

1) CONTROLE DOS MOTORES ELÉTRICOS

1.1) Funções principais do controle

As funções principais do controle de um motor são: partida, parada, direção de rotação, regulação da velocidade, limitação da corrente de partida, proteção mecânica, proteção Elétrica, etc. A figura 1.1 mostra um motor de indução trifásico típico.



Figura 1.1 – Motor de Indução Trifásico

1.2) Partida

Um motor só começa a girar quando o momento de carga a ser vencido, quando parado, for menor do que seu conjugado de partida.

1.3) Parada

Em determinadas aplicações há necessidade de uma rápida desaceleração do motor e da carga. Ao ser desligado o motor da linha de alimentação utiliza-se um dispositivo de inversão de rotação com o motor ainda rodando. A parada ou desligamento do motor da rede efetua-se através de um relé impedindo-o de partir na direção contrária. No caso de motores síncronos emprega-se frenagem dinâmica.

1.4) Sentido de rotação

A maior parte dos motores (exceto alguns, por exemplo: motores monofásicos, como o de pólo sombreado e o de repulsão) podem ser empregados nos dois sentidos de rotação dependendo apenas de um controle adequado.

1.5) Regulação da velocidade

Os motores de C.A., exceto os universais, são máquinas de velocidade constante. Há, entretanto, possibilidade de serem religadas as bobinas do estator de um motor de indução, de tal maneira a duplicar o número de pólos e, desta forma, reduzir a velocidade à metade, onde os estatores podem ser construídos com dois enrolamentos independentes, calculados para o número de pólos que se deseja, conseguindo-se por meio de pólos reversíveis (variação de pólos) e com reduzido número de conexões variar a velocidade síncrona do motor.

Cada um destes bobinados pode então ser ligado de forma a possibilitar duas velocidades, na razão de 2:1, obtendo-se

assim quatro velocidades síncronas independentes; contudo, não poderão proporcionar quaisquer velocidades intermediárias.

Com motores de indução de rotor bobinado é possível obter-se qualquer velocidade desde zero até aproximadamente a velocidade de sincronismo, mediante a variação de uma simples resistência ligada ao bobinado do rotor, e que não implica em aquecimento do mesmo, pois, as perdas na resistência são externas ao motor.

Um outro método de regulação da velocidade dos motores de C.A., que permite obter no eixo uma velocidade que pode ir desde zero até o dobro da velocidade síncrona, é pelo conhecido sistema do rotor com comutador, através de decalagem das escovas.

Outra possibilidade de alteração de velocidade nos motores de indução é através do inversor de frequência, o qual possibilita o controle do motor CA variando a frequência, mas também realiza a variação da tensão de saída para que seja respeitada a característica V/F (Tensão / Frequência) do motor.

Nos motores de corrente contínua, a velocidade pode ser regulada pela inserção de um reostato no circuito de campo, para proporcionar ajustes no fluxo.

1.6) Limitação da corrente de partida

A ligação dos motores a uma rede elétrica pública deve observar as prescrições para este fim, estabelecido por norma.

Normalmente, procura-se arrancar um motor a plena tensão a fim de se aproveitar ao máximo o binário de partida. Quando o arranque a plena tensão de um motor elétrico provoca uma queda de tensão superior à máxima admissível, deve-se recorrer a um artifício de partida com tensão reduzida, tendo porém o cuidado de verificar se o torque é suficiente para acionar a carga.

Há dois métodos para reduzir a tensão na partida:

- a)** Fornecer corrente à tensão normal, fazendo-se com que o motor, temporariamente, seja conectado à rede, com o enrolamento para uma tensão superior, empregando-se o sistema de partida em estrela-triângulo;
- b)** Fornecer corrente em tensão abaixo da normal por meio de resistências, indutâncias ou autotransformador.

Todos os sistemas de partida com tensão reduzida apresentam (em oposição à vantagem da redução da corrente) a desvantagem de que o momento ou conjugado de arranque reduz-se na proporção do quadrado da redução da tensão fornecida ao motor.

