 a 16 |
| | 2 | | 4 | | 10 | | | 2 | |
| | 4 | | 6 | | 12 | | | 3 | |
| | 6 | | 8 | | 16 | | | 3 + N | |
| | 8 | | 10 | | 20 | 14 × 51 | 50 | 1 | 2,5 a 25 |
| | 10 | | 12 | | 25 | | | 2 | |
| | 12 | | 16 | | 32 | | | 3 | |
| | 16 | | 20 | | 40 | | | 3 + N | |
| | 20 | | 25 | | 50 | 22 × 58 | 100 | 1 | 4 a 50 |
| | 25 | | 32 | | 63 | | | 2 | |
| | 32 | | 40 | | 80 | | | 3 | |
| | | | 50 | | 100 | | | 3 + N | |

Fusíveis D

Os fusíveis D são utilizados na proteção de curto-circuito em instalações elétricas; são bastante seguros, permitindo o seu manuseio, sem riscos de choque acidental. A Figura 4.2 mostra um fusível D com seus respectivos acessórios. O parafuso de ajuste, instalado entre a base e o fusível, impede a substituição do fusível por outro de valor superior de corrente.

Os fusíveis tipo D possuem categoria de utilização gL/gG, e são encontrados em três tamanhos (DI, DII e DIII). Atendem as correntes nominais de 2 a 100 A. A Tabela 4.3 apresenta os valores das correntes nominais dos fusíveis de tamanho DII e DIII, que normalmente possuem as seguintes capacidades de interrupção:

- até 20 A: 100 kA
- de 25 a 63 A: 50 kA/70 kA



Fusível D, base e acessórios.

Figura 4.2

Fusíveis NH

Os fusíveis NH (Figura 4.3) são aplicados na proteção de sobrecorrentes de curto-circuito em instalações elétricas industriais. Possuem categoria de utilização gL/gG, e são apresentados em seis tamanhos diferentes. Atendem correntes nominais de 6 a 1250 A. São fusíveis limitadores de corrente e possuem elevada capacidade de interrupção: 120 kA em até 690 VCA. A Figura 4.4 apresenta as curvas características de fusíveis NH de 4 A a 630 A.

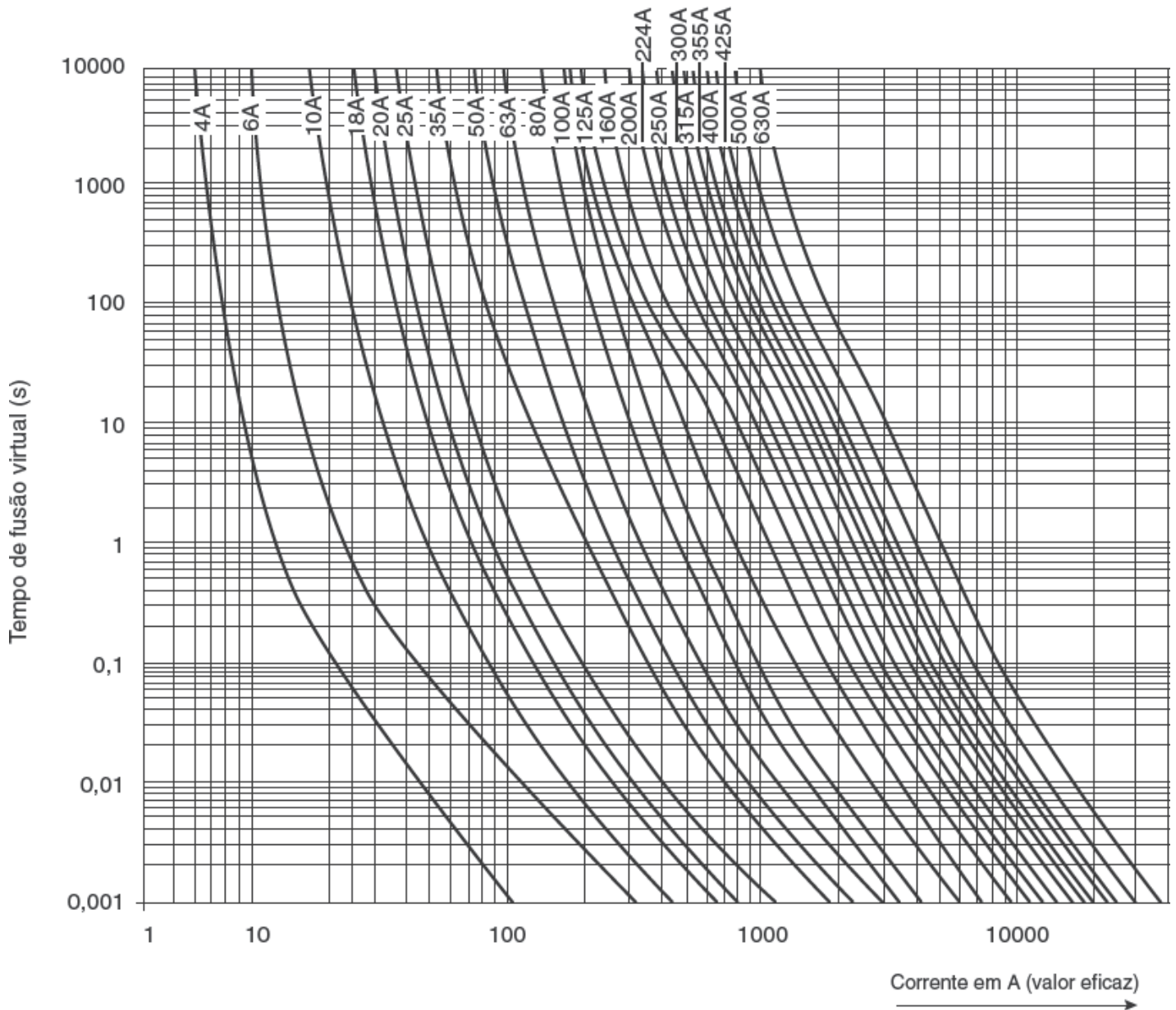
Tabela 4.3 Corrente nominal dos fusíveis D

| Tamanho | Corrente nominal (A) |
|---------|----------------------|
| DII | 2 |
| | 4 |
| | 6 |
| | 10 |
| | 16 |
| | 20 |
| DIII | 25 |
| | 35 |
| | 50 |
| | 63 |



Fusíveis NH, base e punho.

Figura 4.3



Curvas tempo × corrente — Fusíveis NH. (Cortesia da WEG.)

Figura 4.4

O uso de punho saca fusível (Figura 4.3) garante o manuseio seguro na montagem ou substituição dos fusíveis. Os fusíveis NH são encontrados numa ampla faixa de valores de energia de fusão e interrupção, facilitando a determinação da seletividade e coordenação de proteção. Atendem às normas IEC 60269 e NBR 11841.

4.3 Disjuntores em Caixa Moldada para Correntes Nominais de 5 a 100 A (Resumo do catálogo Unic da Pial-Legrand reproduzido com autorização)

Numa instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, deve-se garantir o bom funcionamento do sistema em quaisquer condições de operação, protegendo as pessoas, os equipamentos e a rede elétrica contra acidentes provocados por alteração de correntes (sobrecorrentes ou curto-circuito).

Os disjuntores termomagnéticos em caixa moldada (Unic) são construídos de modo a atender às exigências da norma NBR 5361:1998, através de um disparador térmico bimetálico de sobrecargas, ou de um disparador magnético de alta precisão. Pode ser instalado em quadros de distribuição através de garras ou trilhos.

4.4 Proteção Contra Corrente de Sobrecarga

Para o dimensionamento de dispositivo de proteção contra correntes de sobrecarga, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

- 1) $I_B \leq I_N$
- 2) $I_N \leq I_Z$
- 3) $I_2 \leq 1,45 I_Z$

em que:

I_B = corrente de projeto do circuito;

I_N = corrente nominal do dispositivo de proteção;

I_Z = capacidade de condução de corrente de condutores vivos, de acordo com o tipo de instalação (ver Tabela 3.6);

I_2 = corrente convencional de atuação dos dispositivos de proteção em função de I_N .

A Tabela 4.4 apresenta as características técnicas de disjuntores Legrand, e a Tabela 4.5 apresenta uma escolha prática de disjuntor Unic.

4.5 Proteção Contra Corrente de Curto-Circuito

Devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos dessa corrente possam tornar-se perigosos aos condutores e suas ligações.

Para tanto, as características dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos devem atender às seguintes condições:

- a) Sua capacidade de interrupção deve ser, no mínimo, igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação, ou seja:




$$I_{int} \geq I_{cc}$$

I_{int} = capacidade de interrupção do dispositivo de proteção;

I_{cc} = corrente de curto-circuito presumida no ponto de aplicação do dispositivo de proteção.

Um dispositivo com capacidade inferior é admitido, se outro dispositivo com capacidade de interrupção necessária for instalado a montante. Nesse caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que eles deixam passar não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas protegidas por esse dispositivo.

Tabela 4.4 Características técnicas de disjuntores Legrand

| Características técnicas |  DX-E 6 kA | | |  DX 6000 10 kA | | |  DX-H 10000 25 kA | | | |
|--|--|-------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|--------------------|---|--------------------|--------------------|---------|
| | 1P | 2P | 3P | 1P | 2P | 3P | 1P | 2P | 3P | |
| Nº de polos | 1P | 2P | 3P | 1P | 2P | 3P | 1P | 2P | 3P | |
| Corrente In (A) a 30 °C calibre | | 4-6-10- 16-20-32- 50-63 | | | 4-6-10- 16-20-25- 32-40-50-63 | | 80 | 80-100- 125 | 80-100- 125 | |
| Tipos de curvas | C | C | C | C | C | C | C | C | C | |
| Tensão nominal Um (V±) | 127/220 | 220/380 | 220/380 | 230/400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | |
| Frequência nominal | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | 50/60 Hz | |
| Tensão de utilização 50/60 Hz ±10% (V±) | 127/220 | 220/380 | 220/380 | 240/415 | 415 | 415 | 240/415 | 415 | 415 | |
| Capacidade de ruptura Icn (A) | 127/230 | 127/6 kA | 220/6 kA | 220/6 kA | 6000 | 6000 | 6000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| | 230/400 | 220/6 kA | 330/6 kA | 330/6 kA | 6000 | 6000 | 6000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Capacidade de ruptura Icu kA 50/60 Hz segundo NBR-IEC 60947-2 | 127/230-V± | 127/6 kA | 220/6 kA | 220/6 kA | 25 kA | 25 kA | 25 kA | 16 kA | 25 kA | 16 kA |
| | 230/400-V± | 220/6 kA | 330/6 kA | 330/6 kA | 10 kA | 10 kA | 10 kA | 12,5 kA | 16 kA | 12,5 kA |
| Capacidade de ruptura de serviço Ics (% Icu) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 75% | 75% | |
| Tensão isolamento Ui (V±) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | |
| Tensão resistência ao choque Uimp (kV) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | |
| Resistência (ciclo mecânica de manobras) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | |
| Resistência dielétrica (V) | 2000 | 2000 | 2000 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | |
| Temperatura de funcionamento | Faixa entre -5 e +40 °C | -5 e +40 °C | -5 e +40 °C | -25 °C e +70 °C | -25 °C e +70 °C | -25 °C e +70 °C | -25 °C e +70 °C | -25 °C e +70 °C | -25 °C e +70 °C | |

Fonte: Cortesia da Legrand.

