



BÁSICO DE ELETROTÉCNICA

SUMÁRIO

1- COMANDO ELÉTRICO	3
2- SISTEMAS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS TÍPICOS	6
3- CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES DE BAIXA TENSÃO	29
4- DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO	33
5- COORDENAÇÃO DOS DEMARRADORES DE BAIXA TENSÃO NBR	39
6- TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS	42
7- DISJUNTORES DE MÉDIA TENSÃO	45
8- FUSÍVEIS DE MÉDIA TENSÃO	60
REFERÊNCIAS	

1- COMANDO ELÉTRICO

Em eletricidade, comandos elétricos ou acionamentos elétricos é uma disciplina que lida com projetos de circuitos elétricos para o acionamento de máquinas elétricas. A formação nesta disciplina visa conhecer e dimensionar os principais dispositivos de comando e proteção utilizados nestes circuitos, ler e interpretar os circuitos de comandos de máquinas elétricas e conhecer os principais métodos de acionamento destas máquinas.

O conhecimento sobre comandos elétricos é bastante importante, pois em qualquer sistema elétrico industrial e/ou residencial, há sempre algum tipo de máquina ou equipamento acionado de alguma forma, por exemplo, através de um motor elétrico, que é a forma mais utilizada para obtenção de energia mecânica.

Nos acionamentos convencionais, também conhecidos como partidas convencionais de motores, usam-se dispositivos eletromecânicos para o acionamento (partida) do motor, como contatores.

Nos acionamentos eletrônicos, também conhecidos como partidas eletrônicas de motores, usam-se dispositivos eletrônicos que realizam o acionamento do motor, como soft-starters, inversores de frequência, etc.

Os dispositivos de proteção têm a função de proteger os equipamentos, circuitos eletroeletrônicos, máquinas e instalações elétricas, contra alterações da tensão de alimentação e intensidade da corrente elétrica. Nestes circuitos, a proteção é normalmente garantida por fusíveis, relé térmico e contactor motor.

Em eletrônica e em engenharia elétrica, fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Consiste de um filamento ou lâmina de um metal ou liga metálica de baixo ponto de fusão que se intercala em um ponto de uma instalação elétrica, para que se funda, por efeito Joule, quando a intensidade de corrente elétrica que o percorre superar um determinado valor, devido a um curto-circuito ou sobrecarga, o que poderia danificar a integridade dos condutores, com o risco de incêndio ou destruição de outros elementos do circuito.

FUSÍVEIS

Fusíveis e outros dispositivos de proteção contra sobrecorrente são uma parte essencial

de um sistema de distribuição de energia para prevenir incêndios ou danos a outros elementos do circuito.

Breguet recomendava o uso de condutores de seção reduzida para proteger estações de telégrafos contra raios; ao fundirem-se e então abrirem o circuito, os fios mais finos então protegeriam o aparato e fiação dentro da edificação.[1] Uma variedade de elementos fusíveis, seja de fio ou de lâminas finas, estiveram em uso para proteger cabos de telégrafos e instalações de iluminação, desde pelo menos 1864.

Um fusível foi patenteado por Thomas Edison em 1890 como parte de seu sistema de distribuição elétrica.

TIPOS

Fusíveis Ultra-Rápidos (classe aR) são uma excelente proteção contra curtos-circuitos, porém Não são adequados contra sobrecargas.

Simple, pois, quando utilizamos os fusíveis tipo NH (NH são as iniciais de 'Niederspannungs Hochleistungs, que em língua alemã significa "Baixa Tensão e Alta Capacidade de Interrupção"), que atendem a norma IEC60269-2-1 (NBR11841) , a faixa de interrupção e a categoria de utilização (Curva tempo vs Corrente), foram convencionadas com um conjunto de letras e não com as denominações ("retardados","rápidos" e Ultra-Rápidos").

A IEC utiliza a montagem com 2 letras, sendo que a primeira letra, denomina a "Faixa de Interrupção" , ou seja, que tipo de sobrecorrente o fusível irá atuar, que são elas:

"g" - Atuação para sobrecarga e curto

"a" - Atuação apenas para curto-circuito,

A segunda letra, denomina a "Categoria de Utilização", ou seja, que tipo de equipamento o fusível irá proteger, que são elas:

"L/G" - Proteção de cabos e uso geral

"M" - Proteção de Motores

"R"- Proteção de circuitos com semicondutores

Sendo assim, temos as montagens dos principais fusíveis utilizados no mercado:

"gL/gG"- Fusível para proteção de cabos e uso geral (Atuação para sobrecarga e curto)
(Esta curva é que em sua maioria denominam erroneamente - "Retardados")

"aM" - Fusível para proteção de motores

(Pela confusão, nunca se sabe se esta curva pode denominar-se "rápida" ou "retardada")
"aR" -Fusível para proteção de semicondutores

(Este podendo ser chamado de "Ultra-Rápido", por não criar conflito com outras curvas)

Termo-fusível

Um termo-fusível, além de acumular a função do fusível propriamente dito, permite também proteger determinados equipamentos, caso a sua temperatura ultrapasse determinados valores. Assim protege o equipamento contra sobrecargas, não diretamente usando a corrente de consumo, mas sim a sua temperatura exterior, já que estes termo-fusíveis, estão colocados junto à carcaça para vigiar a sua temperatura.

Fusível mecânico

Este deve ser o menos conhecido dentre os eletrotécnicos, visto que se trata de um dispositivo mecânico. Permite separar sistemas mecânicos, quando entram em bloqueio (devido a um esforço anormal). Para não transmitir o problema à fonte energética, o fusível mecânico quebra-se, usando as propriedades previsíveis do cisalhamento dos materiais.

Chave fusível

A chave fusível é utilizada para proteção de equipamentos e ramais das redes de distribuição de energia elétrica. São operadas por vara de manobra.

2. SISTEMAS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS TÍPICOS

Comumente uma planta industrial grande, como uma grande refinaria de petróleo ou uma grande usina siderúrgica por exemplo, tem uma carga elétrica total que pode chegar a 100 MVA. Uma carga dessa magnitude geralmente é atendida por geradores próprios e também através da concessionária de energia elétrica local, geralmente em tensões de 138 ou 230 kV ou superiores.

É usual que os geradores, quando existentes, sejam de potências nominais de algumas dezenas de MVA, como por exemplo, de 10 a 40 MVA.

Os geradores tem tensão nominal de 13,8 kV (a mais comum), podendo chegar a 18 kV. Na grande maioria dos casos, são máquinas acionadas por turbinas a vapor ou turbinas a gás.

O sistema elétrico típico e simplificado, na parte do suprimento de energia, seria conforme a figura 1.

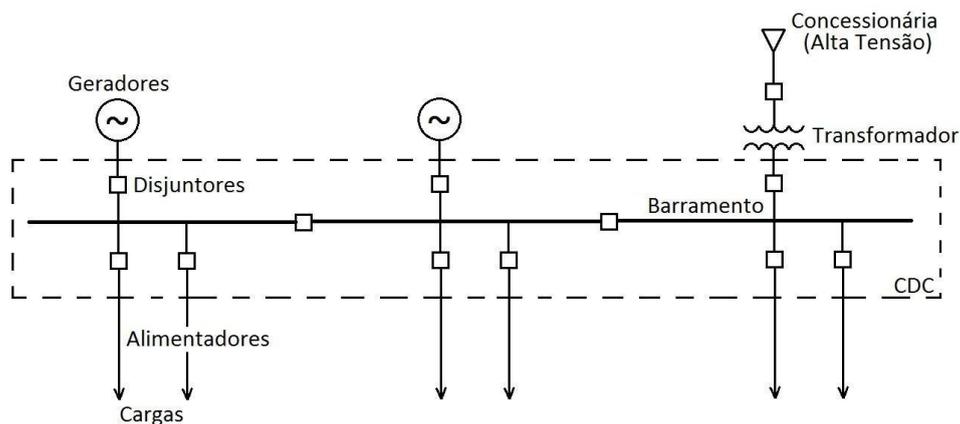


Figura 1

Na figura 1, os geradores e o suprimento externo pela concessionária estão interligados diretamente a um único barramento de distribuição e as fontes operam em paralelo. Em instalações industriais, este barramento e mais os disjuntores de entrada e de saída compõe um painel elétrico denominado “centro de distribuição de cargas” (CDC) principal.

O número e as potências nominais dos geradores e dos transformadores de interligação com o suprimento externo são variáveis, de indústria para indústria, e são uma função da carga instalada e da previsão de ampliação. Há indústrias que privilegiam a geração própria, por já disporem do vapor em seu processo industrial ou por disporem de suprimento de gás natural, e outras que maximizam a compra de energia elétrica das concessionárias. Muitas nem sequer tem geração própria.

Se a potência instalada for elevada e considerando que todas as fontes podem operar em paralelo, é de se esperar que o nível de curto-circuito neste CDC principal seja elevado, o que o encarece, especialmente os disjuntores, visto

que estes devem ter capacidade de interrupção compatível com o nível de curto-circuito no ponto onde estão instalados.

Uma topologia alternativa, que visa reduzir o nível de curto-circuito e, por conseguinte, baratear os equipamentos, seria paralelar as fontes através de um barramento de sincronismo (BS) e reatores limitadores de curto-circuito (RLC), como mostrado na figura 2 abaixo.

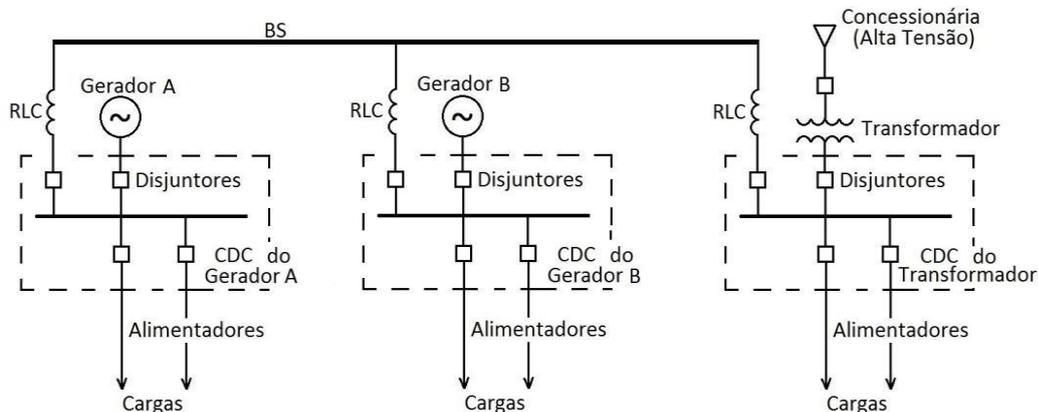


Figura 2

Nessa topologia, é possível dimensionar as indutâncias dos reatores de forma a se ter uma redução significativa do nível de curto-circuito em cada CDC. Quando comparada com a da figura 1, utiliza um número maior de disjuntores e também os reatores limitadores de curto-circuito, mas permite que sejam utilizados disjuntores com menor capacidade de interrupção de corrente. Se não houver limitação de espaço e peso, como há em navios ou plataformas de produção de petróleo, as duas configurações podem ser comparadas em termos de custo, a fim de se buscar a mais atraente.

Há outras topologias adotadas pelas indústrias.

A tensão mais comumente utilizada para a distribuição industrial é 13,8 kV, podendo ser utilizadas tensões ligeiramente maiores que 13,8 kV ou menores, como 6,6 ou 4,16 kV.

Os alimentadores são compostos por cabos elétricos em instalação aérea ou instalação subterrânea e tem a finalidade de levar a energia desde a subestação principal até as subestações consumidoras. A instalação subterrânea é a mais utilizada nas indústrias, por não restringir a movimentação de equipamentos e bens (como guindastes, por exemplo), o que acontece com a aérea. Geralmente são utilizados eletrodutos metálicos (o mais utilizado) ou de material plástico. Os eletrodutos são agrupados em valas e concretados externamente, a fim de oferecer proteção mecânica aos mesmos. Outra alternativa mais barata e menos segura para a instalação dos alimentadores seria aquela com cabos diretamente enterrados.

É comum em uma grande indústria que um par de alimentadores seja dedicado exclusivamente a uma unidade do processo, se essa unidade for importante para a continuidade operacional da planta. Um par aqui significa um reserva do

outro e partindo de barramentos distintos do(s) CDC(s) principais, ou seja, em condição normal de operação, cada alimentador provém de uma fonte e supre metade das cargas da unidade. Lembrem-se que uma planta industrial de grande porte tem geralmente várias unidades de processo, algumas perto da subestação principal e outras distantes, às vezes a alguns quilômetros. Cada alimentador pode ter um ou mais condutores por fase, dependendo da carga e de seu comprimento.

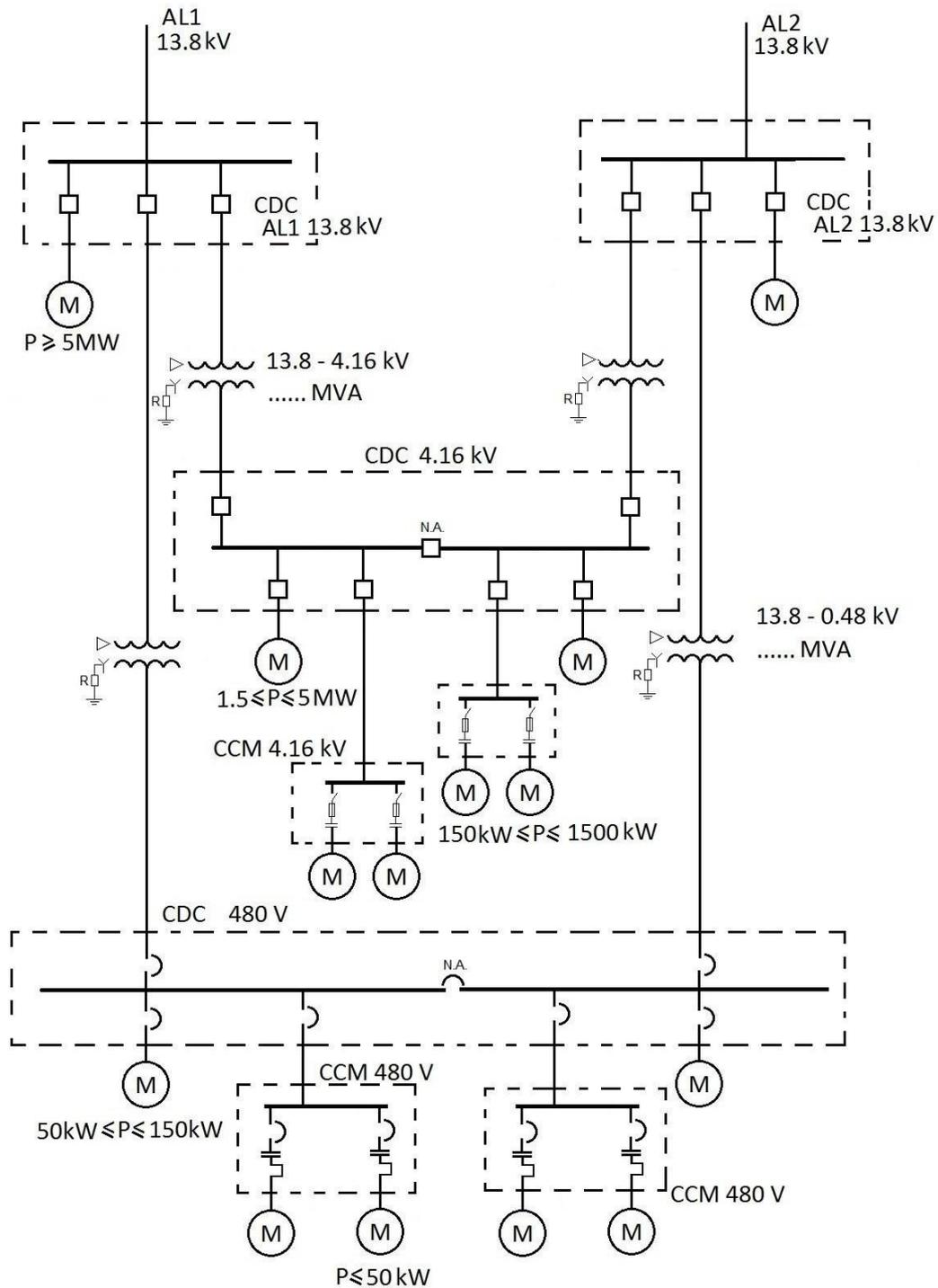
As cargas elétricas de uma planta industrial são aquelas compatíveis com seus processos.