1.7) Proteção Mecânica

Os motores devem ser protegidos tanto para a proteção do pessoal de serviço como contra influências prejudiciais externas para o próprio motor, devendo satisfazer aos requisitos de segurança, prevenção de acidentes e incêndios.

A carcaça do motor serve para fixá-lo no local de trabalho e protegê-lo conforme o ambiente onde será instalado. É construída de maneira a englobar as diversas modalidades de proteção mecânica para satisfazer às exigências das normas, referentes às instalações e máquinas para as quais serão destinados os motores.

Basicamente, entretanto, as proteções mecânicas classificam-se em três categorias: à prova de pingos e respingos, totalmente fechados e à prova de explosão.

Motor à prova de pingos e respingos – todas as partes rotativas, ou sob tensão, são protegidas contra água gotejante de todas as direções, não permitindo a entrada direta ou indireta de gotas ou partículas de líquidos ou objetos sólidos que se derramem ou incidam sobre o motor.

Motor totalmente fechado – Este tipo de motor é de tal forma encerrado que não há troca do meio refrigerante entre o exterior

e o interior do invólucro, não sendo necessariamente estanque. Dependendo das características requeridas, tais motores podem dispor ou não de ventilador para refrigeração.

Motor à prova de explosão – São motores construídos para serviço em ambientes saturados de gases e poeira, suscetíveis ao perigo de inflamação rápida, não podendo provocar a mesma, quer por meio de faísca ou pelo alto aquecimento.

Seu invólucro resiste a explosões de gases ou misturas explosivas especificadas no seu interior, e impede que uma atmosfera inflamável circundante sofra ignição por isso.

1.8) Proteção elétrica

Como todo motor está sujeito a sofrer variações do ponto de vista elétrico, há, portanto, conveniência em protegê-lo. Em geral, as proteções principais necessárias são contra: curto-circuito, sobrecargas, baixa tensão, fase aberta, reversão de fase, defeitos internos etc.

Os dispositivos de proteção fazem operar os mecanismos de desligamento no caso de existir uma predeterminada condição.

2) Sobre os motores elétricos de indução de rotor em curto-circuito.

Neste curso utilizaremos os motores de indução trifásicos com rotor do tipo gaiola de esquilo (como o visto na figura 1.1 acima) por serem os mais comuns na indústria. Este nome é dado devido ao tipo de rotor utilizado (rotor em curto-circuito). Um estudo completo sobre este tipo de máquina elétrica é tema de um curso de máquinas elétricas. Apesar disso, algumas características básicas são interessantes ao estudo dos comandos elétricos.

Basicamente, o motor de indução com rotor do tipo gaiola de esquilo é composto por duas partes:

→ **Estator:** Circuito magnético do motor elétrico, geralmente do tipo ranhurado, onde ficam alojadas as bobinas que mediante ligação apropriada, produzem o campo magnético girante.

→ **Rotor:** enrolamento constituído por barras (de cobre ou alumínio) curto-circuitadas nas extremidades. A corrente no circuito do rotor é induzida pela ação do campo girante do estator. O motor de indução em funcionamento significa que o campo magnético formado no circuito do rotor irá então perseguir o campo girante do estator.

Quando o motor é energizado, ele funciona como um transformador com o secundário em curto-circuito, portanto exige da rede elétrica uma corrente muito maior que a nominal, podendo atingir cerca de 8 vezes o valor da mesma.

As altas correntes de partida causam inconvenientes, pois, exige dimensionamento de cabos com diâmetros bem maiores do que o necessário. Além disso, pode ocorrer quedas momentâneas do *fator de potência*, que é monitorado pela concessionária de energia elétrica, causando elevação das contas de energia.

Para evitar estas altas correntes na partida, existem métodos de acionamentos de motores elétricos que proporcionam uma redução no valor da corrente de partida dessas máquinas, tais como:

→ Partida estrela-triângulo;

→ Partida série-paralela;

→ Partida por autocompensador.

