

2) Introdução:

Os dispositivos de proteção e manobra são componentes que, inseridos nos circuitos elétricos, servem para proteção do circuito elétrico e para manobra e proteção do motor, interrompendo a circulação de corrente quando alguma anomalia acontece.

Neste capítulo, veremos os dispositivos de proteção e manobra empregados para proteger, ligar e desligar cargas (motores ou outros atuadores elétricos) e também componentes dos circuitos de comando.

Para aprender esse conteúdo com mais facilidade, é necessário ter conhecimentos anteriores sobre corrente elétrica, picos de correntes dos motores e sistemas de partida.

2.1) Fusíveis:

Os fusíveis são dispositivos de proteção simples e econômicos e, por isso, amplamente utilizados, encontrando-se presentes em instalações residenciais, em automóveis, em equipamentos eletrônicos, máquinas, entre outros. Os fusíveis se destinam à proteção contra correntes de curto-circuito ou contra sobrecargas de longa duração. Entende-se por correntes de curto-circuito, situações anormais de corrente, devidas ao fato de a impedância em determinado ramo do circuito assumir um valor praticamente nulo, causando, assim, um repentino e significativo acréscimo da corrente. Isso pode ser provocado, por exemplo, por erro na montagem do sistema ou por contato direto acidental entre os condutores de uma rede, que pode ocorrer entre fases ou entre fase e neutro, ou ainda por um defeito qualquer no interior de alguma máquina ou equipamento.

Sua atuação ocorre devido à fusão de um elemento elo fusível por efeito Joule, em consequência da brusca elevação de corrente no circuito. O material utilizado na confecção do elo fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão seja inferior ao da liga de cobre com alumínio, que é o material mais utilizado na confecção de condutores de aplicação geral.

Sem uma proteção adequada, a corrente atingiria valores muito elevados, limitados apenas pela resistência ôhmica dos condutores ou capacidade da fonte geradora e conseqüentemente danos graves ocorrerão, existindo inclusive o risco de incêndio.

2.2) Tipos De Fusíveis:

De modo geral, as seguranças fusíveis são classificadas segundo as características de desligamento em efeito rápido ou retardado, segundo a tensão de alimentação e também segundo a corrente nominal. Existem, vários tipos de fusíveis. Para aplicações em equipamentos eletrônicos os mais comuns são os fusíveis em cilindro de vidro (de 5x20mm e de 6.2 x



Fusível Cilindro de Vidro

32mm, na faixa de 0,5A a 30A). Para aplicações em instalações elétricas residenciais existem os fusíveis de rolha (obsoletos) e também os de cartucho. Já para aplicações industriais os mais comuns são o NH e o DIAZED, dentre outros.

Os fusíveis de efeito rápido são empregados em circuitos em que não há variação considerável entre a corrente de partida (primeiros instantes em que o circuito é energizado) e a corrente de regime (funcionamento normal após a etapa de partida).

Esses fusíveis são ideais para a proteção de circuitos com semicondutores (diodos e tiristores).

Por sua vez, os fusíveis de efeito retardado são apropriados para uso em circuitos cuja corrente de partida atinge valores muitas vezes superiores ao valor da corrente nominal e em circuitos que estejam sujeitos a sobrecargas de curta duração.

Como exemplo desses circuitos podemos citar motores elétricos, as cargas indutivas e as cargas capacitivas em geral.

Vejamos detalhes de alguns destes tipos industriais:

2.2.1) Fusíveis NH:

Os fusíveis NH tipo faca cega são aplicados na proteção de subcorrentes de curto-circuito e sobrecarga em instalações elétricas industriais e são projetados para atender as Normas IEC60269-2-1 e DIN-43620 (NBR 11.841). Possui categoria de utilização gL / gG, em cinco tamanhos (NH000, NH00, NH1, NH2 e NH3) atendem as correntes nominais de 6 a 1250A.

Limitadores de corrente, possuem elevada capacidade de interrupção de 120kA em até 500VCA ou 100kA em até 250VCC.

Corpo isolante em cerâmica técnica; terminais em liga de cobre com tratamento de superfície que garante baixas resistências de contato; elemento fusível interno construído em prata pura (99,99%), dielétrico interno areia de sílica de alto grau de pureza, compactado sob vibração.



Andrellenz



A montagem é feita de tal forma que o compartimento onde ocorre a fusão do elemento fusível fica totalmente preenchido pela areia de sílica.

Pino precursor para sinalização visual ou para acionar “*microswitch*” quando da atuação do fusível.

A base é fabricada de material isolante como a esteatita, ou plástico termofixo. Nela são fixados os contatos em forma de garras às quais estão acopladas molas que aumentam a pressão de contato.



**Punho para
montagem /
substituição de
Fusíveis NH**



Base NH

O uso de punhos apropriados para montagem / substituição garante o seguro manuseio dos fusíveis. Dados aos seus valores de energia de fusão e interrupção os fusíveis NH facilitam a determinação da seletividade e coordenação de proteção.

2.2.2 Fusíveis DIAZED:

Os fusíveis DIAZED são utilizados na proteção de curto-circuito em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais, atendendo a norma Normas: NBR IEC 60269, NBR 11844 e VDE 0636 e que quando normalmente instalados, permitem o seu manuseio sem riscos de toque acidental. Possuem categoria de utilização gL / gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente), em três tamanhos (DI, DII e DIII) atendem as correntes nominais de 2 a 100A.

Limitadores de correntes possuem elevadas capacidade de interrupção:

- 2 a 20A - 100kA (até 220V_{CC})
- 25 a 63A - 70kA (até 500V_{CA})
- 80 e 100A - 50kA (até 500V_{CA})



A **base** e a **tampa** são feitas de porcelana, dentro de ambas as quais estão um **elemento com rosca helicoidal feito de latão**. O elemento com rosca helicoidal possui continuidade elétrica direta com um dos bornes de ligação presente na base, enquanto que, por sua vez, o segundo borne de ligação da base possui continuidade com a rosca de fixação do **parafuso de ajuste**.

Uma base pode ser fixada nos painéis por meio de parafusos ou, como opcional, a fixação pode ser feita por engate rápido sobre trilho DIN.

