

TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA EM SUBESTAÇÕES: TIPOS, COMPONENTES E CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO

Entenda transformadores de potência em subestações: tipos, componentes, proteção, refrigeração, OLTC, ensaios e critérios de especificação.

SUMÁRIO

1. O QUE É UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	4
1.1. TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA NÃO É TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	5
2. COMO FUNCIONA O TRANSFORMADOR	5
2.1. RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO	5
2.2. POTÊNCIA NOMINAL	6
3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	6
3.1. TRANSFORMADOR DE DOIS ENROLAMENTOS	6
3.2. TRANSFORMADOR DE TRÊS ENROLAMENTOS	6
3.3. AUTOTRANSFORMADOR	6
3.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR E ABAIXADOR	7
3.5. TRANSFORMADOR IMERSO EM LÍQUIDO ISOLANTE	7
3.6. TRANSFORMADOR A SECO	7
4. COMPONENTES PRINCIPAIS	7
4.1. NÚCLEO MAGNÉTICO	7
4.2. ENROLAMENTOS	8
4.3. TANQUE E TAMPA	8
4.4. BUCHAS	8
4.5. RADIADORES, VENTILADORES E BOMBAS	8
4.6. CONSERVADOR E SISTEMA DE EXPANSÃO	8
4.7. SÍLICA GEL E RESPIRO	8
4.8. COMUTADOR DE DERIVAÇÕES	8
4.9. RELÉ BUCHHOLZ	9
4.10. DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO	9
4.11. INDICADORES E SENSORES	9
5. DADOS DE PLACA E CARACTERÍSTICAS NOMINAIS	9
5.1. GRUPO DE LIGAÇÃO	9
5.2. IMPEDÂNCIA DE CURTO-CIRCUITO	10
6. CLASSES DE REFRIGERAÇÃO	10
7. CRITÉRIOS PARA ESPECIFICAÇÃO	10
7.1. POTÊNCIA E PERFIL DE CARGA	10
7.2. TENSÕES, DERIVAÇÕES E REGULAÇÃO	11
7.3. CURTO-CIRCUITO E SUPORTABILIDADE	11
7.4. NÍVEIS DE ISOLAMENTO	11
7.5. PERDAS E EFICIÊNCIA	11

7.6. HARMÔNICOS E CARGAS ESPECIAIS	11
7.7. AMBIENTE E INSTALAÇÃO	12
8. PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR	12
9. NEUTRO E ATERRAMENTO	12
10. INTEGRAÇÃO COM O BAY E OS EQUIPAMENTOS DE MANOBRA	12
11. AUTOMAÇÃO, SCADA E MONITORAMENTO DE CONDIÇÃO	13
12. OBRAS CIVIS E PROTEÇÃO AMBIENTAL	13
13. TRANSPORTE, RECEBIMENTO E MONTAGEM	13
14. ENSAIOS E COMISSONAMENTO	14
15. MANUTENÇÃO E DIAGNÓSTICO	14
16. MODERNIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO	14
17. APLICABILIDADE NORMATIVA	15
18. EXEMPLO CONCEITUAL DE ESPECIFICAÇÃO	15
19. ERROS COMUNS	15
20. COMO CONTRATAR A ENGENHARIA RELACIONADA	15
21. CONCLUSÃO	16
21.0.1. Soluções	17
21.0.2. Serviços de engenharia	17
21.0.3. Materiais técnicos	17
21.0.4. Conteúdos correlatos	17

Um **transformador de potência** transfere energia elétrica entre circuitos por indução eletromagnética, alterando os níveis de tensão e corrente sem modificar a frequência do sistema. Em subestações, ele conecta redes com diferentes classes de tensão e influencia diretamente a capacidade, as perdas, o nível de curto-circuito, a proteção e a disponibilidade da instalação.

A seleção não pode ser reduzida à potência em kVA ou MVA. Tensões, grupo de ligação, impedância, níveis de isolamento, refrigeração, perdas, regime de carga, comutação de derivações, suportabilidade ao curto-circuito, aterramento do neutro, proteção e condições ambientais precisam ser tratados como um conjunto.

