

DPS

Dispositivo de proteção contra surto de tensão

Por: Sergio Prestes
Engenheiro de Aplicação

1. Danos causados por sobretensão

Sobretensão é a maior causa de danos em equipamentos eletrônicos. Geralmente são consequência de descargas atmosféricas, operações elétricas no sistema de potência e interferências parasitas. Protetor de surto é de extrema importância pois é o primeiro nível de defesa para todos os equipamentos da planta, e são instalados próximo à entrada de energia e na entrada dos cabos de comunicação.

2. Principais causas do transiente de tensão

2.1. Descargas atmosféricas

A descarga atmosférica é um fenômeno de condução de energia extremamente alta, algo na ordem de várias centenas de mega-joules. Uma descarga atmosférica pode ser destrutiva ou causar sérios distúrbios em instalações elétricas situadas a vários quilômetros de distância do ponto de impacto no solo. Esta energia pode chegar à rede de várias formas.

2.1.1. Descarga direta

A descarga direta pode ocorrer no sistema de proteção de descargas atmosféricas (SPDA) ou em partes condutivas aterradas das edificações (antenas, tubulações metálicas - figura 1). A resistência entre a terra e ponto de conexão do sistema de aterramento (PE) gera elevação de tensão em milhares de volts, quando o sistema tenta dispersar a corrente proveniente da descarga (Lei de Ohm). Por outro lado, o potencial dos cabos de alimentação permanecem inalterado, pois estão referenciados ao terra do transformador. Equipamentos elétricos conectados entre os cabos de alimentação e o terra podem ter a sua isolação rompida e, assim, conduzir parte da corrente de descarga.

Quando a descarga ocorre diretamente nas linhas de transmissão aérea, também é considerada descarga direta, pois a transferência desta grande quantidade de energia diretamente no sistema provavelmente danificará os itens eletrônicos conectados na rede (figura 2).

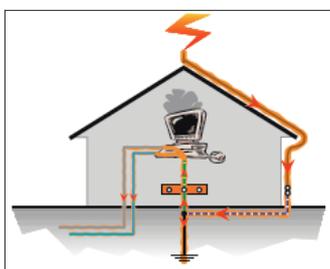


Figura 1: Descarga direta no SPDA

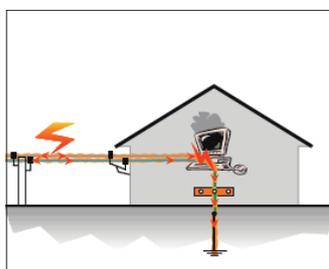


Figura 2: Descarga direta na rede

2.1.2. Descarga indireta

Existem dois principais tipos de descargas indiretas:

- Acoplamento indutivo: O campo magnético causado pela descarga atmosférica gera sobretensão em qualquer bobina encontrada nas proximidades. Conexões elétricas fechadas em anel como neutro e terra sentem os efeitos de uma descarga direta ocorrida nas proximidades (figura 3).

- Acoplamento direto pela terra: Caso uma descarga ocorra nas proximidades e a condução da corrente ocorra pela terra, ocorrerá a elevação no potencial da terra, e isto causará a elevação do potencial da barra de terra, gerando, assim, uma tensão de alguns milhares de volts quando comparado aos valores iniciais.

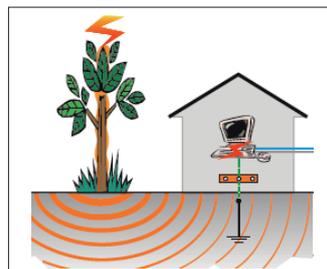


Figura 3: Acoplamento pela terra

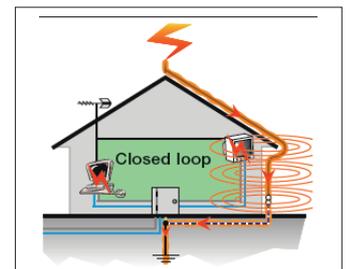


Figura 4: Acoplamento indutivo

2.2. Chaveamento no sistema de distribuição de potência

O chaveamento de disjuntores, transformadores, motores ou cargas indutivas podem gerar sobretensão transitória, estas variações, quando comparadas às descargas atmosféricas, são de menor valor, porém ocorrem com maior frequência.

Esta sobretensão é formada diretamente na barra principal, mas é de curta duração e o seu valor de pico é de alguns quilovolts, causando redução na vida útil de equipamentos eletrônicos.

3. Dispositivos de proteção - Definições

3.1. Dispositivo de proteção de surto: Função

Os dispositivos de proteção de surto (DPSs) foram desenvolvidos para proteger o sistema elétrico e aplicações contra sobretensões e impulsos de corrente, assim como contra descargas atmosféricas e chaveamentos.

O transiente de tensão é um pico de tensão transitória (menor que um milissegundo) cuja amplitude pode ser de algumas dezenas de vezes maior que a nominal.

Equipamentos eletrônicos e elétricos são capazes de trabalhar até um determinado valor de sobretensão, de acordo com o nível da isolamento dielétrica que o equipamento foi projetado. Esta isolamento pode variar de algumas centenas de volts para os equipamentos eletrônicos, a alguns quilovolts para motores elétricos. Se a tensão ultrapassar o valor máximo que este equipamento pode trabalhar, a isolamento é rompida e uma corrente de fuga percorre o equipamento.

O DPS é instalado entre a linha e o terra (sistema TN) e, assim, limita a diferença de potencial durante um transiente de tensão. Os dispositivos de proteção de surto possuem pelo menos um componente não linear. Durante a operação normal do sistema (ausência de surtos), o DPS não influencia no sistema, pois atua como um circuito aberto, porém quando ocorre um surto, em alguns nanossegundos, o DPS reduz a sua impedância interna e conduz o surto de corrente limitando a tensão máxima a um valor admissível aos equipamentos elétricos a jusante. Após o surto se extinguir o DPS recompõe o valor de impedância inicial e se comporta como um circuito aberto.