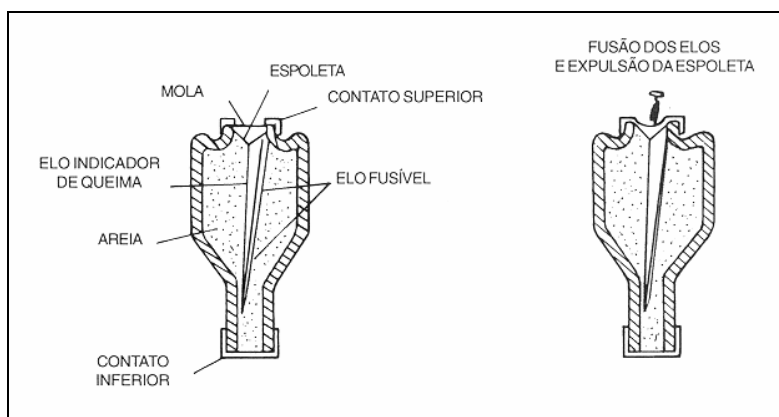


Através de **parafusos de ajuste**, impedem a troca do fusível para valores de corrente nominais superiores, preservando as especificações do projeto. Os parafusos de ajuste possuem diferentes diâmetros do vão interno e diferentes cores na pintura da borda superior, de acordo com e de modo a identificar a corrente nominal ao qual ele se associa.

A **tampa** possui uma janela permite inspeção visual do indicador do fusível. A tampa permite também a substituição do fusível mesmo com o circuito energizado.

O **anel de proteção** é feito de porcelana com rosca interna, tem como função proteger a rosca metálica da base aberta, pois evita a possibilidade de contatos acidentais no momento da troca do fusível.

O **fusível** é uma peça em porcelana, em cujas extremidades metálicas é fixado, internamente, um fio de cobre puro ou de cobre recoberto por uma camada de zinco, denominado **elo fusível**. Ele fica imerso em areia sílica cuja função é extinguir o arco voltaico e evitar o perigo de explosão no momento da queima do fusível.



O fusível possui um **indicador**, o qual se desprende em caso de queima, mas que em funcionamento normal fica fixo e visível através da janela da tampa e cuja corrente nominal é **identificada por meio de cores**. Veja na tabela a seguir, algumas cores e suas correntes nominais correspondentes.

Cor	Intensidade de corrente (A)	Cor	Intensidade de corrente (A)
Rosa	2	Azul	20
Marrom	4	Amarelo	25
Verde	6	Preto	35
Vermelho	10	Branco	50
Cinza	16	Laranja	63

OBS: Estas mesmas cores são utilizadas para colorir as bordas superiores dos parafusos de ajuste.

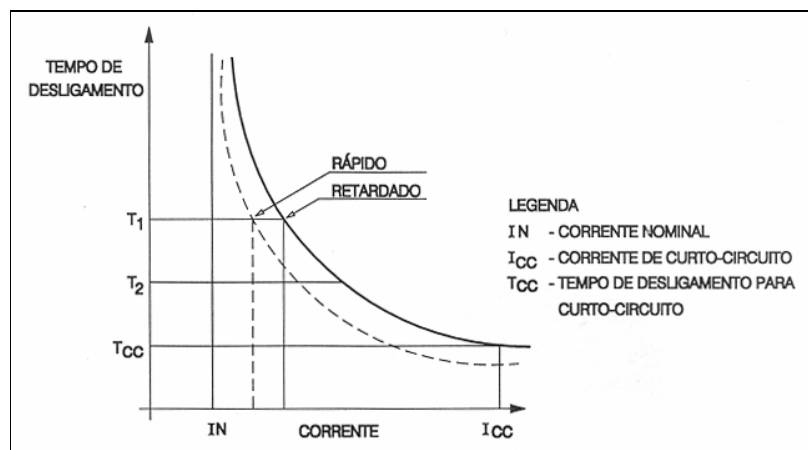
O elo indicador de queima é constituído de um fio muito fino ligado em paralelo ao elo fusível. Em caso de queima do elo fusível, o indicador de queima também se funde e provoca o desprendimento do indicador.

2.2.3 Características dos fusíveis NH e DIAZED:

As principais características dos fusíveis DIAZED e NH são:

- Corrente nominal - corrente máxima que o fusível suporta continuamente sem interromper o funcionamento do circuito. Esse valor é marcado no corpo de porcelana do fusível;
- Corrente de curto-circuito - corrente máxima que deve circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente;

- Capacidade de ruptura (kA) - valor de corrente que o fusível é capaz de interromper com segurança. Não depende da tensão nominal da instalação;
- Tensão nominal - tensão para a qual o fusível foi construído. Os fusíveis normais para baixa tensão são indicados para tensões de serviço de até 500 V em CA e 600 V em CC;
- Resistência elétrica (ou resistência ôhmica) - grandeza elétrica que depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é a responsável por eventuais aquecimentos que podem provocar a queima do fusível;
- Curva de relação Tempo de Fusão X Corrente: curvas que indicam o tempo que o fusível leva para desligar o circuito. Elas são variáveis de acordo com o tempo, com a corrente, e com o tipo de fusível. Dentro dessas curvas, quanto maior for a corrente circulante, menor será o tempo em que o fusível terá que desligar. Veja curva típica a seguir.



2.2.4 Instalação:

Os fusíveis DIAZED e NH devem ser colocados no início dos ramais dos circuitos que se pretende proteger.

Os locais devem ser arejados para que a temperatura se conserve igual à do ambiente. Esses locais devem ser de fácil acesso para facilitar a inspeção e a manutenção.

A instalação deve ser feita de tal modo que permita seu manejo sem perigo de choque para o operador.

2.2.5 Fusíveis NEOZED:

Os fusíveis NEOZED possuem tamanho reduzido e são aplicados na proteção de curto-circuito em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais.

Possui categoria de utilização gG, em dois tamanhos (D01 e D02) atendendo as correntes nominais de 2 a 63A.