Por exemplo, em uma planta petroquímica ou uma refinaria de petróleo ou uma planta de papel e celulose, a maioria das cargas são motores elétricos de indução ou motores síncronos. Os principais equipamentos acionados são bombas, ou compressores ou sopradores ou ventiladores, etc. Há também cargas resistivas para aquecimento, iluminação, etc.

Em uma usina siderúrgica, além dos motores, há cargas elétricas de outra natureza nos fornos e altos-fornos, bem como nos sistemas de lingotamento e laminadores.

Em vários processos há cargas rotativas que necessitam velocidade de rotação variável, o que no passado era atendido por motores de corrente contínua. Hoje são utilizados conversores estáticos de frequência (variable speed drives) associados a motores de indução para atender a essa demanda.

O par de alimentadores dedicado a uma unidade de processo alimenta a subestação da unidade. Nela, a tensão de distribuição, geralmente 13,8 kV, é utilizada para a alimentação dos grandes motores (geralmente acima de 5 MW) e baixada para outros níveis de utilização, compatíveis com as cargas. Isso é mostrado de forma simplificada no diagrama unifilar da figura 3.



Legenda:



Figura 3

Como pode ser observado, as cargas elétricas da unidade são distribuídas, de acordo com suas potências nominais, entre os vários níveis de tensão de utilização. Cada indústria tem sua cultura particular nesse quesito, mas pode-se dizer que quanto maior a carga, maior deve ser a tensão nominal do sistema a partir do qual ela será alimentada. Isso é necessário para harmonizar a queda de tensão em regime permanente ou durante a partida da carga, no sistema todo. É óbvio que essa decisão não é puramente técnica, mas leva em conta também aspectos econômicos, como os decorrentes da padronização das tensões nominais dos sistemas e das cargas.

As tensões nominais dos sistemas mais utilizadas são 13,8 kV, 6,6 ou 4,16 kV e 480 V. Essas tensões, exceto o 6,6 kV, são sugeridas pela literatura e pela normalização norte-americanas e foram adotadas pela maioria das indústrias brasileiras. E as tensões nominais dos equipamentos seriam 13,2 kV, 4 kV e 460 ou 440 V.

A distribuição das cargas de diferentes potências de uma unidade de processo entre os vários níveis de tensão é mostrada de forma aproximada na figura 3. É importante insistir que esse critério tem bases técnicas fortes e também econômicas (culturais) decorrentes da padronização, mas não pode ser generalizado para outras indústrias.

Observem também que o sistema elétrico tenta retratar a redundância que normalmente existe ou é exigido no processo. Ou seja, se para executar um determinado bombeio, há duas bombas, sendo uma reserva da outra, é natural que o sistema elétrico seja também projetado redundante, como o mostrado na figura 3, onde há dois transformadores de média tensão e dois de baixa tensão. Em tese, a unidade tem condição de continuar operando se houver um defeito seguido de desligamento em um dos alimentadores ou em um dos transformadores abaixadores. Para que a unidade continue a operar, basta que os disjuntores de interligação dos CDCs, tanto de média quanto de baixa tensão, marcados como NA (opera normalmente aberto), sejam fechados após o trecho do circuito defeituoso ser isolado. E o sistema elétrico continua disponível.

Tipos de Painéis - Classificação comumente encontrada nas indústrias

Tomando ainda por base a figura 3, temos:

Centro de Distribuição de Carga – CDC

O centro de distribuição de carga pode ser de “média tensão” (13.8 ou 4.16 kV) ou baixa tensão (480 V). Outras tensões diferentes destas podem ser utilizadas. Lembrar que, pela definição da ABNT, qualquer tensão abaixo de ou igual a 1 kV é chamada de baixa e qualquer tensão acima de 1 kV é chamada de alta.

Em geral, na “média tensão”, este tipo de painel é formado por uma ou mais colunas blindadas em invólucros metálicos. Cada coluna contém um

segmento do barramento principal e um conjunto de manobra, geralmente um disjuntor em execução extraível, associado com controle, medição, proteção e equipamento de regulação. Em princípio, o CDC principal da planta é suprido por um ou mais geradores de energia elétrica e/ou um ou mais transformadores de interligação com a concessionária, e tem a finalidade de distribuir a energia às subestações consumidoras. Os CDCs de média tensão de uma subestação de uma unidade de processo alimentam diretamente os motores com potências superiores a 1,5 MW aproximadamente e também os centros de controle de motores (CCM) de média tensão.

Na baixa tensão, o painel CDC é formado por colunas em invólucros metálicos, sendo que uma coluna pode abrigar um ou mais disjuntores, geralmente disjuntores abertos tipo força, em execução extraível. Cada disjuntor pode ser associado a dispositivos de controle, medição e proteção. O centro de distribuição de cargas de baixa tensão é suprido por transformadores abaixadores ou por geradores. O CDC de baixa tensão supre diretamente os motores de baixa tensão de maior potência (geralmente compreendidos entre 75 e 200 CV) e os centros de controle de motores.

Notem que, quando falamos de CDC, seja em baixa ou média tensão, estamos nos referindo a painéis que tem disjuntores unicamente como elementos de manobra.

Centro de controle de motores - CCM

Os centros de controle de motores podem ser de média (2.4 ou 4.16 kV) ou baixa tensão (480 V).

O CCM é composto por um conjunto de cubículos, onde cada cubículo contém dispositivos de seccionamento associados com controle, medição, proteção e equipamento de regulação. É utilizado para o controle das cargas elétricas, na maioria dos casos para a partida e parada dos motores elétricos.

Na baixa tensão, os cubículos ou gavetas contém um dispositivo de seccionamento, um dispositivo de proteção contra curto circuito, um dispositivo de controle (um contator) e um dispositivo de proteção contra sobrecarga. A função é comandar e proteger os motores com potências nominais inferiores ou iguais a 75 CV.

Na média tensão, os cubículos contém os mesmos dispositivos que na baixa tensão, porém a proteção geralmente é feita por fusíveis e mais um relé multi-função específico para a proteção de motores. São comandados os motores com potências nominais iguais ou superiores a 200 CV. O limite superior de potência dos motores é determinado pelas características nominais do dispositivo de controle ou dos fusíveis. Os CCMs de média tensão são para utilização em sistemas com tensões nominais de até no máximo 7,2 kV, devido às tensões nominais dos contadores disponíveis no mercado.

Características Ambientais

Instalação

O painel pode ser projetado para instalação “indoor” (abrigada) ou “outdoor” (não abrigada).

Na maioria das instalações industriais, os painéis são instalados em salas de painéis, ou seja, em instalação abrigada, protegida das condições adversas do ambiente industrial.

Condições Ambientais

Condição de Serviço Normal

Se um painel for instalado em um ambiente que atenda a todos os requisitos abaixo listados, é dito que ele atende às condições de serviço normais.

Temperatura do ar ambiente para instalação abrigada.

A temperatura do ar ambiente não excede a + 40°C e sua média sobre um período de 24 horas não excede a + 35°C.

A temperatura mínima limite do ar ambiente é -5°C (para instalações no Brasil), podendo ainda ser utilizada -15°C ou -25°C.

Condições atmosféricas para instalação abrigada

Para painéis de baixa tensão que atendem a NBR IEC 60439-1, o ar é limpo e sua umidade relativa não excede 50% a uma temperatura máxima de + 40°C. Altas umidades relativas podem ser permitidas a temperaturas baixas, por exemplo, 90% a + 20°C.

Para painéis de média tensão que atendem a NBR IEC 60694, o ar é limpo e sua umidade relativa não excede 95%, medida por um período de 24 h ou não excede 90%, sob um período de um mês.

Altitude

A altitude do local de instalação não excede 1000 m, pela NBR IEC 60694, para painéis de média tensão, ou 2000 m para painel de baixa tensão, de acordo com a NBR IEC 60439-1.

Radiação solar

A influência da radiação solar é insignificante e pode ser desprezada.

Vibração devida a causas externas

A influência é insignificante e pode ser desprezada.

Compatibilidade eletromagnética para painéis de média tensão

A tensão não ultrapassa 1.6 kV em modo comum, para o grau de severidade EMC normal, e 0.8 kV em modo comum, para o grau de severidade EMC reduzida, nas interfaces do sistema secundário, como resultado de chaveamentos no sistema de alta tensão.

Condições Especiais de Serviço

Quando uma ou mais das condições de serviço normais não for atendida, o painel deve ser enquadrado nas condições especiais de serviço e o requerimento particular deverá ser aplicado ou um acordo especial deverá ser feito entre usuário e fabricante.

Condições especiais de serviço são, por exemplo:

- a) Valores de temperatura, umidade relativa e/ou altitude diferentes das especificadas anteriormente.
- b) Poluição pesada do ar por sujeira, fumaça, partículas radioativas ou corrosivas.
- c) Exposição a campos elétricos e magnéticos fortes.
- d) Exposição a pesadas vibrações e choques.
- e) Instalação em áreas classificadas.

Características Elétricas

Tensão nominal

Um painel é definido pelas seguintes tensões nominais dos vários circuitos.

Tensão nominal de operação

A tensão nominal do painel (U_r) deve ser igual ou superior ao maior valor de tensão do sistema onde o painel será utilizado. Para circuitos polifásicos, ela é a tensão entre fases. São as seguintes as tensões nominais normalizadas (máxima tensão de operação), para painéis de média tensão.

- a) Série I:
3,6 - 7, 2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV e outras superiores
- b) Série II (valores praticados na América do Norte)
4,76 - 8,25 - 15 - 25,8 - 38 kV e outras superiores

Nível de isolamento nominal

O termo se refere aos valores de tensão que são aplicados nos testes dielétricos : tensão de impulso nominal e tensão aplicada a frequência industrial nominal. São tabelados valores para ensaios entre fases e entre fases e terra e também entre a distância de seccionamento, em função da tensão nominal de operação.

Tabela 1a — Níveis de isolamento nominais para tensões nominais da classe I, série I⁶.

Tensão nominal U_r kV (eficaz)	Tensão suportável nominal de curta duração à frequência industrial U_d kV (eficaz)		Tensão suportável nominal de impulso atmosférico U_p kV (crista)	
	Valor comum	Entre a distância de seccionamento	Valor comum	Entre a distância de seccionamento
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195

NOTA 3 Os valores da coluna (2) são aplicáveis:

- a) para ensaios de tipo fase-terra,
- b) para ensaios de rotina fase-terra, fase-fase e entre contatos abertos do dispositivo de manobra.

Os valores das colunas (3), (5), (6) e (8) são aplicáveis somente para ensaios de tipo.

Corrente nominal

É a corrente, expressa em valor eficaz, que pode ser conduzida continuamente por um circuito, sem elevar a temperatura das várias partes que o compõem a valores acima dos limites especificados.

Barramento

Os valores de correntes nominais normalizados para o circuito principal são derivados da serie R10 e são os seguintes:

400 A – 500 A - 630 A – 800 A – 1000 A – 1250 A - 1600 A – 2000 A - 2500 A – 3150 A – 4000 A.

Corrente suportável nominal de curta duração

A corrente suportável de curta duração de um circuito é o valor r.m.s da corrente que este circuito pode carregar durante um intervalo de tempo curto e pré-definido.

O intervalo de tempo mais comumente utilizado é 1s, podendo, no entanto, ser utilizados 0,5 ou 2 ou 3 s.

Barramento

Os valores normalizados de corrente suportável de curta duração para o circuito principal são os seguintes

8 kA – 10 kA - 12,5 kA - 16 kA - 20 kA – 25 kA – 31,5 kA - 40 kA – 50 kA – 63 kA.

Valor de crista nominal da corrente suportável

É o valor instantâneo de pico associado ao primeiro semi-ciclo da corrente suportável nominal de curta duração.

É igual a 2,6 vezes o valor eficaz da corrente suportável nominal de curta duração. A NBRIEC admite, caso o sistema onde o painel for aplicado queira, solicitar do fabricante valores superiores a 2,6.

Para explicação sobre o fator 2,6, consulte o item 4.2.6 do capítulo 6.

Frequência nominal

No Brasil 60 Hz. Há outras frequências normalizadas.

Características Construtivas

Grau de proteção

O grau de proteção provido pelos invólucros ou carcaças contra contatos com partes vivas e ingresso de sólidos e líquidos é indicado pela designação IP....., seguida por dois algarismos, de acordo com a NBR

IEC 60529. O primeiro algarismo designa o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos e o segundo o grau de proteção contra ingresso d'água.

Para painéis em instalações abrigadas, onde não é requerida proteção contra ingresso de água, o segundo algarismo é a letra X, e o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos deve ser escolhido de acordo com a tabela 6 da NBR IEC 60694.

Onde é requerido grau de proteção contra ingresso de água, o segundo algarismo deve ser escolhido de acordo com a tabela 2 do anexo A.

Tabela 6 — Graus de proteção

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 operação 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.	

Classificação dos tipos construtivos de painéis de média tensão, de acordo com a ABNT.

O anexo C da NBR IEC 62271-200, cuja cópia vem a seguir, contém notas explicativas sobre a citada classificação, comparando-a com a antiga classificação, da IEC 60298.

A título de informação, lembro que as indústrias mais exigentes em termos de segurança e continuidade operacional adotam as seguintes exigências para painéis de média tensão:

- Os compartimentos com disjuntores devem ter classificação de categoria de perda de continuidade de serviço LSC2B-PM, o que significa que a unidade funcional (coluna) contém geralmente quatro compartimentos distintos com partições metálicas e que há continuidade de serviço para os outros compartimentos da

unidade funcional que contém o dispositivo de força principal aberto.

