

Capítulo III

Conjuntos de manobra e controle de média tensão em invólucros metálicos

Por Luiz Felipe Costa*

O primeiro passo na aplicação de um conjunto de manobra e controle é identificar o tipo de corrente elétrica presente no ponto da instalação:

- Alternada ou contínua;
- Se alternada, qual a frequência;
- Os níveis de tensão e de isolamento.

No caso de uso de corrente alternada ou de corrente contínua, tanto a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto a IEC (International Electrotechnical Commission), além de outros órgãos, como o Cenelec (European Committee for Electrotechnical Standardization), costumam a classificar a tensão, com base nos níveis operacionais, como alta ou baixa. Estas faixas, em corrente alternada, se enquadram em:

- Baixa Tensão (BT): para valores eficazes de tensões entre fases até 1.000 V, inclusive.
- Alta Tensão (BT): para valores eficazes de tensões entre fases acima de 1.000 V.

Deste modo, é normal que a expressão “média tensão (MT)” possa gerar alguma confusão ou estranheza. Porém, tanto no Brasil quanto em outros países, como Estados

Unidos, Canadá e várias nações da União Europeia, é comum o uso dessa expressão para uma faixa de tensão, em corrente alterna, cujo valor eficaz entre fases, está acima de 1 kV e abaixo de 69 kV.

A Conferência Internacional sobre Redes de Distribuição (Cired) vem tentando, junto a IEC, introduzir uma nova classificação para os valores das tensões usadas e, assim, adotar, também, o uso da expressão “média tensão” para cobrir a faixa mencionada no parágrafo anterior. No entanto, ainda não existe nenhuma ratificação por parte da IEC. Aqui no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), no conjunto de módulos dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (Prodist), usa o termo “Média tensão de distribuição (MT)” para designar a tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV.

Com relação à expressão “conjunto de manobra e controle”, a ABNT NBR IEC 62271-200, de 2007, a define como sendo um termo geral que contempla os dispositivos de manobra e suas combinações com os equipamentos associados de controle, medição, proteção e regulação, incluindo as suas respectivas montagens e as interligações associadas, os acessórios, invólucros e estruturas-suporte.

Já a definição para conjunto de manobra e controle em invólucro metálico seria aplicada naqueles casos em que os conjuntos possuem um invólucro metálico externo, previsto para ser aterrado, e fornecido completamente montado, com exceção das conexões externas.

A aplicação de um conjunto de manobra e controle de média tensão em invólucro metálico é feita, inicialmente, com base nas características nominais necessárias ao equipamento:

- Tensão nominal (U_r).
- Nível de isolamento nominal (valores das tensões suportáveis nominais a frequência industrial – U_d , e ao impulso atmosférico – U_p).
- Frequência nominal (f_r).
- Corrente nominal de regime contínuo (I_r).
- Corrente suportável nominal de curta-duração (I_k).
- Valor de pico da corrente suportável nominal (I_p).
- Duração da corrente suportável (t_k).
- Valores nominais dos componentes incluídos no conjunto de manobra e controle.

- Nível nominal para compartimentos preenchidos por fluidos.

Claro que os tópicos anteriores não se bastam por si só para a aplicação dos equipamentos. Um passo inicial é consultar o capítulo “8” da norma “IEC 62271-200” ou de sua NBR equivalente. Este capítulo possui três seções que ajudam na seleção dos valores nominais, do projeto construtivo a ser adotado e a classificação de arco interno, caso seja aplicável.

O material mencionado e as informações contidas na literatura técnica disponível, como na norma “Ansi / IEEE C37.20.2”, têm como objetivo servir de guia para a seleção de conjuntos de manobra e controle de média tensão em invólucros metálicos.

É preciso atentar para as situações que apresentem desvios dos valores considerados como padrões nas normas para aplicação dos equipamentos, tais como: temperatura, altitude, influência de radiação solar, nível de umidade ou condições especiais de serviço (presença de fumaça, pó, gases, etc.).

Descritivo

As duas maiores escolas mundiais relacionadas com o desenvolvimento, projeto, construção e uso dos conjuntos de manobra e controle de média tensão são: a norte-americana (que está baseada nas normas Ansi / Nema / UL) e a europeia (que segue as normas IEC).