Os motores de indução podem ser adquiridos com 3, 6, 9 ou 12 terminais externos. No caso do motor de 6 terminais existem dois tipos de ligação:

1 → **Triângulo**: Com a tensão nominal do enrolamento de fase igual a 220 V (ver figura 2.1a);

→ **Estrela**: Com o enrolamento conectado em estrela a tensão de linha passa a ser $\sqrt{3}$ vezes a tensão do enrolamento em Δ ($\sqrt{3} \cdot 220 = 380\text{V}$) (ver figura 2.1b);

2 → **Triângulo**: Com a tensão nominal do enrolamento de fase igual a 380 V;

→ **Estrela**: Com o enrolamento conectado em estrela a tensão de linha passa a ser $\sqrt{3}$ vezes a tensão do enrolamento em Δ ($\sqrt{3} \cdot 380 = 660\text{V}$).

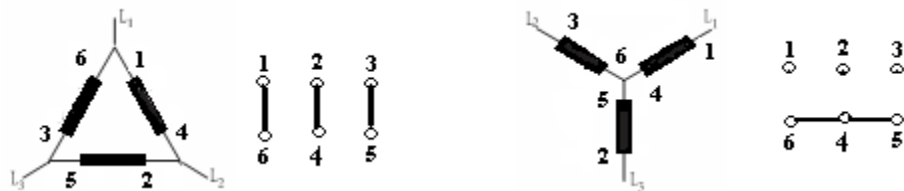


Fig. 2.1 – Ligações triângulo e estrela de um motor 6 terminais

No caso do motor de 12 terminais, existem quatro tipos possíveis de ligação:

→ Triângulo em paralelo: a tensão nominal é 220 V (ver figura 2.2)

→ Estrela em paralelo: a tensão nominal é 380 V (ver figura 2.2)

→ Triângulo em série: a tensão nominal é 440 V (ver figura 2.2)

→ Estrela em série: a tensão nominal é 760 V (ver figura 2.2)

A união dos terminais segue uma determinada ordem padrão. Existe uma regra

prática para fazê-lo: numera-se sempre os terminais de fora com 1, 2 e 3 e ligam-se os

terminais restantes. No caso do motor de 12 terminais deve-se ainda associar as séries e os paralelos com as bobinas correspondentes, como por exemplo (1-4 com 7-10).

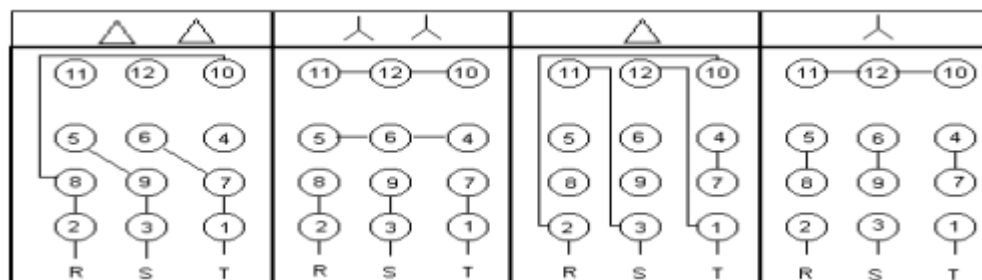
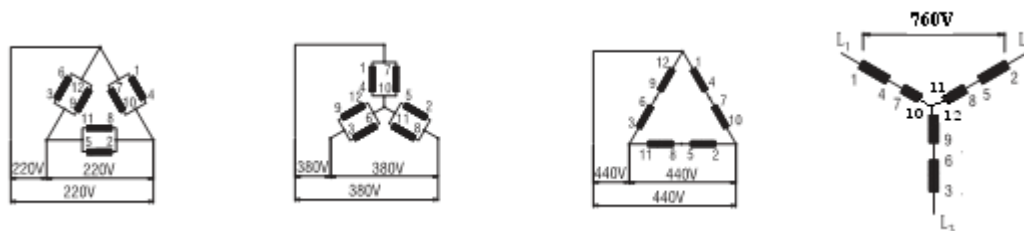


Fig. 2.2 – Ligações estrela – triângulo em um motor de 12 terminais

Uma última característica importante do motor de indução a ser citada é a sua placa de identificação (Fig. 2.3), que traz informações importantes e, algumas estão listadas a seguir:

- **CV**: Potência mecânica do motor em cv. É a potência que o motor pode fornecer, dentro de suas características nominais.
- **Ip/In**: Relação entre as correntes de partida e nominal;
- **Hz**: Frequência da tensão de operação do motor;
- **RPM**: Velocidade do motor na frequência nominal de operação
- **V**: Tensão de alimentação
- **A**: Corrente que o motor absorve da rede quando funciona à potência nominal, sob tensão e frequência nominais.
- **F.S**: Fator de serviço: Fator que aplicado à potência nominal, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor, sob condições especificadas.

