

Capítulo VI

Especificações técnicas de disjuntores, seccionadores, painéis e para-raios feitas por concessionárias de energia

Por Sérgio Feitoza Costa*

Neste fascículo são apresentados conceitos de engenharia para projeto e especificação de equipamentos de subestações de transmissão e distribuição. O primeiro artigo desta série cobriu aspectos de estudos do sistema elétrico que servem de base para as especificações técnicas dos equipamentos. O segundo cobriu conceitos sobre curtos-circuitos, ampacidades, sobrecargas e contatos elétricos. O terceiro abordou o tema “técnicas de ensaios de alta potência, laboratórios de ensaios e principais ensaios”. No quarto capítulo, falou-se sobre os estudos elétricos de sobretensões, coordenação de isolamento e impactos de campos elétricos e magnéticos. No capítulo anterior, o tema abordado foi a recente brochura Cigré 602, sobre simulação de arcos. Já o tema deste sexto capítulo são as especificações técnicas de disjuntores, seccionadores, painéis e para-raios feitas por concessionárias de energia.

O QUE FAZER E O QUE NÃO FAZER EM UMA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA COMPRA DE EQUIPAMENTOS

Para criar um referencial, vamos partir do princípio de que a especificação técnica mais eficiente é, ao invés de

escrever um longo texto, referenciar a norma técnica IEC ou a norma nacional equivalente, se esta estiver atualizada. Em geral, no Brasil, as normas brasileiras estão defasadas em, no mínimo, três anos, com relação às suas normas-base da IEC. Isso ocorre, como já explicado em capítulos anteriores, pelo longo tempo que é utilizado para traduzir as normas IEC em inglês para as normas brasileiras em português. Seria bem mais inteligente se o organismo de normalização brasileiro agisse com a IEC como outros países fazem para que pelo menos algumas normas IEC fossem, na origem, publicadas também em português.

Utilizando um disjuntor de alta tensão como exemplo, a especificação técnica ideal de um disjuntor de 145 kV – 2.000 A – 31,5 kA seria um texto muito curto e mais ou menos como: “o disjuntor, objeto desta especificação, deve atender aos requisitos das normas 62271-1 – Equipamentos de Manobra de Alta Tensão – Parte 1: Especificações Comuns e IEC 62271-100 – Disjuntores de Alta Tensão de Corrente Alternada”.

Os dados específicos do disjuntor estão na folha de dados a seguir. O disjuntor deve ter sido submetido a todos os ensaios de tipo previstos na norma, comprovados em relatório emitido por

laboratório neutro e reconhecido. Entre os ensaios de rotina previstos na norma os seguintes são exigidos. É um texto simples, completo e com base em um documento internacional. Para uma empresa privada é relativamente simples seguir este tipo de estratégia.

Com estas informações e mais um ou outro requisito oriundo da experiência da empresa que está comprando o equipamento, ter-se-ia em mãos uma boa especificação. É, entretanto, muito comum que a especificação publicada nas licitações seja longa e confusa. O erro mais comum é copiar na especificação longas partes da norma técnica de referência, muitas vezes com erros de interpretação dos termos.

Para empresas estatais é quase impossível utilizar especificações simples porque precisam atender em seus editais a uma série de leis e regulamentos que acaba tornando estas empresas ainda mais pesadas e ineficientes. Foi uma pena pararmos o processo das privatizações que estava em bom andamento antes de 2003. A esta altura já estaríamos em um patamar bem melhor. O resultado desta interrupção foi a confusão que virou o setor elétrico com tarifas muito maiores que nos demais países, contando ainda para isso com a ajuda de uma carga tributária absurda e sem retorno para quem paga os impostos.

