

Proteção contra descargas atmosféricas

Walter Malian

Quem já não ouviu esta frase em dias de chuva forte, quando se está assistindo a televisão ou ouvindo rádio: — “desligue da tomada que pode cair um raio e queimar o aparelho!”.

Na verdade, esse fato pode se verificar em qualquer tipo de equipamento eletrônico ligado a uma rede qualquer e provocar danos irreparáveis ao mesmo.

Quando se trata de aparelhos telefônicos, o problema mencionado pode ser ainda mais grave, pois, além dos telefones envolvidos, as pessoas que os utilizam podem sofrer conseqüências físicas danosas em função de uma descarga atmosférica na rede telefônica.

A gravidade do problema é tal que as próprias empresas concessionárias do serviço público de telecomunicações começaram a dedicar um tratamento mais adequado às suas redes de telefonia, objetivando a proteção das mesmas.

Este artigo mostra, de maneira simples e objetiva, como proteger o seu sistema eletrônico, utilizando-se como exemplo uma instalação de telefones.

Introdução

No campo da telefonia, a proteção dos circuitos contra defeitos provocados por descargas atmosféricas vai adquirindo cada vez mais importância. O fato deve-se à crescente utilização de componentes eletrônicos compactos e sensíveis, tais como transistores, circuitos integrados, diodos, etc.

O prejuízo causado por falhas nesses circuitos é bastante significativo com respeito aos custos de manutenção, que envolvem material e mão-de-obra especializada para os reparos, além do fato

de que um sistema telefônico paralisado acarreta transtornos aos usuários e prejuízos indiretos por falta de comunicação.

Este artigo tem por objetivo abordar o problema das pequenas centrais telefônicas, tais como os KS (Key-System) e CS (Chefe-Secretária), em que o custo é um aspecto relevante a ser considerado no projeto do sistema de proteção.

Nele serão tratadas as causas que originam os defeitos nos equipamentos telefônicos e as medidas de proteção que devem ser tomadas.

Os surtos de tensão — causa dos defeitos

Os surtos de tensão são comuns em linhas de energia e cabos utilizados em sistemas de comunicação.

Esses surtos, também denominados de transientes, têm sua origem em diversas fontes, das quais destaca-se em importância a interferência atmosférica, provocada pelos raios.

Nesses casos, é produzida uma onda de tensão que se propaga nas duas direções do cabo, a partir do ponto de origem da descarga. Essa onda possui uma parte frontal que cresce bruscamente em uma parte caudal que pode conter bastante energia. A frente de onda e amplitude desta podem decair rapidamente por razões de atenuação, contudo podem acarretar danos aos equipamentos situados a dezenas de quilômetros do ponto de descarga.

Mecanismos das descargas atmosféricas [1] [6]

A formação do raio tem origem da nuvem para a terra através de pequenas descargas, que passo a passo vão formando um caminho ionizado entre a nuvem e a terra. São denominados “Stepped Leader” ou simplesmente líder.

Nos casos de descarga em estruturas elevadas como torres, por exemplo, o processo é geralmente inverso, com o líder iniciando na terra.

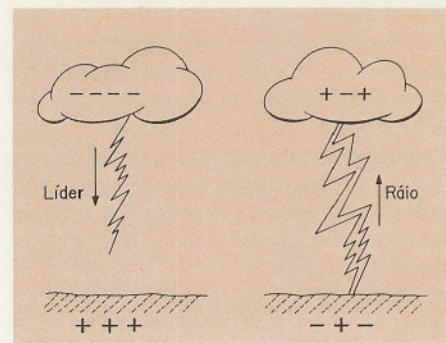
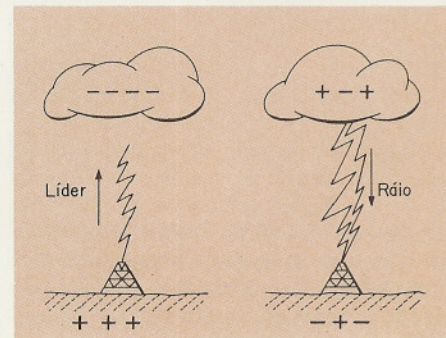


Figura 1

Figura 2



As Figs. 1 e 2 mostram o processo.

O intervalo de tempo entre cada passo do líder é da ordem de 50 microssegundos, e durante cada passo o líder avança 50 metros, aproximadamente. Quando o líder alcança as proximidades da terra ou da nuvem, no caso de estruturas elevadas, ocorre a descarga principal em sentido contrário, com elevada corrente e velocidade próxima a 1/10 da velocidade da luz.

O surto principal da corrente de retorno, que geralmente dura menos que um milissegundo, pode ser seguido por uma corrente remanescente de baixa intensidade por até 0,1s. Pode então ocorrer um segundo líder, com origem em outro centro de carga da nuvem e seguir o mesmo caminho, porém sem apresentar as características de “passo” do primeiro líder. A segunda corrente de retorno pode ser seguida por um terceiro líder e assim por diante, formando descargas múltiplas (cuja média é 4) até que a nuvem se neutralize (Fig. 3).

As descargas simples são as mais comuns, embora tenha-se observado descargas com até 40 raios.

Na maioria dos casos, a nuvem é negativa.

Uma considerável parcela da carga da nuvem é neutralizada dentro do canal aberto pelo líder, o qual pode ter vários ramos.