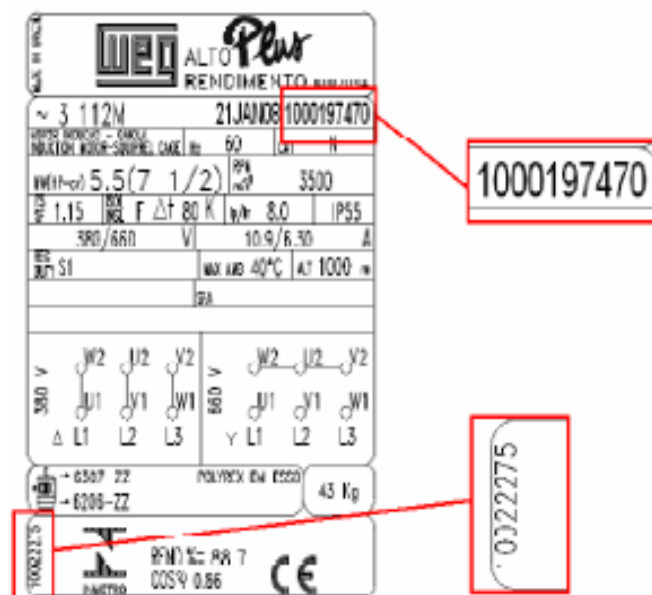


Fig. 2.3 – Placa de Identificação do Motor Elétrico

3) Elementos de um circuito de acionamento e proteção de motores elétricos.

Um dos pontos fundamentais para o entendimento dos comandos elétricos é a noção de que “os *objetivos principais dos elementos em um painel elétrico* são:

- a) *proteger o operador e*
- b) *propiciar uma lógica de comando”.*

Partindo do princípio da proteção do operador, uma seqüência genérica dos elementos necessários à partida e manobra de motores é mostrada na figura 2.4. Nela podem-se distinguir os seguintes elementos:

A) Seccionamento: Só pode ser operado sem carga. Usado durante a manutenção e verificação do circuito.

B) Proteção contra correntes de curto-circuito: Destina-se a proteção dos condutores do circuito terminal.

C) Proteção contra correntes de sobrecarga: para proteger as bobinas do enrolamento do motor.

D) Dispositivos de manobra: destina-se a ligar e desligar o motor de forma segura, ou seja, sem que haja o contato do operador no circuito de potência, onde circula a maior corrente.

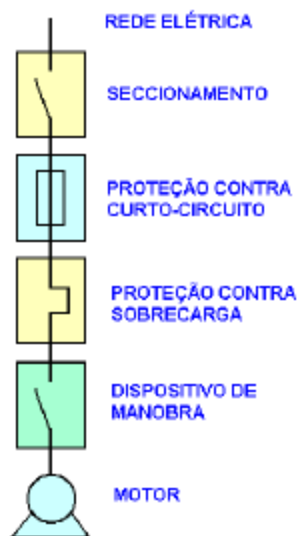


Fig. 2.4 – Seqüência genérica para o acionamento de um motor

É importante repetir que no estudo de comandos elétricos é importante ter a seqüência mostrada na figura 2.4 em mente, pois ela consiste na orientação básica para o projeto de qualquer circuito.

Ainda falando em proteção, as manobras (ou partidas de motores) convencionais, são divididas em dois tipos, segundo a norma IEC 60947:

I. **Coordenação do tipo 1:** Sem risco para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. Porém, pode ocorrer dano no *contator* e no *relé de sobrecarga*.