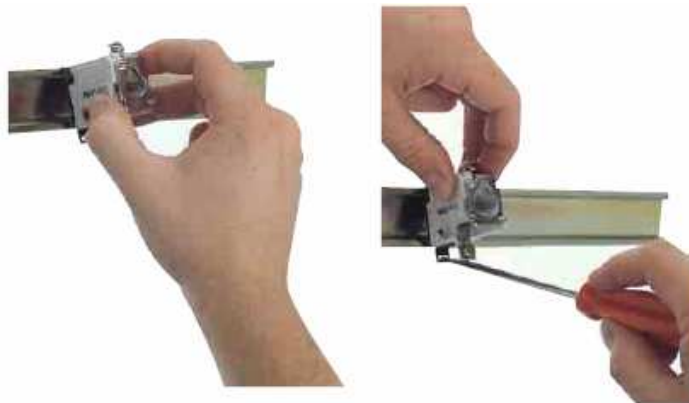
Limitadores de corrente, são aplicados para até 50kA em 400VCA (8kA em 250VCC).



A sua forma construtiva garante total proteção de toque acidental quando da montagem ou substituição dos fusíveis.

Possui anéis de ajuste evitam alteração dos fusíveis para valores superiores, mantendo a adequada qualidade de proteção da instalação.

A fixação pode ser rápida por engate sobre trilho ou por parafusos. Atendem a norma IEC 269.



2.2.6 Fusíveis SITOR:

Os fusíveis SITOR são fusíveis ultra-rápidos apropriados para uso em instalações industriais para a proteção de equipamentos de eletrônica de potência dotados semicondutores tais como tiristores, GTO's, diodos e IGBT's.



Possui Categoria de utilização gR / aR, atendendo as correntes nominais de 32 a 710 A.

Encontrado em dois tamanhos (1e 2), podendo ser usado em AC (de 800 1000 V) ou DC (de 440 a 600 V).

O uso de punhos especiais garante o manuseio seguro na montagem ou substituição dos fusíveis. Os fusíveis Sitor atendem as normas IEC 269, DIN 43 653.

2.2.7 Fusíveis SILIZED:

Os fusíveis ultra-rápidos SILIZED são utilizados na proteção de curto-circuito de semicondutores, estão adaptados às curvas de carga dos tiristores e diodos de potência, permitindo quando da sua instalação seu manuseio sem riscos de toque acidental. O conjunto do receptáculo tem a mesma mecânica da base utilizada com o fusível DIAZED.

Possui categoria de utilização gR, em três tamanhos atendem as correntes nominais de 16 a 100A.

Limitadores de corrente, possuem elevadas capacidade de interrupção: 50kA em até 500VCA.

Através de parafusos de ajuste, evitam alterações dos fusíveis, preservando as especificações do projeto.

Permitem a fixação rápida por engate rápido sobre trilho ou parafusos. Atendem a norma DIN VDE 0636.



2.2.8 Fusíveis MINIZED:

Compactos, mono, bi e tripolares, com os minifusíveis NEOZED são utilizados na manobra e proteção de circuitos elétricos.

Podem ser encontrados nas seguintes correntes nominais:



- até 63A AC-22
- até 50A AC-23 em 400VCA

A corrente presumida de curto-circuito de 50kA em até 400VCA.

Com alavanca de manejo confortável, possui mecanismo de ação independente do operador, o que garante manobra sob carga.

Fornecem total segurança ao toque acidental na montagem ou substituição dos fusíveis e nos terminais de ligação.

Possui bloqueio mecânico que impede a manobra do seccionador sem fusíveis.

Além de possuir uma durabilidade mecânica de 10.000 manobras apresenta uma fixação rápida por engate sobre trilho.



2.2.9 Fusíveis do Tipo H-H:

Os fusíveis do tipo H-H são projetados para atender as Normas IEC-60282 e VDE-0670 e DIN-43625. São excelentes Limitadores de Corrente.

Corpo isolante em cerâmica técnica vitrificada que suporta esforços mecânicos e alta resistência térmica; Contatos em liga de cobre estanhado com tratamento de superfície que resulta baixas resistências de contato; Elemento fusível interno construído em prata pura (99,99%), com restrições estampadas ao longo do elemento, cuja fusão simultânea divide o arco voltaico em tensões menores, o que garante a interrupção; Para posicionar e sustentar o elemento fusível utiliza internamente uma estrutura isolante especial.



A montagem é feita de tal forma que o compartimento onde ocorre a fusão do elemento fica totalmente preenchida de areia de sílica de alto grau de pureza e submetida à vibração. A areia de sílica absorve energia do arco voltaico através do fenômeno da mudança de estado da forma granulométrica para a forma de fulgurito (estrutura tubular rochosa e vítrea formada pelo material fundido pela descarga elétrica que penetra na areia); Pino precursor com força estática de 5 kgf ou 12 kgf e curso de 30 mm.

São utilizados para proteção de transformadores, motores, capacitores, condensadores, cabos, etc. contra curtos-circuitos. Existem critérios específicos para a seleção dos fusíveis H-H em cada uma destas aplicações.

2.2.10 Fusíveis da Série D70 (NH Ultra-Rápido):

Principais características:

- Padrão: DIN (europeu);
- Ação: Ultra-rápido;
- Tensão nominal: 660 V ou 1250 V;
- Corrente nominal: 10 A a 1800 A;
- Capacidade de interrupção: 120 kA

Aplicação: Apresentam como principal característica, baixos valores de $I^2.t$ e grande capacidade de limitação de corrente o que os tornam indicados para proteção de “soft-starters” inversores, conversores, relês de estado sólido, retificadores, diodos e tiristores em geral ou outras aplicações que exijam baixos valores de $I^2.t$.



- Tipo faca cega;
- Tipo faca C4;
- Tipo faca rasgo combinado;
- Tipo Stud (Terminal Disco com Rosca).

As micro-chaves para os fusíveis NH série D70 são projetadas para serem acopladas nas tampas dos fusíveis (tipo **CIMT**) ou nos adaptadores que já vêm montados nos fusíveis (tipo **CIML**). Têm um contato aberto e um contato fechado, corrente nominal 5A e tensão nominal 250V (5A 250V 1NA+1NF).

Carcaça em material de alta isolamento, terminais em liga de cobre, haste de acionamento em aço inoxidável. Terminais Faston 7 x 0,7 mm.