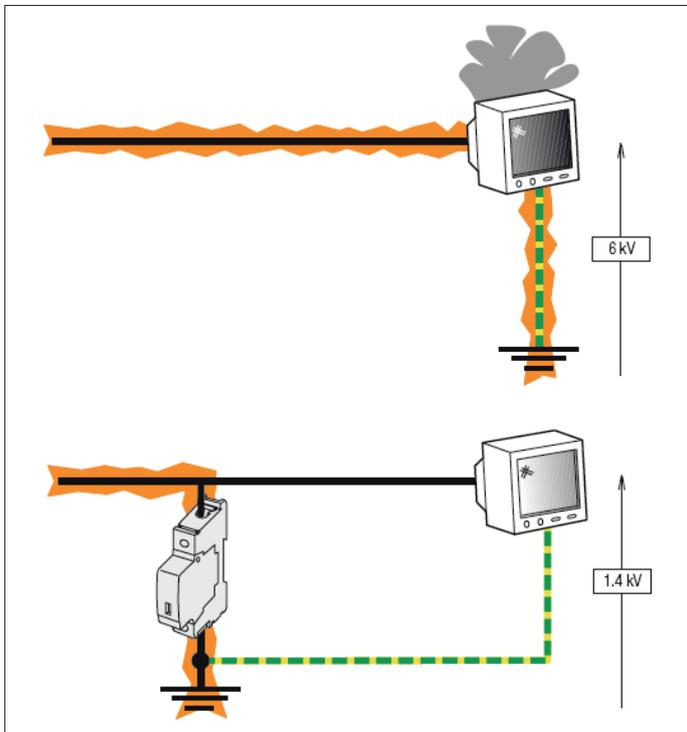


Figura 5: Instalação do DPS

3.2. Formas de ondas 10/350 e 8/20

As descargas atmosféricas e os fenômenos de sobretensão foram divididos em duas formas de ondas, uma para simular descarga direta e outra para simular descarga indireta.

- A forma de onda de longa duração (10/350 μ s) é utilizada para simular descarga direta e é associado a uma grande quantidade de energia.
- A forma de onda de curta duração (8/20 μ s) representa descargas indiretas, efeitos do chaveamento de cargas ou interferências parasitas.

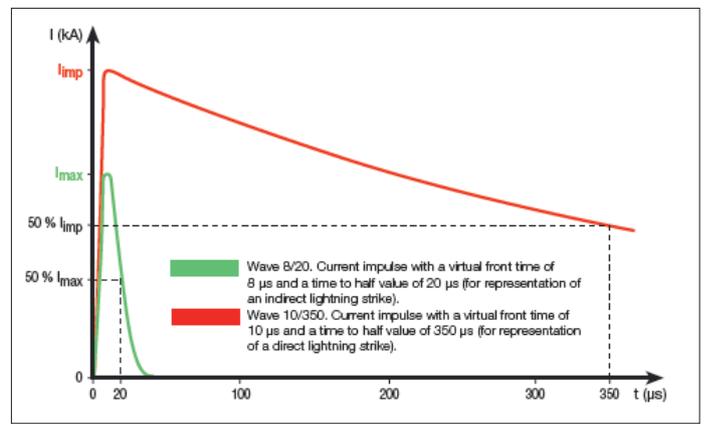


Figura 6: Forma de onda 8/20 e 10/350

3.3. Dispositivos protetor de surto - Tipo 1 e Tipo 2

- Tipo 1 é utilizado na proteção de descargas atmosféricas onde as formas de ondas possuem elevada energia (10/350). São recomendados para lugares com grande probabilidade de receber uma descarga atmosférica, geralmente nas entradas de energia da instalação e próximo aos pontos de conexão do SPDA, na malha de aterramento.
- Tipo 2 é o protetor de surto testado para proteger a instalação de transientes de tensão com característica similar a curva de curta duração 8/20. Estes produtos foram projetados para dissipar pequenas quantidades de energias. Em função disto, devem ser utilizados em locais onde não existe a possibilidade de descarga direta.

Quando um DPS tipo 1 é utilizado na entrada de uma instalação, um DPS tipo 2 deve ser utilizado em conjunto, com o intuito de proteger o equipamento elétrico ou eletrônico, sendo que a instalação deve ser o mais próximo possível do equipamento a ser protegido.

4. Tecnologias

4.1. DPSs baseados em centelhador (spark gaps)

Este tipo de DPS responde a uma variação de tensão. Ele apresenta uma grande impedância entre os seus terminais em condições normais, mas na presença de um surto de tensão, a impedância entre os seus terminais cai significativamente em aproximadamente 100 ns.

4.2. DPSs baseados em varistores

Varistor é um componente eletrônico que possui uma característica constante de $V \times I$, sendo assim pode-se dizer que ele é um resistor variável em função da tensão. Os DPSs baseados em varistores são limitadores de tensão. Eles possuem alta impedância quando não existe surto de tensão (mas existe uma corrente de fuga presente neste componente, pois a sua impedância é de aproximadamente 1 M Ω). A sua impedância é reduzida de forma constante, enquanto a tensão é incrementada durante um surto de tensão. O varistor chega a menos de 1 Ω em alguns nanossegundos.

4.3. DPS combinado

Este DPS possui as duas tecnologias, centelhador e varistor no mesmo equipamento. Estes produtos podem dissipar grande quantidade de energia (tipo 1) e, ao mesmo tempo, fazer uma proteção com limitação de tensão (tipo 2).

5. Descargas atmosféricas – Generalidades

Do ponto de vista da sobretensão, a maior variação ocorre durante uma descarga atmosférica direta. Geralmente, o stress causado por uma descarga atmosférica é o mais importante parâmetro para a seleção do DPS.

5.1. Amplitude e característica de uma descarga atmosférica

De acordo com a norma IEC 62305-1 e a IEC 61312-1 anexo A e B, e tabelas 1-3, anexo A, os valores de corrente padrão para a descarga atmosférica são os apresentados na figura 7.

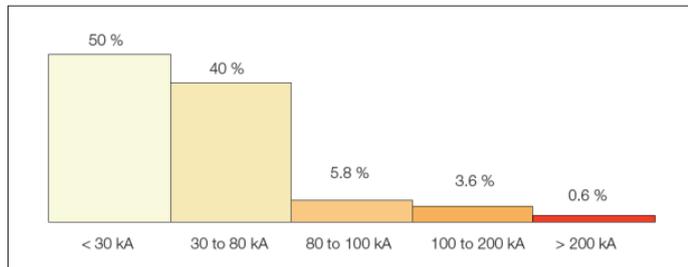


Figura 7: Frequência de descargas pela amplitude

5.1.1. Amplitude

A corrente de pico de uma descarga atmosférica pode passar de 200 kA, porém raramente esta corrente ultrapassa o valor de 130 kA e 99 % das descargas não passará de 200 kA.

5.1.2. Forma de onda

A descarga atmosférica é extremamente destrutiva, devido ao elevado valor de tensão que pode gerar e à longa curva de condução que ela possui. Além disso, a grande taxa de variação de corrente pode induzir ruídos no sistema.

De forma normal, podemos considerar a curva 10/350 da figura 8 como padrão para as descargas atmosféricas.

