



**UFPR**

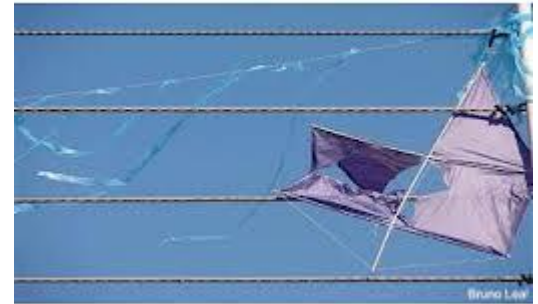


# TE 131

## Proteção de Sistemas Elétricos

Capítulo 8 – Proteção  
de Sistemas de  
Distribuição





# 1. Introdução

- As redes de distribuição são essencialmente radiais, o que exige a utilização intensa de dispositivos de proteção por sobrecorrente;
- A aplicação de tais sistemas requer o conhecimento de correntes de curtos-circuitos em vários segmentos da rede.

## 2. Principais Defeitos em Redes de Distribuição

- Abarroamentos (batidas de carro);
- Roubo de cabos;
- Galhos e quedas de árvores;
- Objetos jogados ou caídos das edificações;
- Pipas;
- Desmoronamentos;
- Etc.

### 3. Premissas para a Proteção dos Circuitos de Distribuição

- Utilizar chaves-fusíveis em trafos de distribuição;
- No início de ramais:
  - Fusíveis → indispensáveis;
  - Religadores e seccionadores → Alternativos.
- Para alimentadores longos, utilizar fusíveis, religadores e seccionador em pontos intermediários do mesmo;
- Para garantir continuidade a cargas importantes, instalar proteção a jusante da mesma;

- Utilizar religadores ou seccionadores para coordenar com proteção de consumidores protegidos por disjuntores;
- Limitar fusíveis em série nos alimentadores longos; usar seccionador;
- Não utilizar qualquer equipamento de proteção ao longo do alimentador tronco que permita manobra com outro alimentador:
  - Funcionamento inadequado do fusível;
  - Alimentação invertida em seccionadores;
  - Alimentação invertida em religadores e perda da seletividade

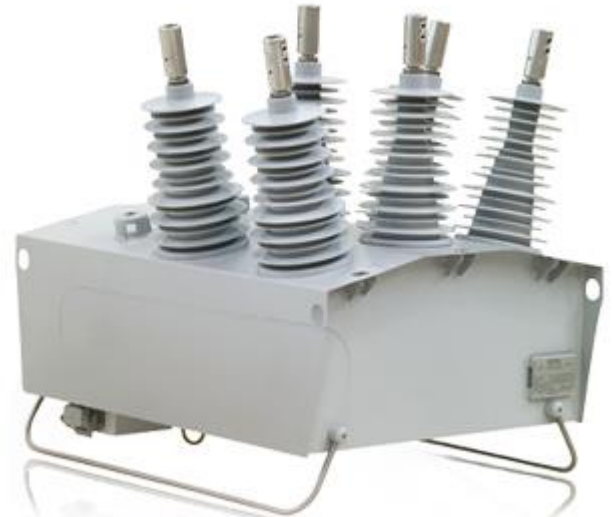
## 4. Tipos de esquemas de proteção

- Proteção instantânea (50/50N);
- Proteção temporizada (51/51N);
- Proteção de sobretenção (59);
- Proteção de subtensão (27);
- Relé de religamento (79)



## 5. Equipamentos de Proteção

- Chave fusível/elo fusível;
- Disjuntor/relé;
- Religador;
- Seccionador;
- Para-raios.



## 6. Proteção com Chave-Fusível/Elo Fusível

- São dispositivos de proteção muito comum para proteger ramais de linhas e equipamentos, como transformadores e capacitores.;
- Para a proteção de saídas de ramais são padronizadas para 100 A de capacidade nominal e os elos devem ter capacidade de interrupção superior a máxima corrente de curto-circuito no ponto de instalação, algo como 10 kA assimétrico.

- Para instalação das chaves fusíveis os seguintes cuidados devem ser observados:
  - Na rede rural deverá ser instalada num local de fácil acesso;
  - A quantidade de chaves-fusíveis em série não deverá ultrapassar a quatro, para não dificultar a coordenação;
  - Em ramais urbanos instalar chaves somente quando o número de transformadores for maior que 3 ou o ramal possuir mais de 300 m;
  - Na zona protegida pela unidade instantânea dos relés dos alimentadores deve-se evitar o uso de elos fusíveis.

- Protegendo transformadores:
  - Deve atuar para curto-circuitos secundários, para trafos pequenos algumas concessionárias adotam disjuntores termomagnéticos no secundário;
  - Devem atuar para defeitos internos;
  - Não devem atuar para sobrecargas;
  - Não deve atuar para correntes de *inrush*.

## ELOS FUSÍVEIS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO FUSE LINKS FOR DISTRIBUTION TRANSFORMERS

Potencia do Transformador ( kVA)	Sistema Trifásico a 3 fios / Three phase							
	2.3kV	3.8kV	6.6kV	11.4kV	13.2kV	22kV	25kV	34.5kV
3	1 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H
5	2 H	1 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H
10	3 H	2 H	1 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H	0.5 H
15	5 H	3 H	2 H	1 H	0.5 H*	0.5 H	0.5 H	0.5 H
25	6 K*	5 H	3 H	2 H	1 H	0.5 H*	0.5 H	0.5 H
30	8 K	5 H	3 H	2 H	2 H	1 H	1 H	0.5 H
37.5	10 K	6 K	3 H	2 H	2 H	1 H	1 H	1 H
45	12 K	8 K	5 H	2 H*	2 H	1 H*	1 H	1 H
50	12 K*	8 K	5 H	3 H	2 H	1 H*	1 H	1 H
75	20 K	12 K	6 K*	5 H	3 H*	2 H	2 H	1 H
100	25 K	15 K	10 K	5 H	5 H	3 H	2 H	2 H
112.5	30 K	20 K	10 K	6 K	5 H	3 H	3 H	2 H
150	40 K	25 K	15 K	8 K	6 K*	5 H	5 H	3 H
200	50 K	30 K	20 K	10 K	10 K	5 H	5 H	5 H
225	50 K*	40 K	20 K	12 K	10 K	6 K	5 H*	5 H
250	65 K	40 K	25 K	15 K	12 K	6 K*	6 K	5 H
300	80 K	50 K	30 K	15 K	15 K	8 K	8 K	5 H
400	100 K	65 K	40 K	20 K	20 K	10 K	10 K	8 K
500	100 K*	80 K	50 K	25 K	20 K	12 K	12 K	10 K
600	140 K*	100 K	65 K	30 K	25 K	15 K	15 K	12 K

## **Critérios para aplicação de chaves-fusíveis:**

- A capacidade de interrupção do porta-fusível deve ser maior do que a corrente de curto-circuito (simétrico e assimétrico) do ponto de instalação;
- A maior corrente nominal do elo-fusível deve ser maior do que a corrente de carga prevista para um horizonte superior a 5 anos;
- Prever cargas transferidas em manobras da rede;

$$I_{elo} > KF \cdot (I_{carga} \cdot 1,5)$$

Onde:

- $I_{elo}$  é a corrente nominal do elo fusível;
- KF é o fator de crescimento da carga dada por:

$$KF = \left(1 + \frac{\%}{100}\right)^n$$

- % é o fator de crescimento anual;
- n é o número de anos para o horizonte do estudo;
- $I_{carga}$  é a corrente de carga máxima atual passante no ponto de instalação, já levando-se em conta as manobras.



- Para coordenação de elos fusíveis:

$$T_{maxfd} \leq 0,75 \times T_{minfa}$$

$T_{maxfd}$  – Tempo máximo de atuação do fusível protegido;

$T_{minfa}$  - Tempo mínimo de atuação do fusível protetor.

- A corrente nominal do elo também deverá ser inferior à corrente de curto-circuito fase-terra mínima.

# 7. Proteção com Disjuntores

- Sempre associados à relés de sobrecorrente, sobre e subtensão;
- Instalados sempre e exclusivamente na saída de ramais de média tensão;
- Devem ser dimensionados para interromper as correntes simétricas e assimétricas máximas do local de instalação.

- Os relés devem ser ajustados seguindo-se alguns critérios conforme se segue:
  - O relé de fase deve ser ajustado para que o alimentador transporte a sua corrente de carga mais as possíveis correntes de manobra pré-estabelecidas (1,5 a 2 vezes );
  - O relé deve operar para a menor corrente de curto-circuito bifásico do trecho.

$$\frac{1,5 \cdot I_{carga}}{RTC} \leq I_{ajuste} \leq \frac{I_{cc,2\phi}}{RTC \cdot 1,1}$$

- A curva deve ser a mais baixa possível, desde que permita a coordenação;
- Unidade instantânea do relé de fase deverá ser ajustada de acordo a zona de atuação desejada. Não há regra específica.

$$8. I_N. \leq I_{inst.} \leq \frac{\% I_{cc,3\phi}}{RTC}$$

- Unidade temporizada do relé de terra:

$$\frac{0,1 \cdot I_{carga}}{RTC} \leq I_{ajuste} \leq \frac{I_{cc,\phi T}}{RTC}$$

- Unidade instantânea do relé de terra:

$$I_{TInst} < \frac{I_{cc, \phi T_{assim}}}{RTC}$$

## 8. Proteção com Religadores

- Os religadores automáticos são usados para a proteção da saída e trechos de alimentadores;
- Quando instalados nas saídas dos ramais, têm a mesma função dos disjuntores/relés;
- Os religadores devem ser dimensionados para suportarem a corrente nominal e para interromperem a corrente de curto-circuito máxima do seu ponto de instalação;
- Existem várias marcas e modelos e cada um deles possui ajustes diferentes.

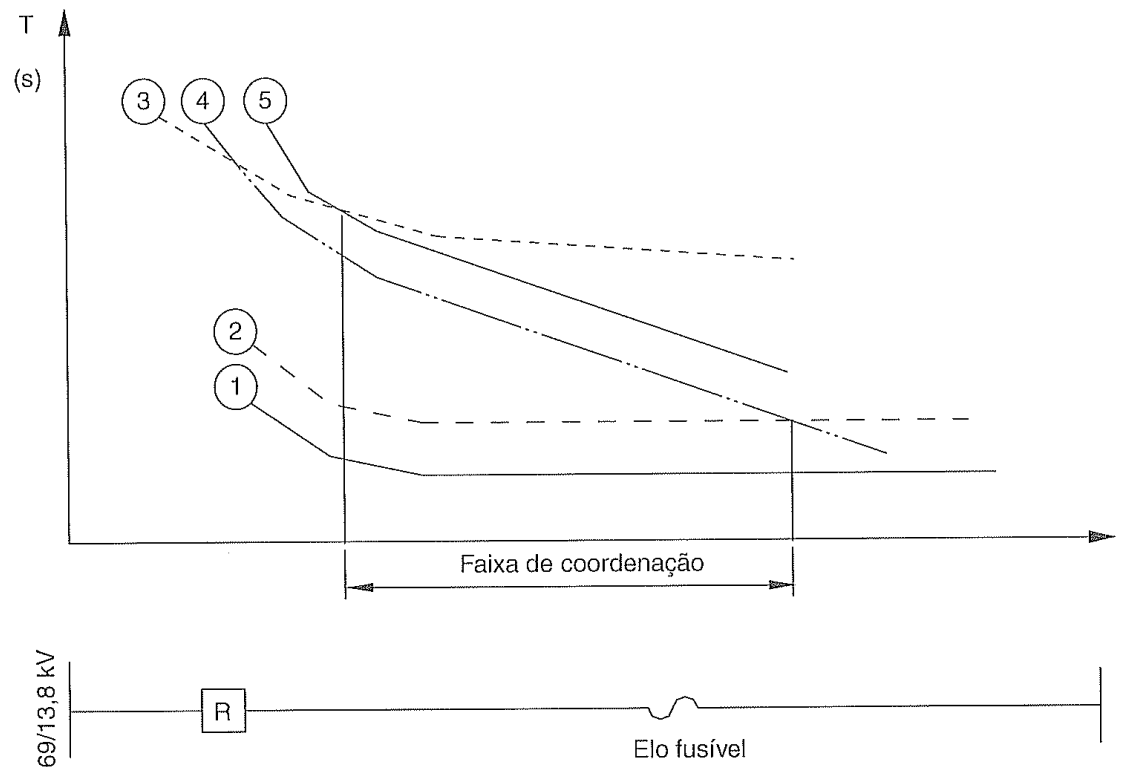
## Funcionamento:

- Religador percebe a sobrecorrente;
- Contatos são abertos durante um determinado tempo, após o qual se fecham automaticamente;
- Se a sobrecorrente persistir, a sequência de abertura e fechamento dos contatos é repetida até três vezes;
- Após a quarta abertura, os contatos ficam abertos e travados – Fora da Filosofia “fuse-saving”;

- Todos os religadores permitem até 4 desligamentos, podendo ter:
  - todas as operações temporizadas;
  - todas as operações rápidas; ou
  - uma combinação entre elas.
- Geralmente se escolhe uma sequência de operação com duas rápidas e duas temporizadas para minimizar a queima de fusíveis durante faltas transitórias.
- Ajuste da corrente de pick-up feito para valores superiores a 1,2 vezes a corrente nominal do trecho protegido, e inferior à corrente CC bifásica.



## • Coordenação entre Religador e Fusível – “Fuse Saving”



- 1 – Curva de operação rápida do religador
- 2 – Curva de operação rápida do religador corrigida pelo fator  $K$
- 3 – Curva de operação retardada do religador
- 4 – Curva de tempo mínimo de fusão do elo fusível
- 5 – Curva de tempo máximo de interrupção do elo fusível

## 9. Proteção com Seccionador

- É instalado após um outro equipamento de proteção automático e dentro da zona de proteção deste último;
- É capaz de interromper a corrente de carga, mas ele não tem capacidade para interromper a corrente de curto-circuito.

## Funcionamento do seccionador.

- Corrente de curto-circuito passa pelo seccionador que se prepara para contar;
- Se o circuito é aberto pelo equipamento de retaguarda, a ausência da corrente fará com que o contador de operação do seccionador atue;
- Após um tempo pré-determinado ocorrerá o religamento automático;
- Se a falta persistir, o processo se repetirá até que o seccionador acumule a quantidade de contagem ajustada;
- Quando ocorrer o próximo religamento automático, o trecho sob falta estará isolado.

- O seccionador pode ser instalado nos seguintes casos:
  - Em pontos da rede onde a corrente é muito elevada para a utilização de fusíveis;
  - Em pontos onde a coordenação com elos fusíveis não é suficiente para o objetivo pretendido;
  - Em ramais longos e problemáticos;
  - Após consumidores que podem suportar as operações dos religadores, mas não podem ser submetidos a longas interrupções.

- O seccionador, quando instalado em substituição a uma chave fusível, apresenta as seguintes vantagens:
  - i. Coordenação efetiva em toda a faixa comum com o equipamento de retaguarda;
  - ii. Interrompe as três fases simultaneamente;
  - iii. Pode ser usado como chave de manobra sob carga;
  - iv. Ajustes independentes para proteção de fase e de terra.