Uma vez em contato com a superfície, a descarga do canal se inicia para o interior da terra, for-

Walter Malian
Assessor Técnico da TEL VP7

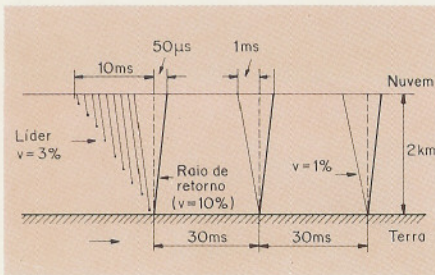


Figura 3 — Mecanismos das descargas com relações aproximadas entre os tempos e velocidades comparadas a da luz

mando ao redor da base deste uma semi-esfera, de elevado potencial central com relação a um terra remoto, tanto mais alto quanto maior for a resistividade do solo.

Esse fenômeno, além de outros efeitos, produz as perigosas "tensões de passo", que podem matar um animal ou um ser humano próximo à descarga (Fig. 4).

A tensão existente entre a nuvem e a terra, momentos antes da descarga do líder, pode ser estimada entre 20 e 100 milhões de volts.

Já a corrente da descarga principal, que oferece parâmetros mais importantes para efeito de proteção, pode atingir valores de 200kA ou mais.

Figura 4

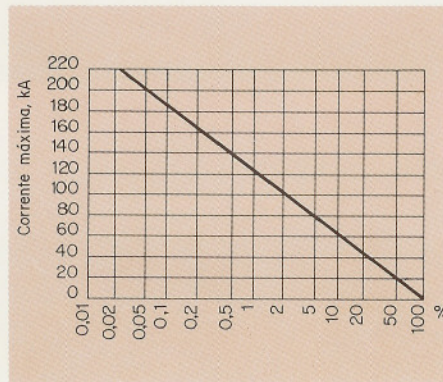
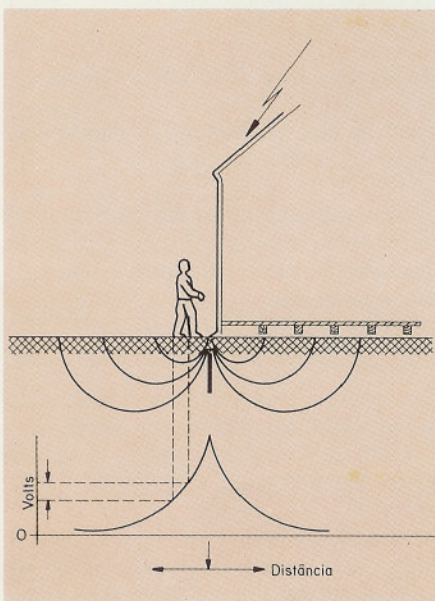


Gráfico 1 — Distribuição das correntes das descargas atmosféricas

A corrente do raio — fator importante [1]

Os valores das correntes das descargas atmosféricas variam a grandes limites.

O gráfico 1 mostra o relacionamento entre os valores das correntes (pico) e a porcentagem das descargas atmosféricas em que elas ocorrem.

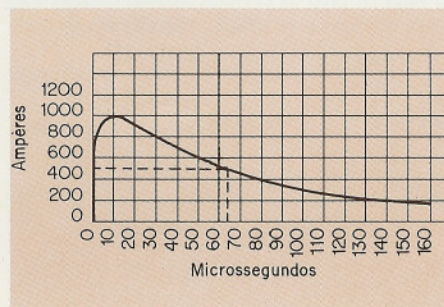
No gráfico 1, observa-se que em 50% dos raios a corrente é inferior a 20kA e que em apenas 2% o valor de pico é superior a 100kA.

O valor de pico do surto de tensão nos circuitos afetados, depende da magnitude e da forma de onda da corrente do raio. A severidade dos danos causados aos circuitos, entretanto, depende em larga escala da energia contida na cauda dos surtos de longa duração, a qual excede em muito a energia de pico do surto.

As formas de onda — parâmetros para testes [1] [3]

As publicações referentes a formas de onda indicam que a corrente alcança seu valor de crista em 5 a 10 microssegundos e que decaem à metade deste valor em 20 a 100 microssegundos. Em regiões

Gráfico 2 — Forma de onda da corrente do raio



onde as descargas atmosféricas são severas, este valor de queda, igual a 50% do valor de pico, pode exceder centenas de microssegundos, implicando em altos riscos de danos aos cabos e circuitos telefônicos, devido à grande energia contida na cauda do surto.

A forma de onda da corrente em descargas atmosféricas, pode ser aproximada por uma expressão do tipo:

$$J(t) = I(e^{-at} - e^{-bt})$$

Com o objetivo de exemplificar o gráfico de uma forma de onda, podemos atribuir valores às constantes, como segue:

$$I = 1150A$$

$$a = 0,013 \times 10^6$$

$$b = 0,5 \times 10^6$$

Com estes valores, obtém-se a curva característica do Gráfico 2.

As entidades padronizadoras, como por exemplo o CCITT e a DIN/VDE, estabelecem padrões para os transientes provocados por descargas atmosféricas que podem ser utilizados para efeitos de testes de protetores.

A Fig. 5 mostra a forma de onda para testes de proteção contra surtos de tensão e a Fig. 6 mostra as características de um impulso padrão de corrente; conforme VDE 845/66 e 433, respectivamente.

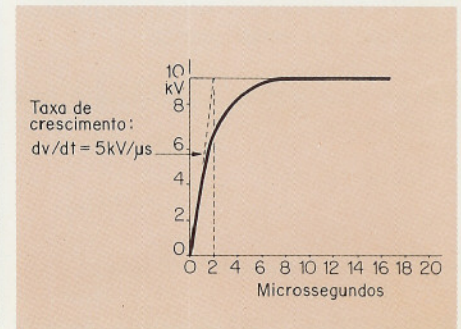
A forma de onda apresentada no Gráfico 2 mostra que a corrente alcança seu valor de pico (1000A) em 10 µs e decai até a metade de seu valor (500A) em 65 µs.

Essa curva não representa necessariamente a média das formas de ondas das correntes.