- Os compartimentos com contadores de força devem ter classificação LSC2A, sendo aceitável LSC2B. A categoria LSC2A diz que não há continuidade de serviço da unidade funcional que contém o dispositivo de força principal aberto.
- O painel deve ter classificação para arco interno preferencialmente IAC BF (face frontal com categoria de acessibilidade a público geral), podendo ser aceito painel com classificação IAC AF (face frontal com categoria de acessibilidade somente a pessoal autorizado). A escolha entre um ou outro depende das características de acessibilidade ao local onde o painel será instalado.

Classificação dos tipos construtivos de painéis de baixa tensão, de acordo com a NBR IEC 60439-1.

A norma contempla dois tipos construtivos: o TTA e o PTTA. Abaixo constam as descrições dos dois tipos e as listas de ensaios que caracterizam um e outro.

conjunto de manobra e controle de baixa tensão com ensaios de tipo totalmente testados (TTA)

CONJUNTO de manobra e controle de baixa tensão em conformidade com um tipo ou sistema estabelecidos, sem desvios que influenciem significativamente o desempenho em relação àquele CONJUNTO típico verificado que está em conformidade com esta Norma

NOTA 1 Ao longo desta Norma, a abreviação TTA é usada para designar um conjunto de manobra e controle de baixa tensão com todos os ensaios de tipo.

NOTA 2 Por várias razões, por exemplo, transporte ou produção, certas operações de montagem podem ocorrer fora da fábrica do produtor do TTA. Tal CONJUNTO é considerado como um TTA fornecido quando a montagem é executada conforme as instruções do fabricante de tal maneira que a conformidade do tipo ou sistema estabelecidos com esta Norma é garantida, inclusive submissão a ensaios de rotina aplicáveis.

conjunto de manobra e controle de baixa tensão com ensaios de tipo parcialmente testados (PTTA)

CONJUNTO de manobra e controle de baixa tensão contendo disposições de tipo ensaiado e disposições de tipo não ensaiado, contanto que o último é derivado (por exemplo, por meio de cálculo) de disposições de tipo ensaiado que satisfizeram os ensaios pertinentes (ver tabela 7)

NOTA Ao longo desta Norma, a abreviação PTTA é usada para designar um CONJUNTO de manobra e controle de baixa tensão com ensaio de tipo parcialmente testado.

Tabela 7 - Lista de verificações e de ensaios a serem realizadas em TTA e PTTA

Nº	Características a serem	Subseções	TTA	PTTA
	Limites de elevação da temperatura	821	Verificação dos limites de elevação da temperatura por ensaio de tipo;	Verificação dos limites de elevação da temperatura por ensaio ou extrapolação
2	Propriedades dielétricas	H22	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2, ou verificação de resistência dielétrica de acenda com 9.3.4 (ver nº 0 e 1)
3	Corrente suportável de curto-circuito	8.2.3	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio de tipo	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio ou por extrapolação de arranjos típicos ensaiados e forma similar
4	Eficácia do circuito de proteção Conexão eficaz entre as partes condutoras do CONDUTOR e o circuito de proteção Corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção	E24 E241 8.2.4.ü	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras do CONDUTOR e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio de tipo	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras expostas do CONDUTOR e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio ou projeto apropriado e arranjo do condutor de proteção (ver 4.3.1.1.ü (tirar o parágrafo))
5	Distâncias de isolamento e de escoamento	8.2.*	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento de ensaio de tipo	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento

5	Distâncias de isolamento e de escoamento	B.2.*	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento de ensaio de tipo	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento
6	Funcionamento mecânico	8.2.e	Verificação do funcionamento mecânico (ensaio de tipo)	Verificação do funcionamento mecânico
7	Grau de proteção	827	Verificação do grau de proteção de ensaio de tipo	Verificação do grau de proteção
8	Conexões dos condutores. funcionamento elétrico	8.3.1	Inspeção do CONDUTOR inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico de ensaio de tipo	Inspeção do CONDUTOR inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico
9	Isolação	8.3 <	Ensaio dielétrico (ensaio de rotina)	Ensaio dielétrico ou verificação da resistência de acordo com 8.3.4 (ver nº 2 e 1)
1E	Medidas de proteção	8.3 ?	Verificação das medidas de proteção e da continuidade e lógica dos circuitos de proteção de ensaio de tipo	Verificação das medidas de proteção
11	Resistência de isolamento	8.3.4		Verificação da resistência de isolamento salvo os ensaios de acordo com 8.2.2 ou 9.3.2 -enhanced realizado (ver nº 2 e 0)

8.1.1 Ensaios de tipo (ver 8.2)

Os ensaios de tipo são destinados para verificar a conformidade com os requisitos colocados nesta Norma, para um determinado tipo de CONJUNTO.

Ensaio de tipo serão realizados em uma amostra definida do CONJUNTO ou em partes do CONJUNTO fabricadas com base no próprio projeto ou de um projeto semelhante.

Eles devem ser realizados sob a iniciativa do fabricante.

Ensaio de tipo incluem o seguinte:

- a) verificação dos limites de elevação da temperatura (8.2.1);
- b) verificação das propriedades dielétricas (8.2.2);
- c) verificação da corrente suportável de curto-circuito (8.2.3);
- d) verificação da eficácia do circuito de proteção (8.2.4);
- e) verificação das distâncias de escoamento e de isolamento (8.2.5);
- f) verificação do funcionamento mecânico (8.2.6);
- g) verificação do grau de proteção (8.2.7).

Estes ensaios podem ser realizados em qualquer ordem e/ou em amostras diferentes do mesmo tipo.

Se forem feitas modificações em componentes do CONJUNTO, novos ensaios de tipo têm que ser realizados, na parte em que tais modificações possam alterar os resultados destes ensaios.

RESUMO DA IEC 61439-1.

1. APLICAÇÃO

A norma é aplicável a conjuntos de manobra e controle de baixa tensão que se enquadrem nas seguintes condições:

- Tensão nominal inferior a 1000 V AC ou 1500 V DC.
- Conjuntos estacionários ou móveis, com ou sem invólucro externo.
- Conjuntos projetados para serem conectados à geração, transmissão, distribuição e conversão de energia elétrica, e para o controle de equipamentos consumidores de energia elétrica.
- Cobrem também conjuntos projetados para utilização em condições especiais, como por exemplo, em navios, em trens ou metrô, em atmosferas explosivas, como partes elétricas de máquinas, e para aplicações domésticas. Para estes casos, os conjuntos podem ser cobertos por outras normas IEC complementares.

A norma não é aplicável a componentes elétricos individuais. Para estes, existem outras normas específicas.

2. MUDANÇAS EM RELAÇÃO À IEC 60439-1.

Os principais pontos de divergência com a antiga IEC 60439-1, que deu origem à NBR IEC 60439-1, são:

A IEC 61439-1 acabou com a classificação dos painéis entre TTA (conjunto com ensaios de tipo totalmente testado) ou PTTA (conjunto com ensaios de tipo parcialmente testado). Introduziu três diferentes tipos de verificação dos requisitos de projeto:

- Verificação por testes.
- Verificação por cálculos e medidas.
- Verificação por satisfazer as regras de projeto.

A IEC 61439-1 melhorou os requisitos acerca de elevação de temperatura.

Na IEC 61439-1, o fator de diversidade nominal (RDF) foi explorado com mais detalhes.

3. CARACTERÍSTICAS DAS INTERFACES

Geral

As características do conjunto devem assegurar compatibilidade com os valores nominais dos circuitos aos quais o conjunto está conectado e as condições da instalação. Essas características devem ser especificadas pelo usuário e asseguradas pelo fabricante. São elas:

- Tensão nominal U_n .
- Tensão nominal operacional U_e , que pode ser para todo o painel ou para os circuitos individuais. Pode ou não ser igual a U_n .
- Tensão nominal de isolamento U_i .
- Tensão nominal de impulso U_{imp} .
- Corrente nominal do painel I_{na} .
- Corrente nominal de um circuito I_{nc} .
- Fator de diversidade nominal RDF, aplicável para o painel todo ou para um grupo de circuitos.
- Corrente nominal de pico suportável I_{pk} .
- Corrente suportável nominal de curta duração I_{cw} . Está sempre associada a um intervalo de tempo, que pode ser p. ex. 0,2 ou 1 ou 3 s.
- Corrente nominal condicional de curto circuito I_{cc} .
- Frequência nominal f_n .

Outras características

Devem ser declaradas pelo usuário e confirmadas pelo fabricante, quando aplicável:

- Grau de poluição.
- Tipo de aterramento do sistema.
- Instalação abrigada ou desabrigada.
- Conjunto estacionário ou móvel.
- Grau de proteção IP.
- Concebido para uso por profissional habilitado ou não.
- Etc.

4. VERIFICAÇÃO DO PROJETO

4.1. O projeto do conjunto de manobra e controle de baixa tensão deve ser enquadrado em um dos três diferentes tipos de verificação, de acordo com a tabela abaixo.

Design verification

Table D.1 – List of design verifications to be performed

No.	Characteristic to be verified	Clauses or subclauses	Verification options available		
			Verification by testing	Verification by calculation	Verification by design rules
1	Strength of material and parts:	10.2			
	Resistance to corrosion	10.2.2	YES	NO	NO
	Properties of insulating materials:	10.2.3			
	Thermal stability	10.2.3.1	YES	NO	NO
	Resistance of insulating materials to normal heat	10.2.3.2	YES	NO	NO
	Resistance to abnormal heat and fire due to internal electric effects	10.2.3.3	YES	NO	NO
	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	10.2.4	YES	NO	NO
	Lifting	10.2.5	YES	NO	NO
	Mechanical impact	10.2.6	YES	NO	NO
	Marking	10.2.7	YES	NO	NO
2	Degree of protection of enclosures	10.3	YES	NO	YES
3	Clearances and creepage distances	10.4	YES	YES	YES
4	Protection against electric shock and integrity of protective circuits:	10.5			
	Effective continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit	10.5.2	YES	NO	NO
	Effectiveness of the assembly for external faults	10.5.3	YES	YES	YES
5	Incorporation of switching devices and components	10.6	NO	NO	YES
6	Internal electrical circuits and connections	10.7	NO	NO	YES
7	Terminals for external conductors	10.8	NO	NO	YES
8	Dielectric properties:	10.9			
	Power-frequency withstand voltage	10.9.2	YES	NO	NO
	Impulse withstand voltage	10.9.3	YES	NO	YES
9	Temperature-rise limits	10.10	YES	YES	YES
10	Short-circuit withstand strength	10.11	YES	YES	YES
11	Electromagnetic compatibility (EMC)	10.12	YES	NO	YES
12	Mechanical operation	10.13	YES	NO	NO

7. Arco interno para painéis de média tensão

O método para o ensaio de arco devido à falta interna, que é um ensaio de tipo, está descrito no anexo A da NBR IEC 62271-200. Deve-se lembrar que, quando exigido, os parâmetros do ensaio devem ser objeto de acordo entre o usuário e o fabricante, devendo o usuário especificar o valor da corrente de arco e a duração.

Os objetivos principais do ensaio são: garantir que não há dano físico a uma pessoa colocada próxima ao painel quando da ocorrência de arco interno e também que o defeito não se propaga para os compartimentos vizinhos.

ANEXO A

TABELA 2 – Grau de proteção indicada pelo segundo numeral característico

Segundo Numeral característico	Grau de proteção	
	Descrição sucinta	Proteção dada
0	Não Protegido	Nenhuma proteção especial
1	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	As gotas d'água (caindo na vertical) não devem ter efeitos prejudiciais
2	Protegido contra queda de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°	A queda de gotas d'água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado de 15° para qualquer lado de sua posição normal
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida de um ângulo de 60° da vertical não deve ter efeitos prejudiciais
4	Protegido contra projeções d'água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro, não deve ter efeitos prejudiciais
5	Protegido contra jatos d'água	Água projetada de qualquer direção por um bico contra o invólucro, não deve ter efeitos prejudiciais
6	Protegido contra ondas do mar	Água proveniente de ondas ou projetada em jatos potentes não deve penetrar no invólucro em quantidade prejudiciais
7	Protegido contra imersão	Não deve ser possível a penetração de água, em quantidades prejudiciais, no interior do invólucro imerso em água, sob condições definidas de tempo e pressão
8	Projeto contra submersão	O equipamento é adequado para submersão contínua em água, nas condições especificadas pelo fabricante. <i>Nota:</i> Normalmente, isto significa que o equipamento é hermeticamente selado, mas para certos tipos de equipamentos, pode significar que a água pode penetrar em quantidade que não provoque efeitos prejudiciais

Nota: A descrição sucinta da coluna 2 não deve ser usada para especificar a forma de proteção. Deve ser usada somente como abreviação.

Anexo C
(informativo)

Notas explicativas

C.1 Mudanças nas classificações, comparadas com a terceira edição (1990) da IEC 60298

Explicação relativa às mudanças nas classificações, comparadas com a terceira edição da IEC 60298 (1990), referida como "norma anterior", e outras práticas atuais.

Na terceira edição da IEC 60298, foram definidas três classes:

- a) blindado;
- b) compartimentado;
- c) cubículo.

Foi considerado que estas classificações não eram mais suficientes pelas seguintes razões principais.

- A norma anterior foi escrita predominantemente com base em invólucros padrões extraíveis isolados a ar. As tendências modernas para padrões fixos e equipamento GIS precisavam ser representadas.
- A norma anterior classificava o conjunto de manobra e controle com base em três projetos que fornecia três níveis diferentes de funcionalidade em lugar de se basear na funcionalidade propriamente dita.

Nesta revisão, a classificação está baseada em uma função particular a realizar para manter a alimentação do cliente, isto é: na capacidade para manter algum nível de Continuidade de Serviço de um conjunto de manobra e controle enquanto um compartimento é acessado.

- A classe "Cubículo" foi utilizada para cobrir vários tipos de equipamento, cada um tendo distinta e presente necessidade de mercado em termo de nível exigido de Continuidade de Serviço.

Diferenças entre as definições da IEC e do IEEE tornaram difícil a harmonização.

Tabela C.1 — Comparação da definição da IEC e do IEEE de blindado

IEC 60298 (1990)	IEEE C 37.20.2
≥ 3 compartimentos	≥ 3 compartimentos
Permitido CB fixo	Somente CB extraível
Permitido condutores nus	Condutores primários cobertos por material isolante
	Transformador com dispositivo-fusível e partes extraíveis PT e CPT em compartimento próprio
	Barreiras da barra principal (por painel)
CB = disjuntor, PT = transformador de potencial, CT = transformador de corrente, CPT = transformador de força de comando	

A nova versão trata destes pontos e está baseada na funcionalidade em lugar de projeto e características de construção.

