

Capítulo VI

A importância das especificações técnicas nos projetos de subestações

INTRODUÇÃO

As especificações técnicas dos materiais e equipamentos de uma subestação de alta tensão constituem uma tarefa bastante complexa por envolver grande quantidade de normas técnicas nacionais, internacionais e da concessionária onde será implantado o empreendimento.

As normas a que nos referimos anteriormente não se limitam àquelas específicas da área de eletricidade, mas muitas normas de outras áreas da engenharia, por exemplo, as especificações da área de engenharia mecânica. Isso ocorre porque os equipamentos elétricos são construídos dentro de vasos metálicos, tais como transformadores, disjuntores, transformadores de medida etc. que necessitam da especificação das chapas, proteção anticorrosiva, limpeza dos metais, zincagem dos elementos ferrosos, pintura de base etc.

As especificações técnicas, no geral, não devem definir as dimensões e os volumes dos equipamentos, definir seções dos fios e barras utilizados no interior dos equipamentos, tipos de conectores e soldas utilizados nas conexões internas e outras particularidades semelhantes, cujo dimensionamento e aplicação fazem parte do desenvolvimento do projeto do equipamento pelo fabricante e que é de sua responsabilidade.

As especificações técnicas precisam focar nos parâmetros elétricos que devem ser respeitados no projeto do equipamento, pois os fabricantes possuem as suas tecnologias de fabricação próprias, seus padrões de dimensões de cubículos e armários metálicos e assim por diante.

Outro termo muito utilizado antigamente e ainda presente

em algumas especificações é a citação de dados técnicos de um determinado fabricante, citando o seu nome e o modelo do equipamento que atende as necessidades do projeto e acrescentar o termo “e similares”. É um termo muito genérico para ser utilizado numa especificação técnica que deve ser clara em tudo que definido.

PROJETO CONCEITUAL

Os projetos de subestações de alta tensão, em geral, passam por diferentes etapas até chegar ao canteiro de obra. Inicialmente, o interessado pelo empreendimento, que aqui chamaremos de “cliente”, procura uma empresa de projeto chamada aqui de projetista e solicita da mesma um pré-projeto, normalmente conhecido como “Projeto Conceitual”. Esse tipo de projeto define as diretrizes que devem ser seguidas para o pleno êxito das etapas que se seguem. No projeto conceitual define-se o arranjo da subestação com base na sua importância quanto à confiabilidade e continuidade do serviço. Esse primeiro passo deve ser muito bem avaliado, pois ele atinge diretamente o valor do investimento.

Suponhamos uma subestação de 138 kV, que não faz parte da Rede Básica, que atenda a um empreendimento onde uma interrupção no fornecimento de energia não resulta em danos à população e nem coloca em risco a vida das pessoas. Somente há perdas financeiras por parada da produção. Claro que isto pode impactar financeiramente os proprietários do empreendimento, mas o impacto poderia, por exemplo, ser minimizado com o alongamento do turno de trabalho por um breve período de tempo.

Nessa avaliação a projetista juntamente com o interessado

do empreendimento pode definir o arranjo da subestação adotando um barramento duplo, 1 disjuntor a quatro chaves, configuração essa que permite recursos operacionais de manobra a depender do local do defeito, em geral defeitos monopulares. Após a manobra de algumas chaves e disjuntores a subestação retornaria à sua operação num curto espaço de tempo e assim permaneceria até que num tempo apropriado fosse desligada para reparo do defeito. Deve-se levar em conta que muitos desses reparos poderiam ser solucionados utilizando técnicas de linha viva evitando o desligamento da subestação e conseqüentemente perda de produção.

Em contraponto, a projetista poderia adotar um barramento simples explicando ao cliente os pontos favoráveis e desfavoráveis dessa solução, ao mesmo tempo informando a diferença de investimento inicial entre as duas soluções. Duas subestações com mesma capacidade nominal de transformação, mas com dois arranjos diferentes, conforme definimos anteriormente, poderiam apresentar uma diferença de investimento superior até uma vez e meia ou mais quando comparadas as duas soluções.

O projeto conceitual tem uma importância fundamental no custo total da obra. Também o projeto pode ser utilizado como parte da documentação para a obtenção de licença preliminar dos

órgãos do meio ambiente e também como parte da documentação para a obtenção junto à concessionária do documento denominado de AVT – Avaliação de Viabilidade Técnica, sem o qual o projeto como um todo poderia tornar-se extremamente caro devido a não existência de condições técnicas adequadas da rede elétrica da concessionária para alimentação da subestação, demandando então vultosos investimentos na construção de alimentadores ou na implantação de nova subestação da concessionária.