Este artigo apresenta os tipos, componentes, dados de placa, critérios de especificação, sistemas de proteção, interfaces e documentos associados aos transformadores de potência. O conteúdo é conceitual e não substitui projeto executivo, estudos elétricos, procedimentos do proprietário, instruções do fabricante ou atividades conduzidas por profissionais habilitados.

Para compreender a posição do equipamento na instalação, consulte também [Subestação elétrica: o que é, tipos, componentes e funcionamento](#), [Bay de subestação](#) e [Diagrama unifilar de subestação](#).

1. O QUE É UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

O transformador de potência é um equipamento estático formado essencialmente por circuito magnético, enrolamentos e sistema de isolamento. A energia aplicada ao enrolamento primário cria fluxo magnético no núcleo, induzindo tensão nos demais enrolamentos conforme a relação de espiras.

Em uma subestação, sua função pode ser:

O equipamento deve ser analisado como parte da subestação. Seu desempenho depende das proteções, dos dispositivos de manobra, do sistema de aterramento, das obras civis, da contenção de óleo, da ventilação, do SCADA e dos procedimentos de operação e manutenção.

1.1. TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA NÃO É TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

A sigla **TP** pode causar confusão. Em muitos documentos, TP significa transformador de potencial ou transformador de tensão, um transformador para instrumentos usado em medição e proteção. Já o transformador de potência transfere energia em escala compatível com a carga ou com a interligação entre sistemas.

As diferenças principais são:

Equipamento	Função principal	Potência transferida	Aplicação típica
Transformador de potência	transferência de energia e mudança de nível de tensão	kVA ou MVA	alimentação, transmissão e distribuição
Transformador de potencial ou tensão	reprodução proporcional da tensão	baixa carga secundária	medição, proteção e supervisão
Transformador de corrente	reprodução proporcional da corrente	baixa carga secundária	medição e proteção

TCs e TPs exigem critérios próprios de classes, cargas, saturação e desempenho transitório e serão tratados em artigo específico.

2. COMO FUNCIONA O TRANSFORMADOR

A relação entre as tensões dos enrolamentos é aproximadamente proporcional à relação entre seus números de espiras. As correntes apresentam relação inversa, respeitadas as perdas e o rendimento do equipamento.

O transformador não produz energia. Ele transfere potência entre circuitos e apresenta perdas no núcleo, nos enrolamentos e em partes estruturais. Essas perdas se convertem principalmente em calor, que precisa ser dissipado pelo sistema de refrigeração.

Os principais fenômenos considerados em projeto incluem:

2.1. RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO

A relação nominal é definida pelas tensões dos enrolamentos. Um transformador 138/13,8 kV, por exemplo, conecta dois sistemas cujas tensões nominais diferem por um fator aproximado de dez.

Essa indicação não descreve sozinha o equipamento. É necessário conhecer potência, frequência, grupo de ligação, derivações, impedância, níveis de isolamento e condições de refrigeração.

2.2. POTÊNCIA NOMINAL

A potência nominal indica a capacidade de fornecimento nas condições especificadas. Pode haver diferentes potências associadas aos estágios de refrigeração. Um mesmo transformador pode possuir uma potência com circulação natural e outra superior com ventiladores ou bombas em funcionamento.

O dimensionamento precisa considerar demanda, perfil de carga, crescimento, contingências, sobrecargas admissíveis conforme critérios aplicáveis, temperatura ambiente e estratégia de redundância.

3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

3.1. TRANSFORMADOR DE DOIS ENROLAMENTOS

Possui um enrolamento primário e um secundário principais. É comum em subestações industriais, comerciais e de distribuição, nas quais um nível de tensão alimenta outro.

A especificação deve declarar as tensões, a potência, o grupo de ligação, a impedância e a forma de regulação de tensão.

3.2. TRANSFORMADOR DE TRÊS ENROLAMENTOS

Inclui um terceiro enrolamento com função de alimentação adicional, estabilização, compensação ou conexão de cargas específicas. O desempenho entre pares de enrolamentos precisa ser definido por impedâncias e potências próprias.