Em particular, uma nova classificação é proposta, baseada na capacidade de manter algum nível de Continuidade de Serviço de um conjunto de manobra e controle enquanto um compartimento é acessado. Além disso, foi introduzida uma classificação relacionada à segurança de pessoal no caso de arco interno. Isto é resumido na tabela C.2.

Tabela C.2 — Classificação relacionada à segurança de pessoal no caso de arco interno

Tipos de compartimentos relativos à acessibilidade		Características
Compartimento acessível ao operador	Compartimento acessível baseado em intertravamento Previsto para ser aberto durante operação normal de inspeção e manutenção	Nenhuma ferramenta para abrir — Intertravamento permitindo acesso somente quando as partes de alta-tensão estiverem desenergizadas e aterradas
	Compartimento acessível baseado em procedimento Previsto para ser aberto durante operação normal de inspeção e manutenção	Nenhuma ferramenta para abrir — Meios de travamento vinculados a procedimentos de inspeção, permitindo acesso somente quando as partes de alta-tensão estiverem desenergizadas e aterradas
Compartimento acessível especial	Compartimento acessível baseado em ferramenta. Possível para o usuário abrir, mas não previsto para ser aberto durante operação normal de inspeção e manutenção	Necessita de ferramenta para abertura Nenhuma provisão específica para tratar de procedimento de acesso Procedimentos especiais podem ser requeridos para manter os desempenhos
Compartimento não acessível	Impossível de ser aberto pelo usuário (não previsto para ser aberto)	A abertura danifica o compartimento ou uma informação clara deve ser fornecida ao usuário. Acessibilidade não pertinente

Categoria do conjunto de manobra relativo à perda de continuidade quando da abertura do compartimento acessível		Características
LSG1		Outras unidades funcionais ou algumas delas devem ser desconectadas
LSC2	LSC2A	Outras unidades funcionais podem ser energizadas
	LSG2B	Outras unidades funcionais e todos os compartimentos de cabos podem permanecer energizadas

Classificação do conjunto de manobra relativo à natureza da barreira entre as partes vivas e o compartimento acessível aberto	Características
PM	Obturadores e divisórias metálicas entre as partes vivas e o compartimento aberto — (mantida a condição de invólucro metálico)
PI	Isolantes cobertos descontínuos em divisórias/obturadores metálicos entre as partes vivas e o compartimento aberto

Classificação do conjunto de manobra relativo aos riscos mecânicos, elétricos e de fogo no caso de arco interno durante a operação normal	Características
IAG	Nenhuma proteção de partes Nenhuma ignição de indicadores Invólucro permanente aterrado

Na prática, as categorias de Perda de Continuidade de Serviço (LSC) válidas de um conjunto de manobra e controle são: LSC1, LSC1-PF1, LSC1-PI, LSC2A-PI/W, LSC2A-PI, LSC2B-PM, LSC2B-PI, como detalhado abaixo e nos seguintes exemplos

LSCe O LSC representa a nível de Perda de Continuidade de Serviço quando há um compartimento de circuito principal aberto, isto é, até onde os barramentos. Os cabos podem permanecer energizados, mas não necessariamente com corrente circulando por eles.

LSC1 O 1 denota que não há continuidade de serviço pelo menos para uma unidade funcional diferente da que contém o compartimento de circuito principal aberto.¹

LSC2 O 2 denota que há continuidade de serviço de todas as unidades funcionais diferentes da que contém o compartimento de circuito principal aberto.³

LSC2A O A denota que não há continuidade de serviço da unidade funcional que contém o compartimento de circuito principal aberto. Esta classe pode ser alcançada com

- a) uma divisória entre cada unidade funcional. e
- b) com um mínima de dois compartimentos e um ponto de desconexão por unidade funcional

LSC2B O B denota que a continuidade de serviço se aplica a outros compartimentos da unidade funcional que contém o compartimento de circuito principal aberto. Esta classe pode ser alcançada com

- a) uma divisória entre cada unidade funcionam
- b) com um mínima de três compartimentos e dois pontos de desconexão por unidade funcional

LSC1-Pk1e O PM denota que as divisórias e as obturadores são metálicos.

LSC2B-PI O PI denota que pelo menos uma divisória ou um obturador é isolante.

A forma recomendada para especificar ou descrever um conjunto de manobra e controle em invólucro metálico de acordo com a norma deve ser de cima para baixo

Funcionalidade

Que padrão é necessário (tipo de frinçues, fixo ou extraível, arquitetura e compartimentos necessárias precisa de manutenção)?

— Continuidade de serviço e condição para acessibilidade

— Quais compartimentos não precisam ser abertos?

Eventualmente, quais compartimentos devem ser do tipo acessível? (3 107)

— É necessária acessibilidade controlada, por procedimento ou baseada em ferramenta?

— A continuidade de serviço (circulação de corrente) é possível em outras unidades funcionais quando um compartimento é aberto? (categoria LSC I."2)

* Se for o compartimento do barramento, em um equipamento de barramentos simples, que é aberto, então o compartimento aberto está em todas as unidades funcionais naquela seção da barramentos

- Há possibilidade para manter cabos energizadas0 (categoria LSC2A.B)
Eliminação de campo elétrico em compartimento aberto é necessária? (classe Pk1.º PI)

Conjunto blindado definido pela ANSI

Conjunto de manobra blindado definido pela ANSI ó, de acordo com esta Norma classe LSC2B-Ph'1 conjunto de manobra e controle em invólucro metálico caracterizado pelas seguintes requisitos adicionais principais.

- Os dispositivos de manobra principais são partes extraíveis equipadas com dispositivos de desconexão principais de alinhamento e junção aritmsticos e com circuitos de comando e auxiliares desconectáveis.

Os compartimentos separados são previstos para transformadores de potencial e transformadores de força de comando. Os compartimentos de barramentos são divididas adicionalmente entre unidades funcionais adjacentes horizontalmente.

Uma barreira metú lica é incluída especificamente na frente da, ou uma parte da, parte extra ível para assegurar que, quando na posição conectada nenhuma parte de alta-tensão esteja exposta pela abertura de

Os condutores e as conexões da circuito principal são recobertas com material isolante resistente a chama

- Intertravamentos mecanicos são previstos para proteger os operadores contra descargas acidentais de energia armazenada de partes extra íveis por quaisquer dos seguintes meios.
 - a) IMtertravamentas no compartimento para impedir a retirada completa do dispositivo de manobra do compartimento quando a mecanismo de energia armazenado estiver carregado
 - b) Um dispositivo apropriado previsto para impedir a retirada completa do dispositivo de manobra até a função de fechamento ser bloqueada
 - c) Um mecanismo previsto para descarregar automaticamente a energia armazenada antes ou durante o processa de retirada do dispositivo de manobra da compartimento. Se a energia armazenada for descarregada antes do dispositivo de manobra ser movido da posição conectada, um bloqueio elétrico suplementar é exigido para prevenir recarga de energia armazenada

Sistema de bloqueio é previsto para impedir o movimento do dispositivo de manobra extraível para a posição iMser ida.

Os circuitos auxiliares são separados das partes de alta-tensão por barreiras metálicas aterrados, com exceção dos fios de pequenos comprimentos, tais como os bornes de transformador de medida

- Os circuitos principais de todos os transformadores de potencial incluem fusíveis limitadores de corrente. Os fusíveis do circuito principal que são previstos para proteção dos transformadores estão montadas de tal modo que eles devem ser desconectados do circuito de alta-tensão antes que o acesso possa ser obtido É previsto desconectar ou aterrar automaticamente o circuito de baixa tensão de transformadores de potencial quando o circuito de alta-tensão é desconectado. E previsto aterramento do enrolamento de alta-tensão e.'ou fusível durante a operação de desconexão pare dissipar cargas estáticas.

Antiga definição de blindado pela IEC em termos das definições da IEC 62271•200

Para os seguintes projetos comumente usados, desde que as características pertinentes e os requisitos sejam satisfeitas, as classificações anteriores podem ser relacionadas às novas.

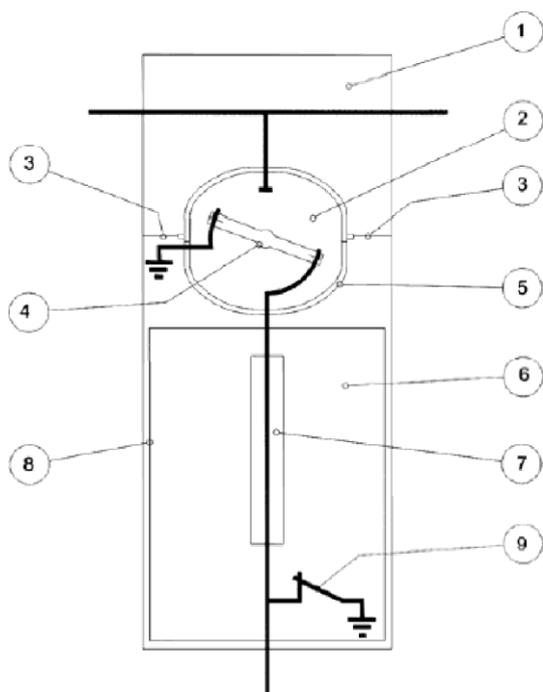
Antigo blindado IEC com disjuntor extraível e obturadores metálicos é agora LSC2B-PM.

- Antigo blindado IEC com disjuntor extraível e obturadores isolantes é agora LSC2B-PI

- Antigo compartimentado IEC com disjuntor extraível é agora LSC2B-PI

Outros anteriores compartimentados IEC ou cubiculo é LSC I : LSC2A-PI ou LSC2B-PI, dependendo de detalhes de construção.

Exemplo de um tipo de seccionador-fusível em solução modular



Legenda

- 1 compartimento de barramentos
- 2 compartimento preenchido a gás
- 3 divisórias metálicas
- 4 chave/seccionador na posição desconectada e aterrada
- 5 invólucro de material isolante
- 6 compartimento de fusível/cabo
- 7 Fusível
- 8 porta bloqueada com chaves de aterramento
- 9 chave de aterramento intertravada com chave/seccionador

Lista de compartimento	Barramentos	Fusível/cabo	Chave
Padrão Fixo."extra ível	Fixo	PiX0	Fixa
Tipodeacesso Controlada por intertravamento Baseado em procedimento Baseado em ferramenta Não acessível	Baseado em ferramenta	Bloqueado	Não acessível

Há uma necessidade de acesso ao compartimento de fusíveis/cabo para operação normal de inspeção e manutenção (isto é, troca de fusível) então deve ser um compartimento acessível intertravada ou baseado em procedimento. Neste exemplo é baseado em intertravamento.

Há uma necessidade de acesso ao compartimento de fusíveis.'cabos para operação normal de inspeção e manutenção (isto é. troca de fusível) então deve ser um compartimento acessível intertravado ou baseado em procedimento. Neste exemplo é baseado em intertravamento.

		Parte do conjunto de manobra e controle que pode permanecer energizada	
		Cabos da unidade funcional	Todas as outras unidades funcionais
Compartimento a ser aberto	Fusíveis.'cabos	Não	Sim
	Barramentos	Não aplicável: equipamento de barramentos simples (ver 3.13 .1)	Não aplicável: equipamento de barramentos simples (ver 3.13 .1)
	Chave	Não aplicável: não acessível	Não aplicável. não acessível

Quando da abertura do compartimento de fusíveis.'cabos em uma unidade funcional, todas as outras unidades funcionais podem permanecer energizadas e a continuidade é mantida. Porém o cabo que corresponde ao compartimento de fusíveis não pode permanecer energizado

Há uma descontinuidade na divisória metálica entre o compartimento de fusíveis.'cabos aberto e os barramentos energizados, isto é, a divisória isolante do compartimento da chave.

A nova classificação é LSC2A — PI; a classificação anterior era compartimentado.

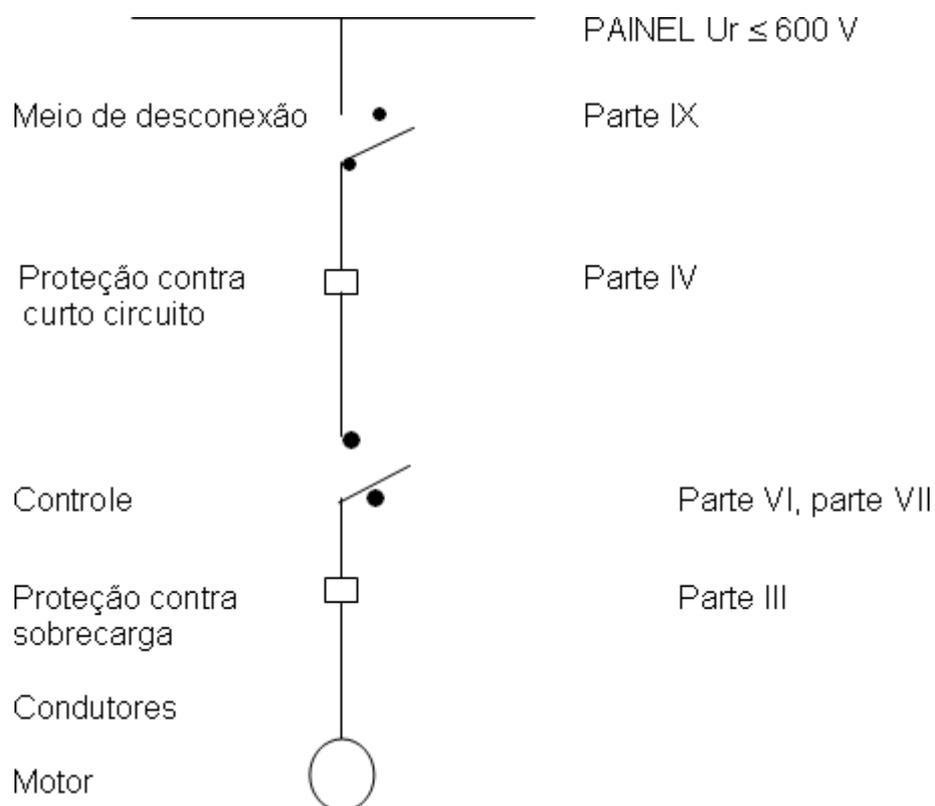
3- CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES DE BAIXA TENSÃO NFPA

70 - NEC 2014– ARTIGO 430 – MOTORES E CIRCUITOS DE

MOTORES

Observação: as normas do NFPA (National Fire Protection Association), dos EUA podem ou não ser usadas como guias no Brasil. Não há exigência para que aqui elas sejam adotadas. Em se tratando da seleção dos componentes para o controle e a proteção de motores elétricos de baixa tensão, as regras do artigo 430 do NFPA 70 são bastante conhecidas, aceitas e utilizadas tanto pelos usuários quanto pelos fabricantes de painéis de baixa tensão, no Brasil. Não há no acervo da ABNT ou da IEC nenhuma norma que contenha um conjunto de regras tão bem organizadas para a seleção dos componentes elétricos citados. Por esse motivo, as regras do artigo 430 do NFPA serão explicadas e adotadas nesta apostila para a seleção dos componentes de uma gaveta de um CCM de baixa tensão.

