

## Capítulo VI

# Métodos de incorporação de dispositivos de manobra e de componentes conjuntos, circuitos elétricos internos, conexões e refrigeração

Por Nunziante Graziano\*

Prezado leitor, este fascículo pretende apresentar em detalhes o projeto de revisão da norma brasileira para construção de quadros elétricos e barramentos blindados de baixa tensão.

No capítulo inicial deste fascículo apresentamos ao leitor os objetivos deste trabalho, que contemplou a apresentação do panorama atual da ABNT NBR IEC 60439 vigente no Brasil, suas subdivisões, principais pontos de interesse, como a classificação dos painéis em TTA e PTTA, suas interpretações e seus abusos.

No segundo capítulo, iniciamos a análise das principais definições e dos termos usuais. No seguinte, continuamos a análise das principais definições, condições de instalação, características de isolamento, proteção contra os choques elétricos e características nominais.

No quarto capítulo, finalizamos a apresentação de todas as características construtivas, requisitos de marcação, condições da instalação dos conjuntos e iniciamos os requisitos de construção, apresentando resistência dos materiais e das partes, verificação dos materiais no tocante à corrosão, entre outras

propriedades. No quinto capítulo da série, analisamos as principais condições de verificação, construção e performance, quais sejam: grau de proteção, distâncias de isolamento e escoamento, proteção contra choques elétricos.

Neste capítulo continuaremos a análise da IEC 61439-1 em suas condições para proteção contra choques elétricos e métodos de incorporação de dispositivos de manobra.

Quando um esquema de aterramento TT está sendo utilizado na rede elétrica, uma das seguintes medidas deve ser aplicada no conjunto:

- Isolação dupla ou reforçada das conexões de entrada; ou
- Proteção por dispositivo de interrupção diferencial (DDR) do circuito de entrada.

Cada conjunto deve ter um condutor de proteção de modo a facilitar a interrupção automático da alimentação para:

- Proteção contra as consequências de faltas (por exemplo, falha da isolamento básica) no interior do conjunto;

- Proteção contra as consequências de faltas (por exemplo, falha da isolamento básica) em circuitos externos alimentados pelo conjunto.

Todas as partes condutivas expostas do conjunto devem ser interconectadas entre si e ao condutor de proteção da alimentação ou por um condutor terra ao ponto de aterramento. Estas interconexões podem ser realizadas por meio de conexões metálicas aparafusadas, por soldas ou outras conexões condutivas ou por um condutor de proteção separado. Deve ser verificado que as diferentes partes condutivas expostas do conjunto estão conectadas eficazmente ao borne do condutor de proteção externo de entrada e que a resistência do circuito não exceda  $0,1 \Omega$ . Deve ser feita a verificação empregando um instrumento de medição de resistência que seja capaz de conduzir uma corrente de pelo menos 10 A (c.a. ou c.c.). A corrente é passada entre cada parte condutiva exposta e o borne para o condutor de proteção externo. A resistência não deve exceder  $0,1 \Omega$ . É recomendado limitar a duração

do ensaio se os equipamentos de baixa corrente forem, de outra forma, ser afetados adversamente pelo ensaio.

Para a continuidade destas conexões deve se aplicar o seguinte:

- Quando uma parte do conjunto é removida, por exemplo, para manutenção de rotina, os circuitos de proteção (continuidade de terra) para o restante do conjunto não devem ser interrompidos. Os meios utilizados para a montagem das várias partes metálicas de um conjunto são considerados suficientes para assegurar a continuidade dos circuitos de proteção se as precauções tomadas garantirem boa condutividade permanente. Além disso, não devem ser utilizados eletrodutos metálicos flexíveis, como condutores de proteção, a menos que eles sejam projetados para aquele propósito;
- Para tampas, portas, placas de fechamento e semelhantes, as conexões metálicas aparafusadas e dobradiças metálicas são consideradas suficientes para assegurar a continuidade, contanto que nenhum equipamento elétrico que exceda os limites de extra-baixa tensão (ELV) seja fixado a elas. Se dispositivos com tensão que exceda o limite de extra-baixa

tensão são fixados nas tampas, portas ou placas de fechamento, devem ser tomadas medidas adicionais para assegurar a continuidade de terra. Estas partes devem ser providas de um condutor de proteção (PE) cuja seção esteja conforme a Tabela 1, em função da mais alta corrente nominal de utilização dos dispositivos fixados ou uma conexão elétrica equivalente especialmente projetada e verificada para este propósito (contato deslizante, dobradiças protegidas contra corrosão), se a corrente nominal de utilização do dispositivo conectado for inferior ou igual a 16 A. As partes condutivas expostas de um dispositivo que não podem ser conectadas ao circuito de proteção pelos meios de fixação do dispositivo devem ser conectadas ao circuito de proteção do

conjunto por um condutor cuja seção é escolhida de acordo com a mesma tabela.