São utilizados para sinalização remota quando da queima do fusível, acionando dispositivos.



2.2.11 Fusíveis do Tipo DCKL / DCKU – Classe L:

Principais Características:

- Padrão NEMA (americano);
- Ação: Limitador com tempo de retardo / Limitador rápido;
- Tensão: 600 V;
- Classe: L;
- Corrente: 600 A a 6000 A;
- Interrupção: 200 kA

Utilizados para proteção de circuitos de alta potência, circuitos de retaguarda na saída de transformadores até 600V. Mantêm seletividade quando utilizados em conjunto com disjuntores em entradas de edifícios, indústrias, circuitos de iluminação, acionamento de motores, etc.



2.2.10 Fusíveis do Tipo DCRN / DCRS / DCPN / DCPS – Classe RK:

Principais Características

- Padrão: NEMA (americano);
- Ação: Retardado / Limitador (com tempo de retardo);
- Tensão: 250 V à 600 V;
- Classe: RK-5 / RK-1;
- Corrente: 1/10 A a 600 A;
- Interrupção: 200 kA;

Utilizados para proteção de circuitos de baixa e alta potência, como motores e circuitos de iluminação com altos valores de $I_{n,rush}$.



2.2.11 Fusíveis do Tipo DCJ / DCKJ – Classe J:

Principais Características:

- Padrão: NEMA (americano);
- Ação: Limitador (com tempo de retardo) / Rápido;
- Tensão: 600 V;
- Classe: J;
- Corrente: 1 A a 600 A;
- Interrupção 200 kA.



Utilizados para proteção de motores, relés, contadores, disjuntores e chaves. Também utilizados em circuitos de distribuição para limitar correntes de curto circuito.

2.2.12 Fusíveis do Tipo Tração – Classe Especial:

Principais Características:

- Ação: Limitador de corrente;
- Tensão: 600 V a 1500 V;
- Corrente: 5 A a 1000 A;
- Interrupção: 200 kA;

Os fusíveis do tipo tração são limitadores de baixa tensão destinados à proteção de sistemas de tração, como trens, trólebus e metrô. São desenvolvidos de acordo com a particularidade de cada equipamento, obedecendo às suas características elétricas. Por se tratar de equipamentos específicos, a dimensão dos fusíveis é desenvolvida de acordo com a sua necessidade.

2.2.13 Fusíveis para Proteção de Cabos DCBB / DCTB / DCTT:

Principais características:

- Padrão: NEMA (americano);
- Ação: Limitador de corrente;
- Tensão: 500 V a 600 V;
- Tipos de fixação:

DCBB Barra – Barra
DCTB Tubo – Barra
DCTT Tubo – Tubo



Bitolas: 40 a 750 MCM

Os fusíveis para proteção de cabos são limitadores de corrente para proteção de cabos em **instalações externas ou subterrâneas**.

2.2.14 Fusíveis do Tipo DCF 9 (FORM 101) - FORM 101:

Principais características:

- Padrão: NEMA (americano);
- Ação: Ultra-rápido;
- Tensão: 130 V / 1200 V;
- Corrente: 1 A a 6000 A;
- Interrupção: 200 kA

Para proteção de soft-starters, inversores de frequência, relés de estado sólido, chaves estáticas, retificadores e semicondutores em geral ou qualquer outro tipo de aplicação que exija um baixo i^2t .



2.2.15 Dimensionamento de Fusíveis:

A escolha do fusível é feita considerando-se a corrente nominal do circuito a ser protegido e a tensão nominal da rede. Os circuitos elétricos são dimensionados para uma determinada carga nominal dada pela carga que se pretende ligar.

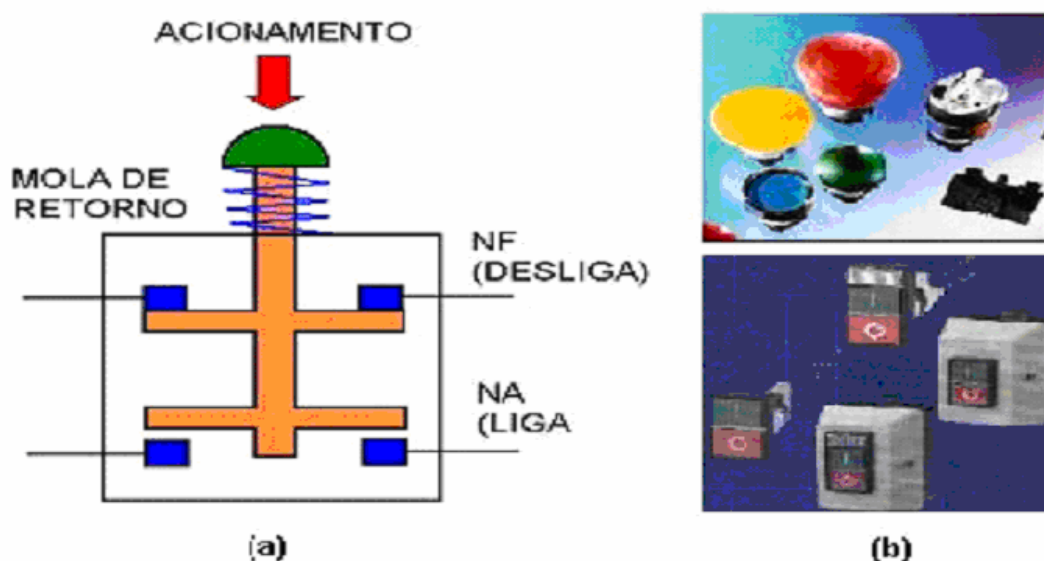
A escolha do fusível deve ser feita de modo que qualquer anormalidade elétrica no circuito fique restrita ao setor onde ela ocorrer, sem afetar os outros.

Para dimensionar um fusível, é necessário levar em consideração as seguintes grandezas elétricas:

- Corrente nominal do circuito ou ramal;
- Corrente de curto-circuito;
- Tensão nominal.