II. **Coordenação do tipo 2:** Sem risco para as pessoas e instalações. Não pode haver dano ao *relé de sobrecarga* ou em outras partes, com exceção de leve fusão dos contatos do *contator* e estes permitam uma fácil separação sem deformações significativas.

Em comandos elétricos trabalhar-se-á bastante com um elemento simples que é o contato. A partir do mesmo é que se forma toda lógica de um circuito e também é ele quem dá ou não a condução de corrente. Basicamente existem dois tipos de contatos, listados a seguir:

i. **Contato Normalmente Aberto (NA):** não há passagem de corrente elétrica na posição de repouso, como pode ser observado na figura 2.5(a). Desta forma, a carga não estará acionada.

ii. **Contato Normalmente Fechado (NF)**: há passagem de corrente elétrica na posição de repouso, como pode ser observado na figura 2.5(b). Desta forma, a carga estará acionada.

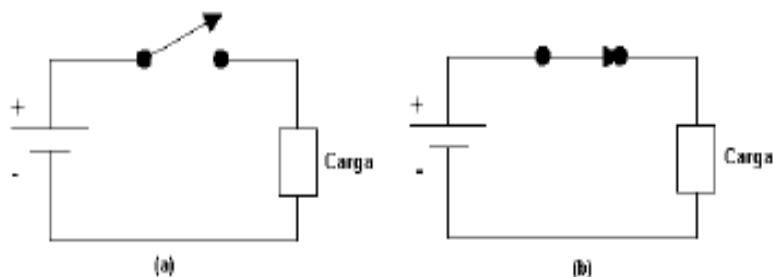


Fig. 2.5 – Representação dos contatos NA e NF

Os citados contatos podem ser associados para atingir uma determinada finalidade, como por exemplo, fazer com que uma carga seja acionada somente quando dois deles estiverem ligados. As principais associações entre contatos são descritas a seguir.

Associação de contatos normalmente abertos

Basicamente existem dois tipos, a associação em série (figura 2.6a) e a associação em paralelo (2.6b).

Quando se fala em associação de contatos é comum montar uma tabela contendo todas as combinações possíveis entre os contatos, esta é denominada de “*Tabela Verdade*”. As tabelas 1.1 e 1.2 referem-se as associações em série e paralelo.

Nota-se que na combinação em série a carga estará acionada somente quando os dois contatos estiverem acionados e por isso é denominada de “*função E*”. Já na combinação em paralelo qualquer um dos contatos ligados aciona a carga e por isso é denominada de “*função OU*”.

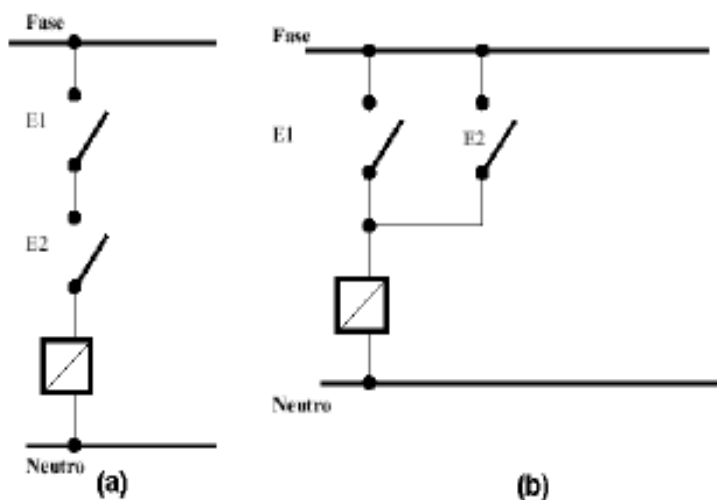


Fig. 2.6 – Associação de contatos NA

Tabela 1.1 – Associação em série de contatos NA		
CONTATO E1	CONTATO E2	CARGA
repouso	repouso	desligada
repouso	acionado	desligada
acionado	repouso	desligada
acionado	acionado	ligada

Tabela 1.2 – Associação em paralelo de contatos NA		
CONTATO E1	CONTATO E2	CARGA
repouso	repouso	desligada
repouso	acionado	ligada
acionado	repouso	ligada
acionado	acionado	ligada

Associação de contatos normalmente fechados

Os contatos NF da mesma forma podem ser associados em série (figura 2.7a) e paralelo (figura 2.7b), as respectivas tabelas verdade são 1.3 e 1.4.