- Partes que não podem ser tocadas em grandes superfícies ou agarradas com a mão, ou porque elas são de tamanhos pequenos (aproximadamente 50 mm por 50 mm) ou porque estão localizadas de tal forma que exclui qualquer contato com partes vivas, não precisam ser conectadas a um condutor de proteção. Isto se aplica a parafusos, rebites e placa de identificação. Também se aplica a núcleos eletromagnéticos de contatores ou relés, núcleos magnéticos de transformadores, certas partes de disparadores, ou semelhante, independentemente do tamanho deles. Quando as partes removíveis são equipadas com uma superfície

**TABELA 1 – SEÇÃO DE CONDUTOR DE PROTEÇÃO DE COBRE**

Corrente nominal utilização $I_c$ A	Seção mínima do condutor de proteção $mm^2$
$I_c \leq 20$	S <sup>a</sup>
$20 < I_c \leq 25$	2,5
$25 < I_c \leq 32$	4
$32 < I_c \leq 63$	6
$63 < I_c$	10

<sup>a</sup> S é a seção do condutor fase ( $mm^2$ ).

de apoio metálica, estas superfícies devem ser consideradas suficientes para assegurar a continuidade de terra de circuitos de proteção, contanto que a pressão exercida nelas seja suficientemente alta.

Um condutor de proteção no interior do conjunto deve ser projetado de forma que seja capaz de suportar os esforços dinâmicos e térmicos mais elevados que surgem de faltas em circuitos externos no local de instalação que são alimentados pelo conjunto. As partes condutivas da estrutura podem ser utilizadas como condutor de proteção ou uma parte do condutor de proteção, exceto onde a verificação da corrente suportável de curto-circuito não é requerida quando:

- Conjuntos nos quais a corrente nominal de curta duração admissível ou a corrente nominal de curto-circuito condicional não excede 10 kA;
- Conjuntos ou circuitos dos conjuntos protegidos por dispositivos limitadores de corrente que têm a corrente limitada até 17 kA com a corrente presumida de curto-circuito máxima admissível nos bornes do circuito de entrada do conjunto;
- Os circuitos auxiliares dos conjuntos destinados a serem conectados a transformadores cuja potência nominal não exceda 10 kVA para uma tensão secundária nominal superior ou igual a 110 V, ou 1,6 kVA para uma tensão secundária nominal inferior a 110 V, e com uma impedância de curto-circuito superior ou igual a 4%.

Quando não elencados nas ressalvas descritas, a verificação deve ser feita pela comparação do conjunto a ser verificado com um projeto já ensaiado utilizando os itens 1 a 6 e 8 a 10 da lista de controle e não apresentar nenhuma divergência. Para assegurar a mesma capacidade de corrente para uma determinada parte da corrente de falta que circula nas partes

**TABELA 2 – VERIFICAÇÃO DE CURTO-CIRCUITO POR COMPARAÇÃO COM UM PROJETO DE REFERÊNCIA: LISTA DE VERIFICAÇÃO**

Item N <sup>o</sup>	Requisitos a serem considerados	SIM	NÃO
1	As características nominais de curto-circuito suportável de cada circuito do conjunto a serem avaliadas são inferiores ou iguais àquelas do projeto de referência?		
2	As dimensões da seção dos barramentos e conexões de cada circuito do conjunto a serem avaliadas são superiores ou iguais àquelas do projeto de referência?		
3	O espaçamento entre as linhas de centro dos barramentos e conexões de cada circuito do conjunto a ser avaliado é superior ou igual àquele do projeto de referência?		
4	Os suportes do barramento de cada circuito do conjunto a serem avaliados são do mesmo tipo, forma e material e tem o mesmo espaçamento entre linhas de centro ou menor ao longo do comprimento do barramento, como do projeto de referência? A estrutura de montagem para o suporte de barramento é do mesmo projeto e de mesma resistência mecânica?		
5	Os materiais e as propriedades dos materiais dos condutores de cada circuito do conjunto a serem avaliados são os mesmos daqueles do projeto de referência?		
6	Os dispositivos de proteção contra curto-circuito de cada circuito do conjunto a serem avaliados são equivalentes, da mesma fabricação e série, com as mesmas características de limitação iguais ou melhores ( $I^2t$ , $I_{pk}$ ) baseado em dados do fabricante do dispositivo, e com a mesma disposição do projeto de referência?		
7	O comprimento dos condutores energizados não protegidos, conforme 8.6.4, de cada circuito não protegido do conjunto a ser avaliado é menor ou igual àquele do projeto de referência?		
8	Se o conjunto a ser avaliado inclui um invólucro, no projeto de referência incluía um invólucro quando foi verificado por ensaio?		
9	O invólucro do conjunto a ser avaliado é do mesmo projeto, tipo e tem, pelo menos, as mesmas dimensões daquele do projeto de referência?		
10	Os compartimentos de cada circuito do conjunto a serem avaliados são do mesmo projeto mecânico e pelo menos as mesmas dimensões daquele do projeto de referência?		