TABELA 1 – FOLHA DE DADOS

Item	Descrição	Unidade	O que incluir
A3	Local de instalação	-	Ao tempo
B	Condições locais	-	Coordenadas geográficas, clima, altitude e grau de poluição do local
C	Características do sistema elétrico	-	
C1	Tensão nominal	kV	138
C2	Tensão máxima de operação	kV	145
C3	Número de fases	-	3
C4	Frequência nominal	Hz	60
C5	Tipo de aterramento do neutro	-	Isolado
C6.1	Alimentação do motor de carregamento da mola	V	220 Vca +10%, -20%
D	Características gerais do equipamento		
D1	Meio isolante	-	SF6
D2	Religamento (tripolar/monopolar)	-	Tripolar
D4	Condições de serviço (normais/especiais)	-	Normais
D6	Desempenho quanto a reacendimento durante chaveamento de correntes capacitivas (classe C1 ou C2)	-	C1
D7	Classe de durabilidade mecânica (classe M1 ou M2)	-	M1
D8	Classe de durabilidade elétrica (classe E1 ou E2)	-	E1
E	Características elétricas do equipamento		
E5	Níveis de isolamento	-	
E5.1	Tensão suportável nominal de curta duração à frequência industrial (1 minuto)	kVef.	275
E5.2	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	kVpico	650
E6	Corrente nominal	A	2.000
E7	Número de polos	-	3
E9	Ciclo de operação	-	O-0,3 seg-CO-3 min-CO
E10	Fator de primeiro polo	-	1,5
E11	Capacidade de interrupção nominal em curto-circuito	kAef.	31,5
E12	Capacidade de interrupção de corrente de magnetização de transformadores	A	10
E14	Tensão de restabelecimento transitória para faltas nos terminais, faltas quilométricas e discordância de fases	kV	Tabela xxx da IEC 62271
E15	Tensão de rádio interferência	-	
E16	Características para faltas quilométricas	-	Sim
E17	Duração nominal de curto-circuito	seg	1
E18	Chaveamento de correntes capacitivas	-	Sim
E19	Corrente nominal de interrupção de linhas em vazio	A	75
E20	Corrente nominal de interrupção de cabos em vazio	A	160
E21	Corrente nominal de interrupção de banco único de capacitores	kA	Informar
E22	Corrente nominal de interrupção de banco de capacitores em contraoposição	kA	Informar
E23	Corrente nominal de interrupção e estabelecimento em discordância de fases	kA	Informar
E25.3	Tempo de interrupção	ms	50 (3 ciclos)
E25.4	Discrepância máxima entre polos (entre contatos principais)	ms	5
F1.1	Mecanismo de operação elétrico a carregamento de molas		
F3	Tensão do motor de acionamento das molas (VCA/VCC)	V	220 Vca +10% -20%
F4	Tensão nominal das bobinas (VCA/VCC)	V	125 Vcv +10%, -20%

Devemos rapidamente voltar a pensar em privatizar tudo que seja privatizável. Diminuindo-se a interferência dos governos e partidos políticos nas empresas estatais diminuirão as perdas com a ineficiência e

com a corrupção.

Voltando às questões técnicas das especificações, quando se reescreve na especificação partes de textos das normas técnicas, corre-se o risco de inserir no texto

erros do tipo destes exemplos a seguir, extraídos de algumas especificações que tenho lido:

- **Errado:** A elevação de temperatura dos

contatos deve ser 53 °C. É uma frase sem sentido e o correto seria dizer que devem ser atendidos no ensaio de elevação de temperatura os limites máximos especificados na norma IEC-62271-1;

• **Errado:** O projeto dos contatos deve ser feito de modo que as forças eletromecânicas não possam abri-lo. Esta é também uma frase sem nenhum efeito prático efeito. O correto seria especificar o ensaio de correntes suportável de curta duração e de crista que existe nas normas exatamente para comprovar se o equipamento suporta os efeitos das forças;

• **Errado:** Devem ser utilizados materiais da melhor qualidade técnica, novos e de fabricação recente. O correto é especificar quais normas ABNT, ANSI, IEC, NEMA, ASTM, ou outras, devem ser atendidas nas partes específicas;

• **Errado:** Qualidade de execução: a mais alta qualidade e em conformidade com as melhores e mais modernas práticas de alta qualidade. Este tipo de frase não serve para nada, pois não há um padrão de verificação e vai na direção contrária das normas ISO para qualidade.

Os principais ensaios requeridos nas

especificações são os clássicos, detalhados nos capítulos anteriores desta série ou seja:

- Ensaios de interrupção e estabelecimento em curto-circuito;
- Tensão suportável a impulso atmosférico;
- Tensão suportável a impulso de manobra a seco e sob chuva;
- Tensão suportável a frequência industrial, a seco (1 min), sob chuva (10 s);
- Elevação de temperatura;
- Corrente suportável nominal de curta duração e crista;
- Resistência mecânica e operação;
- Tensão de rádio-interferência;
- Ensaio de corona visual.

Para seccionadores de alta tensão, como são equipamentos que em geral estão em série com um disjuntor, as especificações são similares às mostradas acima, com exceção dos requisitos de capacidade de interrupção em curto-circuito, que não se aplicam aos seccionadores.

Para os para-raios, muitos dos termos utilizados são diferentes daqueles empregados nos disjuntores e seccionadores. Os principais aspectos das especificações

são relacionados com ensaios como:

- Tensão suportável no invólucro sem a parte interna ativa;
- Tensão residual para impulso de corrente íngreme, impulso atmosférico e de manobra;
- Corrente suportável de impulso retangular de longa duração e de descarga de linhas de transmissão;
- Ciclo de operação (impulso de corrente elevada e de manobra);
- Característica "tensão de frequência industrial x tempo";
- Alívio de sobrepressão interna;
- Tensão de rádio interferência e de ionização interna;
- Ensaios do desligador automático;
- Poluição artificial;
- Estanqueidade;
- Medição das descargas parciais;
- Distribuição de corrente, em para-raios multi-colunas.