Nota-se que a tabela 1.3 é exatamente inversa a tabela 1.2 e, portanto, a associação em série de contatos NF é denominada “*função não OU*”. Da mesma forma a associação em paralelo é chamada de “*função não E*”.

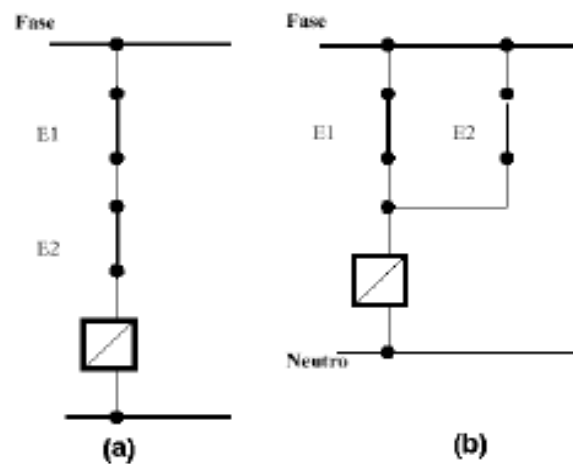


Fig. 2.7 – Associação de contatos NF

Tabela 1.3 – Associação em série de contatos NF		
CONTATO E1	CONTATO E2	CARGA
repouso	repouso	ligada
repouso	acionado	desligada
acionado	repouso	desligada
acionado	acionado	desligada
Tabela 1.4 – Associação em paralelo de contatos NF		
CONTATO E1	CONTATO E2	CARGA
repouso	repouso	ligada
repouso	acionado	ligada
acionado	repouso	ligada
acionado	acionado	desligada

Nos próximo capítulo serão mostrados alguns dos elementos fundamentais em um painel elétrico, todos contendo contatos NA e NF. Posteriormente descrever-se-á como estes elementos podem ser associados para formar uma manobra de cargas.

4) Principais elementos e dispositivos em circuitos de comandos elétricos

Neste capítulo o objetivo é o de conhecer os dispositivos utilizados nos painéis de comandos elétricos. Assim como para trocar uma simples roda de carro, quando o pneu fura, necessita-se conhecer as ferramentas próprias, em comandos elétricos, para entender o funcionamento de um circuito e posteriormente para desenhar o mesmo, necessita-se conhecer os elementos apropriados. A diferença está no fato de que em grandes painéis existem barramentos de elevada capacidade que podem submeter as pessoas a situações de riscos.

Um comentário importante neste ponto é que por via de regra os circuitos de manobra são divididos em “*comando*” e “*potência*”, possibilitando em primeiro lugar a segurança do operador e em segundo a automação do circuito. Embora não pareça clara esta divisão no presente momento, ela tornar-se-á comum a medida em que os circuitos forem sendo estudados.

4.1) 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 é diferente de uma chave usual, destas que se tem em casa para comandar lâmpadas, por exemplo.

A diferença principal está no fato de que ao movimentar a “chave residencial” ela vai para uma posição e permanece nela, mesmo quando se retira a pressão do dedo. Na “chave industrial” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola, como pode ser observado na figura 3.1a. O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porque da existência de um *selo* no circuito de comando.

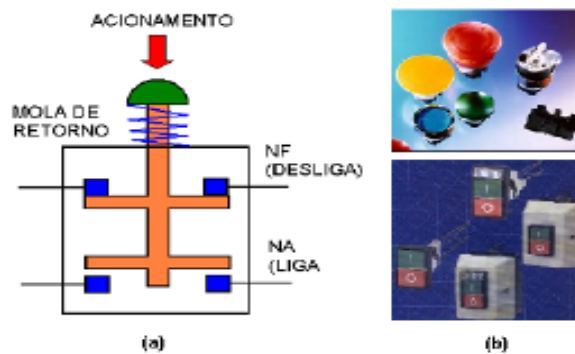


Fig.3.1 – (a) Esquema de uma botoeira – (b) Exemplos de botoeiras comerciais

A botoeira faz parte da classe de componentes denominada “*elementos de sinais*”. Estes são dispositivos pilotos e nunca são aplicados no acionamento direto de motores.