Diagrama 430-1



Meio de desconexão

Deve ter capacidade de interromper a corrente de rotor bloqueado do motor.

Deve ter possibilidade de ser mecanicamente travado na posição “aberto” quando for instalado “não à vista” do motor. Deve desconectar também a tensão de controle do dispositivo de controle.

Tipos de componentes aceitáveis:

- Chave de ramal de motor dimensionada em HP.
- Disjuntor em caixa moldada.
- Chave seccionadora em caixa moldada.

Corrente Nominal

- Corrente nominal do meio de desconexão deve ser maior que ou igual a 115% da corrente de plena carga do motor, quando o dispositivo for dimensionado em amperes, ou
- Maior que ou igual a potencia nominal do motor, quando o dispositivo for dimensionado em HP.

Cada motor deve ter seu meio de desconexão individual.

Exceções:

- Vários motores auxiliares de uma máquina principal.
- Um grupo de motores em uma sala.
- Vários motores menores que 1 HP.

Dispositivo de proteção contra curto circuito

Tipos de componentes aceitáveis: fusíveis ou disjuntores em caixa moldada com o elemento magnético ajustável.

Deve permitir a partida do motor.

Corrente nominal máxima ou ajuste máximo do dispositivo de proteção:

Deve ser utilizada a tabela 430-52:

- Fusível máximo: $300\% \times I_n$ motor
- Disjuntores em caixa moldada (c/ elemento instantâneo ajustável) máximo: $800\% \times I_n$ motor.

Exceções:

a) Podem ser utilizados fusíveis ou disjuntores em caixa moldada de capacidades nominais normalizadas imediatamente superiores aos limites acima estabelecidos.

b) Se o limite especificado para o disjuntor em caixa moldada na tabela 430-52 não permitir a partida do motor, ele pode ser aumentado, porém em nenhuma hipótese deve ultrapassar $1300\% \times I_n$ motor. O ajuste da unidade instantânea do disjuntor em caixa moldada para um valor entre 800 e 1300% da corrente nominal do motor deve ser justificada por um memorial de cálculo.

Deve ter capacidade de interrupção superior ou igual à corrente de curto circuito disponível no barramento do painel.

Dispositivo de proteção contra sobrecarga

Para motores trifásicos, é exigida uma unidade de proteção contra sobrecarga em cada fase.

Em CCM's B.T. são utilizados relés térmicos bimetálicos ou relés eletrônicos, sensíveis à corrente de operação do motor, cuja função básica é proteger o motor contra sobrecarga e contra rotor travado, bem como o alimentador contra sobrecarga (Observação: lembrar que o que "queima" o motor é sobretemperatura, a qual nem sempre está associada à sobrecorrente, ou seja, medir a corrente é uma forma barata e algumas vezes eficiente de proteger o motor contra sobrecarga, porém nem sempre eficiente).

O relé de sobrecarga deve ser selecionado de tal maneira que sua faixa de calibração permita ajuste até o máximo indicado no artigo 430-32 (a) (1)

O ajuste do relé de sobrecarga não deverá ser superior à seguinte percentagem da corrente nominal de placa do motor:

- a) Motor c/ F.S. \square 1.15 125%
- b) Motor c/ elevação temperatura \square 40°C 125%
- c) Outros motores. 115%

Se o ajuste prescrito acima não permitir a partida do motor, o NEC, através do artigo 430-34, admite os seguintes valores máximos:

- a) Motor c/ F.S. \square 1.15 140%
- b) Motor c/ elevação temperatura \square 40°C.... 140%
- c) Outros motores..... 130%

É recomendável que o valor superior da faixa de calibração do relé de sobrecarga não seja maior que o ajuste máximo permitido pelo NEC.

Quando a corrente nominal da placa do motor não for conhecida, a tabela 430-250 do NEC pode ser usada como referência.

Controle

O dispositivo de controle deve ser capaz de partir e parar o motor.

Deve ser capaz de interromper a corrente de rotor bloqueado.

Em CCM's B.T são utilizados contatores tripolares de força.

O contator, quando especificado em potência, não deve ter capacidade inferior à potência nominal do motor.

Cada motor deve ter seu dispositivo de controle individual.

Exceções:

- a) Grupo de motores auxiliares de um equipamento principal, como p. ex. máquinas operatrizes, guindastes.

- b) Grupo de motores em uma única sala, e “à vista” do dispositivo de controle.

4- DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO

Tipos construtivos básicos

Em caixa moldada (molded case circuit breaker).

Aberto tipo força (power air circuit breaker).

Caixa moldada

Em caixa de material isolante (baquelite ou outros plásticos industriais).

Cobrem uma extensa gama de correntes nominais e capacidades de interrupção. Correntes nominais desde 10 até 1600 A. Capacidades de interrupção desde 5 kA até 65 kA, em 690 V, (sem bloco limitador de corrente); ou até 200 kA, em 690 V, (com bloco limitador de corrente).

Existem os disjuntores tipo “limitadores de corrente”.

Utilizados para aplicações industriais, em painéis CCMS, e também residenciais ou comerciais.

Geralmente tem unidades térmica e magnética. Alguns tipos têm somente unidade magnética. Alguns tipos, como os utilizados em aplicações residenciais, tem as unidades térmicas e magnéticas fixas (não permitem ajuste), enquanto que os utilizados em aplicações industriais podem ou não ter essas unidades ajustáveis.

Comando para abertura ou para fechamento é manual. Após uma abertura por sobrecarga ou curto-circuito, devem ser manualmente rearmados (resetados e fechados).

Geralmente mais baratos que os abertos tipo força.

Abertos tipo força

Utilizados para aplicação industriais, em painéis CDCs, em execução fixa ou extraível.

Cobrem uma gama de correntes nominais elevadas, de 600 a 6300 A.

Cobrem uma gama de capacidades de interrupção também elevadas, desde 22 kA em 440 V até 150 KA em 440 V.

Comando pode ser manual ou elétrico, podendo ser operado remotamente.

Geralmente possuem bobinas de fechamento e de abertura.

Operam por ação de mola, que é liberada através da energização dos solenóides de abertura ou de fechamento.

Geralmente possuem motor de carregamento de mola.

Geralmente mais caros que os “caixa moldada.”

Como eles têm bobina de abertura, podem ser atuados por relés de proteção associados a transformadores de corrente ou por disparadores eletrônicos incorporados aos próprios disjuntores.

NBR IEC 60947-2 / 2013 = Disjuntores de baixa tensão

Aplicação

Todos os disjuntores de tensão nominal de emprego igual ou inferior a 1000 VAC ou 1500 VDC, tipo caixa moldada ou tipo “força”.

Tensão nominal de utilização (U_e)

É o valor de tensão que, combinado com o valor da corrente nominal, determina a aplicação do equipamento, e para o qual os testes relevantes e a categoria de utilização são referidos.

Os valores são estabelecidos e declarados por cada fabricante.

U_e = tensão fase-fase. U_e deve ser superior ou igual à máxima tensão de operação do sistema.

Tensão nominal de isolamento (U_i)

É o valor da tensão para o qual são referidos os testes dielétricos e as distâncias superficiais de isolamento. Os valores são estabelecidos pelos fabricantes.

Tensão nominal suportável de impulso (U_{imp})

É o valor de pico de uma tensão de impulso e sua polaridade que o equipamento é capaz de suportar sem falhar. Os valores são estabelecidos por cada fabricante.

Corrente nominal (I_n)

É a máxima corrente que o disjuntor consegue conduzir continuamente, no ar livre, sem exceder o limite de elevação de temperatura especificado. Valores são estabelecidos e declarados pelos fabricantes.

Frequência nominal

60 Hz.

Categoria de emprego de seletividade

Dois categorias de seletividade, conforme definido na tabela 4.

Capacidade nominal de interrupção em curto circuito

A capacidade de interrupção nominal em curto circuito é composta por dois valores:

- Um valor eficaz da componente periódica da corrente.
- Um valor mínimo de fator de potência associado à corrente, de acordo com a tabela 11.

Dois são as capacidades nominais de interrupção de curto circuito:

Capacidade nominal de interrupção máxima (I_{cu})

Valor limite de corrente (valor eficaz da componente periódica) que o disjuntor consegue interromper sem se danificar, perfazendo a sequência de operações “ O – t – CO “.

Capacidade nominal de interrupção em serviço (I_{cs})

Valor de corrente (valor eficaz da componente periódica) que o disjuntor consegue interromper sem se danificar, perfazendo a sequência de operações “ O – t – CO – t – CO “.

É estabelecido como uma porcentagem da I_{cu}, podendo ser 100% ou inferior.

A relação entre I_{cs} e I_{cu} deve ser escolhida pelos fabricantes dentre os valores da tabela 1.

Os valores de I_{cs} e I_{cu} são estabelecidos pelos fabricantes. São referidos à tensão de operação nominal (U_e) e à frequência nominal, e sob condições especificadas de fator de potência.

Corrente nominal admissível de curta duração (I_{cw})

É o valor máximo de corrente que o disjuntor consegue conduzir por um pequeno intervalo de tempo, durante o qual a corrente é assumida constante. É expresso em valor eficaz da componente AC e é estabelecido pelo fabricante. I_{cw} é definido somente para disjuntores da categoria de seletividade B.

Os intervalos de tempo recomendados são:

0,05 ; 0,1 ; 0,25 ; 0,5 ; e 1.0 s

Valores não são normalizados, porém a tabela abaixo mostra valores mínimos que devem ser atendidos pelos fabricantes.

Corrente nominal I _n (A)	I _{cw} mínimo(KA)
I _n ≤ 2500	12 I _n ou 5 KA, o que for maior 30
I _n > 2500	

Capacidade nominal de estabelecimento em curto circuito (Icm)

É o valor máximo de crista da corrente que o disjuntor consegue estabelecer. Os valores são declarados pelos fabricantes. É referido à tensão e à frequência nominais e válido para um fator de potência especificado da corrente prospectiva.

Não deve ser menor que Icu multiplicado por um fator “n”, de acordo com a tabela 2.

Lembrar que o fator “n” permite que se calcule o valor de pico máximo, no primeiro semi-ciclo após a ocorrência do curto circuito, a partir do valor r.m.s. da componente periódica da corrente de curto circuito no instante da interrupção. O fator “n” depende da relação L/R e é calculado através da fórmula:

$$n = (1+dc) \times \sqrt{2}, \quad \text{onde}$$

$$dc = \exp(-2 \times t) / (X/R), \quad t = 0,5 \text{ ciclo}$$

$$dc = \exp(-\dots) / (X/R).$$

Para a aplicação do disjuntor de baixa tensão é imprescindível que o curto circuito máximo no ponto da aplicação e a relação X/R do circuito equivalente de Thevenin sejam calculados. Se a relação X/R for maior que os valores da tabela 2, **a norma estabelece que o fabricante deve ser formalmente consultado.**

Tabela 1 - Relações padronizadas entre Ics e Icu

Categoria de utilização A	Categoria de utilização B
% de Icu	% de Icu
25	50
50	75
75	100
100	

4.3.5.3 Relações padronizadas entre capacidade de estabelecimento e de interrupção em curto-circuito, e respectivos fatores de potência, para disjuntores em c.a.

As relações padronizadas entre capacidade de estabelecimento e de interrupção em curto-circuito são fornecidas na tabela 2.

Tabela 2 - Fator n entre capacidade de estabelecimento e de interrupção em curto-circuito e respectivos fatores de potência

Capacidade de interrupção em curto-circuito I kA eficaz	Fator de potência	Valor mínimo para n n = capacidade de estabelecimento em curto-circuito/capacidade de interrupção em curto-circuito	X/R
$4,5 \leq I \leq 6$	0,7	1,5	1,7 3,2 3,9 4,9
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7	
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0	
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1	
$50 < I$	0,2	2,2	
NOTA - Para valores de capacidade de interrupção inferiores a 4,5 kA, para certas aplicações, ver tabela 11 para o fator de potência.			

Tabela 4 - Categorias de seletividade

Tabela 4 - Categorias de utilização

Categorias de utilização	Aplicação quanto à seletividade
A	Disjuntores não especificamente indicados para seletividade sob condições de curto-circuito em relação a outros dispositivos de proteção de curto-circuito em série no lado da carga, isto é, sem um curto retardamento de tempo intencional indicado para seletividade sob condições de curto-circuito e, portanto, sem a corrente suportável de curta duração de acordo com 4.3.5.4
B	Disjuntores especificamente indicados para seletividade sob condições de curto-circuito em relação a outros dispositivos de proteção de curto-circuito em série no lado da carga, isto é, com um curto retardamento de tempo intencional (o qual pode ser ajustável) indicado para seletividade sob condições de curto-circuito. Estes disjuntores possuem a corrente suportável de curta duração de acordo com 4.3.5.4 NOTA - A seletividade não é necessariamente assegurada até a capacidade de interrupção máxima em curto-circuito de um disjuntor (por exemplo, no caso da operação de relé instantâneo), mas até o valor especificado na tabela 3.

Tabela 11 - Valores dos fatores de potência e as constantes de tempo correspondentes às correntes de ensaio

Corrente de ensaio I kA	Fator de potência			Constante de tempo ms		
	Curto-circuito	Aptidão de desempenho em serviço	Sobrecarga	Curto-circuito	Aptidão de desempenho em serviço	Sobrecarga
$I \leq 3$	0,9			5		
$3 < I \leq 4,5$	0,8			5		
$4,5 < I \leq 6$	0,7			5		
$6 < I \leq 10$	0,5	0,8	0,5	5	2	2,5
$10 < I \leq 20$	0,3			10		
$20 < I \leq 50$	0,25			15		
$50 < I$	0,2			15		

5- COORDENAÇÃO DOS DEMARRADORES DE BAIXA TENSÃO NBR

IEC 60947-4-1/2008; Parágrafos 8.2.5 e 9.3.4.2.

1. Objetivo

Conhecer o desempenho do conjunto dos componentes de partida e proteção dos motores de baixa tensão (demarradores) sob condições de curto circuito.

O tipo de coordenação é especificado durante a fase de aquisição do painel e permite ao usuário final estabelecer sua política de sobressalentes.

2. Tipos de coordenação, de acordo com o dano aceitável:

Tipo “1”: Os componentes do demarrador podem sofrer dano e ficar imprestáveis para utilização posterior, podendo sofrer reparo ou substituição.

Tipo “2”: Os componentes não podem sofrer dano para posterior utilização, exceto o contator que pode sofrer soldagem “leve” de seus contatos de força. No caso de possibilidade de soldagem, o fabricante deve estabelecer as instruções para manutenção do componente.

Em ambos os tipos de coordenação, nenhum dano às pessoas ou às gavetas vizinhas é aceitável. Em ambos, o dispositivo de proteção contra curto circuito (SCPD), fusível ou disjuntor em caixa moldada, deve interromper adequadamente a corrente de defeito.

3. Ensaio para cada demarrador típico

O desempenho e, por conseguinte, o enquadramento de cada demarrador típico em um dos dois tipos de coordenação **somente pode ser estabelecido através de ensaios**, os quais estão abaixo descritos.