Os surtos em cabos próximos — exemplo [1]

Durante a corrente de retorno do raio, uma força elétrica será adicionada a condutor horizontal,

Figura 5 — (VDE 0845)



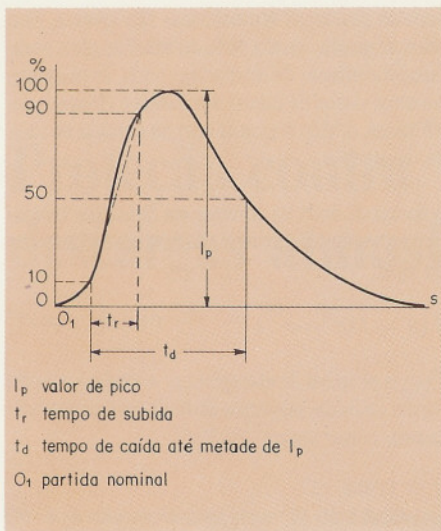


Figura 6 - (VDE 0433)

por exemplo, uma linha de transmissão próxima à descarga.

O surto de tensão, provocado pela corrente do raio na linha de transmissão, pode ser avaliado matematicamente, com algumas considerações, como mostra o exemplo a seguir.

Considere uma descarga atmosférica para a terra a uma distância y da linha de transmissão, de grande comprimento, isolada da terra, e a uma altura h da superfície, como mostra a Fig. 7.

Considere também um condutor vertical, como por exemplo uma torre, a uma distância radial $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ do canal do raio, sendo x a distância ao longo da linha até o ponto mais próximo do canal.

Nessas circunstâncias, uma tensão irá aparecer entre a linha e a torre, parcialmente devido ao acoplamento resistivo, como resultado do gradiente de potencial de terra próximo à base do canal do raio e parcialmente devido ao acoplamento indutivo, em razão do fluxo magnético contido no "loop" formado pela linha, pela torre e a terra.

Essa tensão pode ser representada por:

$$U = U_e + U_i$$

Onde U_e é o potencial de terra a uma distância radial r e U_i é a tensão induzida.

Para um canal de altura z , o potencial de terra corresponde a:

$$U_e = I(t) \frac{\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{(r^2 + z^2)^{1/2}} \right]$$

ρ é a resistividade do solo

A fim de avaliar a tensão induzida U_i , considere

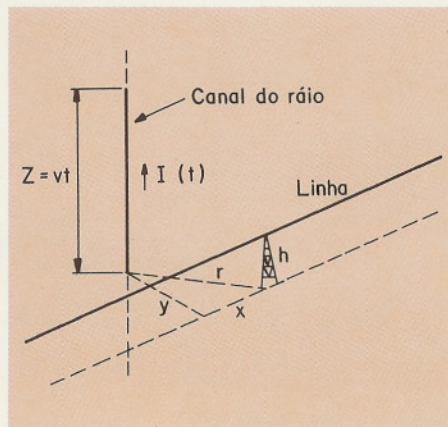


Figura 7

que a altura instantânea do raio é " z " e sua corrente instantânea é $I(t)$. Se a altura da torre é pequena comparada à altura do canal do raio, o fluxo magnético no "loop" definido anteriormente será:

$$\theta = \frac{\mu h}{2\pi} \int_0^z \frac{I(t) dz}{(r^2 + z^2)^{1/2}} \quad (2)$$

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

A tensão induzida será: $U_i = d\theta / dt$

Se o topo do canal se move à velocidade uniforme v , tal que $z = vt$; a diferenciação da fórmula (2) dá:

$$U_i = \frac{\mu h}{2\pi} \left[I(t) \log \frac{z + (z^2 + r^2)^{1/2}}{r} + I(t) \frac{v}{(z^2 + r^2)^{1/2}} \right]$$

O aparecimento de uma tensão entre a linha e a terra é acompanhada pelo movimento de cargas vizinhas, resultando em uma onda de tensão (surto) que se desloca ao longo da linha, nas vizinhanças do canal do raio.

O Gráfico 3 mostra o potencial de terra (U_e), as duas componentes da tensão induzida (U_i) e a tensão resultante na linha, para uma descarga à distância $r = 100$ metros da torre, cuja altura é $h = 20$ metros da superfície.

O valor de pico da corrente de raio considerado neste exemplo é de 100kA, e sua forma de onda é dada pela fórmula (1) e gráfico (2).

Figura 8

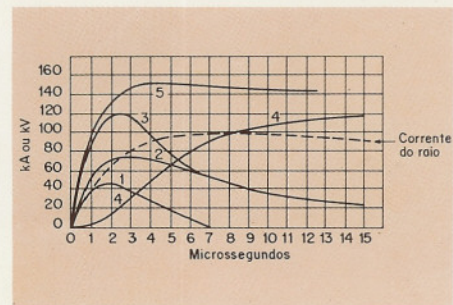
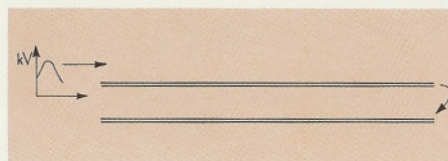


Gráfico 3 - Tensão entre o fio fase e a torre para uma descarga à terra, conforme Fig. 7, para $r=100m$, $h=20m$ e resistividade da terra $\rho=1000\Omega$ por metro

- 1 - Componente da tensão induzida devido a I'
- 2 - Componente da tensão induzida devido a I
- 3 - Resultante das tensões induzidas 1 + 2 (U_i)
- 4 - Tensão devido ao acoplamento resistivo (U_e)
- 5 - Tensão total na linha (U).

A velocidade de deslocamento do topo do canal do raio é de 1/10 da velocidade da luz.

