

PARA-RAIOS EM SUBESTAÇÕES: FUNÇÃO, TIPOS E CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Entenda a função dos para-raios em subestações, tipos, U_c , U_r , TOV, tensão residual, coordenação de isolamento, instalação e especificação.

SUMÁRIO

1. O QUE É UM PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO	4
2. PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO, SPDA E DPS NÃO SÃO A MESMA COISA	4
3. COMO FUNCIONA O PARA-RAIOS DE ÓXIDO METÁLICO	5
3.1. PARA-RAIOS SEM CENTELHADOR	5
3.2. INVÓLUCRO POLIMÉRICO OU DE PORCELANA	5
4. QUAIS SOBRETENSÕES O PARA-RAIOS LIMITA	5
4.1. SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS	6
4.2. SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
4.3. SOBRETENSÕES TEMPORÁRIAS	6
5. ONDE OS PARA-RAIOS SÃO INSTALADOS	6
6. PARA-RAIOS TIPO ESTAÇÃO	7
7. PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ESPECIFICAÇÃO	7
7.1. TENSÃO MÁXIMA DO SISTEMA	7
7.2. TENSÃO DE OPERAÇÃO CONTÍNUA	7
7.3. TENSÃO NOMINAL DO PARA-RAIOS	7
7.4. CORRENTE NOMINAL DE DESCARGA	8
7.5. TENSÃO RESIDUAL E NÍVEL DE PROTEÇÃO	8
7.6. CAPACIDADE DE ENERGIA E TRANSFERÊNCIA DE CARGA	8
7.7. SUPORTABILIDADE A CURTO-CIRCUITO	8
7.8. DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO E POLUIÇÃO	8
7.9. ESFORÇOS MECÂNICOS	9
8. COMO SELECIONAR UM PARA-RAIOS PARA 13,8 KV OU 15 KV	9
9. INFLUÊNCIA DO ESQUEMA DE ATERRAMENTO	9
10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	9
10.1. MARGEM DE PROTEÇÃO	10
10.2. NÍVEL BÁSICO DE ISOLAMENTO	10
11. COMPRIMENTO DAS CONEXÕES E EFEITO DA INDUTÂNCIA	10
12. INTEGRAÇÃO COM A MALHA DE ATERRAMENTO	11
13. PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES	11
14. PROTEÇÃO DE CABOS E TRANSIÇÕES AÉREO-SUBTERRÂNEAS	11
15. PROTEÇÃO DE LINHAS, REATORES E BANCOS DE CAPACITORES	11
16. CONDIÇÕES AMBIENTAIS E INSTALAÇÃO	12
17. CONTADORES DE DESCARGA E MONITORAMENTO	12
18. MODOS DE FALHA E DEGRADAÇÃO	12

19. INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E DIAGNÓSTICO	12
20. ENSAIOS DE FÁBRICA E RECEBIMENTO	13
21. COMISSONAMENTO E ACEITE TÉCNICO	13
22. CHECKLIST DE ESPECIFICAÇÃO	13
23. EXEMPLO CONCEITUAL DE SELEÇÃO	13
24. ERROS COMUNS	14
24.1. CONFUNDIR PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO COM CAPTOR DO SPDA	14
24.2. ESCOLHER APENAS PELA TENSÃO NOMINAL DA REDE	14
24.3. IGNORAR O NÍVEL RESIDUAL	14
24.4. USAR CONEXÕES LONGAS	14
24.5. DESCONSIDERAR A DISTÂNCIA ATÉ O EQUIPAMENTO	14
24.6. IGNORAR A TOV	14
24.7. NÃO VERIFICAR A CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO	14
24.8. TRATAR CONTADOR DE DESCARGAS COMO DIAGNÓSTICO COMPLETO	15
24.9. NÃO ATUALIZAR O PROJETO COMO CONSTRUÍDO	15
25. APLICABILIDADE NORMATIVA	15
26. CONCLUSÃO	15

O **para-raios de subestação** é um equipamento conectado entre fase e terra para limitar sobretensões transitórias e reduzir a solicitação dielétrica imposta a transformadores, cabos, barramentos, disjuntores, transformadores para instrumentos e demais componentes do sistema elétrico.