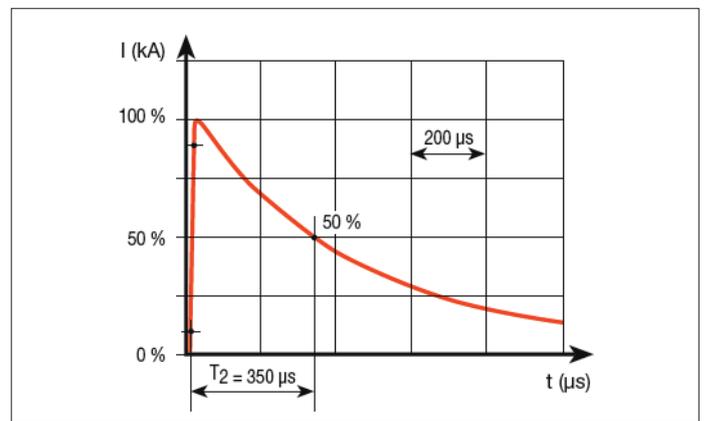


Figura 8: Curva 10/350

5.1.3. Índice Cerâmico - Ng

O número de dias de tempestade que ocorrem por ano em um dado local é também conhecido como índice cerâmico (Ng).

(Veja a figura 9)

6. Descargas diretas

6.1. Descarga direta no SPDA

- Quando uma descarga atmosférica com o perfil 10/350 é descarregada para a terra através de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), a resistência de aterramento gera uma elevação de tensão no PCC (ponto de conexão comum), seguindo a Lei de Ohm (figura 12). Considerando uma resistência de aterramento de 10 Ohms e a corrente máxima de uma descarga atmosférica (Iimp) de 100 kA (10/350), a diferença de potencial no PCC é apresentado na figura 11.

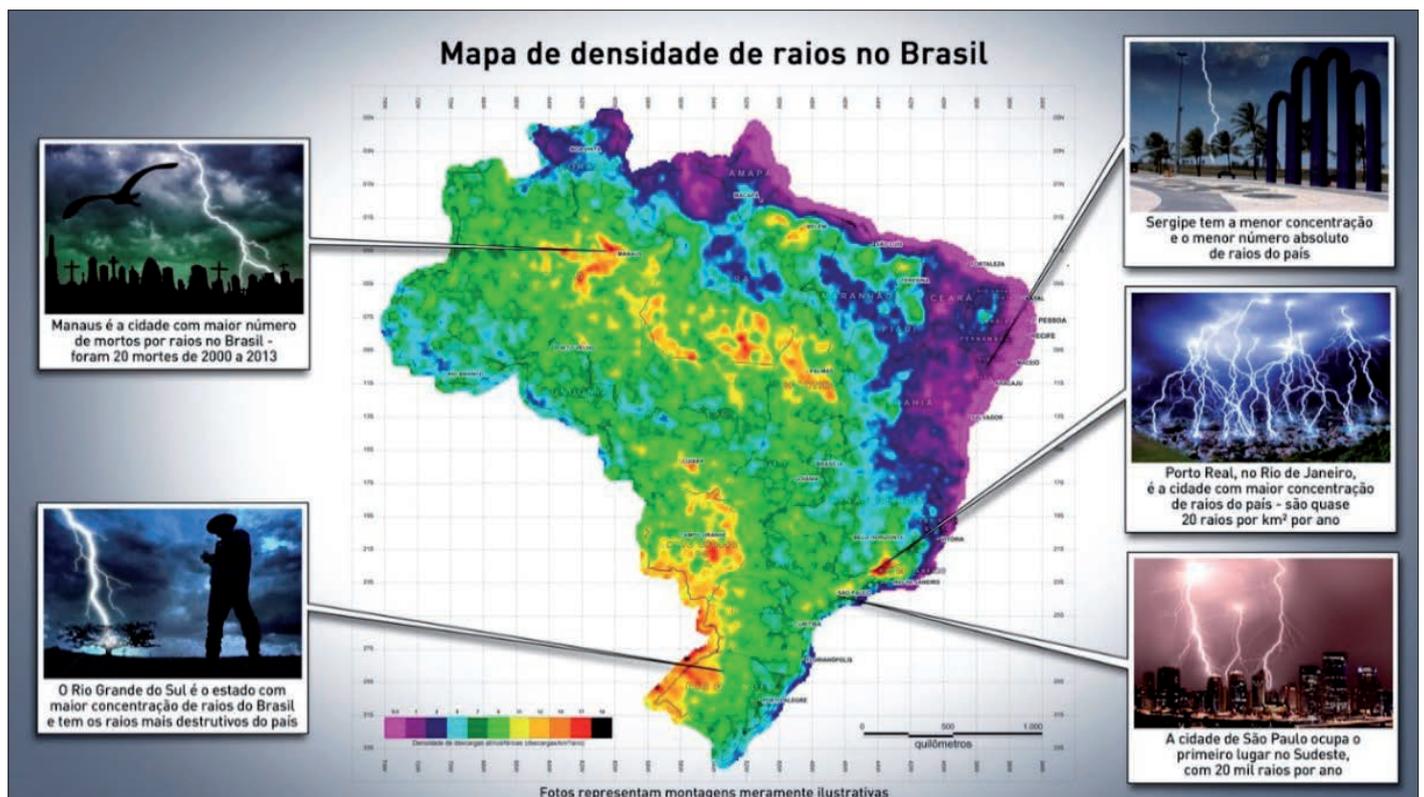


Figura 9: Mapa cerâmico brasileiro

- ② Quando a tensão se eleva para aproximadamente 2,5 kV (em alguns μ s), ocorre o rompimento do dielétrico de alguns componentes eletrônicos. Estes componentes mais sensíveis são danificados pela corrente que flui entre a fase e o terra, consequência do arco gerado entre estes dois pontos.
- ③ Fluindo do terra do componente eletrônico para as fases, o pico de corrente é conduzido pelos cabos de potência da rede elétrica, aumentando o risco de incêndio.