O Gráfico 3 mostra que o pico da tensão induzida é de 120kV, o pico da tensão de terra é de 115kV para uma resistividade de solo de 1000 Ω por metro, dando uma tensão total cujo pico é igual a 150KV.

Caso a resistividade do solo fosse considerada em 100 Ω por metro, a tensão total teria praticamente o valor da tensão induzida.

O exemplo visto evidencia que a magnitude do surto em cabos da rede elétrica ou cabos de linha tronco, devido a descarga atmosférica, está relacionada diretamente com o valor da corrente do raio.

As formas de propagação dos surtos de tensão [7]

Modo simétrico ou diferencial ou transversal

Aquele em que o transiente está presente num condutor em relação ao outro (Fig. 8).

Os transientes de modo simétrico sofrem fortes atenuações ao longo da propagação e podem ser eliminados facilmente por capacitores ou varistores entre os fios.

Modo assimétrico ou comum ou longitudinal

Aquele em que o transiente está presente em todos os fios do cabo tronco ou nos dois fios (fase e neutro) da rede elétrica e tende a escoar para a terra (Fig. 9)

Os transientes de modo assimétrico, por sofrerem pouca atenuação ao longo da propagação e por apresentarem características imprevisíveis de des-

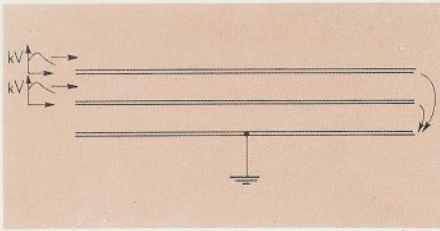


Figura 9

carga para a terra, constituem-se objeto de maior importância para o efeito de projeto do sistema de proteção.

Por que os circuitos telefônicos são afetados

As centrais telefônicas estão sujeitas a interferências externas através de dois caminhos distintos, sendo um o **cabo das linhas tronco** e o outro os **fios da rede elétrica**.

A Fig. 10 mostra que uma descarga nos fios da rede provoca um surto direto no fio neutro, e por indução no fio fase.

A Fig. 11 mostra que a descarga na blindagem ou na cordoalha de sustentação do cabo tronco provoca surto nos fios internos do cabo.

Em qualquer dessas duas "entradas" podem seguir **seus** transientes de modo simétrico ou transientes de modo assimétrico.

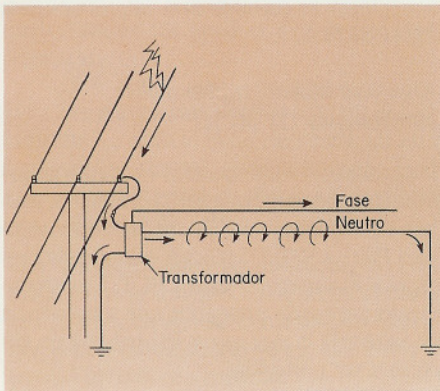


Figura 10

Figura 11

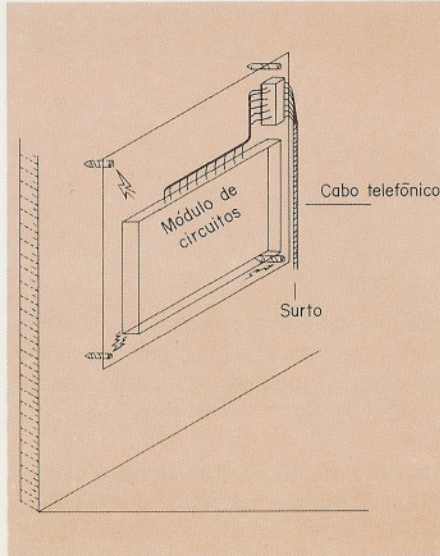
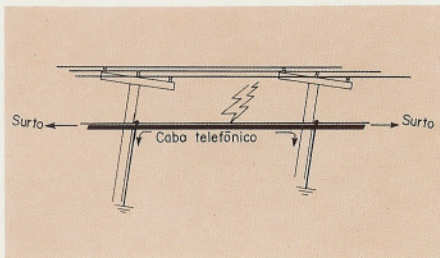


Figura 12 — Central telefônica desprotegida. O surto percorre os circuitos e sai para terra através dos parafusos de sustentação

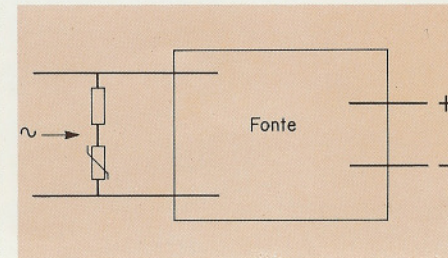
Os transientes de modo assimétrico, em que o surto de tensão está presente em todos os fios com relação à terra, são os mais danosos. Caso o surto de tensão não seja desviado à terra por um caminho de baixa resistência, o transiente penetrará nos circuitos da central e será conduzido à terra pelos parafusos de fixação contra a parede, danificando os componentes que estiverem em seu caminho (Fig. 12).

A proteção dos circuitos

No projeto do sistema de proteção, deverão ser considerados os transientes de modo diferencial e os transientes de modo comum que podem surgir tanto pela rede de corrente alternada quanto pelo cabo das linhas troncos; além do que o sistema de proteção deve preencher os seguintes requisitos:

- a) Não deve ser ativado pela corrente de voz ou pela corrente de sinalização.
- b) Não deve reduzir a eficiência da transmissão e da sinalização do sistema telefônico.

Figura 13 — Exemplo com um varistor em série com um centelhador



- c) Deve-se assegurar que tensões perigosas à vida não persistam em qualquer parte do equipamento telefônico.
- d) Deve-se limitar a tensão e a corrente do surto a valores que não afetem os circuitos telefônicos.
- e) Deve, tanto quanto possível, ser auto-regenerativo e não se constituir em um ponto de falhas do sistema telefônico.
- f) Deve ter um custo compatível com o sistema telefônico a ser protegido.