A figura 3.1a mostra o caso de uma botoeira para comutação de 4 pólos. O contato NA (Normalmente Aberto) pode ser utilizado como botão LIGA e o NF (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 NA ou NF. Os botões de comando são identificados segundo normas, conforme a tabela abaixo quanto às aplicações e tipos.

IDENTIFICAÇÃO DE BOTÕES SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199		
Cores	Significado	Aplicações Típicas
	<p>λ Parar, desligar.</p> <p>λ Emergência.</p>	<p>λ Parada de um ou mais motores.</p> <p>λ Parada de unidades de uma máquina.</p> <p>λ Parada de ciclo de operação.</p> <p>λ Parada em caso de emergência.</p> <p>λ Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.</p>
<p>OU</p>	<p>λ Partir, ligar, pulsar.</p>	<p>λ Partida de um ou mais motores.</p> <p>λ Partir unidades de uma máquina.</p> <p>λ Operação por pulsos.</p> <p>λ Energizar circuitos de comando.</p>
	<p>λ Intervenção.</p>	<p>λ Retrocesso.</p> <p>λ Interromper condições anormais.</p>
<p>OU</p>	<p>λ Qualquer função, exceto as acima.</p>	<p>λ Reset de relés térmicos.</p> <p>λ Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.</p>



Ao substituir o botão manual por um rolete, tem-se a chave fim de curso (fig. 3.2), muito utilizada em circuitos pneumáticos e hidráulicos. Este é muito utilizado na movimentação de cargas, acionado no esbarro de um caixote, engradado, ou qualquer outra carga.

Outros tipos de elementos de sinais são os Termostatos, Pressostatos (fig. 3.3), as Chaves de Nível e as chaves de fim de curso (que podem ser roletes).

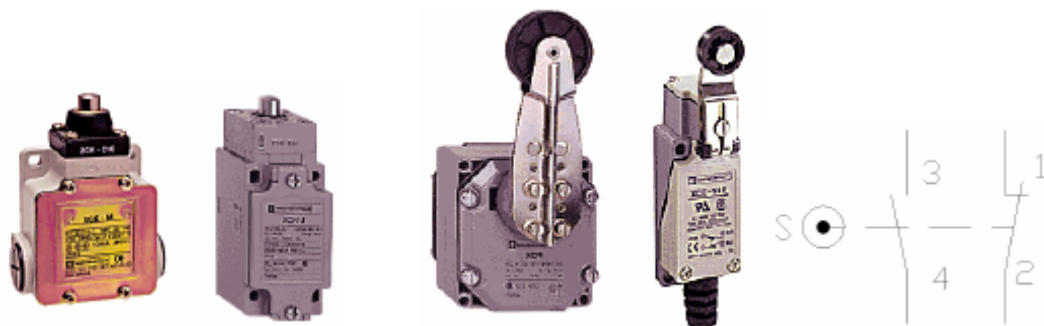


Fig. 3.2 - Chaves fim de curso



Fig. 3.3 - Pressostato

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 re-ligando o mesmo.

4.2) Relés

Os **relés** (Fig. 3.4) 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 a bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente.

Uma característica importante dos relés, como pode ser observado na figura 3.5 é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5 Vcc, 12 Vcc ou 24 Vcc, enquanto simultaneamente os terminais (3), (4) e (5) podem trabalhar com 110 Vca ou 220 Vca. 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.

