

Capítulo XI

Ensaio de operação mecânica

Prezado leitor, este fascículo pretende apresentar em detalhes o conjunto de Normas Brasileiras para construção de conjuntos de manobra e controle em alta tensão, acima de 1kV até 52kV inclusive.

No capítulo inicial deste fascículo, apresentamos ao leitor os objetivos deste trabalho, que contemplou a apresentação do panorama atual da NBR-IEC-62271-200 vigente no Brasil, suas subdivisões, principais pontos de interesse, suas interpretações e definições.

No segundo capítulo, abordamos as principais características nominais de um conjunto de manobra e controle em invólucro metálico de alta tensão, desde tensão nominal e número de fases, nível de isolamento nominal, frequência nominal, corrente nominal de regime contínuo, corrente suportável nominal de curta duração para circuitos principais e de aterramento, valor de crista da corrente suportável nominal, duração de curto-circuito nominal, valores nominais dos componentes que fazem parte do conjunto de manobra e controle em invólucro metálico, incluindo seus dispositivos de operação e seus equipamentos auxiliares e nível de preenchimento nominal dos compartimentos preenchidos com fluido.

No terceiro capítulo, mostramos as principais características de operação normal, partes removíveis, aterramento do conjunto

e do invólucro, fechamentos, conceitos de compartimentação dos conjuntos, janelas de inspeção e plaquetas de identificação.

No quarto capítulo, abordamos os requisitos de projeto e construção obrigatórios para os conjuntos, notadamente dispositivos de intertravamento, indicadores de posição, grau de proteção dos invólucros, proteção de pessoas contra acesso a partes perigosas e proteção do equipamento contra penetração de objetos sólidos estranhos, proteção contra penetração de água, proteção do equipamento contra impacto mecânico e distâncias de escoamento.

No quinto capítulo, trouxemos os requisitos de projeto e construção obrigatórios para os conjuntos, notadamente Estanqueidade ao gás e ao vácuo, Sistemas de pressão controlada para gás, Sistemas de pressão autônomo para gás, sistemas de pressão selados, Sistemas de pressão controlados para líquido, Sistemas autônomos de pressão a líquidos, Flamabilidade e compatibilidade eletromagnética.

No sexto capítulo, abordamos os requisitos de projeto e construção obrigatórios para os conjuntos, notadamente emissões de raios X, aspectos de corrosão, Arco interno devido à falha interna, requisitos dos invólucros, Compartimentos de alta tensão, partes removíveis e provisões para ensaios dielétricos em cabos.

No sétimo capítulo, iniciamos a abordagem dos ensaios de tipo, elencando as

principais razões pelas quais são realizados cada um dos ensaios, resultados esperados e suas características mais importantes, com a participação do físico Cleber Rogério Fiori, abordando ensaios de tensão para conjuntos de manobra e controle em alta tensão.

No oitavo capítulo, continuamos a abordagem dos ensaios de tipo, elencando as principais razões pelas quais são realizados cada um dos ensaios, resultados esperados e suas características mais importantes, com a participação do Engenheiro Eletricista Luis Eduardo Caires, abordando ensaios de Corrente Suportável de Curta Duração e de Elevação de Temperatura para Conjuntos de Manobra e Controle em Alta Tensão.

Nos capítulos nono e décimo assumiu o comando o Dr. Marcelo Guimarães Rodrigues, pesquisador no CEPTEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Departamento de Laboratórios de Adrianópolis - Laboratório de Alta Potência, abordando os detalhes sobre o ensaio de Arco interno devido a Falhas Internas.

Neste último capítulo abordamos os ensaios de operação mecânica, fechando a série de ensaios de tipo aplicáveis aos conjuntos.

Ensaio de operação mecânica são os ensaios aplicados a partes e dispositivos dos conjuntos de manobra que se movem durante operação normal, manobra e operação, mas também são aplicados ao invólucro como ensaio de grau de proteção.