Proteção contra os surtos de modo diferencial

Os transientes de modo diferencial podem ser eliminados por meio de varistores, capacitores supressores ou centelhadores ligados conforme o exemplo da Fig. 13.

Proteção contra os surtos de modo comum

Os transientes de modo comum são relacionados à terra, e portanto o sistema de proteção deve ser provido de um ponto de aterramento neste caso.

A proteção dos circuitos — desviar os surtos para a terra

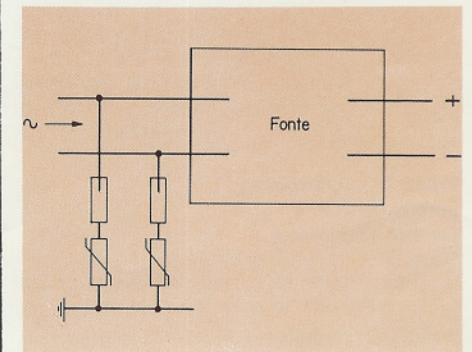
A proteção contra os transientes de modo comum, consiste em desviar os surtos para terra, limitando os picos de tensão e corrente a valores que não causem danos aos circuitos protegidos.

Como elementos protetores poderão ser utilizados varistores, centelhadores, capacitores, filtros LC, etc, conforme exemplo da Fig. 14.

A escolha dos protetores e configurações de instalação [3] [5] [6]

Para efeito de proteção das pequenas centrais telefônicas, devemos nos preocupar com valores de tensão e corrente da ordem de 10kV e 5kA de pico, respectivamente.

Figura 14 — Exemplo com emprego de varistores associados a centelhadores



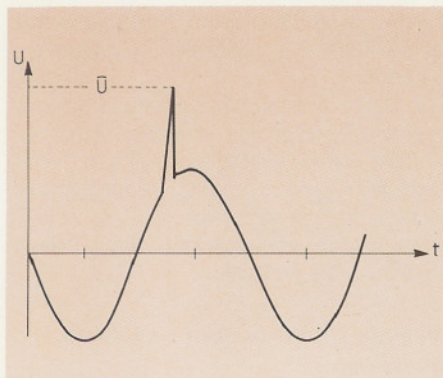


Figura 15 – Impulso de tensão sobreposto à tensão normal de operação

U = tensão de pico de surto

Com isso estaremos atendendo a grande maioria dos casos, a um custo compatível com a central. Para essa faixa de proteção, os dispositivos de uso mais genérico são os varistores de óxido de zinco e os centelhadores a gás, que poderão ser associados a outro dispositivo, tais como fusíveis, disjuntores, diodos zener, etc., quando se desejar melhorar a proteção, obviamente com acréscimo de custo.

Figura 16 – Impulso de tensão limitado pela atuação do centelhador

U_s = tensão de corte do centelhador

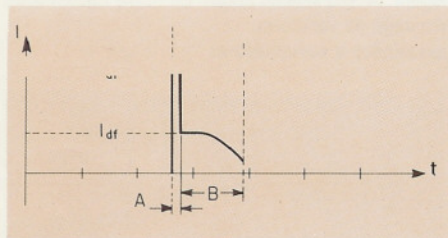
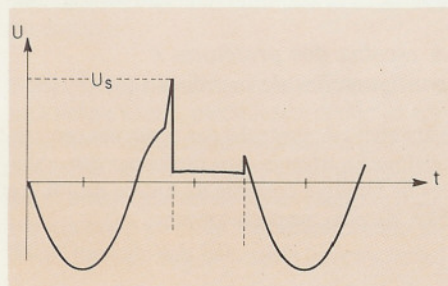
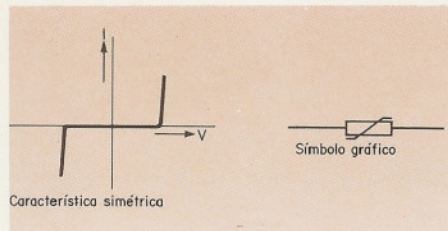


Figura 17 – Corrente do impulso (faixa A) e corrente subsequente (faixa B)

I_{di} = máximo valor da corrente do impulso

I_{df} = máximo valor da corrente subsequente

Símbolo gráfico do centelhador



Os varistores

Varistores são resistores dependentes de tensões (VDR) com características simétricas de tensão/corrente, cujo valor de resistência decresce com o aumento da tensão.

Os varistores modernos alcançam as características de resposta dos diodos zener e as excedem em muito quanto a capacidade de drenar surtos de corrente. Isso, associado ao tempo de resposta (abaixo de 25 ns) e baixo custo, faz do varistor um dispositivo de proteção quase perfeito para os sistemas de telecomunicações.

Os centelhadores a gás

Um centelhador pode ser comparado a um contato de baixa capacitância, cuja resistência pode saltar de 10 G Ω durante a operação normal para valores abaixo de 0,1 Ω após a ignição pelo surto de tensão.

As principais características dos centelhadores a gás são sua baixa capacitância (± 2 pF) e sua grande capacidade de drenar surtos de correntes.

Assim como os varistores, os centelhadores a gás são disponíveis em várias tensões e correntes nominais, que deverão ser consideradas na escolha do protetor adequado.

Configurações de instalações

Pela combinação dos diversos elementos protetores, as vantagens de cada um poderão ser utilizadas simultaneamente, como mostram os exemplos a seguir.