2.3 Botoeira ou Botão de comando:

Quando se fala em ligar um motor, o primeiro elemento que vem a mente é o de uma chave para ligá-lo. Só que no caso de comandos elétricos a “chave” que liga os motores, normalmente é, diferente, de uma chave mais usual, destas que se tem em casa para ligar a luz, por exemplo. A diferença principal está no fato de que, ao se manobrar uma “chave residencial”, ela assume uma posição e nela permanece, mesmo quando se retira a pressão do dedo. Já em “**chave industrial**” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola (**retorno por mola**), como pode ser observado na figura a seguir. O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porque da existência de um “**contato de selo**” no circuito de comando.



A botoeira faz parte da classe de componentes denominada “**elementos de sinais**”. Estes são dispositivos pilotos e nunca são usados para acionar diretamente os motores.

A figura 2.1a mostra o caso de uma botoeira para comutação de 4 pólos. O contato N.A. (Normalmente Aberto) pode ser utilizado como botão LIGA e o N.F. (Normalmente Fechado) como botão DESLIGA. Esta é uma forma elementar de intertravamento. Note que o retorno é feito de forma automática através de mola. Existem botoeiras com apenas um contato. Estas últimas podem ser do tipo N.A. ou N.F..

Ao substituir o botão manual por um rolete, tem-se a chave fim de curso, muito utilizada em circuitos pneumáticos e hidráulicos. Este é muito utilizado na movimentação de cargas, acionado por toque no contato físico com uma peça ou uma embalagem, um engradado, ou qualquer outra carga.

Outros tipos de elementos de sinais são os Termostatos, Pressostatos, as Chaves de Nível e as chaves de fim de curso (que podem ser roletes).

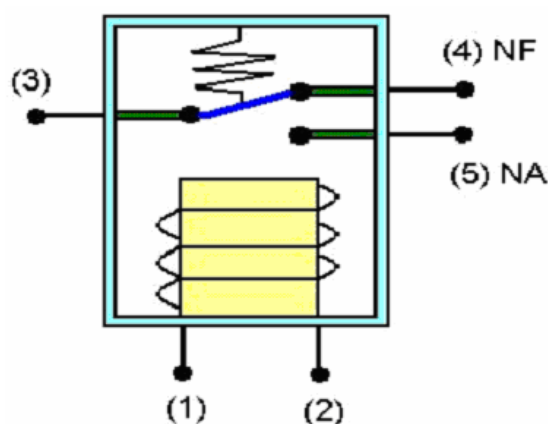
Todos estes elementos exercem uma ação de controle discreta, ou seja, liga / desliga. Como por exemplo, se a pressão de um sistema atingir um valor máximo, a ação do pressostato será o de mover os contatos desligando o sistema. Caso a pressão atinja novamente um valor mínimo atua-se religando o mesmo.

2.4 Relés:

Os relés são os elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando. Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais. Os terminais (1) e (2) correspondem à bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (N.F.) e normalmente aberto (N.A.), respectivamente.

Uma característica importante dos relés, como pode ser observado na figura a seguir é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5 V_{CC}, 12 V_{CC} ou 24 V_{CC}, enquanto simultaneamente os terminais (3), (4) e (5) podem trabalhar com 110 V_{CA} ou 220 V_{CA}, ou seja não há contato físico entre os terminais de acionamento e os de trabalho. Este conceito permitiu o surgimento de dois circuitos em um painel elétrico:

- i. Circuito de comando: neste encontra-se a interface com o operador da máquina ou dispositivo e, portanto, trabalha com baixas correntes (até 10 A) e / ou baixas tensões.
- ii. Circuito de Potência: é o circuito onde se encontram as cargas a serem acionadas, tais como: motores, resistências de aquecimento, entre outras. Neste podem circular correntes elétricas da ordem de 10 A ou mais, e atingir tensões de até 760 V.



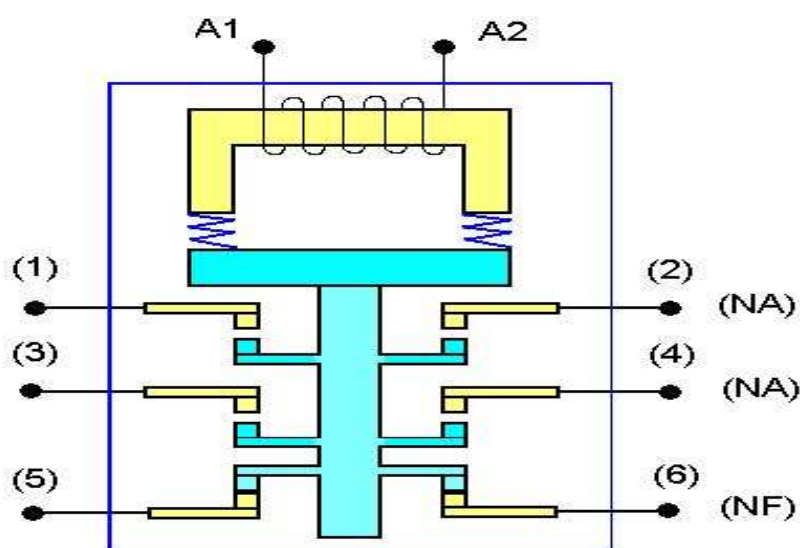
Em um painel de comando, as botoeiras, sinaleiras e controladores diversos ficam no circuito de comando.

Do conceito de relés pode-se derivar o conceito de contatores, visto no próximo item.

2.5 Contatores:

Para fins didáticos podemos considerar os contatores como relés expandidos, pois o princípio de funcionamento é similar. Conceituando de forma mais técnica, o contator é um elemento eletro-mecânico de comando a distância, com uma única posição de repouso e sem travamento.

Como pode ser observado na figura a seguir, o contator consiste basicamente de um núcleo magnético excitado por uma bobina. Uma parte do núcleo magnético é móvel, e é atraído por forças de ação magnética quando a bobina é percorrida por corrente e cria um fluxo magnético. Quando não circula corrente pela bobina de excitação essa parte do núcleo é repelida por ação de molas. Contatos elétricos são distribuídos solidariamente a esta parte móvel do núcleo, constituindo um conjunto de contatos móveis. Solidário a carcaça do contator existe um conjunto de contatos fixos. Cada conjunto de contatos fixos e móveis pode conter contatos do tipo Normalmente aberto (N.A.), ou normalmente fechados (N.F.).