PROJETO BÁSICO

Se o cliente conseguiu toda a documentação necessária para o prosseguimento do projeto, então entraríamos numa segunda fase denominada de Projeto Básico. Esse projeto tem como objetivo fornecer ao cliente a condição de o mesmo fazer o chamamento no mercado das empresas construtoras e/ou montadoras de subestações para apresentarem propostas visando a construção e montagem da subestação. Assim, todos entrarão no certame no mesmo pé de igualdade. Isso normalmente ocorre quando o cliente faz parte da administração pública segundo a Lei 8666/93 que obriga a realização de licitação seguindo um rito processual bastante conhecido pelas empresas privadas.

TRANSFORMADORES DE FORÇA

A confiabilidade da tecnologia Romagnole, aliada a mão de obra capacitada de seus colaboradores, garante um posicionamento de destaque no mercado de transformadores de força na América Latina.

Transformador trifásico de força com enchimento integral



Transformadores com potências entre 500 kVA até 8 MVA, nas classes de 15, 24,2 e 38,2 kV

CONHEÇA NOSSAS LINHAS DE TRANSFORMADORES DE FORÇA PARA APLICAÇÕES EM SUBESTAÇÕES INDUSTRIAIS, DE CONCESSIONÁRIAS E USINAS RENOVÁVEIS.

Poderíamos definir o Projeto Básico como sendo aquele que começa com o projeto conceitual e termina no limite do início do Projeto Executivo. Há muitas queixas no noticiário sobre determinadas obras sofrerem reajustes incompatíveis com o valor licitado. Se há lisura no processo, com certeza, os reajustes considerados inadequados são decorrentes de projetos básicos mal formulados obrigando as correções necessárias dos mesmos, nesse ponto, já na fase do projeto executivo. Um projeto básico bem feito com especificações técnicas claras de todos os materiais e equipamentos e um Caderno de Encargos também robusto que permite uma fiscalização da obra em detalhes, tem custos apurados muito próximos ao valor real que somente pode ser avaliado com precisão após a conclusão do projeto executivo.

Por exemplo, no projeto básico não há como definir o projeto arquitetônico e nem estrutural das bases dos transformadores, pois os dimensionais e peso dos mesmos somente serão conhecidos quando o fabricante liberar a documentação do equipamento a ser construído. E isso somente ocorre quando o cliente fecha o contrato de fornecimento dos transformadores com o fabricante. Então a projetista, que no projeto básico adotou uma base retirada dos seus arquivos digitais de um transformador similar, pode agora elaborar o projeto arquitetônico e desenvolver o cálculo estrutural das bases. O mesmo ocorre com a casa de comando e controle, pois no projeto básico não se sabe quais as dimensões e peso dos cubículos e painéis de proteção e controle, pois esses dados são fundamentais para a realização do projeto executivo. Esses dados somente serão conhecidos quando o fornecedor desses equipamentos receberem a ordem de compra do cliente e definir as suas dimensões e pesos. O mesmo ocorre com as bases dos demais equipamentos, porém com menor impacto na diferença entre o projeto básico e o projeto executivo. Essas diferenças de volumes de concreto entre o projeto básico e executivo normalmente é muito pequeno desde que a projetista adote no projeto básico as dimensões das bases e da casa de comando e controle mais próximas possíveis do que será no projeto executivo.

O projeto básico é a etapa na qual se elaboram as especificações técnicas dos materiais e equipamentos, até porque é a partir delas, acompanhado das plantas que os proponentes deverão se guiar, que os fornecedores elaboram as suas propostas e disputam licitamente o certame, já que todos estão consultando o mesmo projeto para realizar as suas ofertas ao cliente.

Podemos afirmar que os equipamentos e materiais consomem cerca de 75% ou mais do investimento empregado numa subestação de alta tensão. Aí entra o peso de uma correia e bem elaborada especificação técnica desses materiais e equipamentos.

Como já afirmamos no início deste artigo, elaborar especificações técnicas de materiais e equipamentos não é

uma tarefa fácil de realizar. Especificar não é somente indicar as características técnicas detalhadas desses materiais e equipamentos. Muitas outras informações devem fazer parte da especificação técnica.