Neste contexto, para-raios não significa o captor instalado na cobertura de uma edificação. O equipamento tratado neste artigo é o *surge arrester* empregado em redes e subestações de média e alta tensão. Sua função é conduzir a corrente do surto para o sistema de aterramento e retornar à condição de elevada impedância após o transitório.

A seleção não deve ser feita apenas pela tensão nominal escrita no catálogo. Ela depende da tensão máxima do sistema, do esquema de aterramento, das sobretensões temporárias, do nível de proteção, da capacidade de energia, da corrente de descarga, da coordenação de isolamento, das condições ambientais e da distância até o equipamento protegido.

1. O QUE É UM PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO

O para-raios é um dispositivo de proteção contra sobretensões conectado em derivação. Em operação normal, ele apresenta corrente muito pequena. Quando a tensão ultrapassa determinado nível, seus elementos não lineares passam a conduzir e limitam a tensão aplicada à isolação do sistema.

A corrente do surto é desviada para a malha de aterramento. Após o evento, o equipamento deve interromper a corrente subsequente e restabelecer sua condição normal sem entrar em instabilidade térmica.

Em projetos contemporâneos, são amplamente empregados para-raios de óxido metálico sem centelhador, formados por blocos varistores de comportamento altamente não linear. A construção, os ensaios e os critérios de aplicação devem seguir as normas específicas do equipamento e os requisitos do empreendimento.

2. PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO, SPDA E DPS NÃO SÃO A MESMA COISA

A expressão para-raios pode indicar equipamentos diferentes conforme o contexto.

O artigo **Para raio: o que é, como funciona, tipos, SPDA, NBR 5419 e DPS** permanece responsável pela intenção relacionada à proteção de edificações. Esta página trata apenas do equipamento aplicado ao sistema elétrico da subestação.

Uma subestação pode exigir as três camadas: proteção da estrutura contra descargas atmosféricas, para-raios no sistema primário e DPS nos sistemas auxiliares, de automação, telecomunicações e baixa tensão.

3. COMO FUNCIONA O PARA-RAIOS DE ÓXIDO METÁLICO

Os blocos de óxido metálico apresentam relação não linear entre tensão e corrente. Na tensão normal de operação, a corrente é reduzida. Durante uma sobretensão, a corrente cresce rapidamente e a tensão nos terminais é limitada a um valor compatível com a característica do equipamento.

O processo pode ser entendido em quatro etapas:

1. o surto se propaga pela linha, cabo ou barramento; 2. a tensão nos terminais do para-raios aumenta; 3. os varistores conduzem a corrente do surto para a terra; 4. após o transitório, o equipamento retorna ao regime de baixa corrente.

O para-raios não elimina a sobretensão nem mantém a tensão exatamente no valor nominal. Ele limita a tensão a um nível residual que deve permanecer abaixo da suportabilidade da isolação protegida, com margem definida pela coordenação de isolamento.

3.1. PARA-RAIOS SEM CENTELHADOR

Nos para-raios de óxido metálico sem centelhador, os blocos varistores ficam permanentemente conectados ao sistema. A ausência de centelhadores em série melhora a continuidade da característica de proteção, mas exige seleção correta da tensão de operação contínua e da capacidade de suportar sobretensões temporárias.

3.2. INVÓLUCRO POLIMÉRICO OU DE PORCELANA

O invólucro fornece isolamento externo, proteção mecânica e vedação. Construções poliméricas tendem a apresentar menor massa e comportamento específico em caso de falha interna. Construções de porcelana continuam presentes em diversas aplicações.

A escolha deve considerar tensão, ambiente, poluição, esforço mecânico, segurança, requisitos sísmicos, exposição a vandalismo e padronização do proprietário.

4. QUAIS SOBRETENSÕES O PARA-RAIOS LIMITA

A origem e a forma de onda da sobretensão influenciam a seleção e a coordenação.

4.1. SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS

Descargas atmosféricas podem produzir ondas viajantes nas linhas e sobretensões nos terminais da subestação. Mesmo quando a descarga não atinge diretamente o equipamento, o surto pode se propagar pela rede e solicitar sua isolação.

4.2. SOBRETENSÕES DE MANOBRA

Abertura e fechamento de linhas, transformadores, reatores, bancos de capacitores e outros elementos podem produzir transitórios. Em sistemas de tensões mais elevadas ou em configurações específicas, a energia associada às manobras pode ser determinante para o dimensionamento.

4.3. SOBRETENSÕES TEMPORÁRIAS

Sobretensões temporárias possuem duração maior que os impulsos atmosféricos ou de manobra e podem resultar de faltas à terra, rejeição de carga, ferroressonância, ressonância ou condições anormais do sistema.

O para-raios não deve ser tratado como solução para manter uma sobretensão sustentada indefinidamente. Ele precisa suportar a combinação de magnitude e duração prevista sem entrar em instabilidade térmica. Essa verificação é feita com a curva de suportabilidade a sobretensões temporárias, frequentemente denominada curva TOV.

5. ONDE OS PARA-RAIOS SÃO INSTALADOS

A posição resulta dos estudos de coordenação de isolamento e da arquitetura da subestação. Aplicações comuns incluem:

No campo de aplicação do Submódulo 2.6 do ONS, são previstos para-raios nas entradas de linhas de transmissão e nas conexões de unidades transformadoras de potência, reatores em derivação e bancos de capacitores não autoprotetidos. O mesmo documento especifica o uso de equipamentos tipo estação, a óxido metálico e sem centelhador para essas instalações.

Esse requisito não deve ser generalizado automaticamente para qualquer cabine primária. Em instalações industriais e de distribuição, a posição deve seguir as normas aplicáveis, os padrões da concessionária e os estudos do projeto.

6. PARA-RAIOS TIPO ESTAÇÃO

A expressão **para-raios tipo estação** é muito utilizada em especificações e no mercado. Em termos funcionais, ela indica um equipamento destinado a aplicações de subestação, com níveis de energia, corrente, suportabilidade e construção compatíveis com o serviço.

Entretanto, a classificação comercial não substitui os parâmetros normativos. Dois equipamentos chamados de tipo estação podem possuir tensões de operação contínua, níveis residuais, capacidade de transferência de carga, suportabilidade a curto-circuito e invólucros diferentes.

A folha de dados deve declarar as características exigidas e a norma utilizada, em vez de depender apenas de designações genéricas como distribuição, intermediário ou estação.

7. PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ESPECIFICAÇÃO

7.1. TENSÃO MÁXIMA DO SISTEMA

A tensão máxima do sistema é a maior tensão eficaz fase-fase prevista em operação normal. Ela não deve ser confundida com a tensão nominal simplificada usada para identificar a rede.

Esse valor participa da seleção da tensão contínua de operação e da coordenação com o nível de isolamento dos equipamentos.

7.2. TENSÃO DE OPERAÇÃO CONTÍNUA

A tensão de operação contínua, frequentemente indicada como U_c ou MCOV, corresponde à tensão eficaz que pode permanecer continuamente aplicada aos terminais do para-raios nas condições especificadas.

Ela precisa ser compatível com a tensão fase-terra efetivamente aplicada, incluindo o esquema de aterramento e as condições normais do sistema.

7.3. TENSÃO NOMINAL DO PARA-RAIOS

A tensão nominal, frequentemente indicada como U_r , é um parâmetro normativo relacionado à capacidade do equipamento de operar e suportar condições temporárias definidas. Ela não deve ser escolhida apenas pela igualdade com a tensão nominal da rede.

7.4. CORRENTE NOMINAL DE DESCARGA

A corrente nominal de descarga é associada a um impulso de corrente padronizado e participa da classificação e dos ensaios do equipamento. Valores maiores não significam automaticamente melhor proteção, pois o nível residual e a coordenação completa também precisam ser verificados.

7.5. TENSÃO RESIDUAL E NÍVEL DE PROTEÇÃO

A tensão residual é a tensão nos terminais do para-raios durante a passagem de uma corrente de impulso especificada. Para diferentes formas e amplitudes de corrente, o equipamento apresenta valores residuais diferentes.

A coordenação deve comparar os níveis de proteção com a suportabilidade da isolação do equipamento protegido, considerando margens, dispersões e os efeitos das conexões.

7.6. CAPACIDADE DE ENERGIA E TRANSFERÊNCIA DE CARGA

O para-raios absorve e dissipa energia durante os eventos. A capacidade necessária depende do sistema, das manobras, do comprimento das linhas, dos equipamentos conectados e dos cenários de contingência.

As edições atuais das normas podem utilizar parâmetros de transferência de carga e energia térmica em vez de classificações antigas. A especificação deve usar a terminologia da norma adotada e os resultados dos estudos.

7.7. SUPORTABILIDADE A CURTO-CIRCUITO

Uma falha interna não pode ser tratada apenas como perda da função de proteção. O equipamento deve possuir comportamento de alívio e suportabilidade compatível com a corrente de curto-circuito disponível no ponto de instalação.

A corrente prospectiva, a duração, a construção do invólucro e os critérios de segurança precisam constar na especificação.

7.8. DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO E POLUIÇÃO

A isolação externa deve ser adequada ao nível de poluição, à salinidade, à poeira industrial, à umidade e ao ambiente. A simples escolha por classe de tensão não garante desempenho contra descargas superficiais.

7.9. ESFORÇOS MECÂNICOS

Terminais, condutores, conexões, vento, vibração, sismo e esforços de curto-circuito podem impor solicitações mecânicas. A estrutura de suporte e os terminais do equipamento precisam ser compatibilizados com os esforços previstos.

8. COMO SELECIONAR UM PARA-RAIOS PARA 13,8 KV OU 15 KV

A busca por **para-raios 15 kV** é comum, mas a indicação comercial não contém todas as informações necessárias. Para uma instalação nominal de 13,8 kV, por exemplo, o projetista deve verificar pelo menos:

Não existe uma relação universal em que toda rede de 13,8 kV receba o mesmo para-raios. Sistemas solidamente aterrados, isolados ou aterrados por impedância podem impor tensões fase-terra e TOVs diferentes.

A denominação 15 kV também pode se referir à classe do equipamento do sistema e não necessariamente à tensão nominal ou contínua do para-raios. A placa e a folha de dados precisam ser interpretadas conforme a norma do produto.

9. INFLUÊNCIA DO ESQUEMA DE ATERRAMENTO

O comportamento durante faltas à terra depende de como o neutro do sistema é aterrado. Em um sistema solidamente aterrado, a elevação de tensão nas fases sãs tende a ser diferente daquela observada em sistemas isolados ou aterrados por impedância.

Essa diferença influencia:

A seleção deve usar dados do estudo do sistema. Presumir o aterramento apenas pelo nível de tensão pode resultar em equipamento subdimensionado ou em nível de proteção desnecessariamente elevado.

10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

A coordenação de isolamento seleciona os níveis de suportabilidade dos equipamentos e os níveis de proteção para que a probabilidade de falha permaneça dentro do critério do projeto.

Ela relaciona:

O para-raios não pode ser especificado isoladamente. Seu nível de proteção precisa ser comparado com o nível básico de isolamento do transformador, do cabo, do cubículo e

dos demais componentes protegidos.

Coordenação de isolamento integrada ao projeto da subestação

A seleção de U_c , U_r , TOV, nível residual, energia e posição física do para-raios precisa ser compatibilizada com o transformador, os cabos, o aterramento e os estudos elétricos.

[Conhecer o serviço de Projeto de Subestação de Média Tensão e Cabine Primária](#)

10.1. MARGEM DE PROTEÇÃO

A margem não é apenas a diferença numérica entre dois valores de catálogo. Devem ser considerados o impulso relevante, a tolerância da isolação, o envelhecimento, a dispersão dos parâmetros e a elevação de tensão causada pelas conexões.

10.2. NÍVEL BÁSICO DE ISOLAMENTO

Em documentos de projeto, é comum a referência ao nível básico de isolamento ou à tensão suportável nominal de impulso atmosférico. A terminologia e os valores devem ser consistentes com a norma do equipamento e com a classe de tensão.

11. COMPRIMENTO DAS CONEXÕES E EFEITO DA INDUTÂNCIA

A tensão efetivamente aplicada ao equipamento protegido pode ser maior que a tensão residual declarada para o para-raios. A corrente de impulso atravessa os condutores de conexão e produz uma componente adicional de tensão associada à indutância.

Por isso, as ligações entre fase, para-raios e terra devem ser tão curtas e diretas quanto praticável. Curvas pronunciadas, laços e percursos desnecessários aumentam a indutância e degradam o nível de proteção efetivo.

A ABNT NBR 14039 estabelece que a ligação à terra dos para-raios de resistência não linear seja a mais curta possível e evite curvas e ângulos pronunciados.

A distância física até o equipamento protegido também importa. Ondas viajantes e reflexões podem produzir tensões maiores em pontos afastados, especialmente em instalações com cabos, linhas e barramentos extensos.

12. INTEGRAÇÃO COM A MALHA DE ATERRAMENTO

A corrente do surto precisa retornar ao sistema por um caminho de baixa impedância impulsiva. O valor da resistência de aterramento em baixa frequência, isoladamente, não descreve todo o comportamento durante um impulso rápido.

O projeto deve coordenar:

A malha de aterramento da subestação deve ser tratada como parte do sistema de proteção, e não como elemento independente do para-raios.

13. PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES

Transformadores são equipamentos críticos e possuem suportabilidade dielétrica definida para seus terminais e enrolamentos. Para-raios podem ser instalados próximos aos terminais de alta, média ou baixa tensão conforme a arquitetura e os estudos.

A proteção deve considerar:

A presença de um para-raios na entrada da subestação não garante automaticamente a proteção adequada de um transformador distante.

14. PROTEÇÃO DE CABOS E TRANSIÇÕES AÉREO-SUBTERRÂNEAS

A transição entre linha aérea e cabo isolado é um ponto relevante porque o surto encontra uma mudança de impedância e pode produzir reflexões. Para-raios próximos à terminação podem limitar a tensão aplicada ao cabo e aos acessórios.

Devem ser considerados:

A necessidade de proteção em uma ou nas duas extremidades depende da configuração e dos estudos, não apenas do comprimento do cabo.

15. PROTEÇÃO DE LINHAS, REATORES E BANCOS DE CAPACITORES

Entradas de linha podem receber surtos atmosféricos provenientes do sistema externo. Reatores e bancos de capacitores também podem ser submetidos a transitórios de manobra e sobretensões específicas.

Em bancos de capacitores, a energização, o chaveamento *back-to-back* e as faltas internas ou externas devem ser considerados. Em reatores, a interrupção de pequenas correntes indutivas pode produzir sobretensões relevantes.

A seleção do para-raios deve resultar dos estudos de manobra e da suportabilidade dos equipamentos. A aplicação de um mesmo modelo em todas as posições pode ser inadequada quando as solicitações de energia e tensão são diferentes.

16. CONDIÇÕES AMBIENTAIS E INSTALAÇÃO

A folha de dados deve registrar as condições reais do local:

Em altitudes elevadas, a redução da rigidez dielétrica do ar pode exigir correções na isolação externa e nos afastamentos. Ambientes poluídos podem demandar maior distância de escoamento, perfis específicos ou critérios de lavagem.

17. CONTADORES DE DESCARGA E MONITORAMENTO

O para-raios pode ser associado a contadores de descarga, indicadores de corrente de fuga ou monitores mais completos. Esses dispositivos ajudam a registrar eventos e acompanhar tendências, mas não substituem a avaliação técnica do equipamento.

Um contador informa quantas operações ultrapassaram seu limiar, sem necessariamente indicar a energia de cada evento ou a condição interna dos varistores. A corrente de fuga total também pode ser influenciada pela contaminação superficial e pelas condições ambientais.

O monitoramento deve ser interpretado junto de inspeções, histórico, medições comparativas, condições do sistema e recomendações do fabricante.

18. MODOS DE FALHA E DEGRADAÇÃO

Entre os mecanismos que podem comprometer o desempenho estão:

Uma falha pode resultar em perda silenciosa da função, aquecimento, atuação de dispositivos de alívio ou ruptura. Por isso, a especificação deve incluir suportabilidade a curto-circuito e critérios de segurança.

19. INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E DIAGNÓSTICO

A manutenção deve seguir criticidade, ambiente, histórico e instruções do fabricante. A avaliação pode incluir, conforme o equipamento e o plano de manutenção:

Uma leitura isolada não deve ser usada para condenar ou aprovar o equipamento sem considerar método, temperatura, umidade, tensão aplicada e referência do fabricante.

Intervenções em subestações exigem procedimentos de segurança, desenergização, bloqueio, aterramento temporário e profissionais qualificados. Este artigo não constitui procedimento de ensaio em equipamento energizado.

20. ENSAIOS DE FÁBRICA E RECEBIMENTO

A especificação deve definir os ensaios de tipo, rotina, recebimento e especiais aplicáveis. Entre os aspectos verificados pelas normas do produto estão características de proteção, tensão residual, descarga parcial, estanqueidade, suportabilidade mecânica, comportamento térmico e desempenho em curto-circuito.

No recebimento, a documentação deve permitir verificar:

21. COMISSIONAMENTO E ACEITE TÉCNICO

O comissionamento deve confirmar a coerência entre projeto, equipamento fornecido e instalação executada.

A verificação pode abranger:

O aceite não deve se limitar à presença física do equipamento. A seleção elétrica e a geometria da instalação fazem parte do desempenho esperado.

22. CHECKLIST DE ESPECIFICAÇÃO

Uma folha de dados completa deve conter, conforme a aplicação:

23. EXEMPLO CONCEITUAL DE SELEÇÃO

Considere um transformador alimentado por uma linha aérea de média tensão. O processo de engenharia não começa pela escolha de um catálogo de 15 kV.

Primeiro, são definidos a tensão máxima do sistema e o aterramento. Em seguida, avaliam-se as TOVs associadas a faltas e condições anormais. Depois, são identificados o nível de isolamento do transformador, a corrente de curto-circuito, as condições ambientais e a energia dos surtos esperados.

Com essas informações, selecionam-se U_c , U_r , níveis residuais, capacidade de energia ou transferência de carga, suportabilidade a curto-circuito e invólucro. Por fim, verifica-se a margem de proteção considerando o comprimento das ligações e a distância ao transformador.

O exemplo demonstra o método. Valores finais dependem do sistema, da norma, do fabricante e dos estudos aplicáveis.

24. ERROS COMUNS

24.1. CONFUNDIR PARA-RAIOS DE SUBESTAÇÃO COM CAPTOR DO SPDA

O captor intercepta descargas sobre a estrutura. O para-raios de subestação limita sobretensões nos condutores do sistema elétrico.

24.2. ESCOLHER APENAS PELA TENSÃO NOMINAL DA REDE

A tensão contínua, a TOV e o esquema de aterramento são determinantes. A indicação 15 kV não é suficiente.

24.3. IGNORAR O NÍVEL RESIDUAL

Um equipamento pode suportar o sistema e ainda apresentar nível de proteção inadequado para a isolação protegida.

24.4. USAR CONEXÕES LONGAS

Condutores longos e com laços aumentam a tensão efetiva durante o impulso e reduzem a margem de proteção.

24.5. DESCONSIDERAR A DISTÂNCIA ATÉ O EQUIPAMENTO

Ondas viajantes e reflexões podem elevar a tensão no terminal protegido quando o para-raios está distante.

24.6. IGNORAR A TOV

Um para-raios com U_c muito baixa pode entrar em instabilidade durante faltas à terra ou outras sobretensões temporárias.

24.7. NÃO VERIFICAR A CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

A falha interna precisa ocorrer de modo compatível com os critérios de segurança e com a corrente disponível no ponto.

24.8. TRATAR CONTADOR DE DESCARGAS COMO DIAGNÓSTICO COMPLETO

O número de operações não informa sozinho a condição dos blocos, a energia absorvida ou a vida remanescente.

24.9. NÃO ATUALIZAR O PROJETO COMO CONSTRUÍDO

Posição, modelo, Uc, Ur, conexão de terra e acessórios devem permanecer rastreáveis na documentação.

25. APLICABILIDADE NORMATIVA

A ABNT NBR 14039 trata das instalações elétricas de média tensão entre 1,0 kV e 36,2 kV em seu campo de aplicação. Ela estabelece proteção contra sobretensões e determina que a ligação à terra dos para-raios de resistência não linear seja curta e evite curvas pronunciadas.

A série IEC 60099 contém requisitos e orientações para para-raios. A Parte 4 trata de para-raios de óxido metálico sem centelhadores para sistemas de corrente alternada. A Parte 5 apresenta recomendações de seleção e aplicação. Devem ser consultadas as edições vigentes e as adoções brasileiras disponíveis no Catálogo ABNT.

A série IEC 60071 fornece a base para coordenação de isolamento. Os requisitos de concessionárias, proprietários, documentos de outorga e procedimentos do ONS podem complementar as normas gerais.

O Submódulo 2.6 do ONS aplica-se às instalações definidas em seu objetivo. Seus requisitos de para-raios não devem ser transpostos automaticamente para toda subestação industrial ou cabine primária.

26. CONCLUSÃO

O para-raios é um componente essencial da coordenação de isolamento. Sua função não se resume a desviar raios: ele limita sobretensões atmosféricas e de manobra, protege a isolação e precisa suportar as tensões temporárias e a energia previstas para o sistema.

Uma especificação consistente integra Uc, Ur, TOV, níveis residuais, capacidade de energia, curto-circuito, poluição, altitude, conexão à malha e distância ao equipamento protegido.

O **Projeto de Subestação de Média Tensão e Cabine Primária** deve coordenar esses parâmetros com o diagrama unifilar, os estudos elétricos, o aterramento, os níveis de

isolamento, a disposição física e o plano de comissionamento.

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14039:2021 — Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Consultar edição vigente no Catálogo ABNT.

[2] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60099-4 — Surge arresters — Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems. Consultar edição vigente.

[3] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60099-5 — Surge arresters — Part 5: Selection and application recommendations. Consultar edição vigente.

[4] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60071 — Insulation co-ordination. Consultar partes e edições aplicáveis.

[5] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Submódulo 2.6 — Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos. Aplicar conforme o enquadramento do documento.

Qual é a função do para-raios em uma subestação? Ele limita sobretensões transitórias e conduz a corrente do surto para a malha de aterramento, reduzindo a tensão aplicada à isolação dos equipamentos. **Para-raios de subestação é o mesmo que SPDA?** Não. O SPDA protege a estrutura contra descargas atmosféricas. O para-raios de subestação é conectado ao sistema elétrico primário para limitar sobretensões nos condutores. **O que significa para-raios tipo estação?** É uma designação usada para equipamentos destinados a aplicações de subestação. A seleção real deve verificar U_c , U_r , níveis residuais, energia, curto-circuito, invólucro e demais parâmetros normativos. **Como escolher um para-raios para rede de 13,8 kV?** A escolha depende da tensão máxima do sistema, aterramento, sobretensões temporárias, isolamento protegido, energia dos surtos, curto-circuito e ambiente. A indicação comercial de 15 kV não é suficiente. **O que é U_c ou MCOV?** É a tensão eficaz que pode permanecer continuamente aplicada aos terminais do para-raios nas condições especificadas. **O que é a curva TOV?** É a relação entre magnitude e duração das sobretensões temporárias que o para-raios pode suportar sem entrar em instabilidade térmica. **O que é tensão residual?** É a tensão que aparece nos terminais do para-raios durante a passagem de uma corrente de impulso especificada. Ela participa da definição do nível de proteção. **Por que o cabo de terra do para-raios deve ser curto?** Porque a indutância do condutor produz tensão adicional durante o impulso. Ligações longas, curvas e laços reduzem a proteção efetiva. **O para-raios deve ficar próximo ao transformador?** A proximidade geralmente melhora a proteção, mas a posição

final depende da coordenação de isolamento, das ondas viajantes, dos cabos e da arquitetura da subestação. **Como verificar a condição de um para-raios?** A avaliação pode combinar inspeção visual, conexões, termografia, corrente de fuga, contadores, histórico e métodos do fabricante. Uma leitura isolada não determina sozinha a condição do equipamento.

Soluções

Serviços de engenharia

Materiais técnicos complementares

Conteúdos correlatos

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.