*“SIM” para todos os requisitos – não requer verificações suplementares.*

*“NÃO” para um requisito qualquer – é requerida verificação suplementar.*

*Os dispositivos de proteção de um mesmo fabricante mas de uma série diferente podem ser considerados equivalentes quando o fabricante do dispositivo declara que as características de desempenho são as mesmas ou melhores em todos os aspectos pertinentes à série utilizada para a verificação, por exemplo, capacidade de interrupção e características de limitação ( $I^2t$ ,  $I_{pk}$ ), e distâncias críticas.*

condutoras expostas, o projeto, o número e o arranjo das partes que proporcionam contato entre o condutor de proteção e as partes condutoras expostas devem ser as mesmas do projeto de referência ensaiado.

A avaliação por cálculo da corrente nominal de curta duração admissível de um conjunto e seus circuitos é realizada por uma comparação do conjunto a ser avaliado com um conjunto já verificado por ensaio. A avaliação da verificação

dos circuitos principais de um conjunto deve ser conforme o Anexo P da norma. Além disso, cada um dos circuitos do conjunto a ser avaliado deve satisfazer os requisitos dos itens 6, 8, 9 e 10 da Tabela 2. Os dados utilizados, os cálculos efetuados e as comparações empreendidas devem ser registrados. Se ao menos um dos requisitos enumerados no anexo P não for atendido, então, o conjunto e os seus circuitos devem ser verificados por ensaio.

Em princípio, com exceção dos casos mencionados a seguir, os condutores de proteção no interior de um conjunto não devem incluir um dispositivo de seccionamento (interruptor, seccionador etc.).

Nos condutores de proteção devem ser permitidas conexões removíveis por meio de uma ferramenta e acessíveis somente por pessoa autorizada (estas conexões podem ser necessárias para certos ensaios).

Onde a continuidade pode ser interrompida por meio de conectores ou tomadas de corrente, o circuito de proteção só deve ser interrompido depois que os condutores energizados forem interrompidos e a continuidade deve ser restabelecida antes que os condutores energizados sejam reconectados.

No caso de um conjunto contendo partes estruturais, estruturas, invólucros etc., de material condutivo, o condutor de proteção, se existir, não precisa ser isolado destas partes. Os condutores dos dispositivos de detecção de falta de tensão, incluindo os condutores que os conectam a um terra separado, devem ser isolados quando especificados pelo fabricante. Pode também se aplicar a conexão com a terra do neutro do transformador.

A seção dos condutores de proteção (PE, PEN) em um conjunto, para o qual os condutores externos são destinados a serem conectados, não deve ser inferior ao valor calculado com a ajuda da fórmula indicada na equação a seguir, utilizando a corrente de fuga mais elevada e a duração da falta que pode ocorrer e levando em conta a limitação dos dispositivos de proteção de curto-circuito (DPCC) que protegem os condutores vivos correspondentes.

A fórmula seguinte deve ser usada para calcular a seção dos condutores de proteção necessários para suportar os esforços térmicos devido às correntes com uma duração da ordem de 0,2 s a 5 s.

**TABELA 3 – VALORES DE K PARA CONDUTORES DE PROTEÇÃO ISOLADOS NÃO INCORPORADOS EM CABOS OU CONDUTORES DE PROTEÇÃO NUS EM CONTATO COM O REVESTIMENTO DO CABO**

	Isolação do condutor de proteção ou do revestimento do cabo		
	Termoplástico (PVC)	XLPE EPR Condutores nus	Borracha butílica
Temperatura final	160 °C	250 °C	220 °C
<b>Fator k</b>			
Material do condutor:			
Cobre	143	176	166
Alumínio	95	116	110
Aço	52	64	60

*É assumido que a temperatura inicial do condutor seja 30 °C.  
Informações mais detalhadas são dadas na IEC 60364-5-54.*

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Em que:

$S_p$  é a seção, em milímetros quadrados;

$I$  é o valor (eficaz) da corrente de falta em corrente alternada que pode circular pelo dispositivo de proteção por uma falta, de impedância desprezível, em ampères;

$t$  é o tempo de funcionamento do dispositivo de desconexão, em segundos;  $k$  é o fator que depende do material do condutor de proteção, da isolação e de outras partes e das temperaturas inicial e final (ver Tabela 3).

