

## Capítulo XII

# Conjuntos de manobra e controle resistentes aos efeitos de um arco interno - Descritivo

Por Luiz Felipe Costa\*

Em continuidade ao tema abordado nos dois capítulos anteriores, este trabalho tratará, a seguir, do descritivo técnico e, posteriormente, apresentará uma conclusão sobre o assunto.

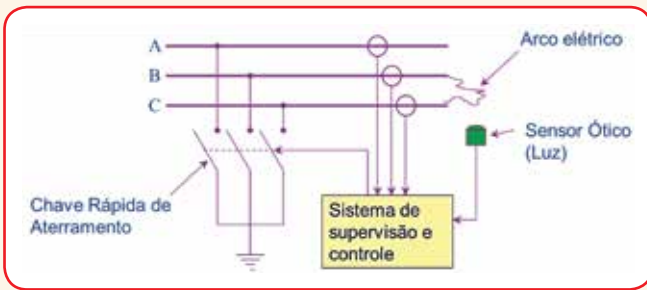
O relatório técnico IEEE Std C37.20.7 traz os seguintes objetivos e características:

- Orientar a forma de ensaiar um conjunto de manobra e controle de baixa tensão (BT) nas condições de arco elétrico, que ocorra no ar, dentro dele mesmo, devido a uma falha interna;
- Avaliar a capacidade deste equipamento em limitar os riscos de ferimentos a seres humanos, danos ao próprio conjunto e continuidade de operação após a ocorrência de arco elétrico devido a uma falha interna;
- Aplicável, a princípio, aos conjuntos de potência fabricados e montados conforme a IEC 61439-2;
- O desempenho do conjunto diante dos efeitos de um arco interno só é garantido para condições em que portas e tampas estejam devidamente fechadas e travadas. Ou seja, não se aplica para as situações de intervenções e/ou manobras que demandem abertura de qualquer cobertura (tampa ou porta).

Na segunda edição do documento da IEC não existia nenhuma diferenciação quanto ao tipo de acessibilidade de pessoas, visto que, por definição, os conjuntos de manobra e controle de potência (CMCP) de baixa tensão (BT) não preveem a operação ou, a princípio, a aproximação de pessoal que não seja autorizado. Porém, na terceira edição, apesar de ter sido mantido que este ensaio se aplica para CMCP definido pela IEC 61439-2 (equipamentos previstos para operação por pessoas advertidas e/ou qualificadas), foi incluída, além da acessibilidade restrita, a possibilidade de o local de instalação do conjunto ter, também, acesso não restrito, ou seja, acessível a pessoas comuns – inadvertidas (classificação BA1 da tabela 18 da norma ABNT NBR 5410).

Assim, além dos indicadores de queima feitos de pedaço de pano de algodão preto, com uma densidade de aproximadamente 150 g/m<sup>2</sup> para condição de pessoal autorizado, foi incluída, também, a densidade de 40 g/m<sup>2</sup>. Eles devem ser montados de modo que os cortes de suas bordas não apontem para o objeto sob ensaio. Os indicadores verticais lembram uma “caixa”, pois possuem uma armação de aço em todo seu

entorno, de modo a evitar que um indicador vertical possa inflamar os outros próximos. A Figura 1 mostra o modelo