As duas escolas não são exclusivas. Ambas se focam no desempenho seguro e confiável do conjunto de manobra e controle, com base nos fenômenos físicos intrínsecos à operação elétrica dos equipamentos em condições normais e anormais. Cada uma apresenta as suas próprias características, mas ambas caminham, atualmente, para um processo de harmonização de requisitos.

Porém, antes de continuar qualquer análise, é preciso esclarecer alguns conceitos e termos disseminados na aplicação e uso de conjuntos de manobra e controle.



Figura 1 – Exemplos de formas construtivas usuais conforme cultura técnica das escolas norte-americana (Ansi / Nema) e europeia (IEC).

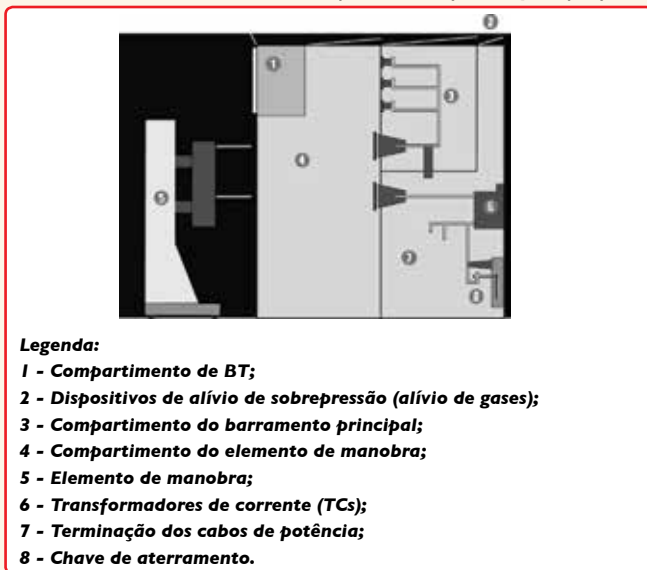


Figura 2 – Visualização esquemática de uma coluna de CMC de MT.

Existem conceitos oriundos da escola “Ansi / Nema” para a definição estrutural dos conjuntos de manobra de potência, que permeiam a cultura brasileira. Os mais comuns e que geram, ainda, muitas dúvidas e são os que estão associados às expressões: “metal-enclosed” e “metal-clad”.

O uso da expressão: “metal-enclosed” está associado a formas construtivas autossustentáveis que apresentem invólucro metálico externo. E elas podem ser aplicadas tanto em baixa tensão (BT) quanto em média tensão (MT). Sendo que, nos casos de aplicações em MT, está subentendido que é obrigatório, também, o uso de barreiras metálicas na separação entre o compartimento de BT (controle) e as partes em alta tensão.

O termo “metal-clad” é aplicável a estruturas de média tensão que, além de serem “metal-enclosed” (possuírem um invólucro metálico externo), apresentam outras divisórias internas de material metálico, que separam os compartimentos que compõem a coluna: controle (BT), disjuntor, cabos e barramento principal. Destas premissas, surgem, também, conforme a Ansi e a Nema, outras exigências construtivas: barramento e (colunas) adjacentes no compartimento do barramento principal, uso obrigatório de disjuntores do tipo extraível, os transformadores de potencial (TPs) e os auxiliares de controle (TACs), devem ser montados em compartimento próprio.