A seguir estão algumas características extraídas de uma folha de dados de uma especificação de para-raios para o mesmo sistema de 138 kV de onde vieram os dados do disjuntor acima.

TABELA 2 – FOLHA DE DADOS PARA PARA-RAIOS

Item	Descrição	Unidade	Especificado
B	Condições locais		
B1	Condições anormais de serviço diante da IEC 60099-4	-	Não
B1.2	Temperatura máxima média anual	°C	42
B1.3	Temperatura média diária (valor máximo)	°C	30
B1.4	Umidade relativa média	%	80 a 90
B2	Atmosfera ambiente	-	
B2.1	Corrosivo	-	Não
B2.2	Presença de pó	-	Sim
B2.3	Agressivo	-	Sim
B2.4	Atmosfera explosiva	-	Não
C	Características do sistema elétrico iguais às do disjuntor acima		
D	Características gerais do equipamento		
D1	Tipo construtivo	-	Óxido de zinco (ZnO)
D2	Tipo de instalação	-	Autoportante
D4	Isolador (porcelana/polimérico)	-	Porcelana
D5	Altura mínima da estrutura suporte	mm	≥ 2500
D6	Tipo de material dos isoladores	-	Porcelana
D8	Esforço máximo suportável nos terminais	N	Informar

Item	Descrição	Unidade	Especificado
D9	Distância de escoamento	mm/kV	Informar
D10	Terminais de linha (incluídos no escopo de fornecimento)	-	Barra chata
E	Características elétricas do equipamento	-	
E1	Tensão nominal	kV	120
E2	Tensão máxima de operação em regime contínuo (MCOV)	kV	Mínimo de 92
E3	Máxima sobretensão temporária (TOV)	-	
E3.1	0,1 segundo	pu	1,15
E3.2	1 segundo	pu	1,10
E3.3	10 segundos	pu	1,05
E4	Corrente nominal de descarga (onda 8/20 μ s)	kA	10
E5	Capacidade de absorção de energia	kJ/kV	4
E6	Classe de descarga da linha de transmissão (1 a 5)	-	2
E7	Corrente de alívio de pressão, duração de 0,2 seg	kA	63
E9	Alta corrente de curta duração	kA	65
E11	Tensões residuais de descarga com onda de 8/20 μ s:	-	
E11.1	5 kA	kV	285
E11.2	10 kA	kV	300
E11.3	20 kA	kV	310
E13	Tensão residual para impulso de manobra 1 KA - onda 30/60 μ s	kV	240
E13.1	Tensão residual para impulso de manobra 2 KA - onda 30/60 μ s	kV	250
E14	Tensão suportável nominal do invólucro à frequência industrial	-	
E14.1	A seco	kV	230
E14.2	Sob chuva	kV	Informar
E15	A impulso atmosférico com onda de 1,2/50 μ s	kV	550
E16	Classe (serviço) ou série	-	Pesado
G	Inspeção e testes		
G1	Ensaio de rotina	-	Sim
G1.1	Característica de tensão a frequência industrial x tempo	-	Sim Rotina
G1.2	Tensão suportável nominal a seco	-	Sim Rotina
G1.3	Estanqueidade	-	Sim Rotina
G2	Ensaio de tipo	-	Sim
G2.1	Execução	-	Sim
G2.2	Certificado do ensaio de para-raios idênticos	-	Sim
G2.3	Característica de tensão a frequência industrial x tempo	-	Sim
G2.4	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	-	Sim
G2.5	Tensão suportável nominal sob chuva	-	Sim
G2.5	Tensão suportável nominal a seco	-	Sim
G2.6	Tensão residual para impulso de corrente íngreme	-	Sim
G2.7	Tensão residual para impulso de manobra	-	Sim
G2.8	Corrente suportável de baixa intensidade e curta duração	-	Sim
G2.9	Corrente suportável de alta intensidade e curta duração	-	Sim
G2.10	Ciclo de operação	-	Sim
G2.12	Tensão de rádio-interferência e ionização interna	-	Sim
G2.13	Estanqueidade	-	Sim

Para transformadores de corrente (TCs), como são equipamentos em série com o disjuntor e o seccionador já mencionados, a maior parte das especificações de tensões e

correntes é igual à da Tabela 2. Há, entretanto, algumas especificações adicionais que se aplicam apenas aos próprios. Um TC tem núcleos de medição das correntes normais

que devem medir com precisão adequada já que os valores medidos serão usados no faturamento aos usuários da energia da subestação. Para estes núcleos de medição, no

momento de um curto-circuito, a corrente que passa no secundário não deve acompanhar os altos valores das correntes no primário. Se isso acontecesse, os fios e medidores no secundário seriam danificados.