Tabela 4.5 Determinação prática do disjuntor Unic na proteção dos condutores contra correntes de sobrecarga

- Condutores isolados e cabos unipolares e multipolares de cobre com isolamento de PVC
- Temperatura ambiente para os condutores — 30 °C
- Temperatura no local da instalação dos disjuntores — 40 °C

| Seção nominal dos condutores (mm ²) | Corrente nominal* máxima dos disjuntores Unic (A) | | | | |
|---|---|--|--|--|--|
| | 1 circuito com 2 condutores carregados | 1 circuito com 3 condutores carregados | 2 circuitos com 2 condutores carregados cada | 3 circuitos com 2 condutores carregados cada | 2 circuitos com 3 condutores carregados cada |
| 1,5 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 |
| 2,5 | 25 | 20 | 20 | 15 | 15 |
| 4 | 35/30** | 30 | 25 | 20 | 20 |

Linha tipo B (curva de atuação B)

| | | | | | |
|----|-----|---------|---------|-----|---------|
| 6 | 40 | 40/35** | 35 | 30 | 30 |
| 10 | 60 | 50 | 50/40** | 40 | 40 |
| 16 | 70 | 60 | 60 | 50 | 60/50** |
| 25 | 100 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 35 | 100 | 100 | 100 | 70 | 70 |
| 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Linha tipo C (curva de atuação C)

| | | | | | |
|-----|-----|---------|-----|---------|---------|
| 1,5 | 20 | 15 | 15 | 15/10** | 15 |
| 2,5 | 25 | 25 | 20 | 20/15** | 20 |
| 4 | 35 | 35/30** | 30 | 25 | 25 |
| 6 | 50 | 40 | 40 | 35 | 35 |
| 10 | 60 | 60 | 50 | 40 | 50/40** |
| 16 | 70 | 70 | 60 | 60 | 60 |
| 25 | 100 | 90 | 70 | 70 | 70 |
| 35 | 100 | 100 | 100 | 90 | 90 |
| 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

*Valores referidos a 20 °C para disjuntores de 10 A a 60 A e a 40 °C para disjuntores de 70 A a 100 A.

**O primeiro valor refere-se ao tipo unipolar e o segundo ao multipolar.

b) A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor, desde a temperatura máxima para o serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, indicado pela expressão seguinte:

$$\int_0 i^2 dt \leq K^2 S^2$$

em que:

$\int_0 i^2 dt$ = integral de Joule que o dispositivo deixa passar em ampères² × s;

$K^2 S^2$ = integral de Joule para aquecimento do condutor desde a temperatura máxima em serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, admitindo o aquecimento adiabático (sem troca de calor com o ambiente) como:

$K = 115$ para condutores de cobre com isolamento de PVC;

$K = 135$ para condutores de cobre com isolamento EPR e XLPE;

$K = 74$ para condutores de alumínio com isolamento em PVC;

$S = 87$ para condutores de alumínio com isolamento EPR ou XLPE;

S = seção em mm².

Para curtos-circuitos de qualquer duração, em que a assimetria da corrente não seja significativa, e para curtos-circuitos assimétricos de duração $0,1s < t < 5s$, podese escrever:

$$I^2 \times t < K^2 S^2$$

I = corrente de curto-circuito presumida, em A;

t = duração do curto-circuito em segundos.

A corrente nominal do dispositivo de proteção contra curtos-circuitos pode ser superior à capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito.

4.5.1 Coordenação entre a proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos

- **Proteções garantidas pelo mesmo dispositivo**

Se um dos dispositivos de proteção escolhido contra sobrecarga possuir capacidade de interrupção pelo menos igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação, o mesmo pode ser considerado também como proteção contra curtos-circuitos para a linha a jusante desse ponto.

- **Proteções garantidas por dispositivos distintos**

Aplicam-se as prescrições anteriores, respectivamente, para os dispositivos de proteção contra sobrecargas e para os dispositivos de proteção contra curtos-circuitos.

As características dos dispositivos devem ser coordenadas de tal maneira que a energia que o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos deixa passar, por ocasião de um curto, não seja superior à que pode suportar, sem danos, o dispositivo de proteção contra sobrecargas.

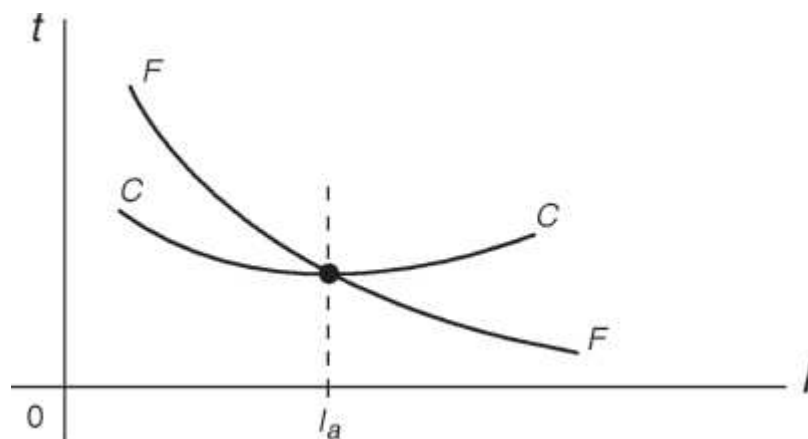
- **Limitação das sobrecorrentes através das características da alimentação**

São considerados protegidos contra toda sobrecorrente os condutores alimentados por uma fonte cuja impedância seja tal que a corrente máxima que ela pode fornecer não seja superior à capacidade de condução dos condutores (como é o caso de certos transformadores de solda e certos tipos de geradores termoelétricos).

4.5.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

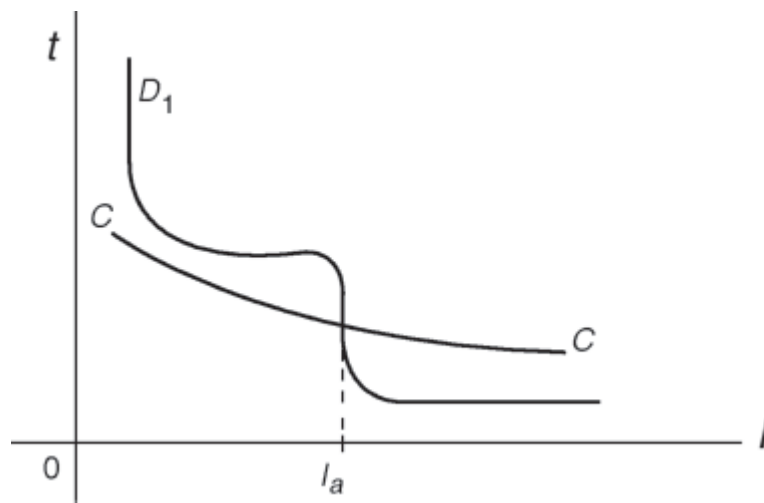
Para a aplicação das prescrições relativas aos curtos-circuitos de duração, no máximo, igual a 5 segundos, as condições seguintes devem ser respeitadas pelos dispositivos fusíveis e pelos disjuntores:

- a) dispositivos fusíveis: I_a (interseção das curvas C e F ; ver Figura 4.5) deve ser igual ou inferior à corrente de curto-circuito mínima presumida.
- b) disjuntores: Para os disjuntores, duas condições devem ser cumpridas: – I_a (interseção das curvas C e D_1 ; ver Figura 4.6) deve ser igual ou inferior à corrente de curto-circuito mínima presumida.



Valor mínimo para correntes de CC para circuitos protegidos por fusíveis.

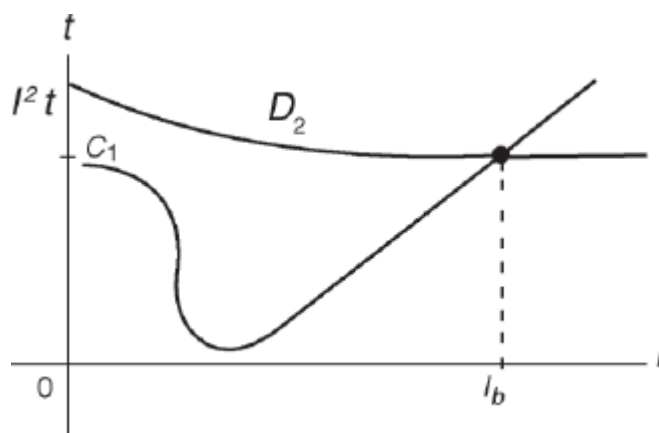
Figura 4.5



Valor mínimo da corrente de CC protegida por disjuntores.

Figura 4.6

– I_b (interseção das curvas C_1 e D_2 ; ver Figura 4.7) deve ser, no mínimo, igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do disjuntor.



Interseção da integral de Joule do condutor

Figura 4.7

Notas:

1. Quando as características de funcionamento (F na Figura 4.5 ou D_1 na Figura 4.6) do dispositivo de proteção encontrarem-se abaixo da curva C dos condutores para todos os tempos inferiores a 5 segundos, a corrente I_a é considerada igual à corrente de atuação do dispositivo de proteção em 5 segundos.
2. Para correntes de curto-circuito cuja duração seja superior a vários períodos, a integral de Joule I^2t do dispositivo de proteção pode ser calculada, multiplicando-se o quadrado do valor eficaz da corrente da característica de funcionamento $I(t)$ do dispositivo de proteção, pelo tempo de atuação t . Para correntes de curto-circuito de duração menor, devem-se fazer referências às características I^2t fornecidas pelo fabricante.
3. A corrente de curto-circuito mínima presumida é geralmente considerada igual à corrente de curto-circuito de impedância desprezível, ocorrendo no ponto mais distante da linha protegida.

4.5.3 Correntes de curtos-circuitos presumidas

Devem ser determinadas em todos os pontos de instalação julgados necessários. Essa determinação pode ser feita por cálculo ou medida.

As Equações 1 e 2 permitem a determinação simplificada das correntes de cortocircuito presumidas:

Para 220/127 V:

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{k_o}^2} + \frac{57 \times \cos \phi_{k_o} \times \ell}{I_{k_o} \times S} + \frac{5\ell^2}{S^2}}} \quad (1)$$

Para 380/220 V:

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{484}{I_{k_o}^2} + \frac{100 \times \cos \phi_{k_o} \times \ell}{I_{k_o} \times S} + \frac{5\ell^2}{S^2}}} \quad (2)$$

em que:

I_k = corrente de curto-circuito presumida em kA (Tabela 4.7);

I_{k_o} = corrente de curto-circuito presumida a montante em kA;

$\cos \phi_{k_o}$ = fator de potência de curto-circuito aproximado, dado pela Tabela 4.6;

ℓ = comprimento do circuito (m);

S = seção dos condutores (mm²).