Começamos por estabelecer prazos para o envio dos desenhos dos fornecedores desses equipamentos que devem ser analisados pelo cliente antes de liberá-los para a fabricação.

Nesse momento entra em ação uma empresa, normalmente uma projetista, denominada de engenharia do proprietário selecionada pelo cliente para representá-lo nas questões técnicas do projeto que está prestes a entrar no canteiro de obras. A engenharia do proprietário tem a incumbência de analisar a documentação técnica dos diversos fornecedores, compará-las com as especificações do projeto e emitir um parecer liberando o equipamento para fabricação, no prazo também estabelecido nas especificações técnicas originais, ou aprovando a documentação do fornecedor com alterações que devem ser respeitadas pelo fabricante dentro dos limites da especificação técnica com base na qual foi elaborada a sua proposta. Também, a engenharia da proprietária poderá desaprovar os desenhos enviados pelo fornecedor por falta de dados técnicos e detalhes construtivos fundamentais para a execução da instalação daquele equipamento no pátio da subestação.

Se esses prazos de análise e reanálise não forem respeitados pela engenharia do proprietário e/ou pelo fabricante pode ocorrer atraso na execução da obra, por atraso na entrega dos equipamentos e/ou materiais, o que resultará em perdas econômicas e financeiras para o cliente.

Outro ponto de importância são as definições dos ensaios a que devem ser submetidos os materiais e equipamentos. Como se sabe, há três diferentes tipos de ensaios normatizados que devem ser aplicados nos equipamentos. O primeiro é o ensaio de tipo que tem como objetivo verificar se o equipamento é capaz de funcionar satisfatoriamente nas condições especificadas e definidas em sua norma específica de requisitos. Nos equipamentos que são fabricados em série e comercializados pelo fabricante, também conhecido como “equipamento de prateleira”, o fabricante realiza os ensaios de tipo em laboratório de reconhecimento técnico comprovado, citando aqui o Cepel - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica. Ao final dos ensaios o laboratório fornece um relatório completo sobre o desempenho do equipamento em cada um dos ensaios aplicados. É um ensaio que tem um custo expressivo. Mas o fabricante ao fornecer o seu equipamento dá segurança ao cliente que está adquirindo um produto de qualidade. Nesse caso a projetista informa na especificação técnica do equipamento a ser adquirido que dispensa os ensaios de tipo para os fornecedores/fabricantes que apresentarem cópias desses ensaios. Caso contrário, o fornecedor deve realizar os ensaios assumindo os

custos decorrentes.

Normalmente, o ensaio de tipo é realizado em uma ou mais unidades fabricadas segundo o mesmo projeto e que deve se comportar dentro dos limites previstos pelas normas nacionais da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas ou na falta delas pelas normas internacionais tais como a IEC - International Electrotechnical Commission; NEMA – National Electrical Manufacturers Association; ANSI – American National Standards Institute e a ASTM – American Society for Testing and Materials.

Também devem-se exigir os ensaios de rotina que são realizados ao longo do processo de fabricação do equipamento e servem para avaliar a qualidade da mão de obra e dos materiais empregados na manufatura do(s) equipamento(s) a ser(em) fornecido(s). A projetista deve explicitar que esses ensaios devam ser realizados às custas do fornecedor e com a presença do inspetor do cliente. Isso tem custo. Como alternativa pode-se exigir que esses ensaios sejam realizados sem a presença do inspetor, mas que devam ser apresentados os documentos de comprovação que os mesmos foram realizados, quando o inspetor do cliente for acompanhar a realização dos ensaios de recebimento.

Algumas vezes o cliente dispensa a realização dos ensaios de recebimento em detrimento da especificação técnica para ganhar tempo na conclusão da obra com entrega rápida do equipamento. Isso pode ser inadequado, pois muitas vezes nos ensaios de recebimento são encontradas pequenas deficiências de fabricação, que serão manifestadas após algum tempo de uso comprometendo aí a produção, no caso de empreendimentos industriais, ou nos empreendimentos de geração, cuja energia deixa de ser vendida causando prejuízos ao cliente. Em alguns casos, o transformador deve ser transportado para a fábrica a fim de reparar o defeito.

O transformador é o equipamento que mais exige do profissional responsável pela elaboração das especificações técnicas. Transformadores de dois ou mais fabricantes podem ter o mesmo grau de qualidade técnica, mas podem causar impactos econômicos significativos para o cliente se a escolha ocorrer somente pela proposta de menor preço, mesmo que os equipamentos ofertados pelos diferentes fabricantes tenham qualidade técnica incontestável e que satisfaçam a todas as exigências da especificação técnica. Essa diferença geralmente aparece no item perdas.

Nem sempre o transformador cujo preço seja o mais atrativo é o melhor para ser adquirido. Assim, na elaboração da especificação técnica do transformador deve-se explicitar com detalhes o processo que será utilizado na análise das perdas, considerando a operação do transformador ao longo dos seus próximos 30 anos ou outro valor. Para que as propostas sejam formuladas numa mesma base, na especificação técnica deve constar o processo da análise econômica que será adotado para determinar o custo

operacional do transformador a longo prazo. Nesse caso, deve-se informar na especificação técnica o tempo de amortização do investimento, a taxa de juro a ser empregada, o número de horas durante o ano em que o transformador permanecerá energizado, estimado normalmente em 8.760 horas, os preços das tarifas de energia e demanda que serão considerados. O resultado econômico da análise de cada proposta deve ser apresentado com o preço atualizado que represente o preço do transformador computados os 30 anos de operação. Em muitos casos esse item define o fornecedor do equipamento

Um dado fundamental, entre outros, para definir os dados técnicos que devem constar na especificação de determinados equipamentos e materiais é o resultado do cálculo das correntes de curto-circuito trifásica de monofásicas nos barramentos de tensão superior e inferior da subestação, por exemplo, 230 kV - 69 kV. Os disjuntores, por exemplo, devem ser especificados para suportar as correntes de curtos-circuitos mais severas que podem ocorrer na subestação considerando pelo menos cerca de 10 anos adiante. Isso é traduzido na especificação da capacidade de ruptura da corrente de defeito, na corrente térmica de curto-circuito e na corrente dinâmica de curto-circuito e que são fatores cruciais para o desempenho funcional e de suportabilidade mecânica do equipamento.

Os mesmos valores de corrente de defeito devem ser utilizados para a especificação das chaves seccionadoras com ou sem lâmina de terra. Também os mesmos dados devem ser utilizados para a especificação dos transformadores de corrente.

Para os cabos de alta e média tensão deve ser definida na especificação técnica, entre outros valores, a seção da blindagem metálica que deverá suportar as correntes de curto-circuito monopolares. Se não for estabelecido na especificação o valor da seção da blindagem metálica o fornecedor entregará o cabo de acordo com a norma brasileira, ou seja, uma seção mínima de 6 mm² que pode ser, na maioria dos casos, insuficiente para suportar a corrente de defeito monopolar, danificando todo o percurso do cabo por onde flui essa corrente. Tenho conhecimento desse fato ocorrido em um projeto de parque eólico em cuja rede coletora foram empregados cabos isolados de 34,5 kV. Vários quilômetros de cabos foram danificados em decorrência de um defeito à terra em que a blindagem metálica foi superaquecida devido à elevada corrente de curto-circuito incompatível com a sua seção da blindagem metálica.

Ainda no caso da especificação técnica dos cabos isolados de média tensão, o valor da blindagem metálica deve ser definido por meio de um pequeno estudo de alternativa entre utilizar blindagens metálicas de pequenas seções com a utilização de resistores de aterramento ou blindagens metálicas de maior seção, dispensando o resistor de aterramento. Para curtos-circuitos



monopolares de valor muito elevado pode ser economicamente vantajoso especificar um resistor de aterramento que permita uma corrente de defeito à terra no valor que se pode definir a seção da blindagem do cabo entre 12 a 15 mm². Seções de blindagem metálica muito pequenas, como as de 6 mm², me parecem frágeis.

A especificação técnica deve estabelecer as condições da embalagem, transporte e local de entrega do equipamento após a aprovação e liberação dos ensaios de recebimento. É importante solicitar que a embalagem deve ser adequada ao armazenamento não abrigado, às operações de carga e descarga, bem como suportar pelo menos um volume sobre o outro, exceto para equipamentos muito pesados, por exemplo, os transformadores de potência de média e alta tensão. Isso se justifica pelo simples fato de que normalmente não existe no canteiro de obras um barracão que possa armazenar adequadamente os equipamentos embalados. Em geral ficam armazenadas ao tempo. No transporte pode ser necessário empilhar as embalagens para otimizar os espaços nas carretas ou nos navios, quando o transporte for marítimo. Essas informações devem ser exigidas para a maioria dos equipamentos, tais como isoladores, chaves, transformadores de medida etc. Os grandes transformadores devem ter embalagem específica, pois normalmente são transportados sem as buchas, tanque de expansão e óleo. Também é recomendável exigir que o transformador deva ser entregue na base na condição de operação. Isso tem um custo, mas o cliente ganha na segurança.

Também na especificação técnica deve ser estabelecido que o fornecedor/fabricante declare na sua proposta um tempo mínimo de garantia de 24 (vinte e quatro) meses a contar da data de entrega das unidades fornecidas, quando o equipamento está armazenado durante esse período no almoxarifado do cliente, ou 18 (dezoito) meses após a sua entrada em operação. O tempo de garantia não é somado. São duas condições alternativas.

Finalmente, as condições de multa devem ficar claras para o caso de ocorrer atraso no fornecimento do equipamento ou material por culpa somente do fornecedor. Em geral a multa fica restrita a 0,1% (um décimo por cento) do valor do equipamento por cada dia de atraso, com limite máximo de 10% (dez por cento). Cada dia de atraso passa a contar como tempo negativo para efeito de reajuste.

As especificações técnicas devem atender a todos os requisitos das normas técnicas vigentes publicadas pela ABNT e pelas normas internacionais já citadas anteriormente. Também devem atender às normas da concessionária local em cujo sistema elétrico deve ser conectada a subestação. Normalmente, essas normas estão alinhadas com as normas oficiais.

Como normalmente as subestações têm um razoável armazenamento de óleo inflamável no tanque dos transformadores

de potência, a projetista deve ter conhecimento das normas do Corpo de Bombeiro e realizar o projeto de incêndio de acordo com as mesmas, já que o projeto será analisado por esse órgão. O projeto da subestação deve ser concebido com os acessos do pátio de manobra e arruamento adequados para fornecer um ou mais caminhos de fuga considerando o incêndio de cada um dos transformadores de potência. Cada corporação estadual do Corpo de Bombeiro possui normas próprias, porém muitas delas fundamentadas na Instrução Técnica N° 037/2019 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

PROJETO EXECUTIVO

Como se pode observar pelo conteúdo anterior, o projeto executivo pode ser iniciado considerando as etapas que independem dos dimensionais e peso dos equipamentos. Mas antes disso há muito trabalho a ser executado: topografia do terreno, que possibilita o projeto de terraplenagem da subestação, a medição de resistividade do solo, sondagem do solo, projeto de drenagem do solo etc.

Como o projeto executivo somente pode ser concluído quando todos os dados dos equipamentos e materiais que serão utilizados forem fornecidos à projetista pelos diversos fornecedores isso implica que o projeto executivo continue em andamento por um bom período de tempo concomitantemente com o desenvolvimento da obra. Ademais, pode surgir a necessidade de adequações em alguns projetos por vários e diferentes motivos, desde a aquisição de um equipamento de outro fornecedor por descumprimento de prazo ou da falta de qualidade técnica do primeiro fornecedor até a locação errada dos pórticos no pátio (isso é verdade, já presenciei esse fato).

É normal que a projetista acompanhe o desenrolar da obra até depois da sua conclusão, pois o último serviço a ser realizado pela projetista é o “as built” que significa, “como construído”, momento em que a construtora/montadora fornece as alterações realizadas ao longo do desenvolvimento da obra sempre após o acordo da engenharia do proprietário e da projetista, que nesse caso realiza o reprojeto e envia para o canteiro de obra. Todas as alterações de projeto/obra devem constar no projeto final que será entregue ao cliente que deve guardar nos seus arquivos para utilização em futuras ampliações.

**João Mamede Filho é engenheiro eletricista e atualmente é diretor técnico da CPE - Estudos e Projetos Elétricos. Foi professor na Universidade de Fortaleza entre 1979 e 2012 e presidente da Nordeste Energia nos anos 1999 e 2000. É autor dos livros Manual de Equipamentos Elétricos (5ª Edição), Instalações Elétricas Industriais (9ª Edição), Proteção de Sistemas Elétricos de Potência (2ª Edição) e Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis (2ª Edição).*