Por este motivo, os núcleos de medição dos TCs são projetados para que, em caso de um curto-circuito no primário, a corrente no secundário sature e não passe de um certo valor, por exemplo, 50 Aef. Existe um ensaio para verificar se este aspecto é atendido.

Nos núcleos de proteção dos TCs, a situação é contrária. A corrente secundária no TC, no momento do curto-circuito,

deve reproduzir exatamente o que está acontecendo no primário. Deve ser a informação correta para alimentar os relés de proteção que mandarão a ordem para o disjuntor de proteção abrir a falta. Mesmo que haja uma variação da frequência da rede por uma perda de estabilidade, a informação do secundário deve ser precisa. Para verificar este comportamento, existe também um ensaio em que se coloca uma carga no secundário do TC parecida com as cargas que estariam normalmente ligadas e aplica-se um curto-circuito elevado no primário. O objetivo do ensaio é verificar se

a relação de transformação sob circuito se mantém em uma faixa aceitável, do ponto de vista dos relés de proteção.

A seguir estão algumas características extraídas de uma folha de dados de uma especificação de transformador de corrente para o mesmo sistema de 138 kV de onde vieram os dados do disjuntor acima.

As especificações de outros equipamentos, como transformadores de potência e geradores, não serão abordadas neste texto, pois envolvem detalhes mais complexos que neste espaço não seriam possíveis de detalhar.

TABELA 3 – FOLHA DE DADOS DE TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Item	Descrição	Unidade	Especificado
C	Características do sistema elétrico iguais às do texto acima		
D	Características gerais do equipamento		
D2	Tipo de instalação	-	Auto-portante
D3	Número de polos	-	Monopolar
D4	Isolador (porcelana / polimérico)	-	Porcelana
D6	Imersos em óleo / tipo seco	-	Imerso em óleo
D7	Tipo de óleo	-	Mineral
D8	Tanque selado	-	Sim
D9	Câmara de expansão (sim / não)	-	Sim
D11.1	Proteção IP - 55	-	Sim
D11.2	Entrada inferior para eletrodutos	-	Sim
D11.6	Meios para curto-circuitar os terminais do secundário	-	Sim
D11.9	Proteção interna contra surtos no primário	-	Informar
D11.10	Proteção contra surtos no secundário	-	Informar
E	Características Elétricas do Equipamento	-	
E1	Tensão máxima do equipamento	kV	145
E2	Frequência nominal	Hz	60
E3	Corrente(s) primária(s)	A	RM 2000 (300/400/500/800/1.100/1.200/1.500/1.600/2.000)
E4	Corrente(s) secundária(s)	A	5-5-5-5
E5	Relações nominais	-	400:1 na maior relação de transformação
E6	Quantidade enrolamentos secundários	-	4
E7.1	Proteção e medição	Un.	3
E7.2	Medição	Un.	1
E7.3	Proteção e medição	Un.	NA
E8	Classe de exatidão e carga nominal	-	
E8.1	Para proteção	-	10B800
E8.2	Para medição	-	0,3C100
E8.3	Para proteção e medição	-	NA
E9	Corrente suportável nominal de curta duração (Ith)	kAef	31,5
E10	Corrente suportável nominal dinâmica (2,6 x Ith)	kApico	80
E11	Níveis de isolamento	-	
E11.1	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (1,2 x 50µs)	kV	650
E11.2	Tensão suportável nominal de frequência industrial (1 minuto)	kV	275

Item	Descrição	Unidade	Especificado
E12	Fator térmico nominal	x In	1,3
E14	Elevação de temperatura	-	Conforme NBR 6856
E15	Nível máximo de descargas parciais com $1,1x145/\sqrt{3}$ (kV)	pC	10
E16	Polaridade	-	Subtrativa
E17	Tensão de rádio interferência	Microvolts	250
F3	Dispositivo para alívio de pressão	-	Sim
H	Inspeção e Testes		
H1	Ensaio de rotina conforme NBR 6855	-	Sim
H2	Ensaio de tipo	-	Sim
H2.1	Resistência dos enrolamentos	-	Sim
H2.2	Tensão suportável impulso atmosférico	-	Sim
H2.3	Tensão suportável de impulso de manobra a seco e sob chuva	-	Sim
H2.4	Elevação de temperatura	-	Sim
H2.5	Corrente suportável nominal de curta duração (térmica nominal)	-	Sim
H2.6	Valor da crista nominal da corrente suportável (dinâmica nominal)	-	Sim
H2.7	Tensão suportável à frequência industrial sob chuva	-	Sim
H2.8	Tensão de rádio interferência	-	Sim
H2.9	Estanqueidade a quente	-	Sim
H2.10	Tensão de curto-circuito	-	Sim

*Sergio Feitoza Costa é engenheiro eletricista, com mestrado em sistemas de potência. É diretor da Cognitor, Consultoria, P&D e Treinamento.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br