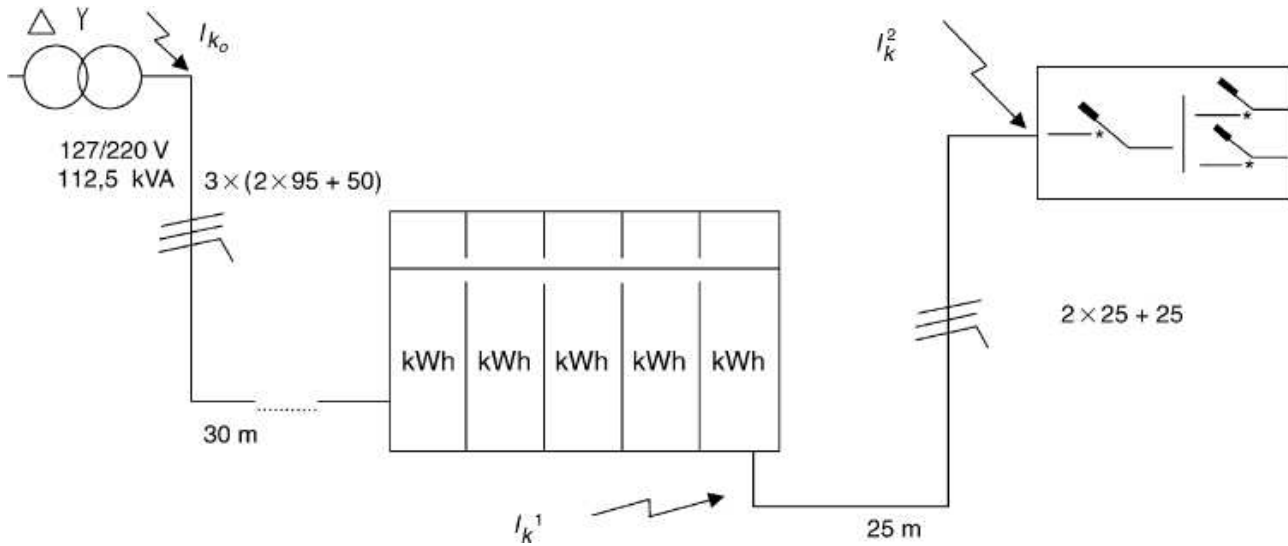
Observação: Dobrando o valor do comprimento ℓ , a expressão para sistemas de 380/220 V é aplicável a circuitos monofásicos de 220 V.

Tabela 4.6 Fator de potência aproximado

| K_o (kA) | 1,5 a 3 | 3,1 a 4,5 | 4,6 a 6 | 6,1 a 10 | 10,1 a 20 | Acima de 20 |
|-------------------|---------|-----------|---------|----------|-----------|-------------|
| $\cos \phi_{k_o}$ | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,25 |

Tabela 4.7 Correntes de curto-circuito presumidas no secundário de transformadores trifásicos

| Potência do transformador (kVA) | I_k (kA) | |
|---------------------------------|------------|-----------|
| | 127/220 V | 220/380 V |
| 15 | 1,12 | 0,65 |
| 30 | 2,25 | 1,30 |
| 45 | 3,37 | 1,95 |
| 75 | 5,62 | 3,25 |
| 112,5 | 8,44 | 4,88 |
| 150 | 11,25 | 6,51 |
| 225 | 13,12 | 7,59 |
| 300 | 17,50 | 10,12 |
| 500 | 26,24 | 15,19 |
| 750 | 39,36 | 22,78 |
| 1 000 | 52,49 | 30,37 |



a) Cálculo de I_k^1

$$I_k = 8,44 \text{ kA (Tabela 4.4)}$$

$$\cos \phi_k = 0,5 \text{ (Tabela 4.3)}$$

$$\ell = 30 \text{ m}$$

$$S = 2 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

$$I_k^1 = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{8,44^2} + \frac{57 \times 0,5 \times 30}{8,44 \times 190} + \frac{5 \times 30^2}{190^2}}} = 7,43 \text{ kA}$$

b) Cálculo de I_k^2

$$I_k^1 = 7,43 \text{ kA}$$

$$\cos \phi_k = 0,5$$

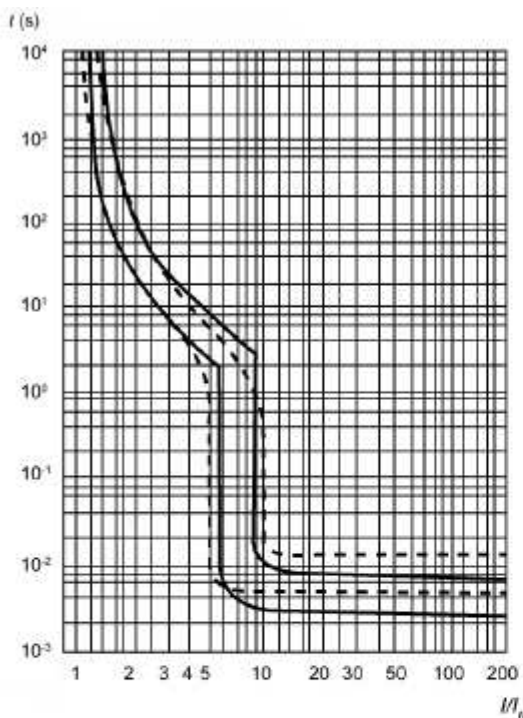
$$\ell = 2 \times 25 = 50 \text{ m (circuito monofásico)}$$

$$S = 25 \text{ mm}^2$$

$$I_k^2 = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{7,43^2} + \frac{57 \times 0,5 \times 50}{7,43 \times 25} + \frac{5 \times 50^2}{25^2}}} = 2,3 \text{ kA}$$

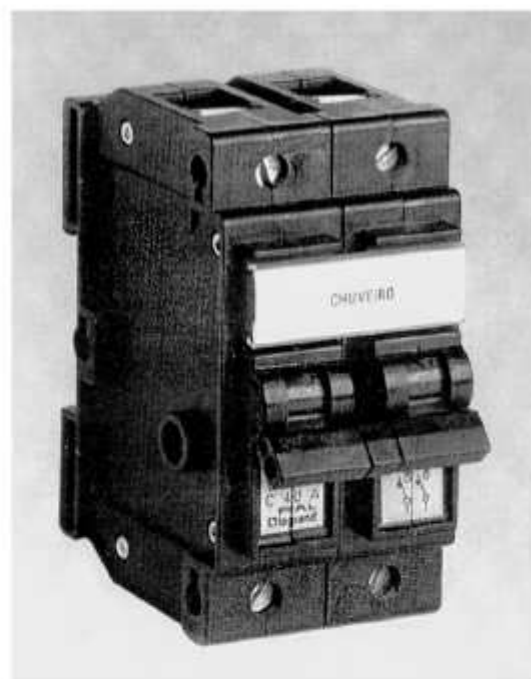
Observação: O I_k^1 passa a ser a corrente de curto-circuito a montante para o cálculo de I_k^2 .

Nas Figuras 4.8 e 4.9 e na Tabela 4.8 vemos as curvas de atuação dos disjuntores Unic e as características elétricas.



— Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de $\theta_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$
Disjuntores de 10 a 60 A

----- Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de $\theta = 40\text{ }^\circ\text{C}$
Disjuntores de 70 a 100 A
 I = corrente efetiva
 I_N = corrente nominal do disjuntor



Vista do disjuntor Unic de 10-60 A da Piel-Legrand

Curvas de atuação e disjuntor.

Figura 4.8

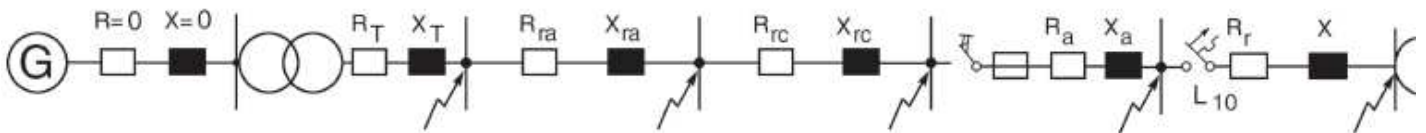
Tabela 4.8 Características elétricas e de atuação dos disjuntores Unic

| Norma de referência | | NBR 5361:1998 | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------|----|----|----|----|-----|----|-----------|----|-----|----|-----|
| Frequência | | 50/60 Hz | | | | | | | | | | | |
| Correntes nominais | Unipolares | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | | | |
| | Bipolares/Tripolares | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | 100 |
| Limiar de atuação | 10 a 60 A | | | | | | 5,5 | a | 8,3 I_N | | | | |
| | 70 a 100 A | | | | | | 5 | a | 10 I_N | | | | |
| Número de polos | | | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 |
| Capacidade de interrupção (kA) e tensão de funcionamento (V~) | 127 V | | | | | | 5,0 | | | | — | | |
| | ~ | | | | | | | | | | | | |
| | 220 V | | | | | | 3,0 | | | | 4,5 | | |
| | ~ | | | | | | | | | | | | |
| | 380 V | | | | | | — | | | | 4,5 | | |
| | ~ | | | | | | | | | | | | |

4.6 Coordenação e Seletividade da Proteção

Os dispositivos de proteção são especificados pelos fabricantes com determinada capacidade de ruptura, de acordo com a tensão de serviço. Essas capacidades de ruptura são ditadas pelas correntes de curto-circuito presumíveis, capazes de suportar sem sofrer avarias. Na Figura 4.9, vemos um exemplo levantado pela Siemens, num local afastado do interior de São Paulo, de distribuição em rede aérea. Foi escolhido um transformador de 45 kVA, e foram fixadas as distâncias médias. Nos pontos indicados pelas setas, foram calculadas as correntes de curto-circuito entre fase e neutro (127 V) e de fase-fase (220 V). Verificou-se que os cabos limitam bastante as correntes de curto-circuito e que nos pontos em que se situam os disjuntores as correntes de CC são baixas, não se justificando disjuntores de alta capacidade de ruptura. Constatou-se que em 127 V a corrente de curto num ponto a 20 m do disjuntor seria de 140 A e que o disjuntor L10 dispara com segurança, protegendo os condutores.

| Alta/média tensão | Transformador 45 kVA 127/220 V monofásico $V_k = 3\%$ $I_n = 118$ A | Rede aérea | Ramal do consumidor | Alimentador do quadro de luz | Ramal de carga |
|----------------------------|---|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Cabo/fio | | 70 mm ² (213 A) | 4 mm ² (35 A) | 4 mm ² (35 A) | 1,5 mm ² (17,5 A) |
| Comprimento | | 50 m | 15 m | 20 m | 20 m |
| Corrente de curto-circuito | | | | | |
| 127 V | $I_{kT} = 4,4$ kA | $I_{k_{ra}} = 2,1$ kA | $I_{k_{rc}} = 0,65$ kA | $I_{k_a} = 0,33$ kA | $I_{k_r} = 0,14$ kA |
| 220 V | $I_{kT} = 6,5$ kA | $I_{k_{ra}} = 3,5$ kA | $I_{k_{rc}} = 1,2$ kA | $I_{k_a} = 0,63$ kA | $I_{k_r} = 0,27$ kA |



Nota: Fatores não considerados no cálculo:

- impedância das linhas de transmissão de média e alta-tensão;
- resistência de chave e dispositivo de proteção;
- resistência das conexões.