Figura 18 – Centelhador e varistor ligados em série

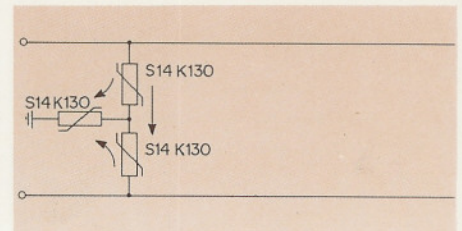
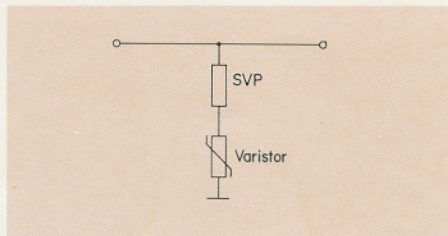


Figura 19 – Varistores instalados em série

Essa configuração de circuito é particularmente indicada para operar em redes de baixa resistência ôhmica, a fim de assegurar a regeneração do centelhador, Fig. 18.

Essa configuração de circuito é indicada para proteção simultânea de surtos de modo comum e de modo diferencial. A associação em série permite melhorar os níveis de proteção, oferecendo maior capacidade de drenagem de corrente, a um custo menor, Fig. 19.

Utilizando-se varistores do tipo SIOVS14K130, o sistema suporta impulsos de tensão com valores de crista de até 400kV.

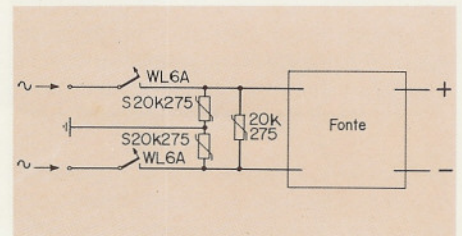
A vantagem dessa configuração é a de que os disjuntores agem como dispositivos protetores de sobrecorrente, atuando assim que a corrente do surto começa a atingir valores elevados para os varistores, protegendo desta forma a central telefônica e os varistores, Fig. 20.

Utilizando-se varistores do tipo SIOVS20K275 e disjuntores do tipo WL6A, o sistema suporta impulsos de corrente com valores de crista acima de 8kA.

Algumas considerações sobre aterramento [2] [4] [6]

O aterramento é um dos itens essenciais do sistema de proteção. No livro TELEBRÁS, projeto CPCT, consta ser de aplicação obrigatória a Prática SPT 555.001.301 que trata de Proteção e Aterramento para CPCT. Um aterramento adequado pressupõe que a resistência de terra seja menor que a impedância do circuito a ser protegido.

Figura 20 – Associação de disjuntores e varistores



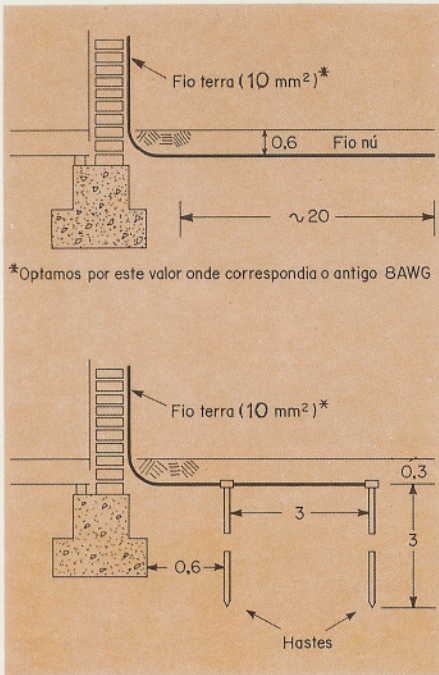


Figura 21

Por esse critério, pode ser admissível em alguns casos ter-se um terra de alta resistência, desde que a impedância entre o circuito a ser protegido e a terra seja muito maior. Como valor orientativo a TELEBRÁS recomenda uma resistência não superior a 30 ohms para o terra de proteção.

A instalação do terra de proteção

A instalação do terra de proteção deve ser efetuada, sempre que possível, por firmas especializadas.

Uma boa prática para se obter o ponto de aterramento é a utilização de canos d'água ou a ferragem do concreto, quando estas são facilmente acessíveis e tenham continuidade elétrica para o interior do solo.

Outras formas podem ser utilizadas, das quais destacam-se pela simplicidade de instalação as hastes cravadas verticalmente ou fios enterrados horizontalmente em valas, nos locais de terreno arenoso ou rochoso.

Figura 22

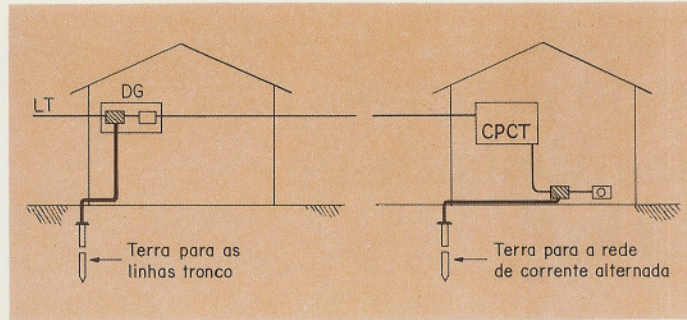
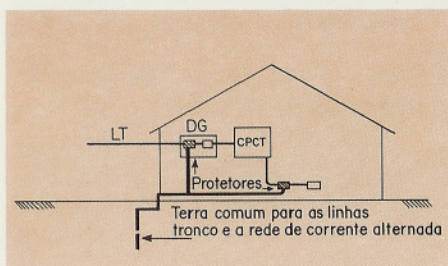


Figura 23

A instalação do terra deve obedecer os seguintes critérios:

- Deve ser escolhido um ponto de aterramento próximo dos dispositivos protetores, e o cabo terra deve ser instalado com um mínimo de curvas para que a indutância deste seja a menor possível.
- Os dispositivos de proteção devem ser instalados juntos à entrada das linhas tronco e da rede de corrente alternada e preferivelmente fora da central telefônica, para que os surtos sejam desviados à terra antes de atingirem os circuitos.
- O cabo terra deve ser ligado diretamente nos dispositivos de proteção, para que os surtos de tensão não circulem por dentro da central telefônica.

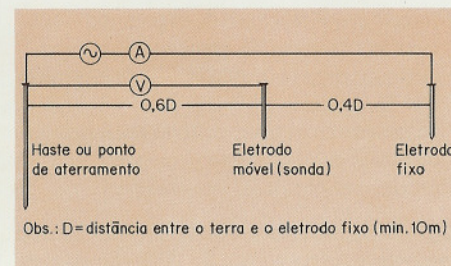
Como medir a resistência de terra

A maneira mais segura é medir a resistência após o aterramento ter sido efetuado.

Os princípios usados para a medição da resistência de terra são essencialmente os mesmos daqueles usados para medir outros tipos de resistências elétricas.

Dos métodos disponíveis, todos fazem uso de pelo menos dois eletrodos auxiliares em conjunto com o eletrodo (ponto) de terra a ser testado, sendo muito difundido o método da queda de potencial, o qual envolve a passagem de uma corrente alternada conhecida através do eletrodo de terra e um dos eletrodos auxiliares (fixo). A medição da queda de potencial é feita entre o eletrodo de terra e a sonda auxiliar (móvel).

Figura 24



Os instrumentos de teste portáteis existentes no mercado oferecem o meio mais conveniente e satisfatório de medições de terra.

Conclusão

Foi mostrado que muitos defeitos nas centrais telefônicas são provocados por descargas atmosféricas.

A incidência de defeitos pode ser minimizada, adotando-se medidas, protetoras adequadas, tanto nas linhas tronco quanto na rede de alimentação de corrente alternada.

Os varistores de óxido de zinco oferecem um bom nível de proteção a um custo relativamente baixo e, quando associados a algum dispositivo para sobrecorrente, tal como disjuntores, formam um sistema de proteção quase perfeito.

Atenção especial deve ser dada ao sistema de aterramento, o qual não precisa ser sofisticado, porém é indispensável para desviar os surtos de modo comum, protegendo desta forma o sistema telefônico e seus usuários.

Referências []

- [1] Earth Conduction Effects In Transmission Systems. Erling D. Sunde. Biblioteca da Escola Politécnica da USP.
- [2] IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. Biblioteca do Depto. de Eng. de Eletricidade EPUSP
- [3] Surge Arresters (Gas Arrester SVP — Metal Oxide Varistor SIOV) Siemens — Product Program 1980/1981.
- [4] Projeto CPCT Telebrás
- [5] Relatório oficial n.º 36688 do Inst. Eletrotécnico da USP
- [6] Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Prof. Duílio Moreira Leite
- [7] Proteção Eletromagnética QALAB — Roberto Menna Barreto

Realização:
Instituto de Eletrotécnica e Energia
da USP - Universidade de São Paulo

I SIPDA SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS



Apoio: Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE.
Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques
Brasil - CIGRÉ.
Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas - ABEE.

SV / 4



PROGRAMA

Segunda-feira - 21 de novembro Raios e Sistemas de Localização

- 8h30 - Abertura
- 9hs - Conferência: "Pesquisa sobre Raios e Sistemas de Localização"
- Prof. Tatsuo Kawamura, do Instituto Industrial da Universidade de Tóquio (Japão).
- 11hs - Café
- 11h15 - Debates
- 12hs - Intervalo para almoço.
- 14hs - As Pesquisas de Descargas Atmosféricas em Minas Gerais e o Sistema LPATS.
Eng.º Rafael Lisboa de Araujo (CEMIG)
Eng.º José Henrique Diniz (CEMIG)
- 15hs - The Application of Advances in Lightning Research to Lightning Detection.
Prof. Martin A. Uman (FLORIDA UNIVERSITY)
- 15h45 - Intervalo
- 16hs - Medição da Corrente das Descargas Atmosféricas com Fitas Magnéticas. Construção de um Aparelho para Leitura.
Eng.º Francisco Y. Kameyama (IEE-USP)
Eng.º Sergio Yamasaki (PROESA)
Prof. Ruy Alberto C. Altafim (EESC-USP)
- 16h30 - Discussão orientada pelo Prof. Tatsuo Kawamura.
- 20hs - Concerto pela Orquestra Sinfônica da USP regida pelo Maestro Ronaldo Bologna.

Terça-feira - 22 de novembro Modelamento de Raios

- 9hs - Conferência: "Mecanismo das Descargas e os Modelos".
- Eng.º Luigi Dellera, do Centro Eletrotécnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta, de Milão (Itália).
- 11hs - Café
- 11h15 - Debates
- 12hs - Intervalo para almoço.
- 14hs - A Utilização de Modelos em Escala Reduzida na Determinação da Impedância de Onda de Estrutura de Linhas de Transmissão.
Eng.º Vitor Hugo Gomes de Andrades (CEPEL)
- 15hs - Considerações Gerais sobre as Bases Físicas do Modelo Eletrogeométrico de Proteção Contra Choques de Raios e Restrições à sua Aplicabilidade.
Eng.º Lacerda M. Oliveira (AMERION)
Eng.º Moacir Lacerda (AMERION)
- 15h20 - Desempenho de Linhas de Transmissão sob Descargas Atmosféricas: comparação entre os cálculos e a experiência em Minas Gerais.
Eng.º Rafael Lisboa de Araujo (CEMIG)
Eng.º Marcus A. Almeida (CEMIG)
Eng.º Luiz Carlos L. Cherchiglia (CEMIG)
- 15h30 - Influência da Resistência de Terra das Torres sobre o Desempenho da Linha de Transmissão sob Descargas Atmosféricas.
Eng.º Rafael Lisboa de Araujo (CEMIG)