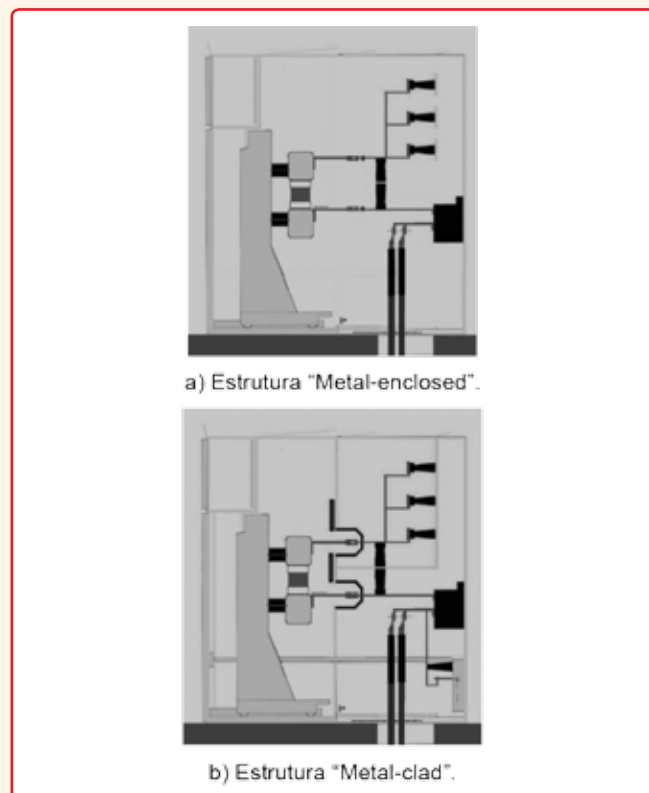
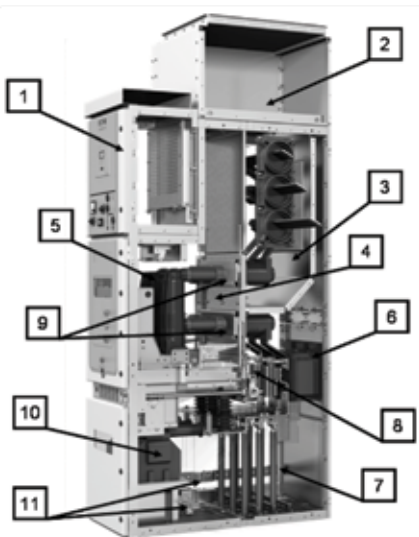


Figura 3 – Visualização dos conceitos “metal-clad” e “metal-enclosed” para coluna de CMC de MT.

A IEC e a ABNT adotam também o uso do termo “metal-enclosed” para indicar os casos em que os conjuntos de manobra e controle são montados em invólucros metálicos. Já a expressão “metal-clad” foi

abandonada pela IEC na emissão da norma IEC 62271-200, que substitui a IEC 60298 (antiga norma para os conjuntos de manobra e controle de alta tensão em invólucros metálicos).

Para se ter uma noção básica da comparação entre as concepções e definições da IEC (ABNT) e da Ansi/IEEE para um conjunto de manobra blindado (“metal-clad”), é mostrado, a seguir, na Tabela 1, um resumo baseado na tabela “C.1” da norma IEC 62271-200 (de novembro de 2003).



Legenda:

- 1 - Compartimento de BT;
- 2 - Duto de gases;
- 3 - Compartimento do barramento principal;
- 4 - Compartimento do elemento de manobra;
- 5 - Elemento de manobra (no caso, disjuntor);
- 6 - Transformadores de corrente (TCs);
- 7 - Terminação dos cabos de potência;
- 8 - Chave de aterramento;
- 9 - Guilhotinas automáticas;
- 10 - Transformadores de potencial (TPs);
- 11 - Barra de terra.

Figura 4 – Partes construtivas de uma coluna de conjunto de manobra e controle de MT em invólucro metálico.

TABELA 1 – COMPARATIVO SIMPLIFICADO ENTRE OS REQUISITOS CONSTRUTIVOS DE UM “METAL-CLAD”, CONFORME IEC E ANSI

IEC 60298 (1990)	IEEE C37.20.2
>= 3 compartimentos	>= 3 compartimentos
Permite disjuntor fixo	Somente disjuntor extraível
Permite condutores nus	Condutores e conexões primárias cobertas por material isolante
Permitida a montagem fixa de TPs e dos transformadores de controle	Transformador com dispositivo-fusível e partes extraíveis. TPs e TAC em compartimento próprio
Não exige o uso de barreiras entre colunas no compartimento do barramento principal	Barreiras entre colunas do barramento principal

Legenda:

- **TPs: Transformadores de potencial.**
- **TAC: Transformador auxiliar de controle.**

Nas Figuras 5 e 6, pode-se visualizar a diferença conceitual que existe entre as duas normas no que diz respeito à exigência de barras isoladas e de buchas de passagem (barreiras entre colunas adjacentes) no arranjo e montagem do barramento principal de um conjunto de manobra e controle de MT em invólucro metálico. Na Figura 5, tem-se uma vista traseira de um típico conjunto de manobra, conforme IEC, em que se nota as barras nuas e o compartimento do barramento principal sem barreiras (buchas isolantes de passagem) entre colunas adjacentes. Na Figura 6, pode-se ver a aplicação de dois tipos de buchas de passagem (barreiras entre colunas adjacentes), além de barras e conexões isoladas no compartimento do barramento principal, típico da cultura Ansi/IEEE/Nema/UL.