A proteção e os estudos elétricos devem considerar as contribuições e os fluxos possíveis entre os três circuitos.

3.3. AUTOTRANSFORMADOR

No autotransformador, parte do enrolamento é comum aos lados de alta e baixa tensão. Essa construção pode reduzir massa, perdas e custo quando a relação entre tensões é relativamente próxima.

Entretanto, existe ligação elétrica entre os sistemas, o que afeta isolamento, aterramento, propagação de perturbações e estudos de curto-circuito. A decisão deve considerar a arquitetura completa do sistema.

3.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR E ABAIXADOR

A classificação depende do sentido de utilização. Um transformador elevador aumenta a tensão entre entrada e saída; o abaixador reduz. O mesmo princípio eletromagnético se aplica, mas o projeto e a coordenação do sistema dependem da função prevista.

3.5. TRANSFORMADOR IMERSO EM LÍQUIDO ISOLANTE

Transformadores imersos utilizam óleo mineral ou outro líquido isolante e refrigerante. O líquido auxilia o isolamento e transporta calor das partes ativas para o tanque e os radiadores.

Aspectos relevantes incluem:

3.6. TRANSFORMADOR A SECO

Transformadores a seco utilizam isolamento sólido e circulação de ar para refrigeração. São comuns em instalações internas, edifícios, indústrias e locais nos quais requisitos de incêndio, contenção ou ambiente favorecem essa tecnologia.

Não são automaticamente superiores aos imersos. A escolha depende de potência, tensão, ventilação, ruído, classe térmica, ambiente, manutenção, custo e requisitos de continuidade.

Critério	Imerso em líquido	A seco	Refrigeração	líquido e superfícies de troca térmica
ar	natural ou forçado	Instalação	interna ou externa, conforme projeto	frequentemente
interna	Contenção	exige análise do líquido e das bacias	não possui volume de óleo	equivalente
Monitoramento	óleo, gases, temperatura, pressão e nível	temperatura, ventilação e condição do isolamento	Potência e aplicação	ampla faixa, incluindo grandes potências
comum em média tensão e aplicações internas	Risco de incêndio	depende do líquido e da proteção	depende dos materiais, carga e instalação	

4. COMPONENTES PRINCIPAIS

4.1. NÚCLEO MAGNÉTICO

O núcleo conduz o fluxo magnético entre os enrolamentos. Sua geometria e seus materiais influenciam perdas em vazio, corrente de magnetização, ruído e desempenho durante condições transitórias.

4.2. ENROLAMENTOS

Os enrolamentos são condutores isolados organizados para suportar tensões, correntes e esforços térmicos e mecânicos. Podem ser fabricados em cobre ou alumínio e utilizar diferentes geometrias conforme potência e aplicação.

4.3. TANQUE E TAMPA

Em transformadores imersos, o tanque contém a parte ativa e o líquido isolante. Deve resistir às condições de serviço, transporte, vácuo ou pressão previstas e incorporar conexões, inspeções e acessórios.

4.4. BUCHAS

As buchas permitem a passagem isolada dos condutores através do tanque ou invólucro. Sua classe de tensão, corrente, isolamento, distância de escoamento e interfaces mecânicas precisam ser compatíveis com o sistema.

4.5. RADIADORES, VENTILADORES E BOMBAS

Esses componentes removem o calor gerado pelas perdas. O sistema pode operar por circulação natural ou forçada de óleo e ar. A indisponibilidade de ventiladores ou bombas pode reduzir a potência disponível e deve ser supervisionada quando relevante.

4.6. CONSERVADOR E SISTEMA DE EXPANSÃO

O conservador absorve variações de volume do líquido decorrentes da temperatura. Pode trabalhar com bolsa ou membrana para limitar o contato do óleo com o ar. Outras construções utilizam tanque selado ou sistemas próprios de compensação.

4.7. SÍLICA GEL E RESPIRO

Em sistemas que respiram para a atmosfera, o dessecante reduz a entrada de umidade. Cor, saturação e condição do conjunto precisam ser acompanhadas conforme o plano de manutenção.

4.8. COMUTADOR DE DERIVAÇÕES

O comutador altera a relação de transformação por meio de derivações do enrolamento.

O OLTC é um subsistema complexo, com mecanismo, contatos, compartimento, acionamento, controle e manutenção próprios. Seu número de operações, corrente,

posição e alarmes podem ser integrados ao monitoramento.

4.9. RELÉ BUCHHOLZ

O relé Buchholz é aplicado em determinados transformadores imersos com conservador. Ele pode responder ao acúmulo de gases e ao movimento do líquido associados a anomalias internas.

Sua atuação não deve ser interpretada isoladamente. A análise precisa considerar alarmes, desligamentos, amostragem de gás, resultados do óleo, eventos elétricos e inspeção do equipamento.

4.10. DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO

O dispositivo de alívio limita pressões internas anormais conforme a concepção do tanque. Pode fornecer indicação local e contato para supervisão.

4.11. INDICADORES E SENSORES

Entre os instrumentos usuais estão:

5. DADOS DE PLACA E CARACTERÍSTICAS NOMINAIS

A placa e a documentação técnica consolidam as características do equipamento. Entre os dados relevantes estão:

A leitura da placa deve ser combinada com desenhos, relatório de ensaios, manual, lista de acessórios e dados do sistema.

5.1. GRUPO DE LIGAÇÃO

O grupo de ligação informa como os enrolamentos estão conectados e a defasagem angular entre tensões. Ele afeta aterramento, paralelismo, circulação de correntes, proteção e comportamento de componentes de sequência zero.

Transformadores destinados a operar em paralelo precisam ter compatibilidade de relação, polaridade, sequência de fases, grupo vetorial, impedância e demais condições previstas pelo estudo.

5.2. IMPEDÂNCIA DE CURTO-CIRCUITO

A impedância influencia a corrente de falta, a queda de tensão e o compartilhamento de carga em paralelo. Uma impedância menor tende a elevar a corrente de curto-circuito; uma maior limita a corrente, mas pode aumentar a regulação de tensão.

Esse parâmetro não deve ser escolhido isoladamente. Ele precisa ser coordenado com disjuntores, barramentos, cabos, proteção e desempenho da carga.

A especificação do transformador precisa nascer dos estudos e da arquitetura da subestação.

Potência, impedância, grupo de ligação, proteção, aterramento, refrigeração e interfaces civis devem ser consolidados em um projeto rastreável, e não definidos por uma ficha comercial isolada.

Conhecer o serviço de Projeto de Subestação de Média Tensão e Cabine Primária

6. CLASSES DE REFRIGERAÇÃO

A designação de refrigeração descreve o meio interno, o mecanismo de circulação e a forma de resfriamento externo. Exemplos correntes incluem circulação natural ou forçada de líquido e ar.

O projeto deve considerar:

A nomenclatura e os critérios devem seguir a norma e a documentação aplicáveis ao equipamento.

7. CRITÉRIOS PARA ESPECIFICAÇÃO

7.1. POTÊNCIA E PERFIL DE CARGA

O dimensionamento precisa partir da carga atual, do crescimento previsto, do fator de carga, de picos, da presença de motores, retificadores, fornos, geração local e outras cargas especiais.

Uma margem arbitrária pode elevar custos, perdas em vazio e dimensões sem melhorar a confiabilidade. Da mesma forma, dimensionamento insuficiente reduz vida térmica e restringe a expansão.

7.2. TENSÕES, DERIVAÇÕES E REGULAÇÃO

As tensões nominais devem ser compatíveis com a rede e com as variações esperadas. O intervalo, o passo e o tipo de comutação precisam ser definidos conforme a estratégia de regulação.

Quando houver OLTC, também devem ser especificados controle, medição, bloqueios, operação em paralelo e integração com o sistema supervisor.

7.3. CURTO-CIRCUITO E SUPORTABILIDADE

O transformador deve suportar os efeitos térmicos e mecânicos das faltas dentro das condições previstas. O estudo de curto-circuito fornece correntes e contribuições necessárias para especificar o equipamento e coordenar as proteções.

A impedância do transformador também altera as correntes disponíveis nos barramentos de baixa tensão. Por isso, a especificação e o [Estudo de Curto-Circuito, Seletividade e Coordenação de Proteções](#) devem evoluir de forma coordenada.

7.4. NÍVEIS DE ISOLAMENTO

Os níveis de isolamento devem ser compatíveis com a classe de tensão, o aterramento do sistema, as sobretensões e a coordenação de isolamento. Para-raios, afastamentos, buchas e conexões precisam formar um conjunto coerente.

7.5. PERDAS E EFICIÊNCIA

As perdas afetam custo operacional, aquecimento e ventilação. A avaliação deve separar perdas em vazio e em carga e considerar o perfil real de utilização ao longo da vida útil.

O menor preço de aquisição não representa necessariamente o menor custo total. Em equipamentos permanentemente energizados, perdas em vazio podem ter impacto relevante.

7.6. HARMÔNICOS E CARGAS ESPECIAIS

Conversores, inversores, retificadores e cargas não lineares podem aumentar perdas, aquecimento e esforços dielétricos. A especificação deve considerar o espectro harmônico, o carregamento do neutro e eventuais fatores de redução ou requisitos construtivos especiais.

7.7. AMBIENTE E INSTALAÇÃO

Devem ser avaliados:

8. PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR

A filosofia de proteção depende da potência, tensão, importância, aterramento e arquitetura. Funções usuais podem incluir:

A proteção deve considerar corrente de energização, saturação de TCs, grupo de ligação, compensações, contribuições de falta e zonas de atuação. Ajustes não devem ser definidos apenas por valores genéricos de fabricante.

O artigo [Disjuntores de média e alta tensão](#) apresenta a função do equipamento que executa a interrupção comandada pelas proteções.

9. NEUTRO E ATERRAMENTO

A ligação do neutro influencia correntes de sequência zero, proteção contra faltas à terra, sobretensões e segurança. O neutro pode ser solidamente aterrado ou conectado à terra por resistência, reatância ou outro arranjo definido pelo estudo.

Tanque, estruturas, radiadores, painéis e acessórios metálicos precisam ser equipotencializados conforme o projeto. A conexão à malha deve considerar corrente, esforço mecânico, corrosão, inspeção e interfaces com SPDA e proteção contra surtos.

Para aprofundamento, consulte [Sistema de aterramento de subestações](#) e o [e-book Aterramento Elétrico](#).

10. INTEGRAÇÃO COM O BAY E OS EQUIPAMENTOS DE MANOBRA

O transformador normalmente integra um bay com disjuntores, seccionadoras, TCs, para-raios, barramentos, cabos e sistemas de proteção.

O diagrama unifilar deve representar:

As [chaves seccionadoras em subestações](#) estabelecem isolamento e seleção de caminhos; os disjuntores interrompem correntes dentro de suas capacidades; o transformador realiza a conversão de tensão.

11. AUTOMAÇÃO, SCADA E MONITORAMENTO DE CONDIÇÃO

O sistema supervisório pode receber estados, alarmes e medições do transformador e de seus auxiliares. Entre os pontos possíveis estão:

A qualidade do dado, o selo de tempo, a prioridade de alarmes e o comportamento em perda de comunicação precisam ser definidos na arquitetura.

Monitoramento on-line pode acompanhar gases dissolvidos, umidade, buchas, descargas parciais, vibração ou outros parâmetros, conforme criticidade e tecnologia. A instalação de sensores não substitui critérios de diagnóstico, valores de referência, análise histórica e procedimentos de resposta.

12. OBRAS CIVIS E PROTEÇÃO AMBIENTAL

Transformadores de grande porte exigem coordenação com fundações, trilhos, vias de acesso, sistemas de drenagem, contenção de óleo, separações contra incêndio, paredes corta-fogo, ventilação e combate a incêndio.