Com a corrente de curto circuito prospectiva (corrente de teste “r”), de acordo com a tabela abaixo:

Corrente operacional nominalle (A) (categoria AC 3)	Corrente de teste “r” (KA)	Fator de potência de teste
0 < I _e 16 □	1	0.95
16 < I _e 63 □	3	0.90
63 < I _e 125 □	5	0.70
125 < I _e 315 □	10	0.50
315 < I _e 630 □	18	0.30

630 < le 1000
□
1000 < le 1600
□

30

0.25

42

0.25

Primeiro ensaio: Uma operação de abertura do SCPD, com todos os componentes do demarrador previamente fechados. A fonte é repentinamente aplicada.

Segundo ensaio: uma operação de abertura do SCPD, com o contator estabelecendo o curto.

Com a corrente de curto circuito nominal condicional I_q , que é a corrente de curto circuito máxima disponível para a qual o demarrador é especificado.

Esse ensaio é feito desde que $I_q \leq$

I_r . Primeiro ensaio: idem anterior

Segundo ensaio: idem anterior.

Terceiro ensaio: (a ser feito somente se a capacidade de estabelecimento do disjuntor em caixa moldada ou da chave seccionadora for menor que I_q) uma operação de abertura do SCPD, com o disjuntor ou a seccionadora estabelecendo o curto.

4. Notas:

1. O curto circuito é feito na saída da gaveta.
2. Após cada ensaio: inspeção na gaveta.
3. Para a coordenação tipo 1, um novo conjunto de componentes da gaveta pode ser usado a cada ensaio.
4. Para a coordenação tipo 2, uma amostra deve ser utilizada para os ensaios com a corrente de teste “ r ” e outra amostra para os ensaios com a corrente de teste “ I_q ”.

5. Resultados que devem ser obtidos

- a) Interrupção da corrente com sucesso pelo SCPD. Se disjuntor, ele tem que ter condição de continuar sendo aberto e fechado manualmente.
- b) A porta da gaveta deve permanecer fechada. Nenhum dano pode ser ocasionado às gavetas vizinhas.
- c) Nenhum dano aos condutores ou terminais de condutores pode ocorrer.
- d) Não há perda de bases de materiais isolantes.
- e) Não há perda da isolação (um teste de tensão aplicada é feito após cada ensaio).

6- TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS

Normalização aplicável

NBR 6856, 1992 - Transformador de corrente – Especificação

NBR 6855, 2009 - Transformadores de potencial indutivos

Valores orientativos de consumo de relés e medidores

As tabelas a seguir, extraídas da literatura, mostram o consumo “orientativo” de medidores analógicos e relés eletromecânicos. Os consumos de medidores ou relés digitais de proteção são bastante menores que os valores mostrados abaixo, e podem ser obtidos nos catálogos dos fabricantes desses dispositivos.

Tabela 1.6.2 – Consumo S_B dos aparelhos de proteção e medição

Aparelhos	Consumo de potência ¹⁾	
	para cada circuito amperimétrico VA	para cada circuito voltimétrico VA
Relé de sobrecarga contra sobrecorrente com temporizador para CC	1	
Proteção de sobrecorrente -tempo, temporizador para CA	15	
Proteção sobrecor.-tempo em caso disp. por cor. do transf.	30	
Proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos	60	
Relé direc. de potência	30	10
Relé diferencial com transf. intermediário e sem linha de alimentação	8	
Relé de distância com acionamento CA	15 — 30	
Relés bimetálicos	30	
	1 — 10	

Aparelhos	Consumo de potência ¹⁾	
	Patag cada zm gerimé tzico	Para cada circuitó voltimétrico
AjTtger íme tros - sol timet ros	1	1
IV alímetro e varímetzo	2,5	V_A
rasímetro; para corrente trifúica, e cata 90°	5	25
Fasfr'etro, para corrente trifúieg escala 360°	15	5
Freqüí éncimeuo de lingiuetas		2,5
Sintronoscópios		25
Regis•aadores de tensão e corrente com		1
instr. de bob. móvel e reõficador	2	3
Registrado res de demanda	6	
Registrad ores de Cos ϕp	t4	t2
Remstradons de fry qijênea		t3
Con 4adore8 rriion ofásicos	I 2	2 4
Contadores trifásicos	0,5 1,5	4
Rel ógios com utad ores		5 7
do thizaaores		2
To talizadores pot telemeiria		Z d
Converso res de valores med idos	3-	1,5
Emissores de valores medidos	2	2

¹⁾ Valores de orien taç*o; os valores exatos dever fio ser tomados dos CaN0gO8 dog tabricant1•8 cor-
respondentes

instrumentos eléíricos empregados com TP's, 115 V, 60 Hz			
Medidor de kWh	9 e 0	1,0 o 0	4,9 o T,9
Medidor de kvarh	5 a 8	1,8 a 3	4,5 a 7,7
Varímetro	2 o *	f o	O u O,P
Motor do conjunto ** demanda	Z 6 o 3	ã,6 o 2,Z	1, O a 2,4
A u to'trnsrormod o r de	9 a 13	2,3 a 3	8,5 a 13
Frequencímetro	3 a 5	3 o 5	O e 3
Sinocronoscópio	5 o 6	4 o 6	O o 3
Relés	S 6 a 5D	1 1 a 30	1 T o 40

Qrd# m de g r n d e t o d o s
i n e t r u m e n t o s e l é t r i c
o s

perd os d o V H ° q e c o r e a t e d e O I g U h a
Q m g p # g Q @ @ Com TCã. 0A a E O H M

Medidor de kWh	0,7 a 2,0	0,5 a 1,6	0,4 a 1,5
uedid•r a• x v •• x	0,2 ° z,0	. Λ ° " Λ	0,° o i,5
Waltímet ro	8	' ^	'
Varímetro	1; O o 2,5	o O,7	0,9 o *
Amperímetro	1 2 a 3,0	1,0 a 1	0 a 2,5
p. mm, t o	z ,5 o 3,6	2, Z • @6	•, O o .Z5
n yi §	B,0 u 15	2,0 0 ú,0	g , O a 14,9

Características para especificação de TPs e TCs.

Lactipia - Distribuidora para todo Brasil

7.5 Características para especificação

Na especificação do TPI, para consulta ao fabricante, deve ser indicado no mínimo o seguinte:

- a) a(s) tensão(ões) primária(s) ou secundária(s) nominal(is) e relação(ões) nominal(is);
- b) a tensão máxima do equipamento e níveis de isolamento;
- c) a frequência nominal;
- d) a(s) carga(s) nominal(is);
- e) a(s) classe(s) de exatidão;
- f) a potência térmica nominal (ver nota);
- g) o grupo de ligação;
- h) a carga simultânea para TPI de dois ou mais secundários;
- i) o uso: para interior ou para exterior.

NOTA Esse item deve ser previsto quando for diferente da relação do fator de sobretensão ao quadrado vezes a potência nominal.

4.9 Características para especificação

Na especificação do TC, para consulta ao fabricante, devem ser no mínimo indicados:

- a) corrente(s) primária(s) nominal(is) e relação(ões) nominal(is);
- b) tensão máxima do equipamento e níveis de isolamento;
- c) frequência nominal;
- d) carga(s) nominal(is);
- e) exatidão;
- f) número de núcleos para medição e proteção;
- g) fator térmico nominal;
- h) corrente suportável nominal de curta duração;
- i) valor de crista nominal da corrente suportável;
- j) tipo de aterramento do sistema;
- k) uso: para interior ou para exterior.

Os textos das normas NBR 6855 (parcial) e NBR 6856 estão no capítulo 8 – Anexos.

7- DISJUNTORES DE MÉDIA TENSÃO

Quatro tipos, quanto ao meio onde ocorre a interrupção

Considerando os disjuntores mais comuns em sistemas elétricos industriais, com tensões nominais entre 1 e 17.5 kV, temos:

Seco (a ar)

Ex.: Magne-blast da GE. Há décadas não é mais fabricado, mas é muito encontrado em instalações industriais de 30, 40 anos atrás.

Pequeno volume de óleo

Ex.: 3 AC da Siemens. Idem ao Magne-blast da GE.

A vácuo

Ex.: PowerVac da GE

3AH da Siemens.

Evolis da Schneider.

São os mais utilizados atualmente.

A SF6

Ex.: LF e SF da Schneider.

Estão disponibilizados atualmente, mas são menos utilizados que os a vácuo.

Os disjuntores acima listados são geralmente utilizados em painéis elétricos tipo CDC, em instalações abrigadas: em salas de painéis ou em “eletrocenters”, que são contêineres metálicos que abrigam os painéis em seus interiores. Para tensões acima de 17,5 kV e até 138 kV os disjuntores são geralmente para uso externo e são a óleo ou a SF6. Acima de 138 kV são utilizados disjuntores a SF6, uso externo.

Normalização

ABNT

NBR IEC 62271-100 / 2006 – Equipamentos de Alta Tensão – parte 100 - Disjuntores de Alta Tensão de Corrente Alternada.

Foi cancelada recentemente e não foi substituída.

IEC

IEC 62271-100 / 2008 + Emenda A1/2012- High Voltage Switchgear and Controlgear – part 100 - AC Circuit Breakers.

IEEE / ANSI

IEEE Std C37.010 - 1999 – rev. 2005 - Application Guide for AC High Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis.

Especificação de disjuntores de média tensão segundo a ANSI/IEEE

RESUMO

Se $X/R \leq 17$ no ponto da falta, então o disjuntor é especificado pela capacidade de interrupção simétrica.

Se $X/R > 17$ no ponto da falta

então calcula-se $S = \frac{I_{cc} \cdot t}{S}$

onde $t = 4 \cdot t_{x/r}$

onde S = fator de capacidade do disjuntor e

t = tempo total até a separação dos contatos, em ciclos.

$X/R = 17$.

Calcula-se o fator multiplicativo $FM = \frac{I_{cc} \cdot t}{S}$

onde t = tempo total até a separação dos contatos, em ciclos.

X/R = relação real no ponto da falta.

E a capacidade de interrupção do disjuntor tem que ser superior ou igual à corrente de curto simétrica calculada, corrigida pelo fator multiplicativo.

$I_{interrup\ disj} \geq I_{cc\ sim\ interrup} \cdot FM$.

Especificação segundo a IEC 62271-100 / 2008 + Emenda A1/2012.

Aplicação

Disjuntores de corrente alternada, para interior e exterior, para sistemas de tensões acima de 1000 V e frequência não superior a 60 Hz.

Características nominais para todos os disjuntores

- a. Tensão nominal (U_n)

- b. Tensões nominais de isolamento
- c. Frequência nominal (fr)
- d. Corrente nominal (I_n)
- e. Corrente de interrupção nominal em curto circuito (I_{sc}) e corrente suportável nominal de curta duração (I_k).
- f. Duração nominal do curto circuito (t_k).
- g. Tensão transitória de restabelecimento nominal
- h. Corrente de estabelecimento nominal em curto circuito = valor de crista nominal da corrente suportável (I_p).
- i. Seqüência de operação nominal
- j. Tensão nominal dos dispositivos de abertura e de fechamento e dos circuitos auxiliares.

Tensão nominal (U_n)

O valor normalizado da tensão nominal do disjuntor deve ser maior ou igual à maior tensão do sistema, no local da instalação do disjuntor.

As tensões nominais abaixo de 245 kV são:

Série I : 3,6 ; 7,2 ; 12 ; 17,5; 24 ; 36 ; 52 ; 72,5 ; 100 ; 123 ; 145 ; 170 ;
245 kV ; p/ 50 e 60 Hz.

Série II : 4,76 ; 8,25 ; 15 ; 25,8 ; 38 ; 48,3 ; 72,5 ; 100 ; 123 ; 145 ; 170 ;
245 kV ; p/ 60Hz, EUA e Canadá.

Há outros valores normalizados acima de 245 kV, que não serão aqui abordados.

Nível de isolamento nominal

As tensões devem ser selecionadas dentre os valores das tabelas abaixo:

Tabela 1a — Níveis de isolamento nominais para tensões nominais da classe I, série I*/

Tensão nominal U_r kV (efiCaZ)	Tensão suportável nominal de curta duração à frequência industrial kV (eficaz)		Tensão suportável nominal de impulso atmosférico U_p kV (cFIS0)	
	Valor «U _r »	Entre a distância de «ionamento»	Valor comum	Entre a distância de «ionamento»
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
				70
12	28	32		70
			7S	85
17,5	38	45	7S	85
			0S	110
24	5D	60	9S	110
			125	145
36	7D	80	145	165
			D0	195
52	95	110	250	290
	140			
72,5	150	160	325	375
100		175	3BD	44D
	185	210	450	52D
123	185	210	450	52D
	230	265	SS0	63D
145	230	265	SS0	63D
	275	315	650	75D
170	275	315	650	USD
	325	375	75D	86D
245	360	415	850	95D
	395	460	95D	1 050
	460	530	DSD	1 2D0

Tabela 1b — Níveis de isolamento nominais para tensões nominais da classe I, série II (utilizado na América do Norte)*7)

Tensão nominal U_r kV (eficaz)	Tensão suportável nominal de curta duração à frequência industrial U_d kV (eficaz)				Tensão suportável nominal de impulso atmosférico U_p kV (crista)	
	Valor comum		Entre a distância de seccionamento		Valor comum	Entre a distância de seccionamento
	Seco	Sob chuva**	Seco	Sob chuva**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	-	21	-	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	140	176	154	350	385

* Para as tensões nominais superiores a 72,5 kV até 245 kV inclusive, são aplicáveis os valores da tabela 1a.

** A duração da aplicação das tensões sob chuva é de 10 s para equipamentos externos. Ver 9.2 da IEC 60060-1.

Frequência Nominal

60 Hz.

Corrente Nominal

É a corrente que o disjuntor consegue conduzir continuamente sem que os limites de elevação de temperatura especificados para as várias partes sejam excedidos.

Os valores normalizados são os da série R10:

400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300 A

A norma dá uma tabela com os valores máximos de elevação de temperatura para as várias partes ou componentes do disjuntor.

Corrente de Interrupção Nominal em Curto Circuito

Definição: É o valor mais elevado de corrente de curto circuito que o disjuntor consegue interromper em um circuito onde a tensão de restabelecimento à frequência industrial corresponde à tensão nominal do disjuntor.

É expressa por dois valores:

- a) O valor eficaz da componente alternada da corrente de curto circuito, e
- b) A porcentagem da componente contínua.

Os valores normalizados para o valor eficaz da componente alternada da corrente são tirados da série R10:

8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 31,5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100
KA

Para tensões iguais ou inferiores à tensão nominal, o disjuntor é capaz de interromper correntes até no máximo sua capacidade de interrupção nominal em curto circuito. Para tensões superiores à tensão nominal, nenhuma capacidade de interrupção é garantida.