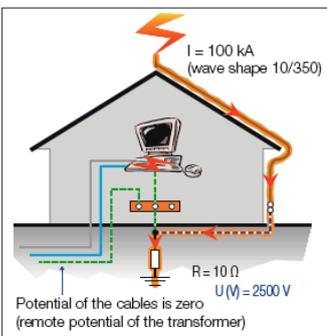


Figura 10: Rompimento do dielétrico

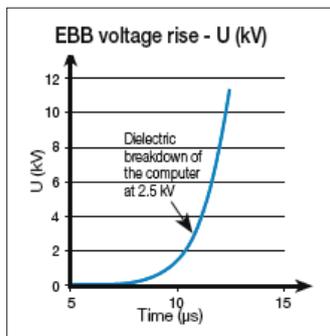


Figura 11: Diferença de potencial PCC

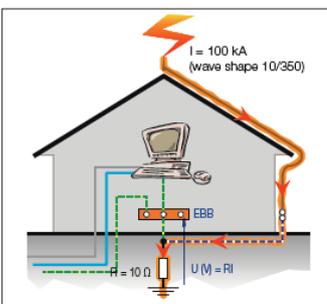


Figura 12: Descarga atmosférica 100 kA (10/350)

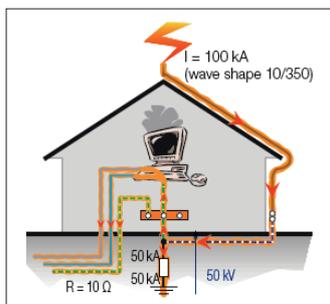


Figura 13: Danos para a rede elétrica

6.2. A solução: instalação de DPS

De acordo com a norma IEC 61643-12 anexo I.1.2, pode-se assumir que 50 % da corrente total da descarga é absorvida pela terra através do PCC, os outros 50 % é distribuído por todas as estruturas condutoras da instalação (condutores externos como tubulações metálicas de água, gás, eletrodutos e leitões).

Pode-se notar que parte desta corrente é injetada no sistema de baixa tensão. Sendo assim, os edifícios vizinhos deveriam estar equipados com DPSs, também. Em função da elevação de tensão muito rápida (alguns μ s), o DPS deve ter uma resposta igualmente rápida, ele deve facilitar a condução da corrente com o objetivo de limitar o aumento da diferença de potencial entre o terra e os demais condutores (figura 14). O DPS responde em algumas dezenas de nanosegundos.

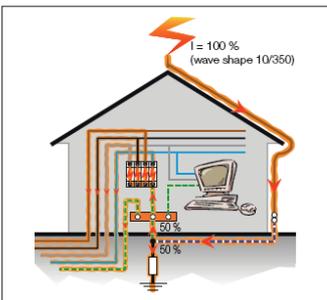


Figura 14: Proteção com DPS

6.3. Descarga direta no SPDA e efeitos na instalação

Em regiões densamente povoadas, as construções são conectadas as outras pelo sistema de distribuição de energia e por tubulações. Quando uma descarga atmosférica atinge um SPDA, estima-se que 50 % do surto de corrente seja conduzido para a terra e os outros 50 % entre na instalação através da barra de aterramento (figura 14). Parte desta corrente será conduzida por canos de água e gás, quando estes são metálicos (para uma corrente de 28 kA pode-se assumir que 14 kA irá para a esquerda e 14 kA irá para a direita do ponto de contato).

Construções próximas a SPDA correm o risco de sentirem os efeitos da sobretensão. Para eliminar estes efeitos nas instalações e nos itens conectados, estas ondas devem ser direcionadas para a terra através de dispositivos de proteção de surto dimensionados, de forma adequada e instalada na entrada das instalações.

As descargas atmosféricas podem ser ainda:

- Descarga direta no sistema de distribuição de baixa tensão.
- Elevação da diferença de potencial do aterramento, em decorrência de uma descarga direta nos edifícios próximos.

7. Proteção: Concepção de projeto

7.1. Concepção de proteção por zona

A *Protection zone concept* (IEC 62305-4) é um documento que introduz a concepção de proteção por zona como uma ferramenta que auxilia a seleção do DPS apropriado. Esta concepção garante uma redução gradual dos estágios de energia e sobretensões causados por descargas atmosféricas ou chaveamentos que ocorrem em um sistema desprotegido, e este possa suportar equipamentos extremamente sensíveis. Ele consiste em dividir a instalação em diversos volumes: as zonas de proteções (*“the protection zones”*). Cada zona de proteção é caracterizada por um nível máximo de ruído eletromagnético, um nível máximo de sobretensão e um nível máximo de corrente de surto admissível. Estes níveis máximos são especificados de acordo com as características elétricas dos dispositivos presentes nesta zona de proteção.

Esta concepção de proteção por zona garante que os efeitos e o stress causado pela descarga direta/indireta serão reduzidos por degraus na mudança entre as zonas de proteção. Para isto, é necessário a instalação de um DPS específico em cada transição de zona. Ou seja, cada vez que é instalado um DPS, existe a criação de uma nova zona de proteção.

A norma IEC 62305-4 define as características das zonas de proteção (LPZs – *“lightning protection zones”*) da seguinte forma:

7.1.1. Zona de proteção externa

LPZ0A - Zona localizada fora da edificação e desprotegida, nesta área os itens estão sujeitos a descarga atmosférica direta e deve existir um para-raios conectado à malha de aterramento com condutores dimensionados para escoar a corrente total do surto. O campo eletromagnético não é atenuado nesta zona.

LPZ0B - Zona localizada fora da edificação e protegida pelo SPDA, os itens localizados nesta área não estão sujeitos a descargas diretas. Entretanto, podem sofrer com surtos de corrente e o campo eletromagnético não é atenuado. As partes condutoras externas dos equipamentos conduzirão parte do surto de corrente e sofrerão com corrente induzidas.

7.1.2. Zona de proteção interna

LPZ 1 - Zona localizada dentro da edificação, onde os itens não estão sujeitos às descargas diretas. Surtos de corrente proveniente de descargas atmosféricas e/ou surtos proveniente do chaveamento de cargas conduzidas por meios condutores são reduzidos quando comparados às zonas 0A e 0B.

DPSs tipo 1 devem ser instalados nas regiões limítrofes entre LPZ0A e LPZ1 para bloquear a entrada de surtos de corrente conduzidos pela rede de alimentação de potência.

LPZ2 - Zona localizada dentro da edificação, onde os valores remanescentes do surto de corrente proveniente de descarga atmosférica e/ou chaveamento de cargas são reduzidos quando comparados a zona 1.

DPSs tipo 2 devem ser instalados nos cabos de potência nos pontos limítrofes entre LPZ1 e LPZ2 a fim de dissipar os valores remanescentes de surto de corrente e limitar o valor de sobretensão.

LPZ3 - Zona de equipamentos muito sensíveis onde surtos causados por ruído harmônico, acoplamento magnético e surto gerado por chaveamento de carga são reduzidos, quando comparado com a zona 2. Além da instalação de

DPSs, malhas de proteção contra a interferência do campo magnético externo devem ser instaladas. Toda a LPZ3 poderia ser instalado, por exemplo, dentro de um painel metálico ou segregado do restante do painel por uma chapa metálica.