Coordenação da proteção de um pequeno sistema elétrico.

Figura 4.9

Vamos agora, através de um exemplo, estudar como se processa o desligamento dos disjuntores do tipo 3VE da Siemens, em face de um curto-circuito (Figura 4.10). Trata-se de um quadro geral na subestação, alimentando os pavilhões 1 e 2. É desejável que, para um curto-circuito nos pontos *A* e *B*, atuem os disjuntores Diaquick (pavilhão 1) ou 3VE-62 (pavilhão 2) antes que operem os demais disjuntores que alimentam os quadros.

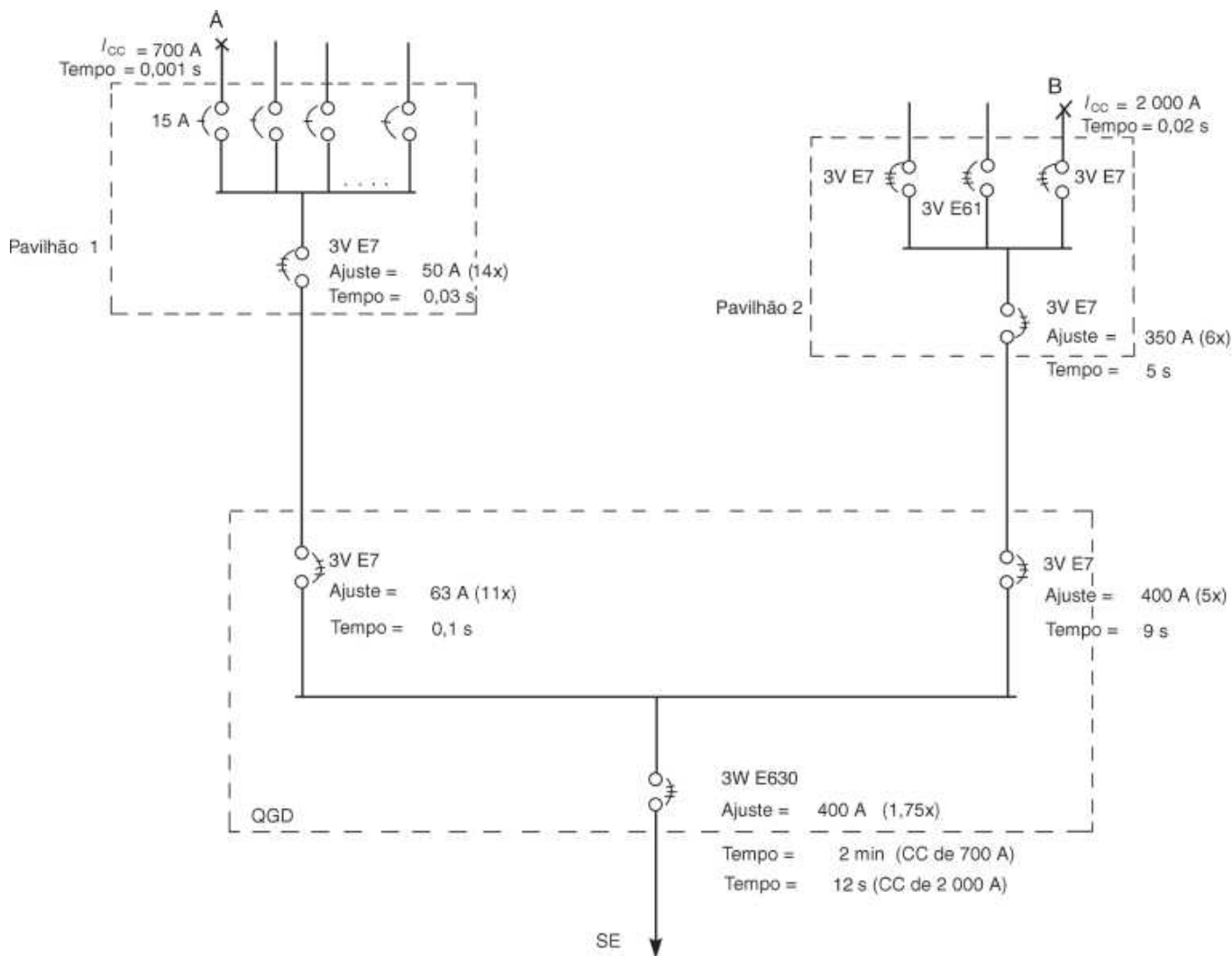
Suponhamos uma corrente de curto-circuito em *A*:

$$I_{cc} = 700 \text{ A}$$

O disjuntor de 15 A atuará em cerca de 0,001 s [Figura 4.10(a)]. Se houvesse falha nesse disjuntor, o 3VE-4, o disjuntor seguinte para esta corrente (14 vezes a ajustada), atuaria em 0,03 s [ver Figura 4.11(a)]. Se persistissem as falhas, o disjuntor 3VE-4 do QGD, ajustado para 63 A, ou seja, para 11 vezes a corrente ajustada, atuaria em 0,1 s.

O disjuntor geral do QGD do tipo 3WE, 630, ajustado para 400 A, para o curto de 700 A, ou seja, 1,75 vez a corrente ajustada, atuaria em 2 minutos [ver Figura 4.11 (b)].

Vamos supor agora o curto-circuito em *B* de 2 000 A. Raciocinando de maneira semelhante, os disjuntores atuariam em 0,02 s, 5 s, 9 s e 12 s, ficando assegurada a seletividade [ver Figuras 4.10 e 4.11(c)].



Seletividade da proteção.

Figura 4.10

Curva característica de disparo

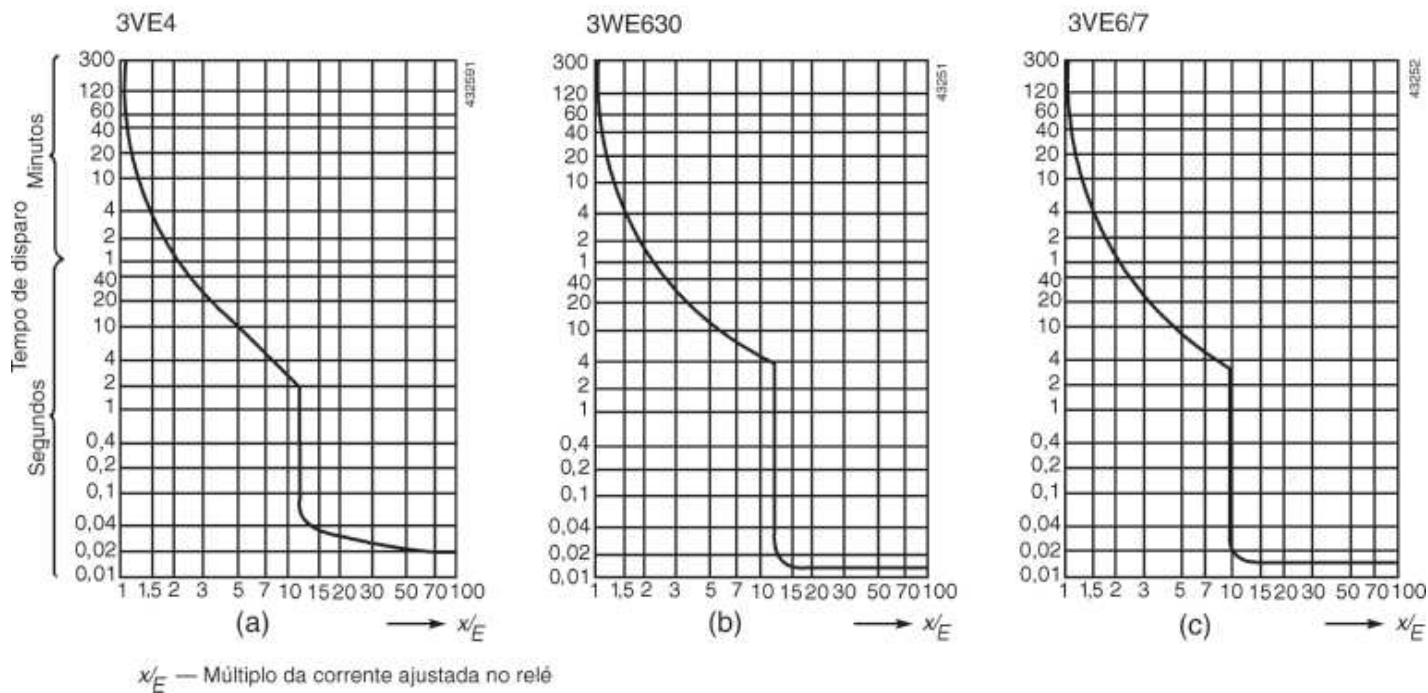


Figura 4.11

4.7 Os Dispositivos Diferencial-Residuais (DR)¹

Um dispositivo diferencial-residual (dispositivo DR) é constituído, em suas linhas essenciais, pelos seguintes elementos principais (Figura 4.12):

- contatos fixos e contatos móveis;
- transformador diferencial;
- disparador diferencial (relé polarizado).

Os contatos têm por função permitir a abertura e o fechamento do circuito, e são dimensionados de acordo com a corrente nominal (I_N) do dispositivo. Quando se trata de um disjuntor termomagnético diferencial, os contatos são dimensionados para poder interromper correntes de curto-circuito até o limite dado pela capacidade de interrupção de corrente nominal do dispositivo.

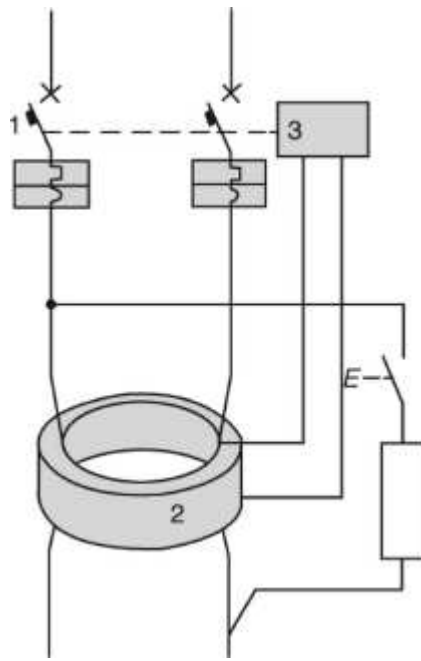
O transformador é constituído por um núcleo laminado, de material com alta permeabilidade, com tantas bobinas primárias quantos forem os polos do dispositivo (no caso do dispositivo da Figura 4.13, bipolar, duas bobinas) e uma bobina secundária destinada a detectar a corrente diferencial-residual. As bobinas primárias são iguais e enroladas de modo que, em condições normais, seja praticamente nulo o fluxo resultante no núcleo. A bobina secundária tem por função “sentir” um eventual fluxo resultante. O sinal na saída da bobina secundária é enviado a um relé polarizado que aciona o mecanismo de disparo para abertura dos contatos principais.