O valor da porcentagem da corrente contínua deve ser determinado através das curvas das figuras 8 e 9. Para um disjuntor que é aberto pela corrente de curto circuito sem a ajuda de uma forma qualquer de energia auxiliar, a porcentagem da componente contínua deve corresponder a um intervalo de tempo Δt igual ao tempo de abertura do disjuntor. Para o disjuntor que é aberto por uma forma qualquer de energia auxiliar, o intervalo de tempo Δt deve ser igual ao tempo de abertura do disjuntor adicionado a meio período da frequência nominal.

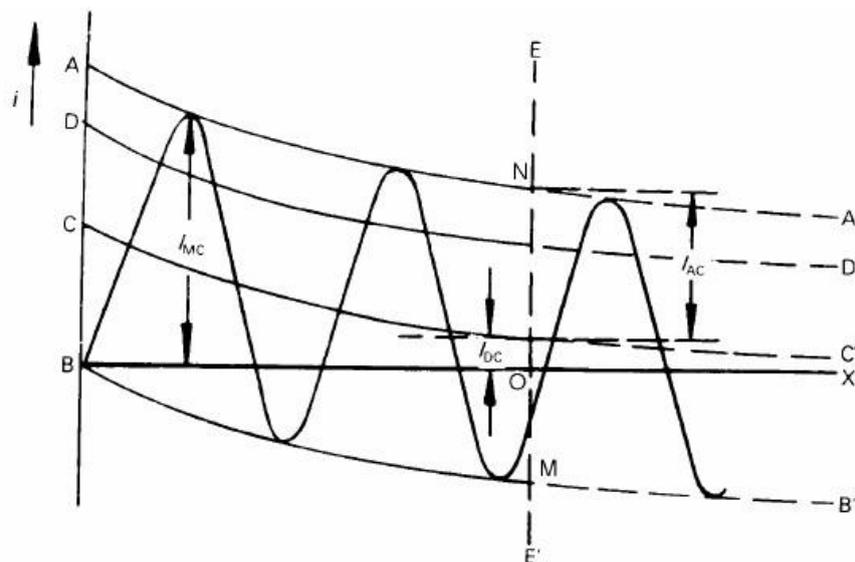
A curva em traços cheios da curva da figura 9 refere-se a um circuito cujo fator de potência sob curto circuito é 0.0587, ou seja, $X/R = 17$, que corresponde a uma constante de tempo da componente DC de 45 ms. Essa é a curva normalmente utilizada para especificar disjuntores não especiais.

Quando o local de aplicação do disjuntor está eletricamente distante de máquinas girantes, a diminuição da componente alternada é desprezível, sendo necessário apenas verificar se o fator de potência sob curto circuito não é inferior à 0,0587 e se o retardo mínimo do dispositivo de proteção não é inferior a $\frac{1}{2}$ período. Nestas condições, é suficiente que a capacidade de interrupção nominal em curto circuito do disjuntor seja igual ou superior à corrente de falta simétrica inicial, no ponto onde o disjuntor vai ser instalado.

Por outro lado, quando o disjuntor for instalado próximo a geradores ou em um ponto onde a relação X/R sob curto circuito for superior a 17, a porcentagem da corrente contínua pode ser superior ao indicado na curva em traços cheios da figura 9. Neste caso, a solicitação do disjuntor pode ser reduzida, por exemplo, retardando-se a sua abertura. Se não se puder adotar os valores normalizados de porcentagem da componente contínua correspondentes à constante de tempo de 45 ms,

a porcentagem desejada deve ser especificada pelo comprador, e os ensaios, se necessários, devem constituir objeto de acordo entre o fabricante e o comprador.

A norma admite ainda constantes de tempo especiais de 60 ms, para disjuntores de 72,5 kV até 420 kV, 75 ms para disjuntores de 550 kV e acima e 120 ms ($X/R=45$), para disjuntores até 52 kV, para aquelas aplicações onde a relação X/R ultrapassa 17. Deve ser lembrado que quaisquer dessas aplicações especiais devem ser informadas ao fabricante, e o equipamento é bastante mais caro que os convencionais. Existem poucos fabricantes desses disjuntores especiais.



- AA'
 BB' } envoltória da onda de corrente
- BX eixo do zero
- CC' deslocamento do eixo do zero da onda de corrente a cada instante
- DD' valor eficaz da componente alternada da corrente, a cada instante, medido a partir de CC'
- EE' instante da separação dos contatos (início do arco)
- I_{MC} corrente de estabelecimento
- I_{AC} valor de crista da componente alternada da corrente no instante EE'
- $\frac{I_{AC}}{\sqrt{2}}$ valor eficaz da componente alternada da corrente no instante EE'
- I_{DC} componente contínua da corrente no instante EE'
- $\frac{I_{dc}}{I_{AC}} \cdot 100 = \frac{\overline{ON} - \overline{OM}}{\overline{MN}} \cdot 100$ porcentagem da componente c.c.

Figura 8 — Determinação da corrente de estabelecimento e corrente de interrupção, e da porcentagem da componente c.c.

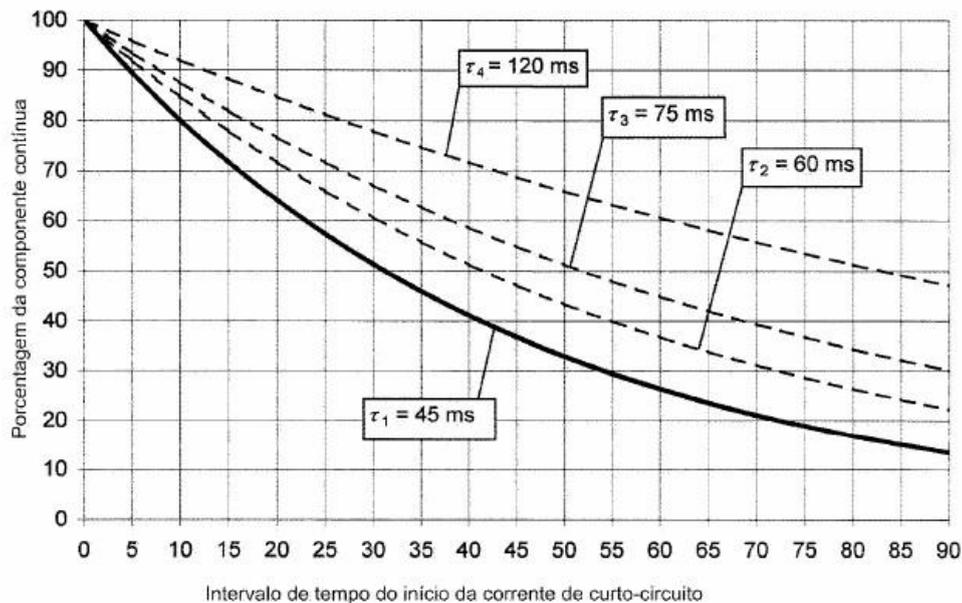


Figura 9 — Porcentagem da componente contínua em relação ao intervalo de tempo ($T_{op} + T_r$) para a constante de tempo τ_1 e para o caso especial das constantes de tempo τ_2, τ_3 e τ_4

Corrente de Estabelecimento Nominal em Curto Circuito

Deve ser superior ao maior valor de crista da corrente de falta.

A capacidade de estabelecimento nominal em curto circuito é igual a 2,6 vezes o valor eficaz da componente alternada da capacidade de interrupção nominal.

Observação: lembrem-se que o fator 2,6 corresponde ao valor de crista máximo, para 60 Hz, em um circuito onde $X/R = 17$, no instante correspondente a meio ciclo após a ocorrência do curto-circuito.

$$dc = \exp(-2 \cdot t/X/R) = \exp(-2 \cdot 0,5/17) = 0,8313 \quad (t \text{ em ciclos})$$

$$I_{pico} = 1 + dc = 1 + 0,8313 = 1,8313$$

$$I = 1,8313 I_m = 1,8313 \times \sqrt{2} \times I_{rms} = 2,5898 I_{rms} \approx 2,6 I_{rms}.$$

Corrente Suportável Nominal de Curta Duração

É o valor máximo de corrente que o disjuntor consegue conduzir, permanecendo fechado, durante um curto intervalo de tempo. A IEC estabelece que o valor dessa corrente seja numericamente igual ao valor eficaz da componente alternada da capacidade de interrupção nominal em curto circuito, apesar dos conceitos serem totalmente distintos.

Duração Nominal da Corrente Suportável de Curta Duração

É o período de tempo durante o qual o disjuntor consegue conduzir, quando fechado, uma corrente igual a sua corrente suportável nominal de curta duração.

Valor nominal recomendado: 1s.

Outros valores podem ser escolhidos: 0,5 ou 2 ou 3s, se necessário.

Seqüência Nominal de Operações

a) Para disjuntores que não devem operar em religamento rápido:

CO – 15s – CO ou O – 3 minutos – CO – 3 min – CO.

b) Para disjuntores que devem operar em religamento automático rápido:

O – 0,3s – CO – 15s – CO ou O – 0,3s – CO – 3 min – CO
(p/ tensão nom \square 72,5 kV)

Tensão de Restabelecimento Transitória Nominal (TRT)

A tensão de restabelecimento é a tensão que aparece entre os terminais do pólo que interrompe a corrente. Nos primeiros instantes, essa tensão pode atingir valores elevados, apresentando uma característica transitória significativa. Tal tensão pode levar à reignição do arco e conseqüentemente o disjuntor não interromper a corrente naquela passagem por zero.

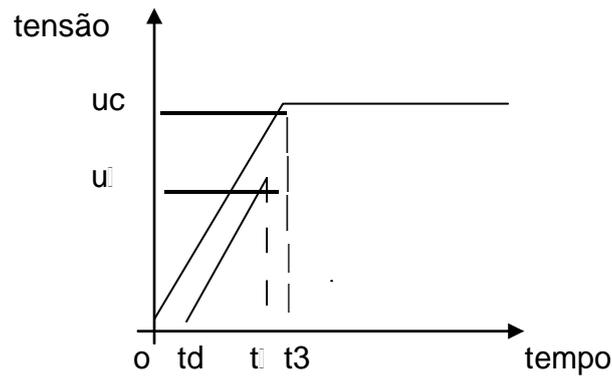
O cálculo da TRT não é simples. Geralmente é feito utilizando-se um programa de cálculo de transitórios, como o ATP ou o EMTP. Há necessidade de se pesquisar o ponto onde será simulado o curto circuito, de tal forma que leve às piores condições de TRT, se nos terminais do disjuntor ou se em um ponto remoto (falta quilométrica). Há necessidade de se conhecer os parâmetros do circuito, como as indutâncias e capacitâncias. E aqui reside a grande dificuldade para os sistemas industriais: o conhecimento das capacitâncias entre fases e entre fases e terra, na fase de projeto. Por isso esse assunto não será aqui aprofundado.

A fim de permitir um conhecimento inicial acerca da TRT, recomenda-se a leitura do capítulo 17 – Tensão de Restabelecimento Transitória de Disjuntores – do livro “Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento”, publicado por Furnas Centrais Elétricas, que versa sobre a matéria.

Para a seleção de disjuntores, as normas representam a TRT por sua envoltória.

Em sistemas com tensão nominal igual a ou abaixo de 100 kV, alimentados através de transformadores, a TRT se aproxima de uma oscilação amortecida de freqüência única. Essa forma de onda pode ser adequadamente representada por uma envoltória consistindo de dois segmentos de reta, definidos por meio de dois parâmetros.

A representação por dois parâmetros é conforme a figura seguinte.



Onde:

u_c = tensão de referência, valor de pico da TRV, em kV.

t_3 = tempo para atingir u_c , em microsegundos.

t_d = tempo de retardo, em microsegundos. $t_d = 0,15 t_3$.

u' = tensão de referência, em kV. $u' = u_c/3$.

t' = é deduzido pela figura, partindo-se de u' , u_c/t_3 e t_d .

Para ilustrar, a norma apresenta em tabelas, como abaixo, os valores que constituem os limites da tensão de restabelecimento transitória do circuito que o disjuntor deve interromper.

Table 1 – Standard values of transient recovery voltage for class S1 circuit-breakers – Rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters

Rated voltage U_r kV	Type of test	First-pole-to-clear factor k_{pp} p.u.	Amplitude factor k_{af} p.u.	TRV peak value u_c kV	Time t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV ^a u_c/t_3 kV/ μs
3,6	Terminal fault	1,5	1,4	6,2	41	6	2,1	20	0,15
	Out-of-phase	2,5	1,25	9,2	82	12	3,1	40	0,11
4,76 ^b	Terminal fault	1,5	1,4	8,2	44	7	2,7	21	0,19
	Out-of-phase	2,5	1,25	12,1	88	13	4,0	43	0,14
7,2	Terminal fault	1,5	1,4	12,3	51	8	4,1	25	0,24
	Out-of-phase	2,5	1,25	18,4	102	15	6,1	49	0,18
8,25 ^b	Terminal fault	1,5	1,4	14,1	52	8	4,7	25	0,27
	Out-of-phase	2,5	1,25	21,1	104	16	7,0	50	0,20
12	Terminal fault	1,5	1,4	20,6	61	9	6,9	29	0,34
	Out-of-phase	2,5	1,25	30,6	122	18	10,2	59	0,25
15 ^b	Terminal fault	1,5	1,4	25,7	66	10	8,6	32	0,39
	Out-of-phase	2,5	1,25	38,3	132	20	12,8	64	0,29
17,5	Terminal fault	1,5	1,4	30	71	11	10,0	34	0,42
	Out-of-phase	2,5	1,25	44,7	142	21	14,9	69	0,31

Valores Nominais para outras condições de Funcionamento. (Não serão aqui abordadas).

- Capacidade de interrupção nominal de linhas em vazio
- Capacidade de interrupção nominal de cabos em vazio
- Capacidade de interrupção nominal de banco de capacitores
- Capacidade de interrupção nominal em discordância de fases

Tensão nominal dos dispositivos de abertura e de fechamento e dos circuitos auxiliares.

Devem ser escolhidos dentre os valores das tabelas abaixo.

Table 14 – Direct current voltage

U_s
V
24
48*
60
110* or 125
220 or 250

Table 15 – Alternating current voltage

Three-phase, three-wire or four-wire systems V	Single-phase, three-wire systems V	Single-phase, two-wire systems V
–	120/240	120
120/208	–	120
(220/380)	–	(220)
230/400*	–	230*
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
347/600	–	347

NOTE 1 The lower values in the first column of this table are voltages to neutral and the higher values are voltages between phases. The lower value in the second column is the voltage to neutral and the higher value is the voltage between lines.

NOTE 2 The value 230/400 V indicated in this table should be, in the future, the only IEC standard voltage and its adoption is recommended in new systems. The voltage variations of existing systems at 220/380 V and 240/415 V should be brought within the range 230/400 V ± 10 %. The reduction of this range will be considered at a later stage of standardization.