7.2. Requisitos para o aterramento (IEC 61312-1, IEC 1024)

O sistema de aterramento é necessário para reduzir a diferença de potencial entre as partes metálicas e os sistemas, dentro de um ambiente que se deseja proteger contra descargas atmosféricas.

A equipotencialização consiste na interconexão dos equipamentos, utilizando cabos ou a própria malha de aterramento.

Mesmo em casos de descargas atmosféricas diretas o potencial de toda a instalação será elevado uniformemente. Diferenças de potencial não ocorrerão dentro da instalação.

7.2.1. Transição entre LPZ0A e LPZ1

No caso de entrada de energia por linha aéreas, a linha vem de uma LPZ0A e pode conduzir corrente provenientes de descargas atmosféricas. Estas linhas devem ser conectadas ao barramento de aterramento principal através de DPSs tipo 1 instalados no ponto de transição entre a LPZ0A e LPZ1.

7.2.2. Transição entre LPZ0B e LPZ1

Não ocorrem descargas atmosféricas diretas na zona 0B, pois elas estão protegidas por um SPDA. O stress que pode ocorrer na LPZ0B é, geralmente, consequência do campo magnético causado pela corrente das descargas.

Os surtos que ocorrem na zona 0B tem característica similar à onda 8/20 e, sendo assim, o DPS tipo 2 é o mais indicado para a zona de transição entre LPZ0B e LPZ1.

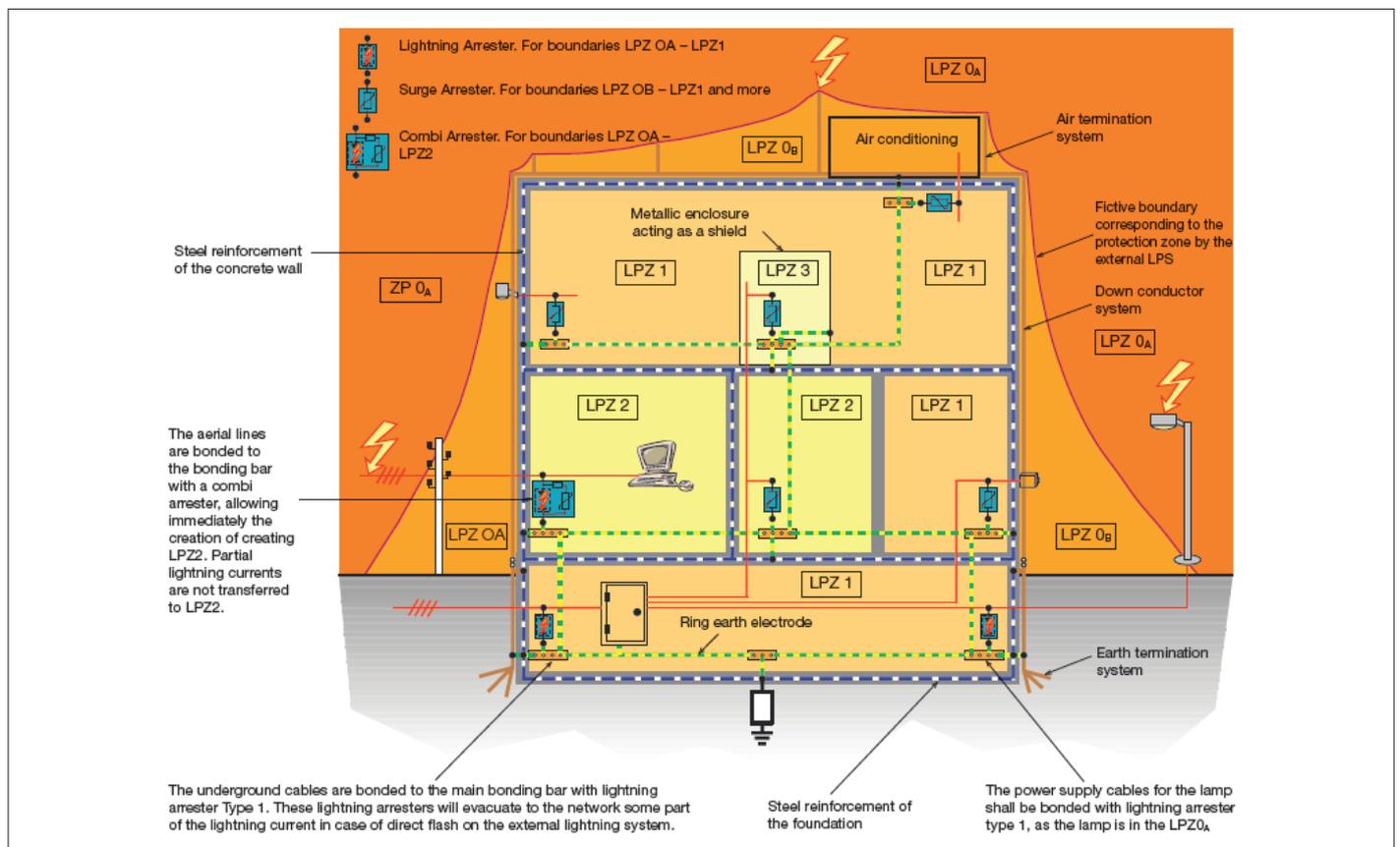


Figura 15

7.2.3. Transição entre LPZ1 e LPZ2

Uma vez que a maior parte da energia inicial foi dissipada, os próximos DPSs devem ser projetados para enfrentar os efeitos remanescentes da zona 0A, 0B e 1. Para estes casos, DPS Tipo 2 ou Tipo 3 podem ser utilizados. Da mesma forma podemos considerar para as transições seguintes LPZ 3, LPZ 4 ...

8. Seleção do DPS

8.1. Característica da rede

Surge arrester connection	TNS		TNC		TT	
	U_e	U_r	U_e	U_r	U_e	U_r
L-N	253 V	334 V	N.A.	N.A.	253 V	334 V
L-⊥	253 V	334 V	253 V	334 V	253 V	400 V
N-⊥	230 V	N.A.	N.A.	N.A.	230 V	N.A.