O disparador diferencial é um relé polarizado constituído por um ímã permanente, uma bobina ligada à bobina secundária do transformador e uma peça móvel fixada de um lado por uma mola e ligada mecanicamente aos contatos do dispositivo. Na condição de repouso, a peça móvel permanece na posição fechada, encostada no núcleo e tracionando a mola. A aplicação do relé polarizado por desmagnetização ou por saturação é generalizada nos dispositivos diferenciais BTicino, uma vez que com ele é suficiente uma pequena energia para acionar mecanismos de uma certa complexidade.

Em condições de funcionamento normal, o fluxo resultante no núcleo do transformador, produzido pelas correntes que percorrem os condutores de alimentação, é nulo, e na bobina secundária não é gerada nenhuma força eletromotriz. A parte móvel do disparador diferencial está em contato com o núcleo (Figura 4.13), tracionando a mola, atraída pelo campo do ímã permanente.

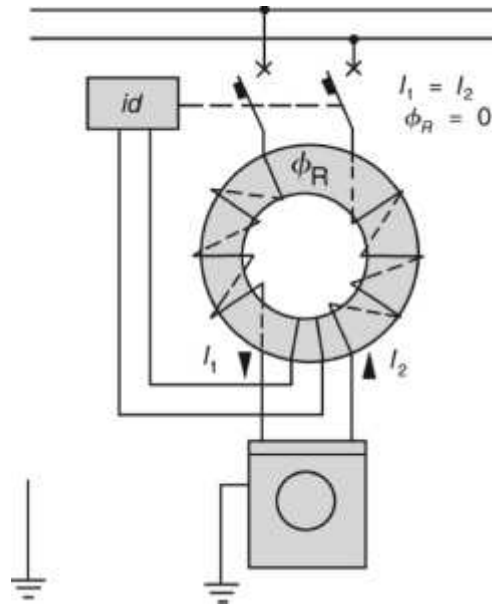
O funcionamento do DR se dará quando o fluxo resultante no núcleo do transformador for diferente de zero, isto é, quando existir uma corrente diferencial-residual, I_{DR} (Figura 4.14), será gerada uma força eletromotriz na bobina secundária, e uma corrente percorrerá a bobina do núcleo do disparador. Quando I_{DR} for igual ou superior a $I_{\Delta N}$ (corrente diferencial-residual nominal de atuação do dispositivo), o fluxo criado no núcleo do disparador pela corrente proveniente da bobina secundária do transformador provocará a desmagnetização do núcleo, abrindo o contato da parte móvel e, conseqüentemente, os contatos principais do dispositivo. Os dispositivos DR com $I_{\Delta N}$ superior a 30 mA (baixa sensibilidade) são destinados à proteção contra contatos indiretos e contra incêndio.

Os dispositivos com $I_{\Delta N}$ igual ou inferior a 30 mA (alta sensibilidade), além de proporcionarem proteção contra contatos indiretos, se constituem, como vimos, numa proteção complementar contra contatos diretos. Em condições normais, a soma das correntes que percorrem os condutores vivos do circuito (I_1 , I_2 , I_3 e I_N) é igual a zero, isto é, $I_{DR} = 0$, mesmo que haja desequilíbrio de correntes.



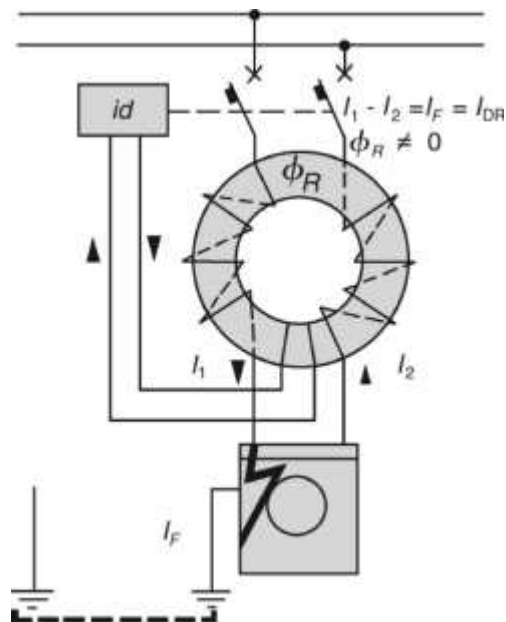
Esquema do disjuntor diferencial.

Figura 4.12



Ausência de falta para terra.

Figura 4.13



Condição de falta para terra.

Figura 4.14

4.7.1 Aplicação dos dispositivos DR (ver item 5.1.3.2 da NBR 5410:2004)

As instalações elétricas sempre apresentam correntes de fuga. O valor de tais correntes, que fluem para a terra, dependerá de diversos fatores, entre os quais a qualidade dos componentes e dos equipamentos de utilização empregados, a qualidade da mão de obra de execução da instalação, a idade da instalação, o tipo de prédios etc. Via de regra, as correntes de fuga variam desde uns poucos miliampères até alguns centésimos de ampère.

É evidente que, para poder instalar um dispositivo DR na proteção de um circuito ou de uma instalação (proteção geral), as respectivas correntes de fuga deverão ser inferiores ao limiar de atuação do dispositivo. Observe-se, por exemplo, que não se poderia nunca utilizar um dispositivo DR (pelo menos um de alta sensibilidade) numa instalação na qual exista um chuveiro elétrico metálico com resistência nua (não blindada).

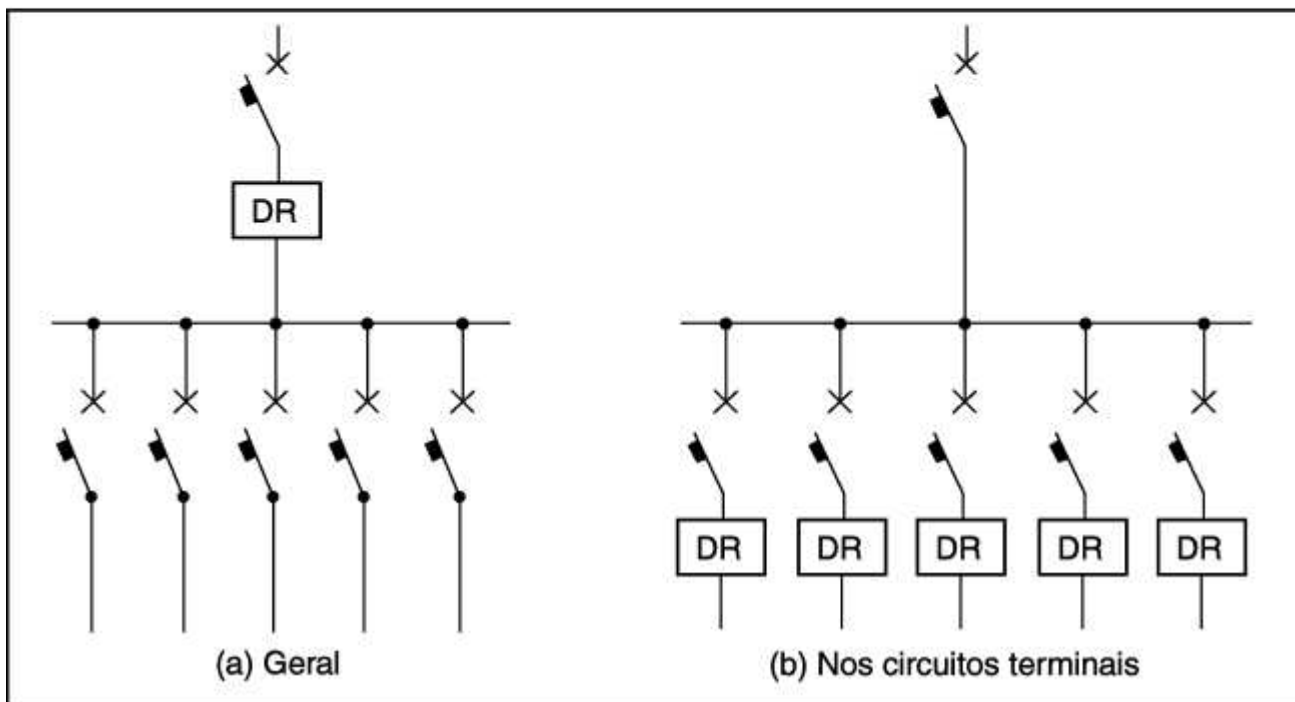
Nessas condições, antes de instalar um dispositivo DR, sobretudo em instalações mais antigas, é necessário efetuar uma medição preventiva destinada a verificar a existência, pelo menos, de correntes de fuga superiores a um certo limite. Se o resultado dessa prova for favorável, isto é, se não existirem correntes significativas fluindo para a terra, poder-se-á instalar um dispositivo DR como proteção geral contra contatos indiretos. Caso contrário, só poderão ser instalados dispositivos DR nas derivações da instalação (geralmente em circuitos terminais).

É importante observar que pequenas correntes de fuga aumentam a eficácia dos dispositivos DR. De fato, se considerarmos uma instalação protegida por um diferencial com $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$, cujo limiar de atuação seja de $0,025 \text{ A}$, e que apresente uma corrente de fuga permanente de $0,008 \text{ A}$, um incremento de corrente diferencial (provocado, por exemplo, por uma pessoa tocando numa parte viva, ou por uma falta fase-massa em um equipamento de utilização) de $0,017 \text{ A}$ será suficiente para determinar a atuação da proteção.

Para os esquemas TT, a NBR 5410 recomenda que, se a instalação for protegida por um único dispositivo DR, este deverá ser colocado na origem da instalação, como proteção geral contra contatos indiretos [Figura 4.15(a)], a menos que a parte da instalação compreendida entre a origem e o dispositivo não possua qualquer massa e satisfaça a medida de proteção pelo emprego de equipamentos classe II ou por aplicação de isolamento suplementar. Na prática, essa condição pode ser realizada se entre a origem (situada, por exemplo, na caixa de entrada da instalação) e o dispositivo DR único (instalado, por exemplo, no quadro de distribuição) existirem apenas condutores isolados contidos em eletrodutos isolantes ou cabos uni ou multipolares (contidos, ou não, em condutores isolantes). A opção de utilização de um único DR é o uso de vários dispositivos, um em cada derivação (geralmente nos circuitos terminais), como mostra a Figura 4.15(b).

Valores máximos da resistência de aterramento das massas (R_A) num esquema TT, em função da corrente diferencial-residual de atuação do dispositivo DR ($I_{\Delta N}$) e da tensão de contato limite (V_L).