ENSAIOS EM DISPOSITIVOS DE MANOBRA E PARTES

REMOVÍVEIS

Devem ser ensaiados de acordo com suas Normas de produto, tal como disjuntores. Se uma parte removível é presumidamente utilizada também como seccionador, então ensaios de resistência mecânica deve ser realizado em conformidade com a IEC-62271-102. Adicionalmente, todos os dispositivos de manobra instalados em conjuntos de manobra e controle de alta tensão devem ser operados em ciclo de abertura e fechamento de 50 operações. Partes removíveis devem ser inseridas 25 vezes e removidas outras 25 vezes para verificar operação satisfatória do equipamento. A força requerida para inserção e extração deve ser inferior a 150% da força requerida na primeira operação de inserção e extração. Em caso de equipamento de operação manual, a manivela de operação manual deve ser utilizada para realização dos ensaios de performance exigidos.

ENSAIOS EM INTERTRAVAMENTOS MECÂNICOS E

ELETROMECAÂNICOS

Os intertravamentos devem ser ajustados em todas as posições previstas para impedir a operação dos dispositivos de manobra, acesso a interfaces de operação e inserção e extração de partes removíveis. Os ensaios a seguir devem ser realizados com o objetivo de detectar defeitos em intertravamentos:

- 25 tentativas de abertura de quaisquer portas ou fechamentos;
- 50 tentativas de acesso ou abertura de interfaces de operação, quando este acesso é controlado por um dispositivo de intertravamento (guilhotina, alavanca seletora etc.);
- 50 tentativas de operação manual de dispositivos de manobra, quando a interface de operação esteja acessível;
- 10 tentativas de operação manual do dispositivo de manobra em direção inversa à sua direção correta de operação;
- 25 tentativas de inserção e 25 tentativas de extração de partes removíveis.

A alavanca de operação manual normal deve ser utilizada para realização dos ensaios acima descritos. Durante os ensaios, força duplicada à força normal de um operador deve ser aplicada.

Nenhum ajuste pode ser realizado nos dispositivos de manobra, partes removíveis ou intertravamentos durante os ensaios acima descritos.

A integridade de guilhotinas ou portinholas deslizantes que previnam acesso devem ser verificadas de acordo com os ensaios de impacto mecânico IK.

Os intertravamentos são considerados satisfatórios se:

- os dispositivos de manobra não possam ser operados;
- o acesso a compartimentos restritos por intertravamento é evitado;
- a inserção ou extração de partes removíveis é evitada;
- dispositivos de manobra, partes removíveis e intertravamentos estejam

ainda íntegros e capazes de operar após os ensaios, sem que seja necessária aplicação de força superior ao limite estabelecido para operação manual, ou para operação motorizada, o pico de consumo não deve superar 50% do previsto e realizado na primeira operação.

Ensaio de resistência à pressão de compartimentos preenchidos com gás

Cada compartimento projetado para ser preenchido com gás deve ser submetido a ensaios de pressão conforme abaixo:

- a pressão relativa deve ser aumentada até 1,3 vezes a pressão de projeto por um período de 1 minuto. A válvula de alívio de pressão não deve operar;
- a seguir, a pressão deve ser aumentada até o máximo de 3 vezes a pressão de projeto. É aceitável que a válvula de alívio de pressão opere, conforme projeto do fabricante, abaixo desse valor estabelecido por ele. A pressão de alívio da válvula deve constar no relatório de ensaio. Após o ensaio, o compartimento pode estar distorcido, mas não pode haver ruptura do compartimento.

Ensaio de resistência à pressão de compartimentos preenchidos com gás sem válvula de alívio de pressão

Cada compartimento projetado para ser preenchido com gás deve ser submetido a ensaios de pressão conforme abaixo:

- a pressão deve ser aumentada até 3 vezes a pressão de projeto por um período de 1 minuto. Após o ensaio, o compartimento pode estar distorcido, mas não pode haver ruptura do compartimento.

FUNCIONAMENTO MECÂNICO DE INDICADOR DE POSIÇÃO

Deve prover indicação clara e confiável da posição dos contatos do circuito principal que deve ser fornecida no caso destes contatos não serem visíveis. Deve ser possível verificar facilmente o estado do dispositivo indicador de posição no caso de uma Manobra local. As cores do dispositivo indicador de posição

nas posições aberta, fechada ou, quando apropriado, aterrada, devem estar de acordo com a IEC 60073.