Para condutores PEN, aplicam-se os requisitos adicionais seguintes: a seção mínima deve ser 10 mm<sup>2</sup> para cobre ou 16 mm<sup>2</sup> para alumínio; o condutor PEN deve ter a seção que não seja inferior ao exigido para um condutor neutro; os condutores PEN não precisam ser isolados no interior de um conjunto e partes estruturais não devem ser utilizadas como um condutor PEN, porém, os trilhos de montagem de cobre ou alumínio podem ser utilizados como condutores PEN.

A separação elétrica de circuitos individuais é destinada para prevenir choques elétricos por contato com partes condutivas expostas que podem estar sob tensão por uma falta na isolação básica do circuito.

Para assegurar a proteção básica e a proteção em caso de falta, por isolação total, os requisitos seguintes devem ser satisfeitos:

- Os dispositivos devem ser completamente fechados em material isolante, equivalente à isolação dupla ou reforçada. O invólucro deve portar o símbolo que deve ser visível do exterior;
- O invólucro não deve ser perfurado, em nenhum ponto, por partes condutoras, de modo que haja a possibilidade que uma tensão de falta surja fora do invólucro. Isto significa que as partes metálicas, tais como os mecanismos dos elementos de manobra e de comando, que por razões de construção, têm que atravessar o invólucro, devem ser isoladas das partes vivas, no lado de dentro ou no lado de fora do invólucro, para a tensão nominal de isolamento e para a tensão nominal de impulso suportável de todos os circuitos no conjunto. Se o mecanismo de um elemento de manobra e comando for metálico (seja coberto por material isolante ou não), ele deve ser provido de isolamento para a tensão nominal de isolamento máxima e para a tensão nominal de impulso suportável máxima de todos os circuitos no conjunto. Se o mecanismo de um elemento de manobra e comando for feito, fundamentalmente, de material isolante, quaisquer de suas partes metálicas que possam ficar

acessíveis no caso de falha de isolamento, também devem ser separadas das partes vivas para a tensão nominal de isolamento máxima e para a tensão nominal de impulso suportável máxima de todos os circuitos no conjunto;

- O invólucro, quando o conjunto está pronto para funcionar e conectado à alimentação, deve envolver todas as partes vivas, as partes condutivas expostas e as partes que pertencem a um circuito de proteção, de tal maneira que elas não possam ser tocadas. O invólucro deve garantir, pelo menos, um grau de proteção IP 2XC (ver ABNT NBR IEC 60529). Se um condutor de proteção, que é estendido ao equipamento elétrico conectado no lado da carga do conjunto, deve passar através de outro conjunto cujas partes condutivas expostas são isoladas, bornes devem ser providos para conectar os condutores de proteção externos identificados por marcação

apropriada. No interior do invólucro, o condutor de proteção e seu borne devem ser isolados das partes vivas e as partes condutivas expostas da mesma maneira;

- Partes condutivas expostas, no interior do conjunto, não devem ser conectadas ao circuito de proteção, isto é, elas não devem ser incluídas em uma medida de proteção envolvendo o uso de um circuito de proteção. Isto também se aplica a um componente, mesmo que ele tenha um borne de conexão para um condutor de proteção;

- Se as portas ou os fechamentos do invólucro podem ser abertos sem o uso de uma chave ou de uma ferramenta, deve ser provida uma barreira de material isolante, que proporcione proteção contra contato acidental não somente com as partes vivas acessíveis, mas também com as partes condutivas expostas que ficam acessíveis só após o fechamento ter sido removido. Esta

barreira não deve ser removível, exceto com o uso de uma ferramenta.

No próximo capítulo deste fascículo continuaremos a análise da IEC 61439-1 em seus métodos de incorporação de dispositivos de manobra e de componentes aos conjuntos, além de seus circuitos elétricos internos e conexões.

Até lá!

*\*Nunziane Graziano é engenheiro eletricista, mestre em energia, redes e equipamentos pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Doutor em Business Administration pela Florida Christian University, membro da ABNT/CB-003/CE 003 121 002 – Conjuntos de Manobra e Comando de Baixa Tensão – e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da Gimi Quadros Elétricos.*

#### CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para [redacao@atituedeeditorial.com.br](mailto:redacao@atituedeeditorial.com.br)