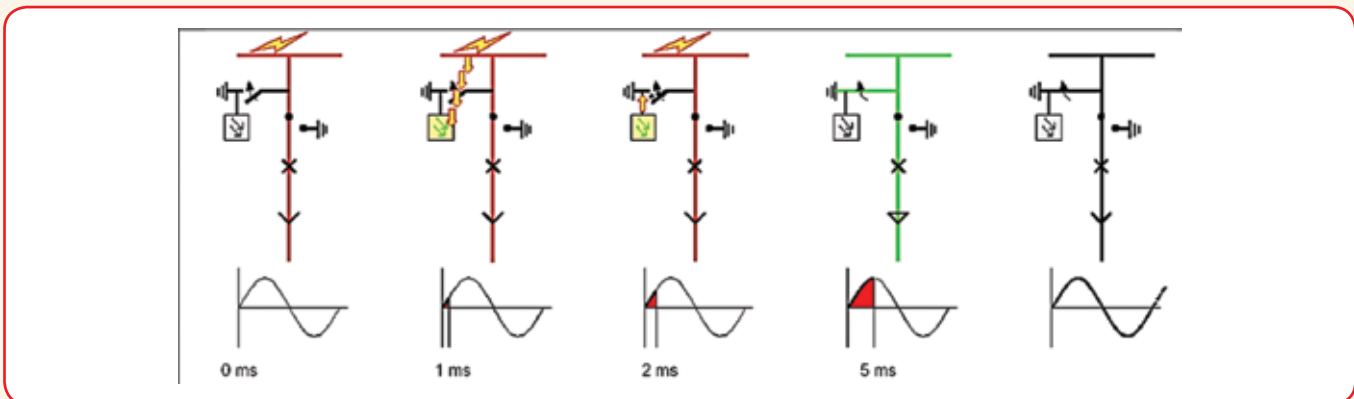


**Figura 1 – Dispositivo de aterramento rápido para redução dos efeitos devido a um arco interno em um CMCP de BT.**

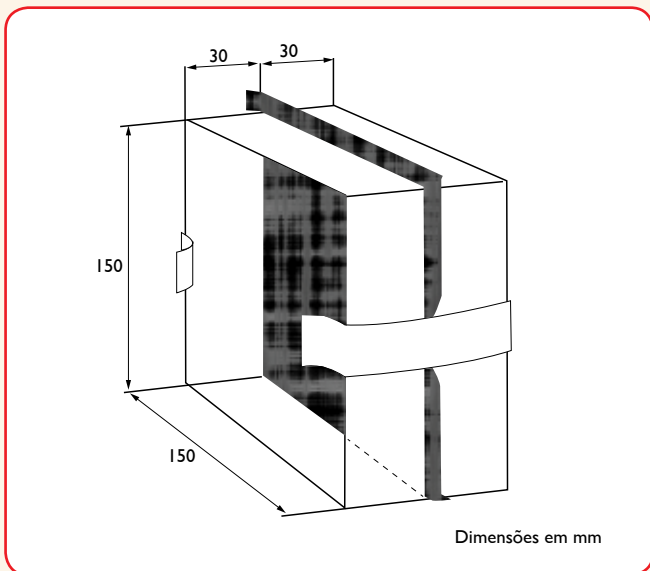
do indicador vertical de queima para verificação dos efeitos térmicos dos gases quentes liberados durante o ensaio.

No entanto, em qualquer tipo de acessibilidade (restrita ou não), a distância a ser adotada para o posicionamento dos indicadores verticais (não existe a exigência de uso de indicadores horizontais) para a verificação dos efeitos térmicos dos gases, em relação ao conjunto de manobra, foi mantida em 300 mm (+/- 30 mm) até uma altura máxima de dois metros (+/- 50 mm).

Os indicadores devem ser, preferencialmente, dispostos em uma configuração similar à de um tabuleiro de xadrez, de



**Figura 2 – Sequência de operação do dispositivo de aterramento rápido para redução dos efeitos de um arco interno.**



**Figura 3 – Indicador para verificação dos efeitos térmicos dos gases, conforme a IEC/TR 61641.**

modo a cobrir de 40% a 50% da área associada à superfície sob ensaio. Porém, nos casos em que, com certeza, não há possibilidade de escape de gases quentes de uma parte da superfície de um conjunto, os indicadores não precisam ser montados nesta região. Essa montagem deve ser feita em estruturas com uma extensão prolongada em pelo menos 300 mm, de modo a se considerar a possibilidade de escape de gases quentes a 45° a partir do conjunto. A Figura 4 mostra o arranjo dos indicadores para a realização de um ensaio.



**Figura 4 – Arranjo dos indicadores verticais para verificação dos efeitos térmicos dos gases.**

Em cada posição o arco será iniciado por um fio metálico conectado entre todas as fases. O relatório técnico, descrito na IEC TR 61641, define o diâmetro do fio conforme o arranjo de ensaio. Na sua tabela 1, reproduzida na Tabela 1 a seguir, fornece o diâmetro do fio em função da corrente eficaz presumida de curto-circuito para condições sem dispositivo limitador de corrente. Quando existir dispositivo limitador (teste com corrente condicional de curto-circuito), a IEC pede para escolher o fio em função da corrente de corte (valor de crista da corrente passante), conforme a tabela 2 da mesma IEC, reproduzida também na Tabela 2 deste trabalho. O fio para início do arco deve ser colocado dentro do compartimento a ser ensaiado em um ponto acessível e de modo que os efeitos do arco resultante sejam capazes de produzir a máxima sollicitação.

**TABELA 1 – SEÇÃO DO FIO DE COBRE USADO NO ENSAIO DE VERIFICAÇÃO DE ARCO INTERNO EM CMCP DE BT SEM DISPOSITIVO LIMITADOR DE CORRENTE**

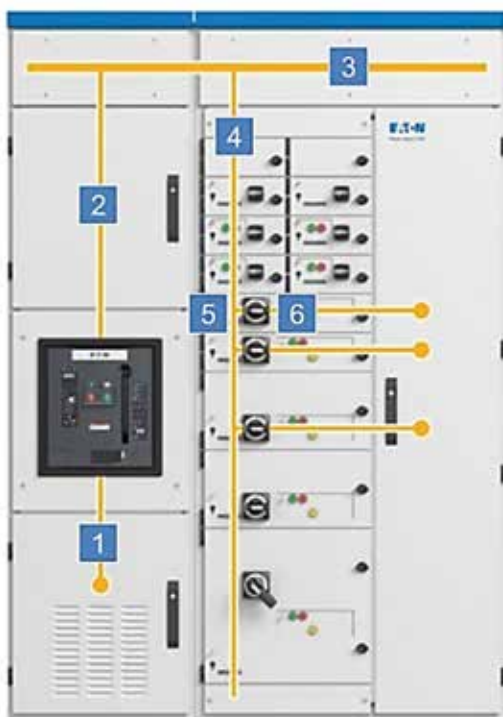
CORRENTE PRESUMIDA DE ENSAIO kA (VALOR EFICAZ)	SEÇÃO DO FIO MM <sup>2</sup>
$I \leq 25$	0,75
$25 < I \leq 40$	1,0
$I > 40$	1,5

**TABELA 2 – SEÇÃO DO FIO DE COBRE USADO NO ENSAIO DE VERIFICAÇÃO DE ARCO INTERNO EM CMCP DE BT COM DISPOSITIVO LIMITADOR DE CORRENTE**

CORRENTE PASSANTE kA (VALOR DE CRISTA)	SEÇÃO DO FIO MM <sup>2</sup>
$I \leq 10$	0,2
$10 < I \leq 30$	0,5
$30 < I \leq 50$	0,8
$50 < I \leq 70$	0,9
$70 < I \leq 90$	1,1

Para um conjunto de manobra e controle de BT, as seis posições básicas a serem ensaiadas para a condição de um arco interno, se aplicável, seriam conforme a IEC TR 61641 e indicados na Figura 5:

1. Lado de alimentação de uma unidade funcional de entrada;
2. Lado de carga de uma unidade funcional de entrada;
3. Barramento principal;
4. Barramento de distribuição;
5. Lado de alimentação de uma unidade funcional de saída;
6. Lado de carga de uma unidade funcional de saída.



**Figura 5 – Posições a serem verificadas quanto à possibilidade de um arco interno.**

Para o arranjo de ensaio de conjuntos de manobra e controle de BT, não existe, dentro da IEC, a obrigação de simulação da sala onde ele será instalado.

Os ensaios de verificação de desempenho em condições de arco devido à falha interna devem ser feitas na tensão de operação nominal ( $U_e$ ). O fabricante pode escolher entre três valores de corrente de curto-circuito para o ensaio de verificação do CMCP sob condições de arco: a de arco autoextinguível ( $I_{ps\_arc}$ ), a permitida para condições de arco ( $I_{p\_arc}$ ) e a condicional ( $I_{pc\_arc}$ ). O valor a ser declarado pelo fabricante para qualquer uma das correntes anteriores pode ser menor do que o valor nominal da corrente suportável de curta duração ( $I_{cw}$ ).

O fio de ignição do arco deve ser conectado entre as partes vivas acessíveis, conforme a distância mais curta possível. Sendo que a isolamento sólida aplicada sobre os condutores não pode ser destruída, removida ou perfurada, ou seja: não se pode iniciar uma falha em uma zona protegida contra ignição de arco.

A Figura 6 mostra alguns momentos de um ensaio de verificação de suportabilidade a um arco interno no lado de alimentação de uma unidade funcional de entrada de um CMCP de BT.



I - Abertura dos dispositivos de alívio de pressão ("flaps").



II - Continuação do processo de redução da pressão interna pela emissão de gases.



III - Fase térmica (duração total do ensaio igual a 300 milissegundos).

**Figura 6 – Ensaio de arco interno em um CMCP de BT.**

A IEC, segundo a IEC TR 61641, entende que um conjunto de manobra e controle de BT pode apresentar zonas ensaiadas para os efeitos de uma falha interna ou zonas livres de ignição de um arco. Uma zona ensaiada para condições de arco ("Arc Tested Zone", antiga "Arc

Proof Zone”) é caracterizada como a parte de um circuito de um conjunto em que se pode aplicar um fio de ignição e se atender aos critérios de avaliação de desempenho no caso de falha. A zona protegida contra ignição de arco (“Arc Ignition Protected Zone”, antiga “Arc Free Zone”) é a região do CMC em que não é possível aplicar um fio de ignição de arco nos circuitos de potência sem a destruição do material isolante sobre os condutores. Esta condição se aplica, por exemplo, para barramentos cujas barras são separadas por barreiras isolantes ou isoladas em material epóxi ou com outro tipo de cobertura isolante sólida (por exemplo: material termocontrátil).

Na Figura 7 são apresentadas duas possibilidades construtivas para o lado dos barramentos de uma unidade funcional quanto a abordagem relativa à ocorrência de um arco interno. Como a primeira imagem mostra barras nuas, seria necessário ensaio para verificação se são atendidos os requisitos para considerar esta zona como ensaiada para falha interna. Na segunda imagem se tem, para a mesma zona, barras com cobertura isolante sólida; o que nos permite considerar como zona livre de ignição de arco.



**Figura 7 – Possibilidades de zonas relativas à ocorrência de um arco interno no lado dos barramentos de uma unidade funcional.**



As barreiras isolantes devem garantir um grau de proteção IP3XD, enquanto a isolação sólida deve ter um grau IP4X.

Uma cobertura isolante para ser considerada sólida, segundo a IEC TR 61641, precisa ter características de só poder ser removida com o uso de ferramentas ou pela sua destruição. Ela deve, também, atender aos requisitos elétricos, térmicos e mecânicos definidos na norma IEC 61439-2. Além disso, é necessário que estes isolantes possam suportar uma tensão de 1,5 vezes o valor de ensaio dielétrico associado à tensão nominal de isolamento ( $U_i$ ) do conjunto, quando aplicada diretamente sobre a superfície do isolante em relação ao condutor associado coberto.

No caso de uso de coberturas isolantes sobre os barramentos condutores, é crítico lembrar que a adição de materiais isolantes sobre as barras pode, dependendo do tipo de material e da sua aplicação, vir a afetar a sua capacidade de condução de corrente. Logo, é importante que o usuário defina exatamente quais os requisitos de desempenho esperados quando da especificação de barras isoladas para uso em conjuntos de manobra e controle. Cabe ao fabricante demonstrar que o uso destes materiais isolantes está em conformidade com as normas IEC 61439-1 e IEC 61439-2.

A classificação, segundo a IEC TR 61641, de um CMCP de BT, quanto ao evento de um arco interno, é:

1. Classe de arco A: o conjunto provê proteção só de pessoas por meio de zonas ensaiadas que atendam aos critérios 1 a 5 e/ou uso de zonas protegidas de ignição;
2. Classe de arco B: o conjunto provê proteção de pessoas e do CMCP por meio de zonas ensaiadas que atendam aos critérios 1 a 6 e/ou uso de zonas protegidas de ignição;
3. Classe de arco C: o conjunto provê proteção de pessoas e do CMCP, além de permitir a operação limitada dele, após a falha, por meio de zonas ensaiadas que atendam às condições 1 a 7 e/ou uso de zonas protegidas de ignição;
4. Classe de arco I: o conjunto provê o risco reduzido de ocorrência de falhas por meio, somente, do uso de zonas protegidas contra a ignição de arco.

Os critérios para atender aos requisitos para cada uma das três primeiras situações mencionadas acima são:

[1] No caso de proteção só de pessoas (Classe A):

1. Não ocorrer abertura de portas, tampas ou coberturas (deve ser mantido, pelo menos, o grau de proteção IP1X);
2. Não ocorrer arremesso para além dos indicadores de partes que possam causar perigo (as de massa maior que 60 g);
3. Não ocorrer perfurações nas paredes de livre acesso;
4. Não ocorrer queima dos indicadores verticais;
5. Manutenção da eficiência do circuito de proteção (aterramento) das partes acessíveis.

[2] Proteção de pessoas e do CMCP (Classe B). Além dos cinco critérios para proteção de pessoas, deve ser atendido, também:

1. Existir o confinamento do arco na “área definida” pelo fabricante, associada ao compartimento a ser ensaiado.
- [2] Proteção de pessoas e do CMCP, com possibilidade de operação limitada posterior (Classe C). Além dos seis critérios listados anteriormente, deve ser atendida, também, a seguinte condição:
7. Permitir a operação de emergência do CMCP onde não ocorreu o arco. Após a interrupção da falta e isolamento ou desmontagem das unidades funcionais da área atingida, conforme definição do fabricante, deve ser possível o uso do restante do conjunto, desde que o menor grau de proteção seja IPXXB e que o CMCP suporte um ensaio de tensão aplicada igual a 1,5x a sua tensão operacional ( $U_e$ ) por 1 minuto.

Assim, um CMCP de BT, analisado a partir da perspectiva da ocorrência de um arco interno, segundo a IEC TR 61641, pode ser enquadrado em quatro classes; aplicando-se zonas consideradas como, segundo as suas características, ensaiadas para a condição de arco ou livres de ignição.

### Conclusões

Não é obrigatório o uso de conjuntos de manobra e controle de potência em média ou baixa tensão que possuam características de desempenho diante do fenômeno de arco interno. Porém, apesar de muito remota, a chance de ocorrer tal falha pode existir. Assim, deve existir, por parte do usuário, uma avaliação dos riscos presentes para decidir,

então, se precisa ou não requerer este tipo de equipamento. A análise deve seguir as orientações presentes na literatura técnica disponível, como os mencionados nas referências bibliográficas.

Como a maioria dos conjuntos preparados para condição de arco interno, com poucas exceções, não levam em conta atividades de intervenção e manutenção por parte dos usuários, é preciso, sempre, complementar os requisitos de segurança, a fim de garantir a integridade do ser humano.

Uma forma simples, mas que aumenta muito a segurança nestes casos, é a instalação, sempre que possível, do CMCP em lugares com acesso restrito a pessoal habilitado ou qualificado. Esta abordagem simples, evitando a possibilidade de manuseio de equipamentos por pessoas comuns, minimiza os riscos de operações incorretas ou indevidas.

E, finalmente, ter em mente a importância de seguir as diretrizes de projeto, instalação, operação e manutenção definidas para estes equipamentos pelas normas técnicas aplicáveis, instruções dos fabricantes, programas de segurança e literatura técnica aplicável.

## Referências

- IEC 62271-200: *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV; Edition 2.0. International Electrotechnical Commission, 2011.*
- IEC 61439-1: *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules; Edition 2.0. International Electrotechnical Commission, 2011.*
- IEC 61439-2: *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies; Edition 2.0. International Electrotechnical Commission, 2011.*
- IEEE Std C37.20.7: *IEEE Guide for Testing Metal-Enclosed Switchgear Rated Up to 38 kV for Internal Arcing Faults. Institute of Electrical and Electronic Engineers; 2007.*
- IEC TR 61641: *Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault; Edition 3.0. International Electrotechnical Commission, 2014.*
- IEC 62271-4: *High-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and its mixtures; Edition 1.0. International Electrotechnical Commission, 2013.*
- IEC 60529: *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code); Edition 2.2. International Electrotechnical Commission, 2013.*

---

\*LUIZ FELIPE COSTA é especialista sênior da Eaton. É formado em engenharia elétrica pela Escola de Engenharia da UFRJ e pós-graduado em Proteção de Sistemas Elétricos pela Universidade Federal de Itajubá.

### FIM

Acesse este e outros capítulos do fascículo "Conjuntos de manobra e controle de potência", em formato PDF, no site [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br). Dúvidas e outros comentários podem ser encaminhados para [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)