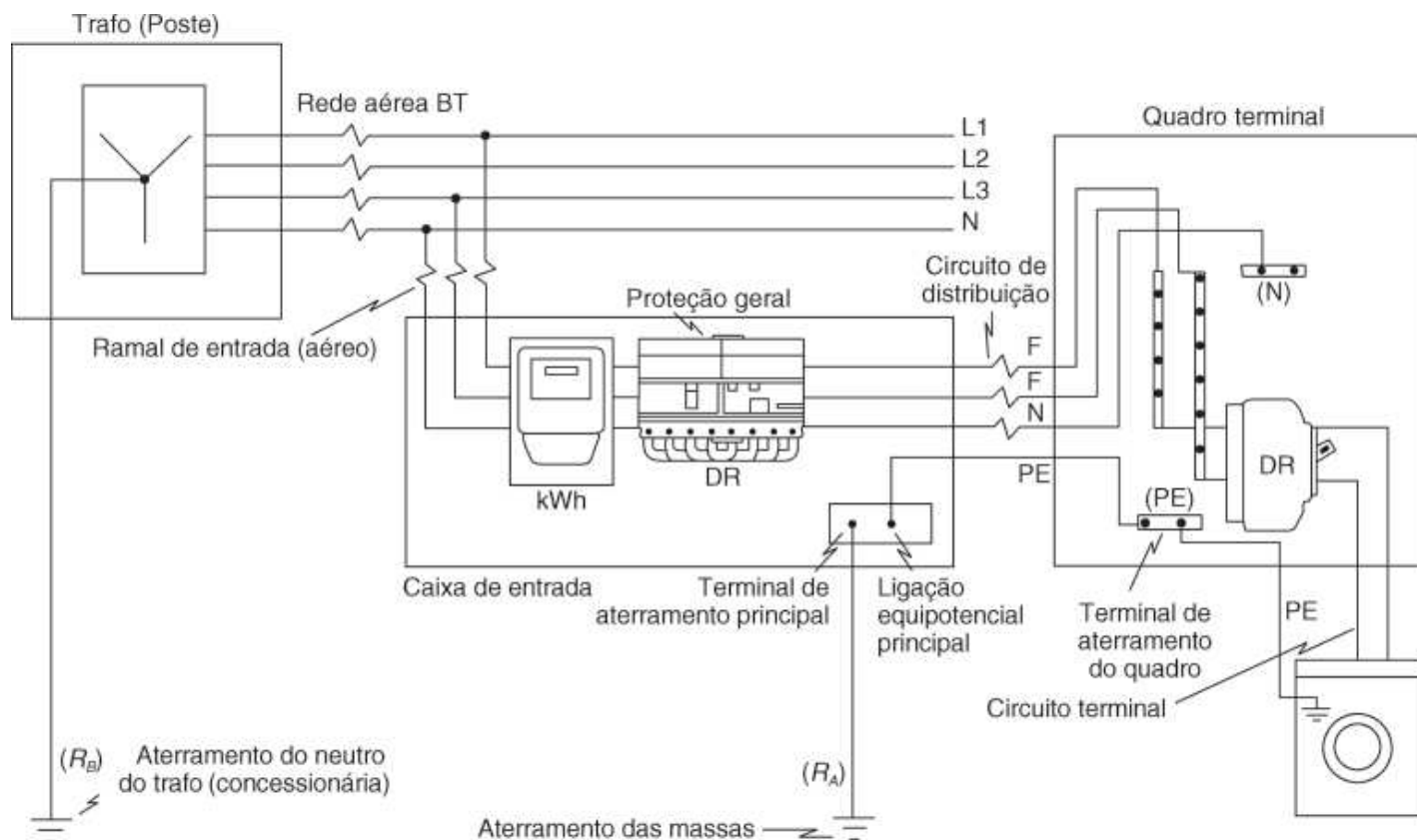
| $I_{\Delta N}$ (A) | Valor máximo de R_A (Ω) | |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| | Situação 1 ($V_L = 50$ V) | Situação 2 ($V_L = 25$ V) |
| 0,03 | 1 667 | 833 |
| 0,3 | 167 | 83,3 |
| 0,5 | 100 | 50 |



Uso dos dispositivos DR.

Figura 4.15

A Figura 4.16 mostra uma aplicação típica de um dispositivo DR num esquema TT. Um pequeno prédio (um único consumidor) é alimentado a partir de uma rede pública de baixa tensão, com duas fases e neutro. No quadro de entrada, além do medidor existe um disjuntor termomagnético diferencial, que constitui a proteção geral da instalação. O aterramento das massas é feito junto ao quadro, no qual se localiza o terminal de aterramento principal da instalação. Do quadro de entrada, parte o circuito de distribuição principal, com duas fases, neutro e condutor de proteção, que se dirige ao quadro de distribuição (terminal) da instalação, onde, eventualmente, poderão existir outros dispositivos DR (por exemplo, outros disjuntores termomagnéticos diferenciais), devidamente coordenados com o primeiro, para a proteção de certos circuitos terminais. A coordenação pode ser conseguida tendo-se para o dispositivo geral $I_{\Delta N} = 300$ mA e para os demais $I_{\Delta N} = 30$ mA.



Instalação alimentada por rede pública BT utilizando dispositivos DR.

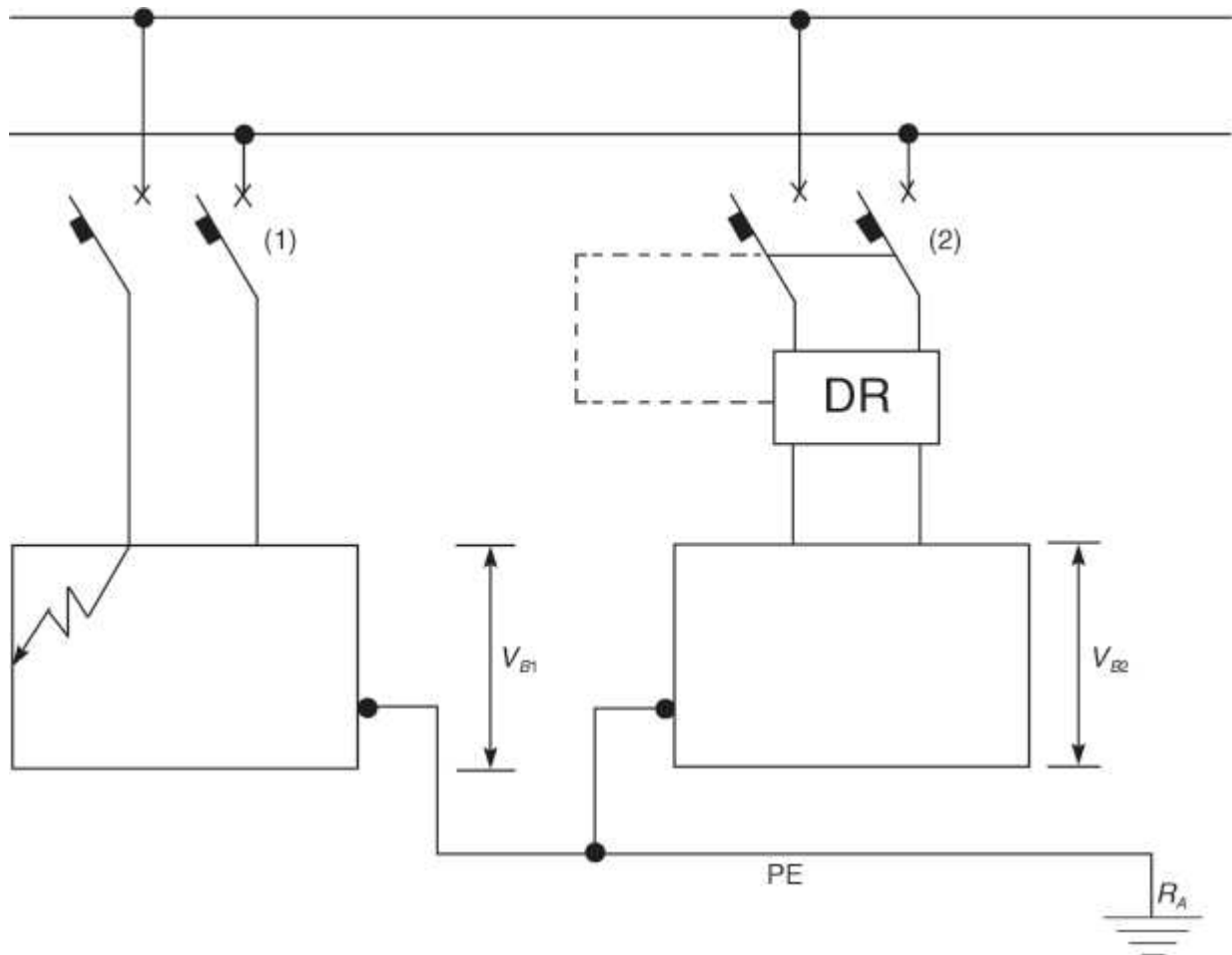
Figura 4.16

4.7.2 Observações complementares

Como foi visto, numa instalação com esquema TT, utilizando dispositivos DR na proteção contra contatos indiretos, é possível termos um aterramento de proteção com valor de resistência (de aterramento) bastante elevado.

No caso de uma única instalação protegida por um dispositivo DR geral, a determinação do valor máximo da resistência de aterramento das massas, R_A , é bastante simples. No entanto, se tivermos duas instalações distintas utilizando o mesmo aterramento de proteção, uma protegida por dispositivo a sobrecorrente e a outra por dispositivo DR, o valor da resistência de aterramento R_A deverá ser definido em função do dispositivo a sobrecorrente, isto é, a partir da corrente de atuação em 5 segundos do dispositivo. Caso contrário, uma eventual falta fase-massa na instalação protegida pelo dispositivo a sobrecorrente poderá dar origem a tensões de contato perigosas não interrompidas em tempo hábil na própria instalação. Mais ainda, graças ao condutor de proteção (principal) comum, poderão ocorrer tensões de contato perigosas também na outra instalação, sem provocar a atuação do dispositivo diferencial que a protege. É o que passamos a explicar.

A Figura 4.17 mostra duas instalações, (1) e (2), representadas por equipamentos de utilização, uma protegida por um disjuntor termomagnético e outra por um disjuntor termomagnético diferencial, com um aterramento de proteção comum cujo R_A foi escolhido em função do dispositivo diferencial. Ocorrendo uma falta fase-massa em (1), aparecerá uma tensão de contato $V_{B,1}$, provavelmente superior à tensão de contato limite, que não será eliminada em tempo hábil. O condutor de proteção comum colocaria as massas da instalação (2) sob tensão de contato $V_{B,2}$, e o disjuntor DR não atuaria, uma vez que a corrente de falta para terra não passaria por ele.

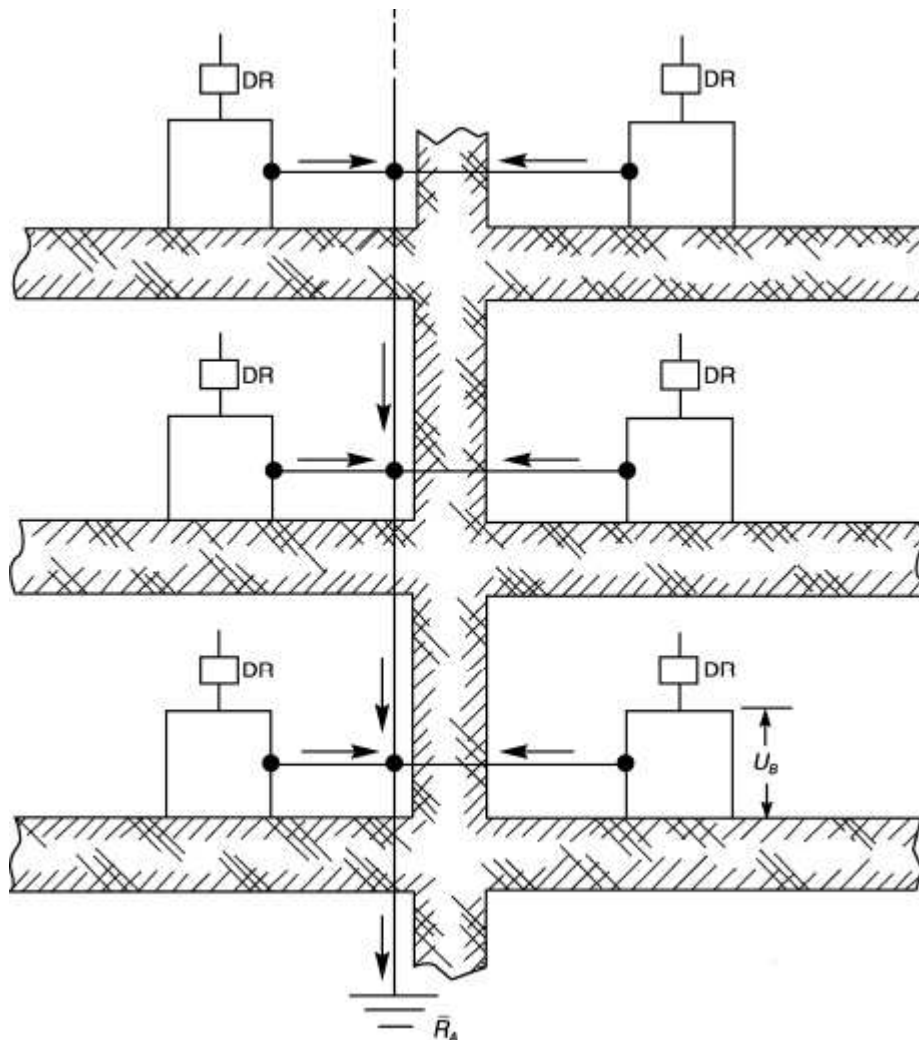


Proteção termomagnética e DR.

Figura 4.17

Consideremos agora o caso de um prédio com vários consumidores (ou seja, com várias instalações), utilizando o esquema TT e com um aterramento de proteção comum, cada um com sua proteção diferencial geral (Figura 4.18). Como sabemos, cada instalação terá sua corrente de fuga “natural”, da ordem de alguns miliampères. Normalmente, tais correntes não provocam a atuação dos respectivos DRs e, portanto, fluem pelo condutor de proteção comum, podendo provocar o aparecimento de tensões de contato perigosas (sem a necessária atuação do DR), o que se torna mais provável quando há muitos consumidores. Nessa situação a resistência R_A deveria ser coordenada com a soma das correntes de fuga. No entanto, sendo esse valor de difícil determinação, o mais prático é realizar um aterramento (comum) com uma resistência inferior a 100Ω .

Num prédio residencial ou comercial existem, como sabemos, várias instalações a considerar, uma por unidade de consumo. Assim, temos uma instalação para cada apartamento, loja ou conjunto comercial (salas) e geralmente uma para a chamada “administração” do prédio, englobando todas as áreas comuns. Os medidores e as proteções gerais das diversas instalações, e portanto as respectivas origens, estão agrupados em um ou mais centros de medição, sendo o caso mais comum, para prédios verticais, o de um único centro de medição no pavimento térreo ou no subsolo do prédio. Cada instalação deverá possuir proteção diferencial própria, observando-se que:



Uso de DR para vários consumidores.

Figura 4.18

- para a administração, geralmente é mais prático utilizar vários DRs, um por setor (iluminação dos *halls* e escadas, apartamento do zelador, garagem etc.);
- para os apartamentos, lojas ou conjuntos comerciais, os DRs podem ser localizados nas respectivas origens ou nos quadros de distribuição de cada unidade, um por circuito terminal ou um para cada grupo de circuitos terminais (iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico para aparelhos fixos). O disjuntor DR que, como sabemos, protege também contra sobrecorrentes é o dispositivo ideal para todas essas aplicações.

4.7.3 Condições gerais da instalação dos dispositivos DR

Os dispositivos DR devem garantir o seccionamento de todos os condutores vivos do circuito. No esquema TN-S, o condutor neutro pode não ser seccionado se as condições de alimentação forem tais que possamos considerá-lo como estando seguramente no potencial de terra.

O circuito magnético dos dispositivos DR deve envolver todos os condutores vivos do circuito, inclusive o neutro; por outro lado, o condutor de proteção correspondente deve passar exteriormente ao circuito magnético.

Os dispositivos DR devem ser selecionados de tal forma que as correntes de fuga à terra suscetíveis de circular durante o funcionamento normal das cargas alimentadas não possam provocar atuação desnecessária do dispositivo.

Nota: Os dispositivos DR podem operar para qualquer valor da corrente diferencial-residual superior a 50% da corrente de disparo normal.

Quando equipamentos elétricos suscetíveis de produzir corrente contínua forem instalados a jusante de um dispositivo DR, devem ser tomadas precauções para que em caso de falta à terra as correntes contínuas não perturbem o funcionamento do dispositivo DR nem comprometam a segurança.

O uso dos dispositivos DR associados a circuitos desprovidos de condutores de proteção não é considerado como uma medida de proteção suficiente contra contatos indiretos, mesmo se sua corrente diferencial-residual de atuação for inferior a

30 mA.

Quando houver risco de que o condutor de proteção seja interrompido ou quando as condições de utilização dos equipamentos elétricos forem severas (por exemplo, quando a boa isolamento dos equipamentos pode ser anulada ou prejudicada pela presença da umidade), recomenda-se o uso dos dispositivos DR de alta sensibilidade ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA).

Qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser utilizados dispositivos diferencial-residual (DR) de alta sensibilidade ($I_{\Delta n} < 30$ mA) para proteção complementar contra contatos diretos nas seguintes situações:

- circuitos que sirvam pontos em locais providos de banheira ou chuveiros;
- circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam alimentar equipamentos no exterior;
- circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, garagens, áreas de serviço e qualquer outro ambiente sujeito a lavagem.

Podem ser excluídos da obrigatoriedade do uso de dispositivos DR, nas áreas aqui classificadas, os circuitos que alimentam luminárias localizadas a mais de 2,5 m de altura e as tomadas não diretamente acessíveis, destinadas a alimentar refrigeradores e congeladores.

4.7.4 Seleção dos equipamentos DR de acordo com o seu modo de funcionamento

Os dispositivos DR podem ser do tipo com ou sem fonte auxiliar, que pode ser a própria rede de alimentação.

O uso de dispositivos DR com fonte auxiliar que não atuem automaticamente em caso de falha de fonte auxiliar é admitido, somente se uma das duas condições seguintes for satisfeita: (a) a proteção contra contatos indiretos for assegurada por outros meios no caso de falha da fonte auxiliar; (b) os dispositivos forem instalados em instalações operadas, testadas e mantidas por pessoas advertidas ou qualificadas.

Esquema TN: Se para certos equipamentos ou para certas partes da instalação, uma ou mais condições enunciadas (Item 5.1.2.2.4.2 da NBR 5410) não puderem ser respeitadas, estas partes podem ser protegidas por um dispositivo DR, o mesmo ocorrendo com os circuitos terminais. Neste caso, as massas não precisam ser ligadas ao condutor de proteção do esquema TN, desde que sejam ligadas a um eletrodo de aterramento com resistência compatível com a corrente de atuação do dispositivo DR.

Esquema TT: Se uma instalação for protegida por um único dispositivo DR, este deve ser colocado na origem da instalação, a menos que a parte da instalação compreendida entre a origem e o dispositivo não possua qualquer massa e satisfaça a medida de proteção pelo emprego de equipamentos classe II ou pela aplicação de isolamento suplementar.

Esquema IT: Quando a proteção for assegurada por um dispositivo DR e o seccionamento à primeira falta não for cogitado, a corrente diferencial-residual de não atuação do dispositivo deve ser, no mínimo, igual à corrente que circula quando uma primeira falta franca à terra afete um condutor-fase.

4.8 Dispositivos de Proteção Contra Sobretensões Transitórias (DPS)

Os dispositivos de proteção (DPS) devem ser instalados na origem da instalação (painel geral de baixa tensão) e devem ser do tipo não curto-circuitante, constituídos por para-raios de resistência não linear ou por para-raios de expulsão, instalados entre cada fase e a barra BEP.

Os dispositivos de proteção primária devem possuir corrente nominal igual ou superior a 10 kA (20 kA em áreas críticas, com elevada exposição a raios) com máxima tensão residual de 700 V (valor de pico). São as seguintes as tensões nominais:

- $V_n > 175$ V – para tensões fase-terra < 127 V; e
- $V_n > 280$ V – para tensões fase-terra < 220 V.

A NBR 5410:2004 indica as condições e obrigatoriedade de uso do DPS em seu Item 5.4.2.