A posição fechada deve ser marcada, preferencialmente com um I (conforme indicado pelo símbolo 417-IEC-5007-a da IEC 60417). A posição aberta deve ser marcada, preferencialmente com um O (conforme indicado pelo símbolo 417-IEC-5008-a da IEC 60417). O funcionamento dos indicadores deve ser verificado com o funcionamento mecânico dos dispositivos de manobra nos quais estejam instalados.

GRAUS DE PROTEÇÃO PELOS INVÓLUCROS

Devem ser especificados graus de proteção de acordo com a ABNT NBR IEC 60529, para todos os invólucros de equipamentos de manobra e controle de alta tensão, referentes ao circuito principal, permitindo penetração pelo lado de fora, bem como para invólucros apropriados para circuito de comando e/ou auxiliares de baixa tensão e equipamentos de manobra mecânica e dispositivos.

Os graus de proteção aplicam-se às condições de serviço dos equipamentos e devem ser selecionados adequadamente para evitar excessos que custam caro ou deficiências que comprometam seu funcionamento.

É importante ressaltar que o mesmo equipamento pode apresentar declarações de grau de proteção diferentes para condições do equipamento tais como: operação normal, manutenção, ensaio etc.

PROTEÇÃO DE PESSOAS CONTRA ACESSO A PARTES PERIGOSAS E PROTEÇÃO DO EQUIPAMENTO CONTRA PENETRAÇÃO DE OBJETOS SÓLIDOS ESTRANHOS

O grau de proteção proporcionado por um invólucro contra acesso de pessoas a partes perigosas do circuito principal, de comando e/ou auxiliar e a qualquer parte móvel perigosa (exceto hastes rotatórias, lisas e articulações de movimentos lentos) deve ser indicado por meio de uma designação especificada na tabela.

O primeiro numeral característico indica o grau de proteção proporcionado pelo

invólucro, com respeito a pessoas, bem como a proteção do equipamento dentro do invólucro contra penetração de corpos sólidos estranhos. Se somente a proteção contra acesso a partes perigosas for solicitada ou se esta for maior que aquela indicada pelo primeiro numeral característico, uma letra adicional pode ser usada como na tabela a seguir.

A tabela informa também os detalhes de objetos que serão “excluídos” do invólucro para cada um dos graus de proteção. O termo “excluído” implica que objetos sólidos estranhos não entrarão completamente no invólucro e que uma parte do corpo ou um objeto segurado por uma pessoa não entrará no invólucro ou, se entrar, a distância adequada será mantida e nenhuma parte móvel perigosa será tocada.

PROTEÇÃO CONTRA PENETRAÇÃO DE ÁGUA

Nenhum grau de proteção contra entrada prejudicial de água é especificado, como indicado pelo segundo numeral característico do código IP (segundo numeral característico X). Equipamento para uso externo fornecido com características de proteção adicionais contra chuva e outras condições atmosféricas deve ser especificado por meio da letra suplementar W, colocada depois do segundo numeral característico, ou depois da letra adicional, se for o caso.

PROTEÇÃO DO EQUIPAMENTO CONTRA IMPACTO MECÂNICO SOB CONDIÇÕES NORMAIS DE UTILIZAÇÃO

Os invólucros dos equipamentos de manobra e controle encapsulado devem ter resistência mecânica suficiente (ensaios correspondentes são os de impacto mecânico descritos a seguir).

Para uso interno, o nível de impacto proposto é 2 J.

Para uso externo sem proteção mecânica adicional, níveis de impacto mais elevados podem ser especificados, mediante acordo entre fabricante e usuário.

VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO IP

De acordo com os requisitos especificados nas seções 11, 12, 13 e 15 da ABNT NBR

TABELA – GRAUS DE PROTEÇÃO (TABELA 6 DA NBR-IEC-62271-1)

Graus de proteção	Proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos	Proteção contra acesso a partes perigosas
IP1XB	Objetos de 50 mm de diâmetro e maior	Acesso com um dedo (dedo-de-ensaio 12 mm de diâmetro, 80 mm de comprimento)
IP2X	Objetos de 12,5 mm de diâmetro e maior	Acesso com um dedo (dedo-de-ensaio 12 mm de diâmetro, 80 mm de comprimento)
IP2XC	Objetos de 12,5 mm de diâmetro e maior	Acesso com uma ferramenta (haste de ensaio 2,5 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)
IP2XD	Objetos de 12,5 mm de diâmetro e maior	Acesso com um fio (fio de ensaio 1,0 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)
IP3X	Objetos de 2,5 mm de diâmetro e maior	Acesso com uma ferramenta (haste de ensaio 2,5 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)
IP3XD	Objetos de 2,5 mm de diâmetro e maior	Acesso com um fio (fio de ensaio 1,0 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)
IP4X	Objetos de 1,0 mm de diâmetro e maior	Acesso com um fio (fio de ensaio 1,0 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)
IP5X	Poeira A penetração de poeira não pode ser totalmente evitada, porém a quantidade penetrada não pode interferir na Manobra satisfatória do equipamento, nem prejudicar a segurança.	Acesso com um fio (fio de ensaio 1,0 mm de diâmetro, 100 mm de comprimento)

NOTA 1 A designação do grau de proteção corresponde à ABNT NBR IEC 60529.

NOTA 2 No caso do IP5X, é aplicável a categoria 2 de 13.4 da ABNT NBR IEC 60529.

NOTA 3 Se for considerada somente a proteção contra acesso a partes perigosas, a letra adicional é usada e o primeiro numeral é substituído por um X

IEC 60529, devem ser realizados ensaios em invólucros de equipamentos de manobra e controle completamente montados da mesma maneira que em condições de serviço. Como as conexões definitivas dos cabos entrando no invólucro não são normalmente instaladas para os ensaios de tipo, podem ser utilizadas peças correspondentes para pré-abastecimento. As unidades de transporte do equipamento de manobra devem ser fechadas para os ensaios por coberturas que forneçam qualidade de proteção idêntica das juntas.

Entretanto, estes ensaios somente devem ser realizados se existirem dúvidas em relação ao atendimento a esses requisitos, em cada posição das partes relevantes julgadas necessárias.

Quando a letra suplementar W é utilizada, um método de ensaio recomendado é dado no anexo C.

ENSAIO DE IMPACTO MECÂNICO

Quando houver acordo entre fabricante e usuário, invólucros para instalação interna devem ser submetidos a um ensaio de impacto.

Três golpes são aplicados a pontos do invólucro que são suscetíveis de serem, provavelmente, os pontos mais fracos de cada invólucro, excetuando-se dispositivos como relés, medidores etc.

A cabeça do martelo com o qual o impacto é aplicado tem uma face hemisférica com um raio de 25 mm de aço com dureza Rockwell de R100. É recomendado o uso de um aparato de ensaio de impacto manobrado a mola, como definido na IEC 60068-2-63.

Após o ensaio, o invólucro não deve apresentar quebras e a deformação do invólucro não deve afetar a função normal do equipamento, reduzir a isolamento e/ou a distância de escoamento, ou reduzir o grau de proteção especificado contra acesso a partes perigosas abaixo de valores permitidos. Podem ser ignorados danos superficiais, tais como remoção de pintura, quebra de aletas de resfriamento ou partes similares, ou achatamento de pequena dimensão.

Entretanto, estes ensaios somente devem ser realizados se existir dúvida em relação ao

atendimento a estas solicitações, em cada posição das partes relevantes julgadas necessárias.

Para instalação externa, o ensaio deve ser objeto de acordo entre fabricante e usuário.

Com este capítulo, encerramos esta série que pretendeu ampliar os conhecimentos dos leitores quanto aos requisitos construtivos e de ensaios para os conjuntos de manobra e controle em alta tensão.

**NUNZIANTE 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 do ABNT/CB-003/CE 003 017 003 "Conjuntos de manobra e controle de alta tensão", Conselheiro Regional do CREA-SP da Câmara Especializada em Engenharia Elétrica e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da GIMI Quadros Elétricos.*

FIM

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