Os contatores podem ser classificados como principais (CW, CWM) ou auxiliares (CAW). De forma simples pode-se afirmar que os contatores auxiliares têm contatos que suportam uma corrente máxima de 10A e possuem de 4 a 8 contatos, podendo chegar a 12 contatos. Os contatores principais têm corrente máxima de até 600A. De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo N.A., para manobra de cargas trifásicas a 3 fios.

Um fator importante a ser observado no uso dos contatores são as faíscas produzidas pelo impacto, durante a comutação dos contatos. Isso promove o desgaste natural dos mesmos, além de consistir em riscos a saúde humana. A intensidade das faíscas pode se agravar em ambientes úmidos e também com a quantidade de corrente circulando no painel. Dessa forma foram aplicadas diferentes formas de proteção, resultando em uma

classificação destes elementos. A norma IEC 947-4 apresenta uma classificação em 4 categorias de emprego de contatores principais:

- a. AC1: é aplicada em cargas com fator de potência $\geq 0,95$ (basicamente cargas ôhmicas ou pouco indutivas), como aquecedores e fornos a resistência;
- b. AC2: é para acionamento de motores de indução com rotor bobinado, motores de anéis com frenagem por contracorrente ou acionamento por pulsos, atendendo as seguintes condições:
 - No fechamento o contator deve permitir estabelecer uma corrente de partida de até $2,5 \cdot I_N$;
 - Na abertura de interromper a corrente de partida sob a tensão da rede nominal.
- c. AC3: é aplicação de motores com rotor de gaiola em cargas normais como: elevadores, escadas rolantes, bombas, ventiladores, correias transportadoras e compressores, atendendo as seguintes condições:
 - No fechamento o contator deve permitir estabelecer uma corrente de partida de até $7 \cdot I_N$;
 - Na abertura de interromper a corrente de partida sob uma tensão da ordem de 20% da tensão nominal.
- d. AC4: é para manobras pesadas, como acionar o motor de indução em plena carga, reversão em plena marcha e operação intermitente.
 - No fechamento o contator deve permitir estabelecer uma corrente de partida de até $7 \cdot I_N$;
 - Na abertura de interromper a corrente de partida sob a tensão da rede nominal.

A figura a seguir mostra o aspecto de um contator comum. Este elemento será mais detalhado em capítulos posteriores.



2.6 Proteção contra Sobrecorrentes:

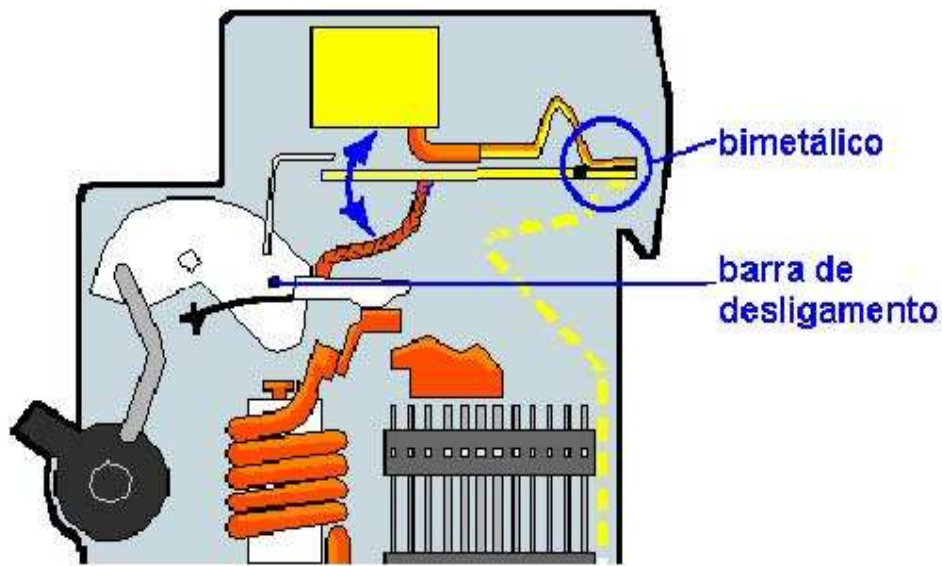
Conforme dito anteriormente uma sobrecorrente é aquela cujo valor excede o valor nominal de operação do circuito. Ela pode ser causada por dois fatores:

- Curto-circuito: quando não existe uma resistência (ou impedância) significativa entre duas fases com diferenças de potencial. Neste caso a sobrecorrente excede em muito a corrente nominal.
- Sobrecarga: não existe falha elétrica, mas um aumento da carga. Excede em algumas vezes o valor nominal e o seu efeito é nocivo após o funcionamento do circuito por um tempo longo, causando deterioração do material isolante dos cabos.

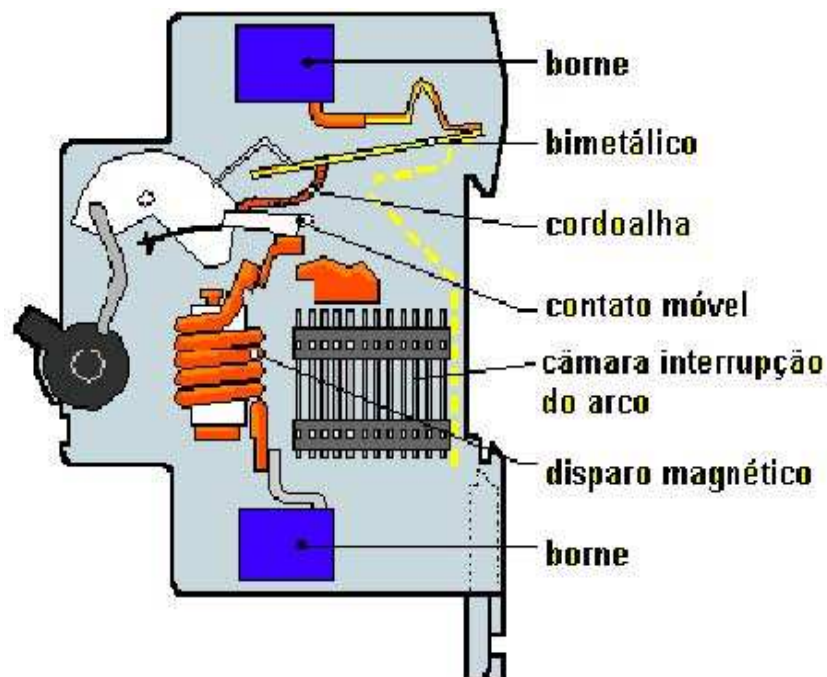
2.6.1 O Relé Bimetálico:

O Relé é um equipamento de proteção térmica para partida de motores que impede que a variação da amperagem queime o motor. Ele possui dois dispositivos internos, sendo um deles denominado compensado que impede que a temperatura do ambiente influencie na temperatura interna do motor, e outro chamado diferencial, que monitoriza a passagem de corrente nas três fases consecutivas do motor simultaneamente. Caso uma delas seja interrompida, o relé desliga o motor e impede a queima do mesmo.

A proteção contra sobrecarga é feita através de um elemento bimetálico, como mostra a figura a seguir. Quando se aumenta a corrente por efeito físico de dissipação da energia (efeito Joule) a junta bimetálica se deforma abrindo os contatos de passagem da corrente elétrica. Este elemento pode ser adquirido de forma separada, como no caso do relé térmico, ou modernamente, vem acoplado nos disjuntores, permitindo economia de espaço.

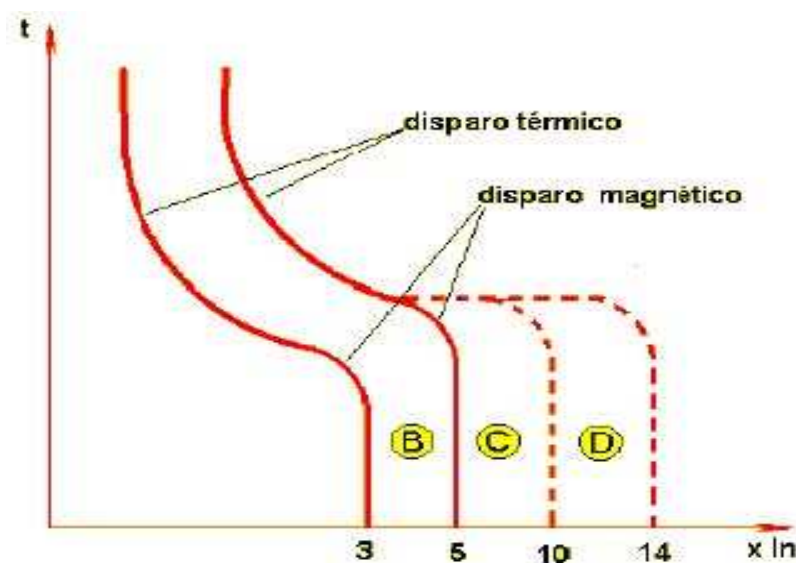


A proteção contra o curto-circuito é feita através de um elemento magnético, que nada mais é do que uma bobina. A variação brusca da corrente cria um campo magnético que puxa o contato para baixo, abrindo o contato móvel, como pode ser visualizado na figura a seguir, de forma esquemática.



Ao selecionar um disjuntor, algumas características técnicas são importantes, tais como:

- **Corrente nominal (I_n):** valor de corrente eficaz que o disjuntor deve conduzir indefinidamente, sem a elevação da temperatura acima dos limites especificados;
- **Tensão nominal (U_n):** o valor da tensão deve ser igual ou superior a do circuito onde o disjuntor está instalado;
- **Capacidade de interrupção (I_{cn}):** valor máximo da corrente que o disjuntor pode interromper. Este valor deve ser igual a corrente presumida de curto circuito no ponto de instalação do disjuntor;
- **Curvas de disparo:** Indicam o tempo que o disjuntor leva para interromper a corrente quando esta ultrapassa o valor da nominal. Um exemplo é mostrado na figura a seguir: note que quanto maior a corrente menor o tempo para a interrupção;
- **Norma técnica:** Indica a norma na qual o disjuntor foi projetado, as principais são NBR5361, NBR IEC 60898, NBR IEC 60947-2.



- Número de pólos: os mais comuns são 1, 2 e 3 pólos.

2.7 Relé Térmico de Sobrecarga:

Até pouco tempo a proteção contra corrente de sobrecarga era feita por um elemento em separado denominado de relé térmico de sobrecarga. Este elemento, constituído por uma junta bimetálica que se dilata ao ser percorrido, por um certo período de tempo, por uma corrente de valor acima da corrente nominal. Recentemente os disjuntores passaram a englobar esta função e sendo assim os relés térmicos de sobrecarga tem caído em desuso.

2.8 Disjuntores:

Os disjuntores também estão presentes em algumas instalações residenciais, embora sejam menos comuns do que os fusíveis. A aplicação de disjuntores normalmente interfere com a aplicação dos fusíveis, pois os disjuntores são elementos que também se destinam à proteção de circuitos contra correntes de curto-circuito. Em alguns casos, quando há o elemento térmico os disjuntores também podem se destinar à proteção contra correntes de sobrecarga.