4.8.1 Nível de proteção efetivo

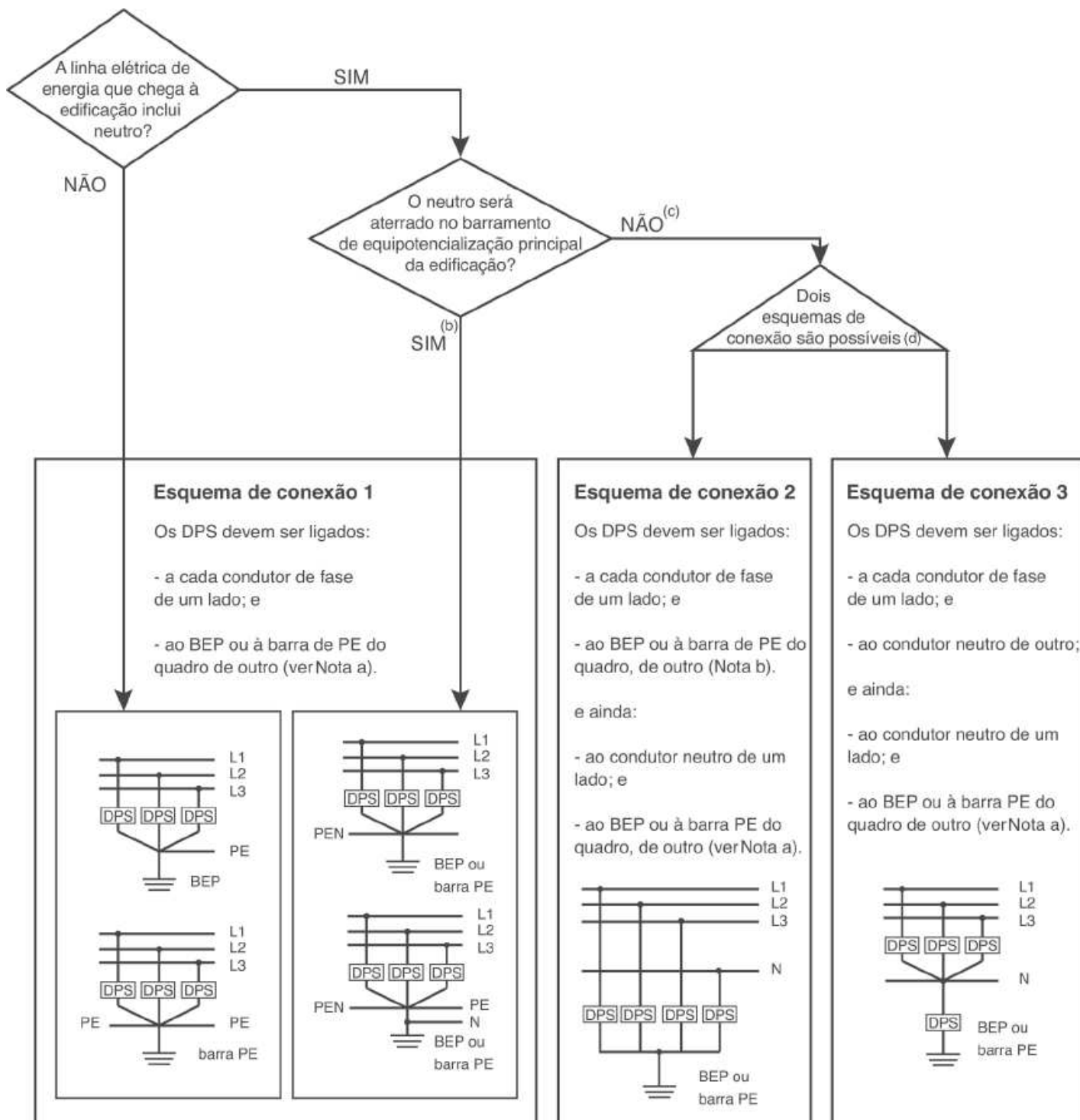
- a)** Quando o limitador de sobretensões for ligado entre o neutro da instalação e a terra, o nível de proteção efetivo assegurado pelo limitador será igual à soma da tensão nominal de descarga 100% à frequência industrial do limitador com a tensão fase e neutro da instalação.
- b)** Quando o limitador de sobretensões for ligado entre uma fase da instalação de baixa tensão e a terra, o nível de proteção assegurado pelo limitador será igual à soma da tensão nominal de descarga 100% à frequência industrial do limitador com a tensão entre fases da instalação.

4.8.2 Instalação dos limitadores de sobretensão

O terminal de entrada dos limitadores de sobretensão deve ser ligado a um condutor vivo da instalação no ponto desejado, sempre a montante dos dispositivos de seccionamento. A Figura 4.19 mostra os esquemas de conexão do DPS, e a Tabela 4.9 indica os dados técnicos do DPS.

Notas referentes à Figura 4.16:

- a)** A ligação ao BEP ou à barra PE depende de onde, exatamente, os DPS serão instalados e de como o BEP é implementado na prática. Assim, a ligação será no BEP quando:
- o BEP se situar a montante do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como deve ser nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados juntos do BEP e não no quadro; ou
 - os DPS forem instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP. Por consequência, a ligação será na barra PE propriamente dita quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.
- b)** A hipótese configura um esquema que entra TN-C e que prossegue instalação adentro TN-C ou que entra TN-C e, em seguida, passa a TN-S. O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado no BEP direta ou indiretamente. A passagem do esquema TN-C a TN-S, com a separação do condutor PEN, seria feita no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).
- c)** A hipótese configura três possibilidades de esquema de aterramento: TT (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em esquema TN-S.
- d)** Há situações em que um dos dois esquemas se torna obrigatório, como a do caso relacionado na alínea b de 6.3.5.2.6 (NBR 5410:2004). BEP — Barramento de Equipotencialização



Esquemas de conexão do DPS no ponto de entrada da linha de energia ou quadro de distribuição principal da edificação (NBR 5410:2004).

Figura 4.19

Tabela 4.9 Dispositivo protetor de surto



| Emb. | Ref. | Dispositivo protetor de surto | | | |
|------|------|-------------------------------|--|--|--|
|------|------|-------------------------------|--|--|--|

DPS UNIC é um dispositivo destinado a limitar e descarregar para a terra as sobretensões transitórias de origem atmosférica. O DPS UNIC é desenvolvido para proteger as instalações elétricas de baixa tensão conforme as normas vigentes. Frequência 50/60 Hz.

Unipolares 275 V

Embalagem blister (gancheira)

| | | $I_{m\acute{a}x}$ (kA) Corrente máx. de descarga, onda 8/20 Hz | I_n (kA) Corrente nominal de descarga, 8/20 Hz | U_p (kV) Nível de proteção por corrente nominal | I_{imp} (kA) Corrente máx. de impulso |
|---|--------|--|--|---|--|
| 1 | 610001 | 20 | 10 | 1,1 | – |
| 1 | 610003 | 45 | 20 | 1,5 | – |
| 1 | 610011 | 60 | 30 | 1,5 | 12,5 |
| 1 | 610012 | 12 | 5 | 1,0 | – |

Embalagem boxe (balcão)

| | | | | | |
|---|--------|----|----|-----|------|
| 1 | 610005 | 20 | 10 | 1,1 | – |
| 1 | 610007 | 45 | 20 | 1,5 | – |
| 1 | 610009 | 12 | 5 | 1,0 | – |
| 1 | 610010 | 60 | 30 | 1,5 | 12,5 |

4.8.3 Ligação à terra

O terminal de terra dos limitadores de sobretensão deve ser ligado de uma das maneiras citadas a seguir: (a) a um conjunto interligado, compreendendo todas as massas de instalação e todos os elementos condutores estranhos à instalação dos locais servidos por essa instalação; (b) a um eletrodo de aterramento independente, que apresente uma resistência no máximo igual ao quociente do nível de isolamento mínimo da instalação, diminuindo a tensão entre fases e neutro, conforme o modo de ligação do limitador, pela corrente máxima de falta para a terra da instalação de tensão mais elevada.

4.8.4 Condutores de ligação do limitador

O condutor que liga o limitador de sobretensões a um condutor vivo ou ao eletrodo de aterramento deve ser capaz de suportar as correntes suscetíveis de atravessar o limitador.

Quando vários condutores de saída de limitadores forem ligados em conjunto através de um único condutor ao eletrodo de aterramento, este condutor deverá ser capaz de suportar a soma das correntes suscetíveis de atravessar cada limitador. A seção desses condutores deve ser determinada conforme as prescrições para os condutores de proteção. O condutor que liga o terminal de entrada do limitador de sobretensões aos condutores vivos deve ser isolado da mesma forma que estes.

4.8.5 Coordenação com para-raios

Se a instalação for equipada com para-raios para escoamento de sobretensões de origem atmosférica, esses para-raios não poderão atuar antes dos limitadores de sobretensões, ou seja, a tensão disruptiva à frequência industrial dos para-raios deve ser superior ao nível de proteção efetivo assegurado pelo limitador de sobretensões.

4.8.6 Dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão

Na seleção dos dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão, devem ser satisfeitas as prescrições 5.5 da NBR 5410:2004.

Os dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão poderão ser temporizados, se o funcionamento do equipamento protegido puder admitir, sem inconvenientes, uma falta ou queda de tensão de curta duração.

Se forem usados contactores de abertura ou fechamento temporizados, estes não devem impedir o restabelecimento instantâneo de outros dispositivos de comando e proteção.

Quando o restabelecimento de um dispositivo de proteção for suscetível de criar uma situação de perigo, o restabelecimento não deverá ser automático.

4.8.7 Coordenação entre os dispositivos de proteção – seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

Quando dois ou mais dispositivos de proteção forem colocados em série e quando a segurança ou as necessidades de utilização o justificarem, suas características de funcionamento deverão ser escolhidas de forma a somente seccionar parte da instalação na qual ocorreu a falta.

A seletividade entre dispositivos de proteção deve ser obtida comparando suas características de funcionamento e verificando que, para qualquer corrente de falta, o tempo de atuação do dispositivo mais próximo da fonte seja superior ao do mais distante.

4.8.8 Associação entre dispositivos de proteção à corrente diferencial residual e dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

Quando um dispositivo DR for incorporado ou associado a um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, as características do conjunto de dispositivos (capacidade de interrupção, características de operação em relação à corrente nominal) deverão satisfazer as prescrições da “proteção contra correntes de sobrecarga” e “proteção contra correntes de curto-circuito”.

Quando um dispositivo não for incorporado nem associado a um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes: (a) a proteção contra sobrecorrentes deverá ser assegurada por dispositivos de proteção apropriados, conforme as prescrições da NBR 5410:2004; (b) o dispositivo DR deve poder suportar, sem danos, as solicitações térmicas e mecânicas a que for submetido em caso de curto-circuito a jusante do seu local de instalação.

O dispositivo DR não deve ser danificado nessas condições de curto-circuito, mesmo se ele vier a se abrir (em virtude de um desequilíbrio de corrente ou de um desvio de corrente para a terra).

Nota: As solicitações mencionadas dependem do valor da corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do dispositivo DR e das características de atuação do dispositivo que assegura a proteção contra curtos-circuitos.

4.8.9 Segurança humana em instalações de baixa tensão

A tensão de contato limite, tensão que uma pessoa pode suportar indefinidamente sem risco, é função da forma como este contato é estabelecido (umidade local e caminho percorrido no corpo humano), e das condições ambientes (tipo de local em que ocorre o contato e do piso). A norma NBR 5410:2008 identifica quatro níveis de risco a que uma pessoa pode ser submetida a um choque elétrico, associados às condições do contato, apresentado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 Situações de risco de choque classificadas pela NBR 5410

| Código | Resistência do corpo | Condições | Descrição | Tensões máximas |
|--------|----------------------|-----------|--|-----------------------|
| BB1 | Elevada | Seca | Pele seca | |
| BB2 | Normal | Úmida | Pele úmida de suor | 50 VCA e 120 VCC |
| BB3 | Fraca | Molhada | Despreza-se a resistência de contato dos pés | 25 VCA e 60 VCC |
| BB4 | Muito fraca | Imersa | Piscinas e banheiras | Tensão nominal < 12 V |

Resumo

- Prescrições gerais.
- Fusíveis; Disjuntores em caixa moldada.
- Proteção contra correntes de sobrecarga.
- Proteção contra corrente de curto-circuito.
- Coordenação e seletividade de proteção.
- Dispositivos diferencial-residual (DR); Princípio de funcionamento; Aplicações; Condições da instalação; Seleção de acordo com o modo de funcionamento.
- Dispositivos de proteção contra sobretensões transitórias, DPS.
- Segurança humana em baixa tensão.

Exercícios de Revisão

1. Qual o tempo necessário para que, num curto-circuito, seja atingida a temperatura limite pelos condutores? Dados: condutor PVC/70 de 95 mm^2 , corrente de curto-circuito presumível de 6 kA.
2. Um disjuntor 3VE-5, relé 80-100, está regulado para 85 A. Para um curto-circuito de 4,25 kA, em que tempo haverá o disparo? (Ver Figura 4.10.)

¹ Extraído, com autorização, do catálogo “Proteção das Pessoas contra Choques Elétricos”, da BTicino.