- Eng.º Luiz Carlos L. Cherchiglia (CEMIG)
Eng.º Marcus A. Almeida (CEMIG)
- 15h45 - Intervalo
- 16h - Análise de Desempenho de Redes de Distribuição face a Descargas Atmosféricas.
Eng.º Carlos Augusto Brandão (CEMIG)
Eng.º José Oswaldo Saldanha Paulino (CEMIG)
- 16h20 - Determinação do Nível de Isolamento para Impulso e para Freqüência Industrial sob Chuva de Estruturas Padronizadas para Linhas de Distribuição.
Eng.º Marcos Villaza de Freitas (CEB)
Eng.º Alexandre Piantini (IEE-USP)
- 16h30 - Protection Against Lightning-Against Damage to Insulators and System Fault
Eng.º K. Naito (NGK-JAPÃO)
- 6h45 - Discussão orientada pelo Eng.º Luigi Dellera.

Quarta-feira - 23 de novembro Efeitos Indutivos

- 9hs - Conferência: "Efeitos Indutivos dos Pulsos Eletromagnéticos Causados pelos Raios".
- Prof. Victor Scuka, da Universidade de Upsala, (Suécia).
- 11hs - Café
- 11h15 - Debates
- 12hs - Intervalo para almoço.
- 14hs - Melhoria da Suportabilidade aos LEMP's das Instalações de Telecomunicações e de Processamento de Dados pelo Uso de Aterramentos Híbridos.
Prof. Duílio Moreira Leite (IEE-USP)
- 15hs - Uso da Ferragem do Concreto Armado na Proteção de Edificações contra Descargas Diretas
Eng.º Armando Reis Miranda (CONSULTOR)
- 15h30 - Critérios Gerais de Instalação de Equipamentos Eletrônicos em Face dos Efeitos das Descargas Atmosféricas.
Eng.º Roberto de Martin Serqueira (AMERION)
- 15h45 - Intervalo
- 16hs - Proteção Contra Surtos Atmosféricos em Sistemas de Teleprocessamento.
Eng.º Carlos Augusto N. Camargo (PIRELLI)
Eng.º José Starosta (ITAÚ)
- 16h10 - Confiabilidade dos Cabos Óticos Interurbanos Frente a Descargas Atmosféricas.
Eng.º Celio Fonseca Barbosa (TELEBRÁS)
- 16h30 - Discussão orientada pelo Prof. Victor Scuka.
- 18hs - Coquetel oferecido pela ALCOA - Divisão de Condutores Elétricos.

Quinta-feira - 24 de novembro Baixa Tensão e Aterramento

- 9hs - Conferência: "Proteção dos Equipamentos e Sistemas em Baixa Tensão contra as Descargas Atmosféricas".
- Prof. Aage Pedersen, da Universidade Técnica de Lingby (Dinamarca).

- 11hs - Café
- 11h15 - Debates
- 12hs - Intervalo para almoço
- 14hs - Estudos do Comportamento de uma Tomada de Terra sob Correntes Impulsivas.
Prof. Ruy Alberto Corrêa Altafim (EESC-USP)
- 15hs - Procedimentos de Ensaios de Equipamentos e Aparelhos de Baixa Tensão.
Eng.º Francisco H. Kameyama (IEE-USP)
Eng.º Sergio Yamasaki (PROESA)
- 15h10 - Comportamento Transitório de Malhas de Aterramento.
Eng.º Carlos Augusto L. Brandão (CEMIG)
Eng.º José Oswaldo S. Paulino (CEMIG)
- 15h20 - O Método dos Elementos Finitos na Análise de Sistemas de Aterramento.
Prof. José Roberto Cardoso (EPUSP)
Prof. Giorgio Gambirasio (EPUSP)
Prof. Fernando Selles Ribeiro (EPUSP)
- 15h45 - Intervalo
- 16hs - Proteção de Centrais Telefônicas de Pequeno Porte.
Eng.º Walter Malian (EQUITEL)
- 16h15 - Sistemas Rems 4.8 e Rems 4.8 Plus: Novos Métodos para Medição de Resistência de Aterramento.
- Método para Medição de Resistência de Aterramento em Solos não Uniformes pelo Sistema Rems 4.8.
Eng.º Gustavo F. Romano (INSTRUM)
- 16h30 - Laboratório para Ensaios de Modelos Reduzidos de Aterramentos.
Prof. William Paulo Maciel (CONSEPRO)
Eng.º Mario Mottala (CONSEPRO)
Eng.º José Geraldo G. Pereira (CONSEPRO)
- 16h45 - Discussão Orientada pelo prof. Aage Pedersen.

Sexta-feira - 25 de novembro Estruturas Especiais e a Normalização

- 9hs - Conferência: "Proteção de Estruturas Especiais contra Descargas Atmosféricas e a Normalização".
- Prof. Duílio M. Leite (Brasil).
- 11hs - Café
- 11h15 - Debates
- 12hs - Intervalo para almoço

Painel com participação de conferencistas e convidados:

- 14hs - Medição dos Parâmetros dos Raios. Métodos de Localização das Descargas Atmosféricas.
- 14h30 - Modelo eletrogeométrico.
- 15hs - Aterramentos.
- 15h30 - Os LEMP's e a Proteção em Baixa Tensão
- 16hs - Encerramento

**I SIPDA
SEMINÁRIO INTERNACIONAL
DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Período:
21 a 25 de novembro de 1988

Local:
Anfiteatro da USP - Cidade Universitária -
São Paulo - SP.



SV / 4