Figura 5 – Vista traseira de um típico conjunto de manobra, conforme IEC.



Figura 6 – Vista de buchas de passagem (barreiras entre colunas adjacentes) e barras isoladas no compartimento do barramento principal.

Filosofias construtivas

Um conjunto de manobra e controle de média tensão possui, na grande maioria dos casos, várias unidades funcionais montadas em um invólucro, formando uma estrutura única. Estes invólucros devem prover, pelo menos, um grau de proteção IP2X. Esse grau serve tanto para a proteção do equipamento contra as influências externas, quanto para a proteção humana, no que diz respeito à aproximação ou contato com partes vivas e contra contato com as partes móveis.

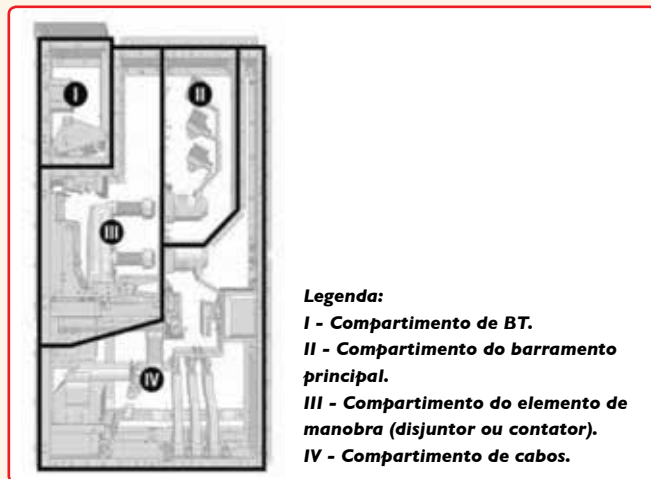
Uma unidade funcional, conforme as normas ABNT e IEC aplicáveis estabelecem, é a parte da estrutura que contém os componentes dos circuitos principais e auxiliares relativos a uma única função, como por exemplo: unidade de entrada, unidade de saída, etc. Esta definição está em conformidade com o vocabulário internacional (ver a cláusula “IEC 441-13-04” – definição modificada).

Uma das formas construtivas mais usada atualmente na montagem de um conjunto de manobra e controle de média tensão é o arranjo com um disjuntor (elemento de manobra) por coluna (unidade funcional), montado a meia altura (aproximadamente no meio da seção). Esta forma pode ser denominada “um elemento por coluna”. Dentro deste contexto, uma unidade funcional, na maioria das vezes, confunde-se com a própria seção e/ou coluna em que está montada.



Figura 7 – Exemplo de uma unidade funcional.

Uma unidade funcional (UF) irá apresentar, além do compartimento de controle, também chamado de BT (baixa tensão), outros compartimentos em que possa existir a presença de alta tensão (valores acima de 1 kV em CA), os quais podem ser chamados de principais ou de potência.



Legenda:

- I - Compartimento de BT.
- II - Compartimento do barramento principal.
- III - Compartimento do elemento de manobra (disjuntor ou contator).
- IV - Compartimento de cabos.

Figura 8 – Compartimentos de uma unidade funcional.

O compartimento principal, também chamado de compartimento de alta tensão, é a parte de uma unidade funcional de um conjunto de manobra e controle de MT onde se encontram partes com tensão superior a 1 kV, em CA, enclausuradas pelo invólucro, com exceção das aberturas necessárias para interconexões, ventilação ou acionamento.

Aos compartimentos principais, ou seja, aqueles que possuem circuitos de potência, está associado o conceito de acessibilidade. Em outras palavras, a classificação de um compartimento principal de uma unidade funcional quanto ao tipo de acesso ao mesmo estabelece como está definida a possibilidade ou não de sua abertura. A classificação e a explicação das propriedades de um compartimento quanto a sua acessibilidade está definida na Tabela 2.

Os compartimentos principais são quatro: três que podem ser abertos e um que não pode. Assim, eles são, basicamente, divididos em dois tipos:

- Acessível.
- Não acessível.

Um compartimento, dito acessível, pode ter o acesso controlado com base em:

- Intertravamento.
- Procedimento.
- Ferramenta.

Neste processo de se buscar a compreensão quanto a forma como são dispostos os compartimentos dentro de uma unidade funcional, o próximo passo é absorver o conceito de divisão: parte construtiva do conjunto que separa um compartimento dos demais.

Com relação à classe de divisão, a “IEC 62271-200” apresenta uma classificação, conforme a Tabela 3, mostrada a seguir, de acordo com o material (metálico ou não metálico) utilizado para o tipo de partição ou barreira existente entre as partes vivas. Isto se aplica, também, aos casos de compartimento acessível aberto.

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE COMPARTIMENTOS EM RELAÇÃO À ACESSIBILIDADE

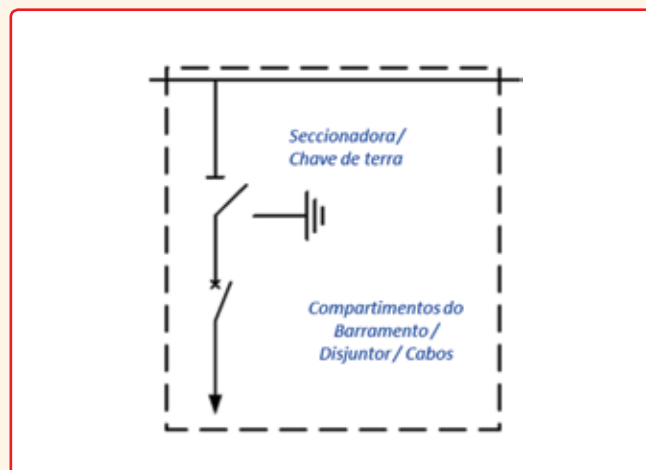
TIPOS		CARACTERÍSTICAS	
Compartmento acessível ao operador	Acessível com base em intertravamento.	A ser aberto em condições normais de operação e manutenção.	Não são necessárias ferramentas para abertura. Intertravamentos previnem o acesso à alta tensão.
	Acessível com base em procedimento.	A ser aberto em condições normais de operação e manutenção.	Não são necessárias ferramentas para abertura. Procedimentos e travas previnem o acesso à alta tensão.
Compartmento com acesso especial	Acessível com base em ferramenta.	Passível de ser aberto, mas não durante condições normais.	São necessárias ferramentas para abertura. Podem ser necessários procedimentos especiais de manutenção.
Compartmento não acessível	Não é possível ao usuário abrir.	Não é previsto para ser aberto.	Abertura pode afetar o compartimento. Deve haver a indicação clara ao usuário para não abrir. Acessibilidade não é relevante.

TABELA 3 – CATEGORIAS DAS PARTIÇÕES ENTRE PARTES VIVAS E COMPARTIMENTO ACESSÍVEL ABERTO

CLASSE DE DIVISÃO	CARACTERÍSTICAS
PM (Partição Metálica)	Obturadores metálicos e divisão metálica entre as partes vivas e o compartimento aberto (mantida a condição de invólucro metálico).
PI (Partição Isolante)	Descontinuidade nas divisões metálicas ou nos obturadores metálicos, existentes entre as partes vivas e o compartimento aberto, devido ao uso de partes isolantes.

Existe também uma classificação dos conjuntos de manobra e controle baseada na sua capacidade de manterem algum nível de “continuidade de serviço” enquanto um dos seus compartimentos principais é aberto. A perda de continuidade de serviço, “LSC” (“Loss of Service Continuity”), está baseada na condição de abertura de um compartimento principal acessível. Sendo assim, este tópico é de fundamental importância para a definição de procedimentos operacionais e de manutenção, dentro do contexto

da segurança humana e patrimonial. A atual classificação quanto à perda de continuidade de serviço das unidades funcionais de um conjunto de manobra e controle, conforme a norma “IEC 62271-200”, encontra-se na Tabela 4. As Figuras 9 a 14 mostra exemplos das diferentes categorias, com o uso de visualizações esquemáticas.


Figura 9 – Categoria LSC1.
TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CATEGORIA QUANTO À PERDA DE CONTINUIDADE DE SERVIÇO QUANDO DA ABERTURA DE UM COMPARTIMENTO ACESSÍVEL

TIPOS DE CATEGORIAS	CARACTERÍSTICAS	VER FIGURA(S)
LSC1	Características Não é prevista a continuidade de serviço quando da abertura de um compartimento acessível de uma UF. No mínimo, outra UF terá que ser desenergizada. Pode ser necessário o desligamento e o aterramento de todo o conjunto.	9
LSC2	Permite uma maior continuidade de serviço durante o acesso ao compartimento de conexão (cabos de potência). No mínimo, o barramento principal deve poder ser mantido energizado. As demais UFs podem operar normalmente.	10 e 11
LSC2	_A UF da categoria LSC2 em que qualquer compartimento acessível, com exceção do barramento principal em conjuntos de barra simples, ao ser aberto permite que o barramento principal possa estar energizado e as demais UFs possam operar normalmente.	12
	_B UF similar a LSC2A em que o respectivo compartimento de conexão (cabos de força) pode, também, permanecer sob tensão. O barramento principal, demais unidades funcionais e todos os compartimentos de cabos podem estar energizados e operar normalmente.	13 e 14

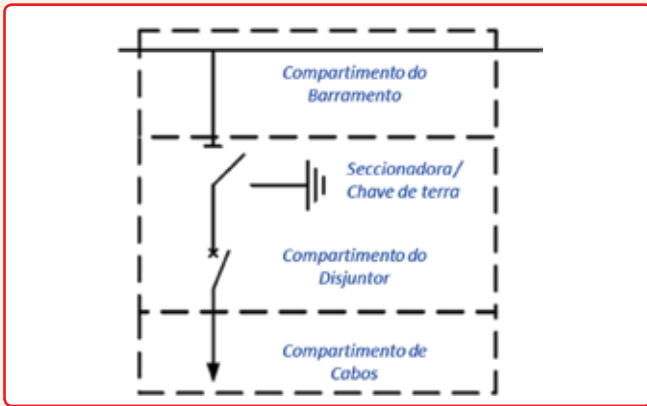


Figura 10 – Categoria LSC2 (seccionamento e aterramento no compartimento do disjuntor).

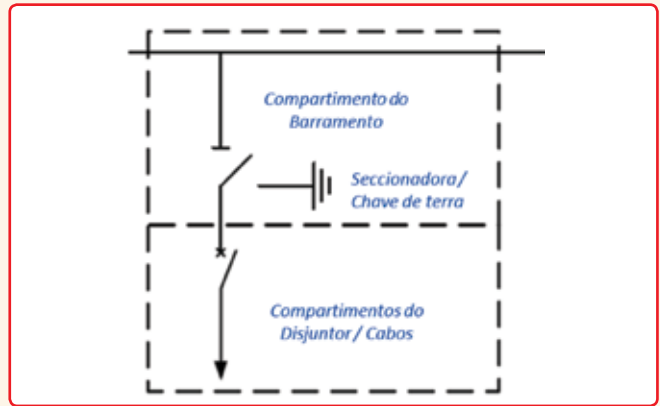


Figura 12 – Categoria LSC2A.

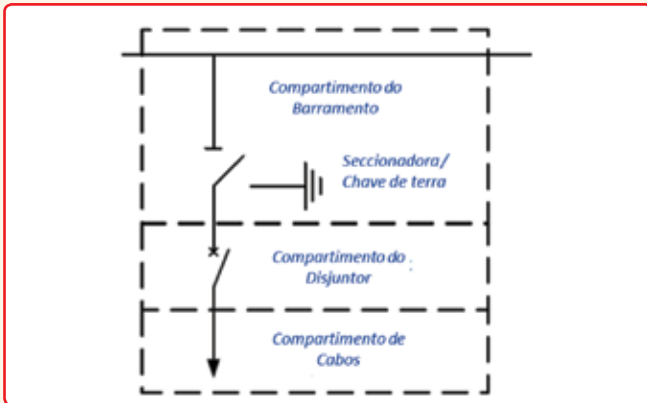


Figura 11 – Categoria LSC2 (seccionamento e aterramento no compartimento do barramento principal).

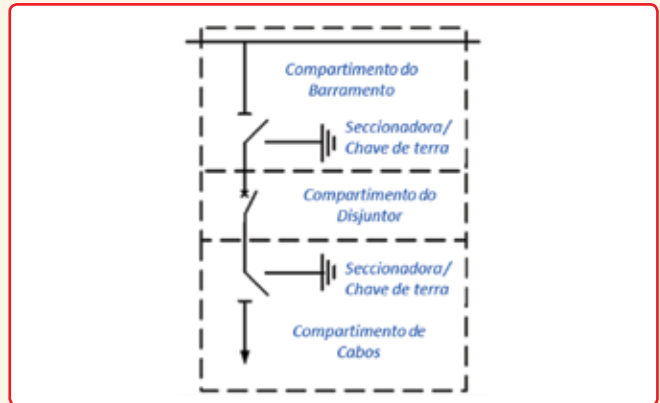


Figura 13 – Categoria LSC2B (disjuntor fixo).

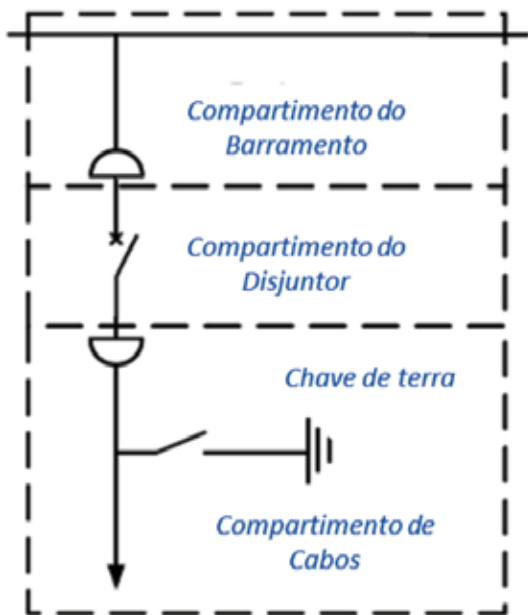


Figura 14 – Categoria LSC2B (disjuntor extraível).

Apesar da probabilidade muito baixa da ocorrência de uma falta por arco interno em um conjunto de manobra e controle aplicado, projetado, montado e operado conforme as diretrizes das normas e instruções do fabricante; não se pode ignorar este tipo de evento. Por conta disso, na norma “IEC 62271-200” e a NBR equivalente, foi introduzida a classificação relacionada à segurança pessoal em caso de um arco interno. Ela é construída partindo-se da denominação dada pela sigla “IAC” (“Internal Arc Classification”). A esta sigla estão associados os tipos de acessibilidade a cada face de um conjunto de manobra e controle, além do valor eficaz da corrente e do tempo de ensaio nas condições de arco interno. As categorias são definidas levando-se em conta os riscos mecânicos, elétricos e de incêndios no caso de um arco interno durante a operação normal de um conjunto de manobra e controle.

TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO QUANTO A UM ARCO INTERNO

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS
IAC (“Internal Arc Classification”)	Não pode ocorrer nenhuma ejeção de partes, nenhuma ignição de roupas, tecidos e o aterramento do invólucro deve permanecer efetivo.

Os complementos necessários para se configurar esta classificação quanto ao evento de um arco interno são os seguintes:

- Tipos de acessibilidade:
 - Tipo A: restrito somente a pessoal autorizado.
 - Tipo B: não restrito (público, em geral).
 - Tipo C: restrito pela instalação fora de alcance e acima da área de acesso.
- Lados aos quais se aplicam a acessibilidade:
 - F: para a parte frontal do conjunto.
 - L: para as partes laterais do conjunto.
 - R: para a parte traseira (posterior / retaguarda) do conjunto.
- Valores da corrente e do tempo usados no ensaio:
 - Corrente de falta, em kA eficazes simétricos.
 - Duração da falta, em segundos.

É importante ressaltar que um conjunto de manobra pode ter diferentes tipos de acessibilidade para os seus vários lados.

Exemplos de classificação IAC:

- IAC – AFLR – 40 kA – 1 s: acessibilidade, somente de pessoal autorizado, na frente, laterais e traseira do conjunto para uma falta por arco interno limitada a 40 kA e 1 s.
- IAC – BF-AR – 20 kA – 0,1 s: acessibilidade para o público em geral na parte frontal e somente para pessoal autorizado na traseira do conjunto, para uma falta por arco interno limitada a 20 kA e 0,1 s.

**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.*

Continua na próxima edição

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