A bacia ou sistema de contenção deve ser compatível com volume, drenagem, chuva, materiais e exigências ambientais. O projeto precisa impedir que vazamentos atinjam redes pluviais, solo ou áreas não controladas.

Também devem ser previstos acesso para inspeção, retirada de radiadores, manutenção de buchas, movimentação da parte ativa quando aplicável e substituição futura do equipamento.

13. TRANSPORTE, RECEBIMENTO E MONTAGEM

O planejamento deve considerar massa, centro de gravidade, dimensões, limitações de vias, pontes, guindastes, inclinações e condições de transporte.

No recebimento, a engenharia verifica integridade aparente, registradores de impacto quando previstos, pressão ou condição de transporte, acessórios, embalagens, documentação e divergências. A montagem deve seguir procedimentos do fabricante e critérios do projeto.

Essas atividades não devem ser improvisadas em campo. Responsabilidades, supervisão, recursos, condições ambientais e critérios de aceitação precisam estar documentados.

14. ENSAIOS E COMISSIONAMENTO

Os ensaios de fábrica demonstram características elétricas, dielétricas, térmicas e mecânicas previstas na especificação. O plano pode incluir ensaios de rotina, tipo e especiais conforme norma, contrato e criticidade.

No campo, as verificações precisam confirmar montagem, conexões, acessórios, óleo, aterramento, relação, resistência, isolamento, proteção, refrigeração, alarmes, comandos e integração. O conjunto exato depende do equipamento e do plano de comissionamento.

O aceite deve relacionar requisito, método, resultado, instrumento, responsável, pendência e evidência. Consulte o serviço de [Comissionamento e Aceite Técnico de Instalações Elétricas](#) e o [whitepaper sobre método de comissionamento e aceite](#).

15. MANUTENÇÃO E DIAGNÓSTICO

A estratégia deve combinar criticidade, histórico, recomendações do fabricante, condição e consequências de falha. Atividades possíveis incluem:

Um resultado isolado raramente deve ser interpretado sem contexto. Tendência, carga, temperatura, histórico, método e incerteza influenciam o diagnóstico.

A A3A apresenta esse ciclo no serviço de [Manutenção, Diagnóstico e Modernização de Subestações](#).

Diagnóstico confiável exige correlacionar condição, histórico, carga e criticidade.

Ensaio, análise do óleo, termografia, proteção, OLTC, refrigeração e dados operacionais precisam ser interpretados em conjunto para orientar manutenção, retrofit ou substituição.

Conhecer o serviço de Manutenção, Diagnóstico e Modernização de Subestações

16. MODERNIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO

A substituição pode ser motivada por aumento de carga, obsolescência, perdas, falhas, restrições ambientais, falta de peças, incompatibilidade com a proteção ou necessidade de automação.

Um retrofit pode envolver sensores, painéis, proteção, ventilação, OLTC, buchas, aterramento, contenção ou integração ao SCADA. Entretanto, nem toda modernização é tecnicamente ou economicamente justificável.

A análise deve comparar:

17. APLICABILIDADE NORMATIVA

A **ABNT NBR 14039** é uma referência central para instalações de média tensão entre 1,0 kV e 36,2 kV. Ela deve ser aplicada às interfaces do transformador com a instalação, proteção, manobra, aterramento, documentação e segurança, dentro de seu escopo.

A **série ABNT NBR 5356**, alinhada à série IEC 60076, trata dos transformadores de potência em suas diferentes partes. A seleção das partes aplicáveis depende do tipo, ensaio, isolamento, capacidade e condição de serviço do equipamento.

Para instalações abrangidas pela Rede de Operação, o **Submódulo 2.6 dos Procedimentos de Rede do ONS** pode estabelecer requisitos mínimos para subestações e equipamentos. Sua aplicabilidade depende do agente, da função e do enquadramento da instalação; não deve ser generalizada para qualquer cabine primária ou subestação industrial.

A **ABNT NBR 15751** apoia as interfaces do transformador com o sistema de aterramento da subestação, especialmente conexões, equipotencialização e critérios de segurança aplicáveis à malha.

Sempre confirme as edições vigentes no [Catálogo ABNT](#) e os Procedimentos de Rede na página oficial do [ONS](#).