8.1.1. Seleção de U_c e U_T

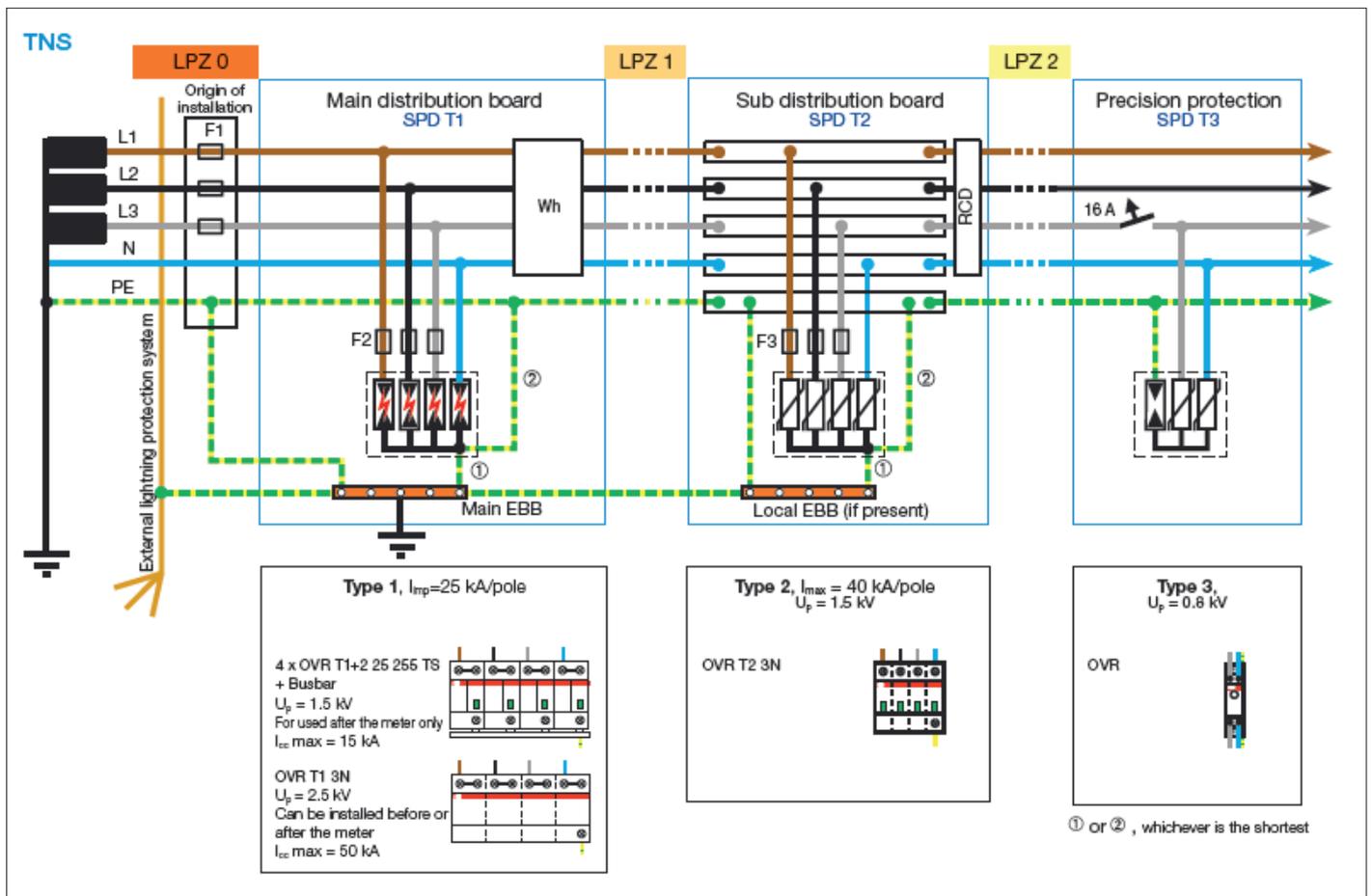
A máxima tensão de operação contínua do DPS (U_c) é a máxima tensão r.m.s. (eficaz) que pode ser aplicada de forma contínua no dispositivo protetor de surto. Este dispositivo deve ser maior que a máxima tensão de operação eficaz do sistema. O DPS da ABB tem U_c igual a 255 ou a 275 Vca para a rede 230 Vca (fase-neutro).

8.1.2. Corrente de curto-circuito

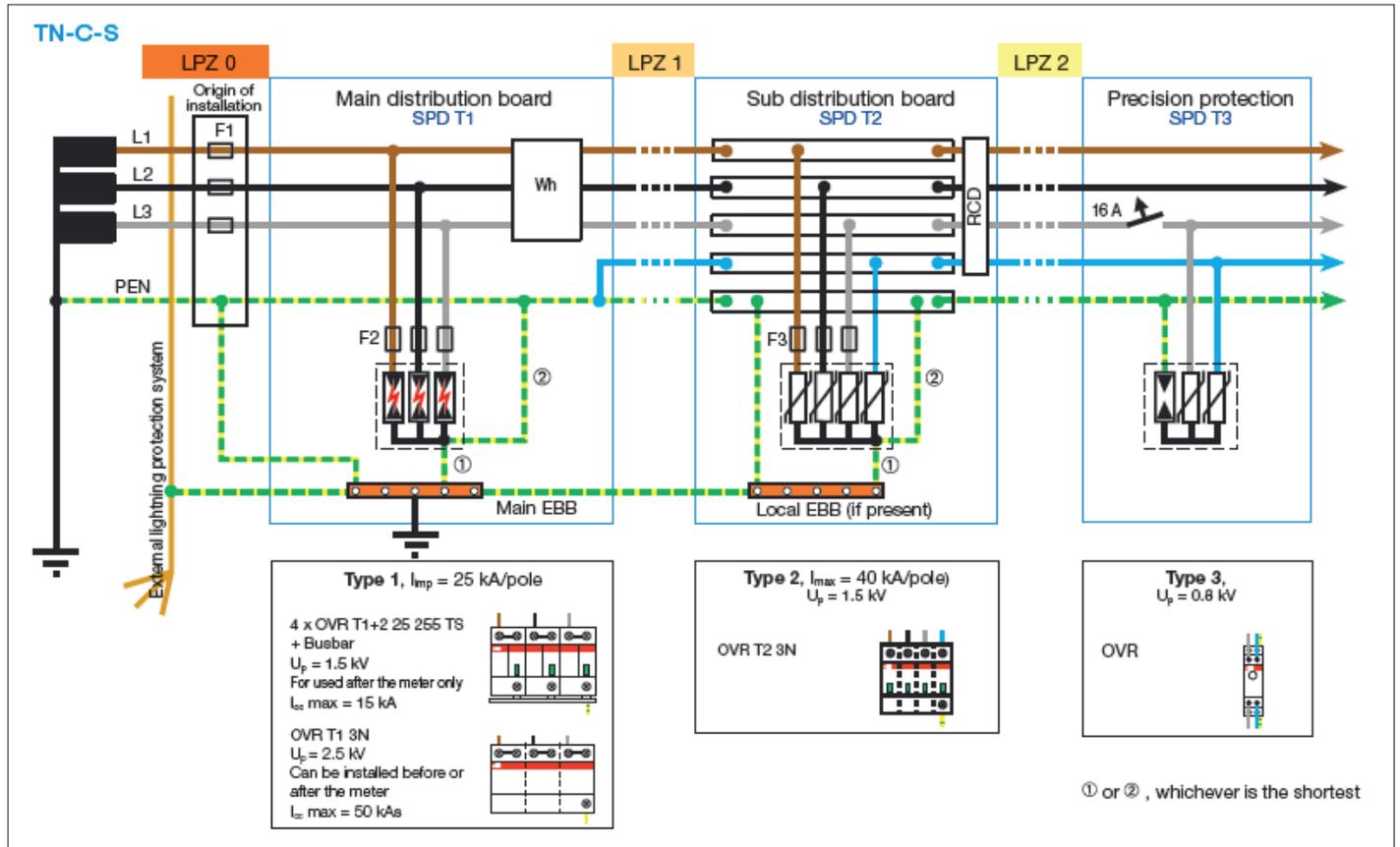
Esta é a máxima corrente de curto-circuito que um DPS associado a um fusível ou minidisjuntor é capaz de conduzir. No caso de uma falha no DPS, este deve ser capaz de conduzir a potência de curto-circuito até que esta seja interrompida pelo próprio DPS, ou pela proteção.