CAPÍTULO 7

DEMARRADORES DE MOTORES DE MÉDIA TENSÃO

CONJUNTO CONTATOR + FUSÍVEL

**IEC 62271-106 / 2011 = H-V SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR – A.C.
CONTACTORS AND CONTACTOR-BASED CONTROLLERS AND MOTOR-
STARTERS.**

1. Escopo

Contatores de corrente alternada e/ou conjuntos contatores+ fusíveis para partida de motores, para instalação interna, para frequências até 60Hz, e para aplicação em sistemas com tensão nominal entre 1 e 24 kV.

A norma é aplicável tanto para contatores ou conjuntos de partida com tensão plena (direct-on-line starters), quanto para conjuntos de partida com tensão reduzida, como por exemplo, partidas com autotrafos, reostatos ou reatores de partida.

A norma não é aplicável para conjuntos de partida compostos por disjuntores.

Características nominais

Tensão Nominal (U_r)

É a maior tensão do sistema no qual o contator será aplicado. Os valores normalizados são:

2,5 – 3,6 – 5,0 – 7,2 – 12 – 15 – 17,5 e 24 kV rms.

Nível de isolamento nominal

De acordo com a tabela 1a. Os níveis de isolamento nominais para as tensões nominais 2,5 e 5 kV correspondem aos das tensões nominais 3,6 e 7,2 kV, respectivamente.

Frequência Nominal (f_n)

50 ou 60 Hz.

Corrente operacional nominal (I_e) ou potência operacional nominal

São valores limites de correntes operacionais, estabelecidos pelos fabricantes, e que levam em consideração a tensão nominal, a frequência nominal, o ciclo de trabalho nominal, a categoria de utilização e o tipo de invólucro (montagem). No caso de conjuntos de partida para partida de

um motor com tensão plena, le pode ser substituída pela potência operacional nominal do motor.

Corrente Nominal Suportável de Curta Duração (Ik)

É a maior corrente rms que o contator consegue conduzir durante um intervalo de tempo curto, suficiente para o dispositivo externo de proteção contra curto circuito operar. Os valores são estabelecidos pelos fabricantes.

Duração Nominal do Curto Circuito (tk)

É o intervalo de tempo suficiente para a operação do dispositivo de proteção contra curto circuito. É associado ao Ik. Valor normalizado = 1 s, podendo ser 0,5 , 2 ou 3 s.

Corrente Nominal Suportável de Pico (Ip)

É o valor máximo de crista, associado ao 1º semi-ciclo da corrente de curto circuito, que o contator suporta. Para

fn = 50 Hz □ Ip = 2,5 Ik.

fn = 60 Hz □ Ip = 2,6 Ik.

Corrente Nominal de Interrupção de Curto Circuito (Isc)

Para a combinação fusível + contator, é a maior corrente de curto circuito prospectiva que o conjunto é capaz de interromper. Um valor da série R10 deve ser selecionado pelo fabricante do conjunto contator + fusível :

1 ; 1,25 ; 1,6 ; 2 ; 2,5 ; 3,15 ; 4 ; 5 ; 6,3 ; 8 e seus múltiplos de 10.

Aqui também se aplica o conceito de coordenação entre o dispositivo de partida e o SCPD, da mesma forma que na IEC 60947.4.1 é aplicado para demarradores de baixa tensão. Os tipos de coordenação normalizados são:

Tipo “a”; qualquer dano ao contator é permitido, porém não é permitido nenhum dano ao invólucro externo do conjunto.

Tipo “b”; é permitido dano ao relé de proteção contra sobrecarga e danos aos contatos principais do contator e/ou às câmaras de extinção de arco.

Tipo “c”; só podem ser danificados os contatos principais do contator, podendo necessitar substituição destes.

Onde não for aceitável nenhum tipo de dano aos contatos principais do contator, um acordo entre o usuário e o fabricante deve ser feito.

O tipo de coordenação ao qual o conjunto atende somente pode ser determinado por meio de ensaios.

Corrente Nominal de Estabelecimento de Curto Circuito (Ima)

Para a combinação contator + fusível, é o maior valor de pico da corrente de curto circuito prospectiva que o conjunto é capaz de estabelecer.

Aqui também é aplicável o conceito de coordenação.

Ciclos de trabalho nominais

Contínuo

Ciclo no qual os contatos de força principais permanecem fechados e conduzindo uma corrente em regime, sem interrupção, por um período de tempo suficiente para ser atingido o equilíbrio térmico e sem exceder os limites de elevação de temperatura estabelecidos.

Intermitente ou intermitente periódico

Ciclos nos quais os contatos de força principais permanecem fechados e abertos durante períodos definidos, para os quais pode ser estabelecida uma relação fixa entre os períodos de carga e não-carga. Nesses períodos, o equilíbrio térmico não chega a ser atingido. São eles:

Classe 1 : até um ciclo de operação por hora.

Classe 3 : até três ciclos de operação por hora.

Classes 12, 30, 120, 300 : idem acima, em número de operações por hora.

Temporário

Semelhante ao intermitente, porém os períodos de não-carga são suficientemente longos, de tal forma que o conjunto de partida atinge a temperatura do meio externo ao redor do mesmo. Os valores são: 10, 30, 60 e 90 min com os contatos principais fechados.

Relação entre as capacidades de estabelecimento e de interrupção nominais e a corrente nominal.

Deve ser seguida a tabela 10. Lembrar que categoria AC-3 é partida e parada não intermitentes de motor de indução rotor em gaiola.

Taia ta — nazaa inaulatlan levelc rer rataa •ita8ac

Rt(yd xv r.m.s. value I	Rated short-duration power-frequency xv r.m.s. value I		Rated lightning impulse kV (peak value)	
	Common value	At the isolating distance	Common value	At the distance
	0,6	10	13	20 JO
17,5	38	<5	75	85
24	50	10	95 125	110 145
38	70	10	145 175	185 195
52	95	110	250	zko
100	120	175	380 450	4AD 520
140	230	2M	550	d]0 6J0
170	275	315	850	7W0
245	306 440	4 •s t60 530	85B D€0 1 060	9S0 1 060 1 200

Table 10 - Verification of the rated making and breaking capacities – Conditions for making and breaking corresponding to the several utilization categories at rated voltage U_n

Category	Make		break			
			Minimum rated breaking current		Highest rated breaking current	
	$I_m/I_e^{(1)}$		I_c/I_e	$\cos \phi^{(2)}$	I_c/I_e	$\cos \phi^{(2)}$
AC-1	1.5	0.95	0.2	0.95	1.5	0.95
AC2	4	0.65	0.2	0.85	d	D,65
A0-3	8	0.35	0.2	0.15	8	0,35
AC-4!	10	0.35	0.2	0.15	8	D.35

i Rated operational current (see 4.IDH)
 I_m, Making current
 Breaking Current

¹ The conditions for making are expressed in r.m.s. values, but it is understood that the peak value of asymmetrical current, corresponding to the power factor of the circuit, may assume a higher value (see 4.101.1.1, note).

² Tolerance for cos φ: 0,05.

* In the case of recalculation or plug braking, it should be noted that, at the instant of making, the voltage and current may be doubled.

8- FUSÍVEIS DE MÉDIA TENSÃO

1. Normalização

ABNT

NBR 8669 / 1984 = Dispositivos Fusíveis Limitadores de Corrente

IEC

IEC 60282-1 / 2009 = High Voltage Fuses – Part 1: Current-Limiting fuses

2. Valores nominais

Tensão nominal da base ou do fusível

ABNT	3,2	4,16	6,6	13,8	23	34,5	43	69		kV
IEC SÉRIE I	3,6	7,2	12	17,5	24	36	40,5	52	72,5	kV
										(utilizada na Europa)
IEC SÉRIE II	2,75	5,5	8,25	15	15,5	25,8	38	48,3	72,5	kV
										(utilizada nos EUA e Canadá)

Corrente Nominal da Base

ABNT: 10 25 63 100 200 400 600 A

IEC: 10 25 63 100 200 400 630 1000 A

Nível de Isolamento Nominal da Base

ABNT: tabela 3.

IEC: tabelas 4 e 5.

Corrente Nominal do Fusível

ABNT: a critério do fabricante.

IEC: série R10, preferencialmente, ou R20.

R10: 1 1,25 1,6 2 2,5 3,15 4 5 6,3 8 e seus múltiplos de 10.

R20: 1 1,12 1,25 1,40 1,60 1,80 2 2,24 2,5 2,8 3,15 3,55 4 4,5 5 5,6 6,3 7,1 8 9 e seus múltiplos de 10.

Capacidade de Interrupção Nominal do fusível

ABNT: a critério do fabricante.

IEC: a critério do fabricante porém deve ser tirada da série R10.

Frequência Nominal

ABNT: 60 HZ

IEC: 50 ou 60 HZ

Corrente Mínima de Interrupção Nominal (somente para os fusíveis de retaguarda)

ABNT: a critério do fabricante

IEC: a critério do fabricante

Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT) Nominal

ABNT: a representação da TRT é feita de maneira idêntica à feita no caso de disjuntores, e os valores padronizados estão na tabela 4.

IEC: idem, valores estão nas tabelas 9 e 10.

TABELA 3 – Níveis de isolamento nominais

Tensão máxima do equipamento (kV)	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV (crista)				Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto kV	
	Lista 1		Lista 2			
	Para terra e entre polos	Através da distância de seccionamento	Para terra e entre polos	Através da distância de seccionamento	Para terra e entre polos	Através da distância de seccionamento
1	2	3	4	5	6	7
3,6	20	23	40	46	10	12
4,76	40	46	60	70	19	21
7,2	40	46	60	70	20	23
15	95	110	110	125	34	40
24	95	110	125	145	50	60
25,8	125	145	150	165	60	66
36	145	165	170	195	70	80
38	150	165	200	220	80	88
48,3	250	275	250	275	95	110
72,5	325	375	350	385	140	160

TABELA 4 – Valores padronizados de TRT nominal

Tensão máxima de equi kV	Parâmetros básicos		Valores derivados			
	Tensão crítica kV	Coordenada de tempo µs	Tempo de retardo µs	Coordenada de tensão kV	ks	Relação de subida kv/µs
V_r	v_c	t_3	t_d	v'	t'	v_c / t_3
12,2	12,4	52	7,8	12,1	25,0	0,258
15,0	25,7	66	9,9	8,6	32,0	0,390
24,0	41,0	88	13,2	13,8	42,5	0,47
27,8	44,0	91	13,6	14,7	44,0	0,48
36,0	62,0	103	16,2	20,6	52,0	0,57
	65,0	111	16,6	21,7	53,4	0,56
48,3	83,0	127	19,0	27,6	61,2	0,66
72,5	124,0	168	28,4	41,5	64,0	0,74

$$v_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} V_r$$

$$v' = 1/3 \cdot v_c$$

$$t_d = 2,1 C_{13}$$

$$t' = (0,15 + 1/3) t_3 \quad \text{para } V_r \leq 48,3 \text{ kV}$$

$$t_d = 0,05 t_3$$

$$t' = (0,05 + 1/3) t_3 \quad \text{para } V_r > 48,3 \text{ kV}$$

Table 4 - Fuse-base rated insulation levels — Series I

Rated voltage of the fuse base kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity)				Rated 1 min power-frequency withstand voltage (dry and wet) kV (r.m.s.)	
	List 1 kV (peak)		List 2 kV (peak)		To earth and between poles	Across the insulating distance of the fuse-base (see note)
	To earth and between poles	Across the insulating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the insulating distance of the fuse-base (see note)		
2,6	20	23	40	46	10	12
7.2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	18	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	75	80
40,5	165	200	195	220	80	95
52	180	220	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

NOTE An insulating insulation level should be specified only for those fuse-bases for which insulating properties are assigned.

Table 5 — Fuse-base rated insulation levels — Series II

Rated voltage of the fuse base kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity) kV (peak)				Rated power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)					
	To earth and between poles		Across the insulating distance of the fuse-base (see note)		To earth and between poles			Across the insulating distance of the fuse- base (see note)		
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor 1 min dry	Outdoor		Indoor 1 min dry	Outdoor	
						1 min dry	x0 s wet		1 min dry	10 s wet
2.75	45		50		17			17		
4.75	60		70		19		-	21	39	33
8.25	75	95	80	100	26	85	20	29		
15	95		105		36	50	45	40	55	50
15.5	110	110	125	125	50	70	60	66	77	66
25.5	120	150	140	150	60	75	60	66	77	66
38	150	200	160	220	80	100	100	66	77	66
48,3	200	250	200	275	-	100	100	66	77	66
72,5	350	350	350	375	-	173	145	66	77	66

NOTE An insulating insulation level should be specified only for those fuse-bases for which insulating properties are assigned.

Table 8 - Standard values of rated TRV — Series I

Rated voltage	Basic parameters		Derivative values			
	ax voltage	ru coordinate	Time delBy ^o	VDltage coordl nate ^o	Time coordl ncte ^o	Rate of rise
U _r	u _c	t ₃	t _d	u'	t'	u _c /t ₃
kV	kV	pe	μs	kV	μs	kV/ps
3.6	6,2	40	6	2,6	19,4	0,154
7.2	12,4	52	8,5	4,1	25	0,163
12	20,6	60	9	6,9	29	0,241
17.5	30	72	10,5	10	35	0,286
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,313
36	62	108	16,2	20,6	52	0,331
50	89	132	17,2	23	55,5	0,307
72.5	124	168	18,4	31,5	64	0,287

$u = 1.4 \cdot 1.5 = U_r$ $t_d = 0,15 t$ $t' = (0,15 \cdot 1/3) t$ for $U_r < 52$ kV
 $t_d = 0,05 t$ } for $U_r \geq 52$ kV
 $t' = (0,05 + 1/3) t$

Table 10 - Standard values of rated TRV - Series II

Rated voltage	Basic parameters		Derivative values			
	Peak voltage	Time coordinate	Time de fay ^o	Voltage coordl nate ^o	Time coordinate ^o	Rate of rise
U _r	u	t	t _#	u'	t'	u _c /t ₃
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/ps
2.73	4,7	37	5,5	1,6	18,	0,127
5,5	9,4	46	6,9	3,1	22,2	0,204
8,25	14,1	54	8,1	4,8	26,1	0,266
15	25,7	66	9,9	6,6	32,0	0,330
20	34,3	77	11,9	8,8	38,2	0,400
27,5	47,1	91	14,1	11,7	44,0	0,477
38	65	111	16,6	15,7	52,6	0,566
50	89	132	19,0	21,6	61,2	0,650
72,5	124	168	22,4	31,5	74,0	0,740

$u = 1,4 \cdot 1,5 \cdot U_r$ $t' = 0,15 t$ } for $U_r \leq 48,3$ kV
 $* u' = 1/3 t$ $t' = (0,15 \cdot 1/3) t$ }
 $t_{\#} = 0,05 t$ } for $U_r > 48,3$ kV
 $t' = (0,05 + 1/3) t$ }

REFERÊNCIAS

https://pt.wikipedia.org/wiki/Comando_el%C3%A9trico>acesso em 29/01/2020

http://www.ufjf.br/prh-pb214/files/2014/01/ApostilaEquipamentos-El%C3%A9tricos-Industriais-_Rev_abril20141.pdf>acesso em 29/01/2020