18. EXEMPLO CONCEITUAL DE ESPECIFICAÇÃO

Considere uma subestação que precisa alimentar um barramento de 13,8 kV a partir de uma rede de tensão superior. A especificação não deve registrar apenas “transformador de determinada potência”. Ela precisa consolidar, entre outros pontos:

Os valores devem resultar dos estudos e das condições reais do empreendimento. O exemplo serve apenas para mostrar a estrutura da especificação.

19. ERROS COMUNS

20. COMO CONTRATAR A ENGENHARIA RELACIONADA

A contratação pode abranger projeto de subestação, especificação do transformador, estudos elétricos, coordenação de proteção, análise de aterramento, acompanhamento de fabricação, comissionamento, diagnóstico ou modernização.

O escopo deve informar:

O destino comercial principal deste conteúdo é o serviço de [Projeto de Subestação de Média Tensão e Cabine Primária](#).

21. CONCLUSÃO

O transformador de potência é um dos equipamentos mais determinantes da subestação. Ele define a interface entre níveis de tensão e influencia capacidade, perdas, curto-circuito, proteção, aterramento, obras civis e continuidade.

Uma especificação tecnicamente consistente combina dados do sistema, estudos elétricos, normas, condições ambientais, proteção, automação, ensaios e documentação. Avaliar apenas potência e relação de tensão cria lacunas que surgem posteriormente em forma de incompatibilidades, perdas, restrições operacionais ou riscos de falha.

O equipamento deve ser tratado como parte de uma arquitetura integrada, desde o diagrama unifilar e o bay até o comissionamento, a manutenção e a modernização.

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

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Série ABNT NBR 5356 – Transformadores de potência. Consultar partes e edições vigentes no Catálogo ABNT.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15751 – Sistemas de aterramento de subestações. Consultar edição vigente no Catálogo ABNT.

[4] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Submódulo 2.6 – Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos. Consultar versão vigente.

O que é um transformador de potência? É um equipamento estático que transfere energia entre circuitos por indução eletromagnética, normalmente alterando os níveis de tensão e corrente. **Qual é a diferença entre transformador de potência e transformador de potencial?** O transformador de potência transfere energia em kVA ou MVA. O transformador de potencial reproduz uma tensão proporcional para medição, proteção ou supervisão. **Transformador a seco ou a óleo: qual é melhor?** Não existe uma resposta universal. A escolha depende de potência, tensão, ambiente, ventilação, risco de incêndio, contenção, manutenção, ruído e custo total. **O que significa a impedância do transformador?** É um parâmetro que influencia a queda interna de tensão, a corrente de curto-circuito e o compartilhamento de carga entre transformadores em paralelo. **O que é o grupo de ligação?** É a representação das conexões dos enrolamentos e da defasagem

angular entre as tensões, com impacto em aterramento, paralelismo e proteção. **O que é OLTC?** É o comutador de derivações sob carga, utilizado para alterar a relação de transformação durante operação dentro das condições previstas pelo equipamento. **Para que serve o relé Buchholz?** Em determinados transformadores imersos com conservador, ele detecta condições associadas ao acúmulo de gases ou ao movimento do líquido e fornece alarme ou atuação conforme o projeto. **Quais proteções são usadas em transformadores de potência?** A filosofia pode incluir diferencial, falta à terra, sobrecorrente, sobre-excitação, temperatura, Buchholz, pressão, nível de óleo e falha da refrigeração, conforme a aplicação. **A NBR 14039 é suficiente para especificar o transformador?** Não isoladamente. Ela apoia as instalações de média tensão, mas a especificação também depende da série ABNT NBR 5356, estudos elétricos, requisitos do sistema e documentação do fabricante. **Todo transformador de subestação precisa atender aos Procedimentos de Rede do ONS?** Não. A aplicabilidade depende do agente, da função da instalação e de seu enquadramento na Rede de Operação.

21.0.1. Soluções

21.0.2. Serviços de engenharia

21.0.3. Materiais técnicos

21.0.4. 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.