8.2. Formas de instalação

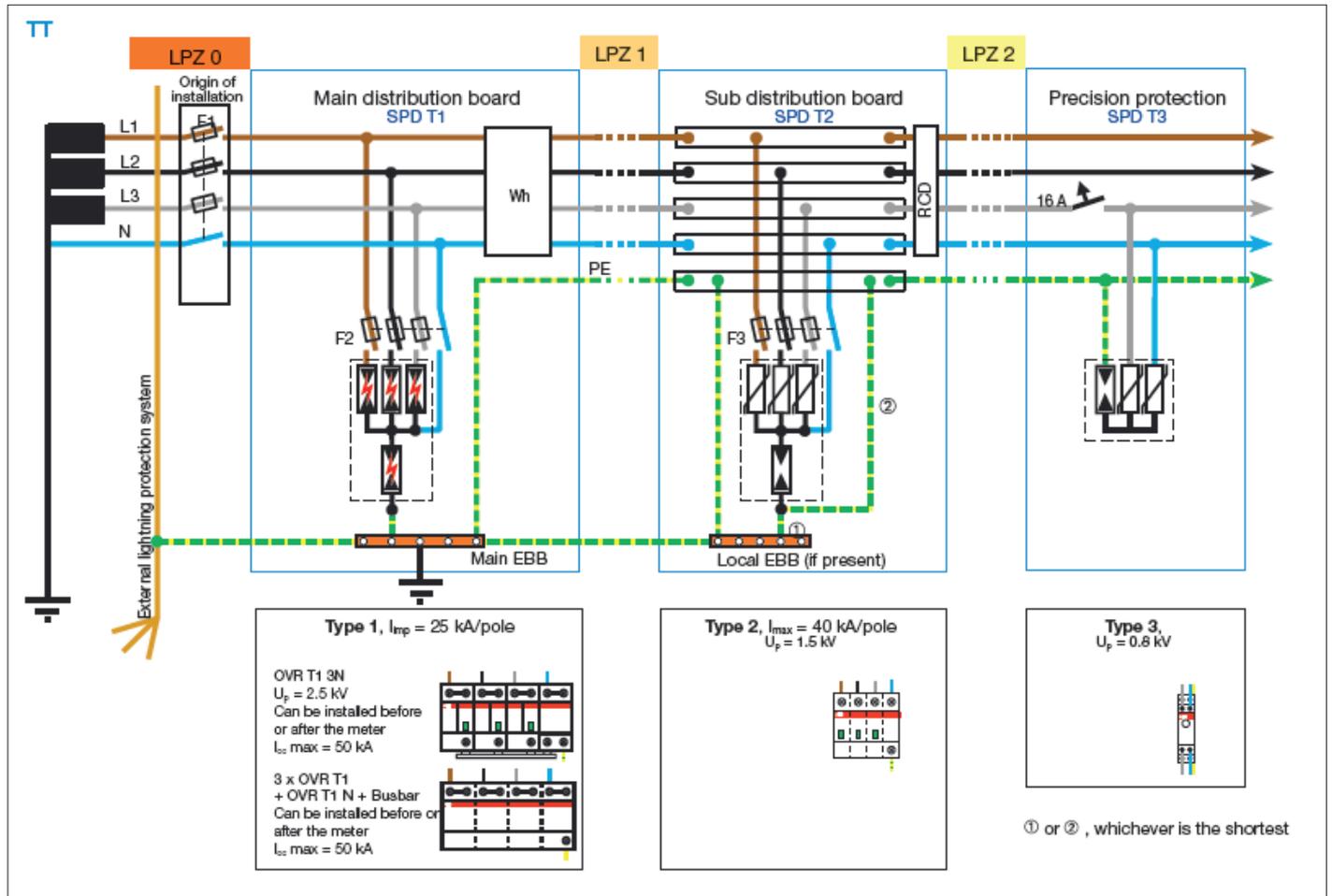
8.2.1. TNS (figura 16)



8.2.2. TN-C-S



8.2.3. TT



8.3. Proteção de equipamentos específicos

Assim como foi visto anteriormente o DPS deve ser instalado na entrada da instalação, a fim de eliminar os surtos de corrente o mais cedo possível, minimizando os efeitos no sistema. Por outro lado, um DPS adicional próximo ao equipamento a ser protegido é necessário quando:

- A tensão U_p do DPS a montante é muito alto e não garante proteção aos equipamentos da máquina
- A distância entre o DPS a montante e a máquina a ser protegida é muito alta
- Tipicamente, se a distância for maior que 10 metros um DPS adicional é recomendado, se a distância for maior que 30 m a utilização de um novo DPS é obrigatória
- Existe geração de interferência interna da máquina (elementos chaveando dentro do sistema)