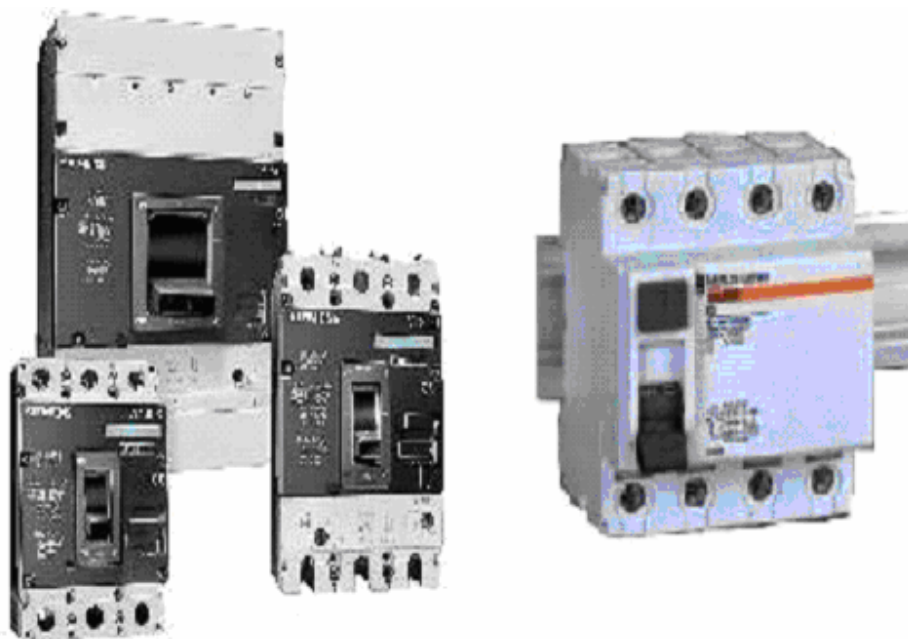
A corrente de sobrecarga pode ser causada por uma súbita elevação na carga mecânica, ou mesmo pela operação do motor em determinados ambientes fabris, onde a temperatura é elevada.

A vantagem dos disjuntores é que permitem a re-ligação do sistema após a ocorrência da elevação da corrente, enquanto os fusíveis devem ser substituídos antes de uma nova operação.

Para a proteção contra a sobrecarga existe um elemento térmico (bimetálico). Para a proteção contra curto-circuito existe um elemento magnético.

O disjuntor precisa ser caracterizado, além dos valores nominais de tensão, corrente e frequência, ainda pela sua capacidade de interrupção, e pelas demais indicações de temperatura e altitude segundo a respectiva norma, e agrupamento de disjuntores, segundo informações do fabricante, e outros, que podem influir no seu dimensionamento.

A figura a seguir, mostra o aspecto físico dos disjuntores comerciais:



2.9 Disjuntores-Motores:

Os disjuntores-motores têm como principal característica ser uma solução compacta para a proteção do circuito elétrico (limitador de corrente) e manobra e proteção do motor.

Possuem alta capacidade de interrupção, permitindo sua utilização mesmo em instalações com elevado nível de corrente de curto-circuito. Asseguram total proteção ao circuito elétrico e ao motor através de seus disparadores térmico (ajustável para proteção contra sobrecargas e dotado de mecanismo diferencial com sensibilidade à falta de fase) e magnético (calibrado para proteção contra curtos-circuitos). Para essa proteção o Disjuntor-Motor deve exercer 4 funções básicas:

- Seccionamento: Sua função é isolar da rede os condutores ativos quando o motor está desligado e protege quando há queima de fases do motor;
- Proteção contra curto-circuitos: Essa função detém e interrompe, o mais rápido possível, correntes elevadas de curto-circuitos para impedir a deterioração da instalação;
- Proteção contra Sobrecargas: tem como função deter correntes de sobrecarga e interromper a partida, antes que a temperatura do motor e dos condutores fique muito elevada e deteriore os isolantes;
- Comutação: sua função é ligar e desligar o motor, podendo ser manual, automático ou à distância. Possuem versões com acionamento através de botões ou por acionamento rotativo e indicação de disparo (Trip), permitindo ao operador a visualização do estado do disjuntor.

Tais disjuntores podem ser bloqueados com cadeado ou similar na posição "desligado", garantindo assim a segurança em manutenções.



2.9.1 Características Gerais:

Disparador Magnético: Através do disparador magnético, oferece proteção contra curto-circuito da instalação e do motor, com disparo fixo em 12 ou 13 vezes a máxima corrente da faixa de ajuste do disjuntor-motor.

Disparador Térmico: O disparador térmico é ajustável e responsável pela proteção contra sobrecarga e sensibilidade contra a falta de fase da instalação e do motor conforme IEC60947-4-1, classe de disparo 10.

Especificação: Para a especificação correta dos disjuntores-motores é importante certificar-se das correntes de serviço e nominal do motor a ser protegido. O ajuste de corrente no disjuntor-motor deve estar de acordo com a corrente de serviço a fim de obterem-se todas as proteções do mesmo.

Fixação: Podem ser instalado através de fixação rápida em trilho DIN 35mm ou com fixação por parafuso através de adaptador (vide acessórios).

Acessórios: Os conectores trifásicos permitem o acoplamento direto dos disjuntores-motores aos contactores e minicontatores.

As caixas de sobrepor permitem aos disjuntores-motores serem instalados em ambientes externos, outros acessórios permitem a instalação do disjuntor-motor na porta ou na lateral de painéis.

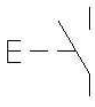
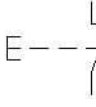
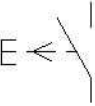
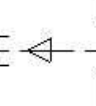
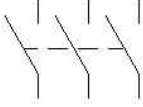



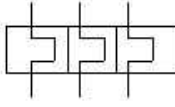

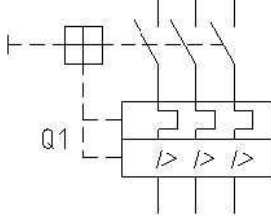
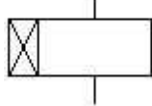
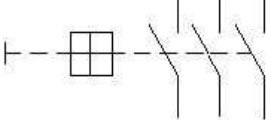

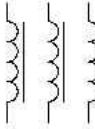
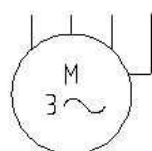
Bobina de Desligamento por Subtensão, Bobina de Desligamento à Distância e Bloco de sinalização de disparo são também acessórios disponíveis.

2.10 Simbologia gráfica:

Até o presente momento mostrou-se a presença de diversos elementos constituintes de um painel elétrico. Em um comando, para saber como estes elementos são ligados entre si é necessário consultar um desenho chamado de esquema elétrico. No desenho elétrico cada um dos elementos é representado através de um símbolo. A simbologia é padronizada através das normas NBR, DIN e IEC.

Na tabela a seguir apresentamos alguns símbolos referentes aos elementos estudados nos parágrafos anteriores

Simbologia em comandos elétricos:

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada / Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico