

ELE0646 - Para-raios

Levy Gabriel da S. G.
Engenharia elétrica - UFRN

- Sobretensão temporária (sustentadas):
 - Frequência fundamental;
 - Baixa amplitude ($< 1.5 p.u$);
 - Duração relativamente longa;
 - Fracamente amortecida ou não amortecida;
 - Causas:
 - * Defeitos monopolares: curto-circuito monofásico que provoca a elevação da tensão das fases sãs;
 - * Perda de carga: redução na corrente provocará redução na queda de tensão em cargas à montante de onde ocorreu a perda;
 - * Efeito ferranti: quando disjuntores terminais de uma linha são abertos, as capacitâncias *shunt* re-injetam a potência reativa acumulada, resultando em uma tensão no início da linha inferior à tensão no final da linha ($V_1 < V_2$).
- Sobretensão transitória:
 - Sobretensão de curta duração (milissegundos);
 - Natureza oscilatória;
 - Fortemente amortecida;
 - Causas:
 - * Sobretensões de manobra:
 - Energização/desenergização de elementos reativos;
 - Interrupção de correntes elevadas de curto-circuito através de disjuntores;
 - Energização ou desligamento de linhas de transmissão ou distribuição;
 - Energização de transformadores.
 - * Sobretensões atmosféricas (forma de onda tem características de um pulso de sentido único):
 - **Sobretensão por descarga atmosférica direta:**
 - Descarga atmosférica atinge a rede elétrica;

- Pode haver rompimento da rigidez dielétrica imposta pela cadeia de isoladores;
- Dano pode ser imposto a equipamentos elétricos caso a sobretensão alcance-os;
- Em LTs, uma descarga sobre um cabo guarda é o *backflashover* e uma descarga sobre um condutor é um *flashover*.
- **Sobretensão por descarga atmosférica indireta:**
- A descarga não atinge a LT ou equipamento diretamente, mas provoca sobretensões induzidas nestes, podendo comprometer seus isolamentos e danificá-los;
- A onda de corrente é 10x menor do que uma descarga direta.

Dispositivos de proteção contra sobretensões

- Proteção contra sobretensões temporárias: conjunto relé de proteção, disjuntor e transformador de potencial;
- Proteção contra sobretensões transitórias na média ou alta tensão: para-raios;
- Proteção contra sobretensões na baixa tensão: dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

Para-raios

Locais de instalação:

- Em linhas de transmissão, em paralelo com isoladores;
- Entrada e saída de linha de subestações de concessionárias;
- Entrada de subestações abrigadas de consumidor de média tensão de distribuição;
- Transformadores de distribuição.

Ensaaios nos para-raios

- Tensão de impulso atmosférico normalizada ($1.2/50\mu s$) (tempo do valor de crista/metade do valor de tensão)

- Corrente de descarga nominal normalizada ($8/20\mu s$) (tempo do valor de crista/metade do valor de corrente).

Tipos de para-raios

- Varistor a carboneto de silício (SiC): seu uso vem diminuindo:
 - Resistores não-lineares: em tensão nominal os resistores de SiC conduziram uma elevada corrente;
 - Centelhador série: instalados em série com os resistores para assegurar a **disrupção regular e extinguir a corrente subsequente do para-raios**;
 - Desligador automático: desligar do sistema um para-raios defeituoso (em curto-circuito permanente) através da auto-explosão, indicando visualmente o defeito no para-raios;
 - Conceitos:
 - * Tensão nominal: máximo valor eficaz de tensão na frequência industrial que pode ser permanentemente aplicado ao para-raios para que este opere adequadamente;
 - * Tensão disruptiva: valor de crista de uma tensão de ensaio aplicada aos terminais de um para-raios e que provoca a sua disrupção;
 - * Tensão disruptiva a impulso: maior tensão de impulso atingido antes da disrupção;
 - * Tensão residual: tensão de crista durante a passagem da corrente de descarga, ou seja, durante a descarga disruptiva dos centelhadores;
 - * Corrente de descarga: corrente de impulso que flui através do para-raios imediatamente após a disrupção dos centelhadores em série;
 - * Corrente subsequente: crista de corrente após a passagem da corrente de descarga e deve ser extinta pelos centelhadores série na primeira passagem pelo zero.
- Varistor a óxido metálico (MOV): é usado o óxido de zinco (ZnO):

- Região 1: tem-se a máxima tensão de operação contínua do para-raios (MCOV), operando a baixa corrente ($< 1mA$);
- Região 2: conhecida como região de TOV (*transient over voltage*) e surto de chaveamento e ocorre que uma pequena variação de tensão resulta em uma grande variação de corrente (operação por mais de 10 segundos, a temperatura das pastilhas de óxido de zinco elevará, podendo danificar o para-raios);
- Região 3: proteção contra descargas atmosféricas, com corrente variando de 1-100kA e possui relação aproximadamente linear com a tensão;
- Conceitos:
 - * Tensão nominal: valor eficaz da tensão a frequência fundamental aplicado aos terminais do para-raios e para qual ele deve funcionar corretamente;
 - * Máxima Tensão Contínua de Operação (MCOV): máxima tensão eficaz a frequência fundamental que permite que o para-raios funcione continuamente, sem alterações nas suas propriedades térmicas e elétricas. A máxima tensão contínua de operação situa-se entre 80 e 90% da tensão nominal do para-raios;
 - * Corrente de descarga nominal: valor de crista da corrente de descarga com impulso de forma $8/20\mu s$;
 - * Tensão residual: tensão de crista que aparece nos terminais do para-raios durante a passagem da corrente de descarga;
 - * Capacidade de absorção de energia: máxima quantidade de energia que um para-raios é capaz de absorver durante uma sobretensão (temporária ou transitória) e dissipá-la, mantendo a sua estabilidade térmica e sem alterar suas propriedades térmicas e elétricas.