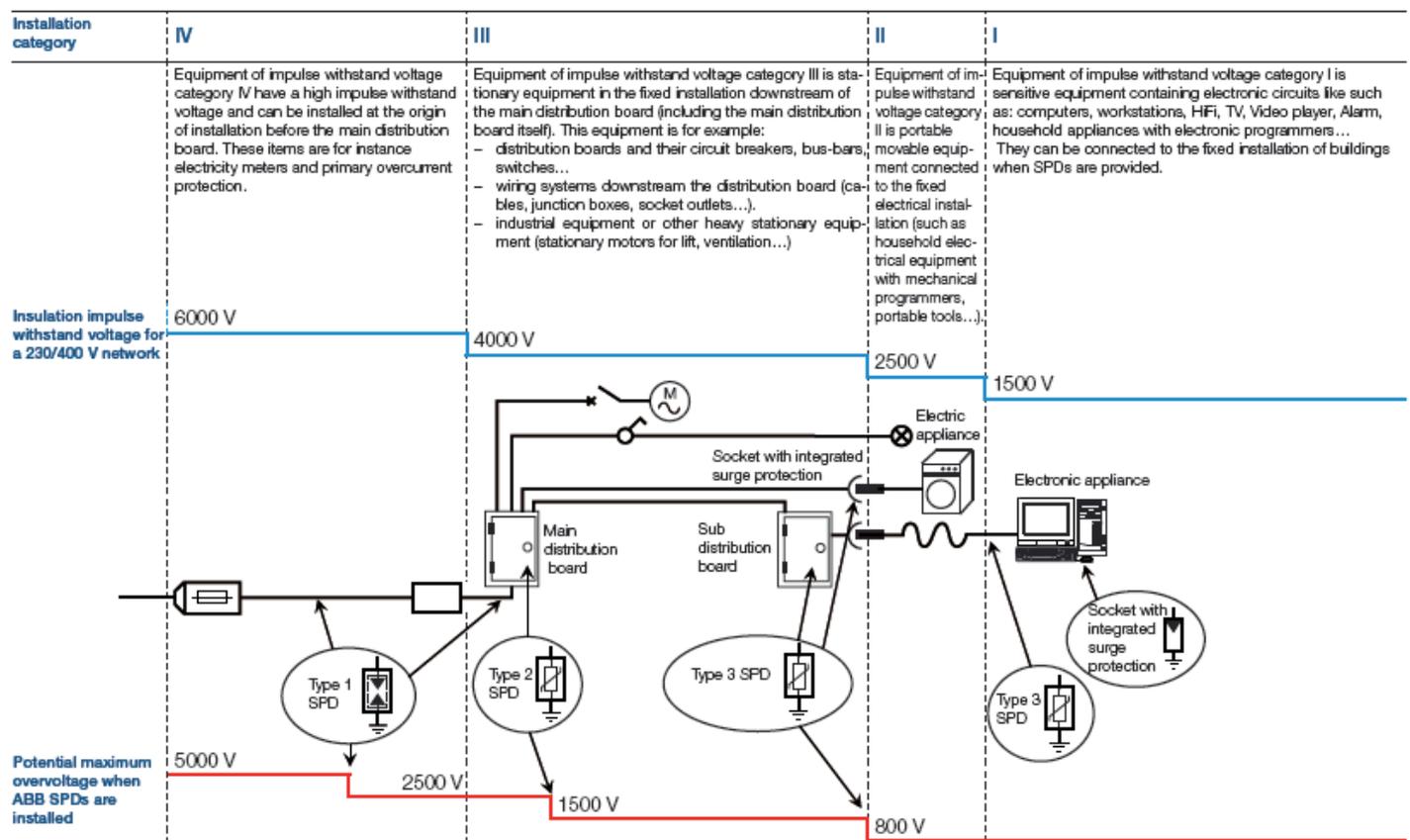
8.4. Determinação do nível de proteção de tensão (U_p) do DPS

Todos os equipamentos elétricos e eletrônicos possuem uma rigidez dielétrica que provê a proteção mínima contra sobretensões. Quando a sobretensão excede o valor máximo, o componente tem o isolamento rompido.

O DPS deve prover um nível de proteção U_p compatível com os equipamentos presentes no sistema. Ao especificar um DPS, deve ser considerado o equipamento mais sensível a ser protegido. O DPS mais próximo do equipamento deve ser selecionado com a tensão U_p , pelo menos 20 % abaixo da tensão máxima que a isolamento do equipamento suporta; quanto menor o valor de U_p do DPS, melhor para a proteção do equipamento. Nas tabelas abaixo pode-se observar a segregação dos tipos de equipamentos por classe de proteção, conforme orienta a norma IEC 60364-4-44

	Electrotechnical equipment	Electrical equipment containing slightly sensitive electronics	Sensitive electronic equipment	Highly sensitive equipment
Choice of SPD U_p according to the type of equipment and its sensitivity				
	Required protection level U_p 1.8 to 2.5 kV	Required protection level U_p 1.5 to 1.8 kV	Required protection level U_p 1 to 1.5 kV	Required protection level U_p 0.5 to 1 kV

IEC 60364-4-44 § 443.2.2 defines 4 overvoltage categories for electrical equipment energized from the mains according to their rated impulse withstand voltage (characterizing the withstand capability of the equipment insulation against overvoltages as per IEC 60664-1 § 1.3.9.2).



9. Conclusão

A utilização do protetor de surto é de extrema importância para a preservação da integridade da instalação, quando esta é acometida por um surto de tensão. A instalação é feita por zonas e em cada transição é necessária a instalação de um DPS. Ao passar da zona 0A ou 0B para a zona 1 é necessária a utilização de um DPS tipo 1 (OVR T1 25 255, Iimp 25 kA, Up 2,5 kV e tensão máxima de operação entre fase e neutro 255 V). Sempre que passar de uma zona 1 ou da zona 0B para uma zona 2 é necessário a utilização de um DPS tipo 2 (OVR T2 40 275, I_{max} 40 kA, Up 1,4 kV e tensão máxima de operação entre fase e neutro 275 V). Caso exista uma transição de uma zona 2 para uma zona 3 utiliza-se um DPS tipo 3 ou DPS tipo 2 + 3 (OVR 1N 10 275, I_{max} 10 kA, Up 0,9 kV e tensão máxima de operação entre fase e neutro 275 V). Deve-se manter o cuidado para que a tensão Up do DPS nunca exceda 80 % do valor da sobretensão máxima que o componente suporta.

Existem ainda DPS para aplicações especiais, como linha em 24 V, linhas de dados, instalações fotovoltaicas entre outros.

Para mais informações pode-se utilizar o guia prático da ABB: 1TXH000309C0201_OVR Practical Guide.

Contato

ABB Ltda

Produtos de Baixa Tensão

Rodovia Senador Jose Ermirio de Moraes, km 11, s/nº
18087-125 - Aparecidinha - Sorocaba-SP

Contact center: 0800 0 14 9111

Dúvidas sobre produtos, serviços e contatos ABB.

www.abb.com.br