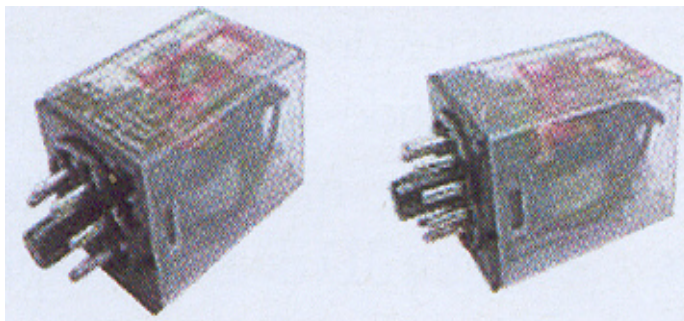


Fig. 3.4 – Relés

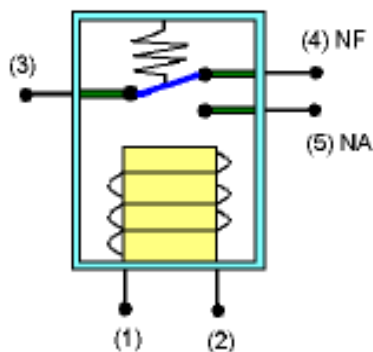


Fig. 3.5 – Diagrama esquemático de um relé

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 contadores, visto no próximo item.

4.3) Relé de Tempo

Os Relés temporizadores (fig. 3.6) são dispositivos eletrônicos que permitem, em função de tempos ajustados, comutar um sinal de saída de acordo com a sua função.

Muito utilizados em automação de máquinas e processos industriais como partidas de motores, quadros de comando, fornos industriais, injetoras, entre outros.

Possui eletrônica digital que proporciona elevada precisão, repetibilidade e imunidade a ruídos.

Projetado de acordo com normas internacionais, os relés constituem uma solução compacta e segura, em caixas com dimensões reduzidas para montagem em trilho DIN 35mm, nas configurações com 1 ou 2 saídas NA-NF e alimentado em 110-130V 50/60Hz, 220-240V 50/60Hz ou 24Vcc.



Fig. 3.6 – Relés Temporizadores

Com faixas de temporização, os relés podem ser ajustados de 0,3 segundos a 30 minutos com elevada confiabilidade e precisão. Quanto ao tipo de atuação (ver fig. 3.7) os relés podem ser com:

Retardado na energização – Esse tipo atua suas chaves um tempo após a ligação, ou energização do relé e as retorna ao repouso imediatamente após seu desligamento ou desenergização.

Retardado na desenergização – Este atua as chaves imediatamente na ativação, porém estas chaves só retornam ao repouso um tempo após a desativação. No painel desse relé se encontra um botão pelo qual se seleciona o tempo de retardo.

Gráficos de acionamento x tempo, das bobinas e dos contatos dos relés temporizados.

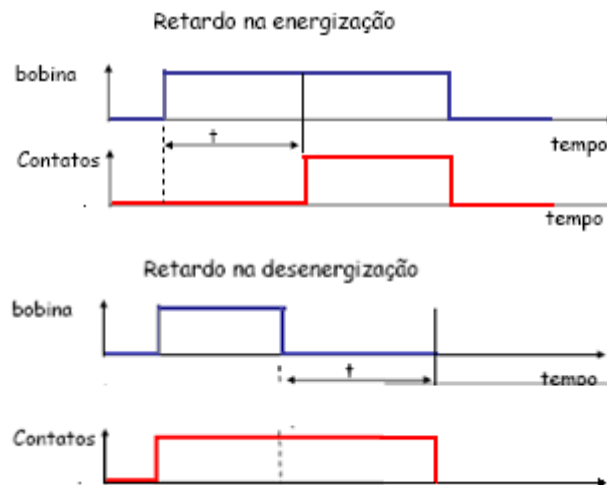


Fig. 3.7 – Gráficos Acionamento x Tempo, dos relés

4.4) Contatores

São dispositivos (fig. 3.8c) de manobra mecânica, acionado eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação, e cujo arco elétrico é extinto no ar, sem afetar o seu funcionamento.

Como pode ser observado na figura 3.8a e 3.8b, o contator consiste basicamente de um núcleo magnético (bipartido, uma parte móvel e a outra fixa) e uma bobina que quando alimentada por um circuito elétrico, forma um campo magnético que, concentrando-se na parte fixa do núcleo, atrai a parte móvel.

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 jogo de contatos fixos e móveis podem ser do tipo Normalmente aberto (NA), ou normalmente fechados (NF).

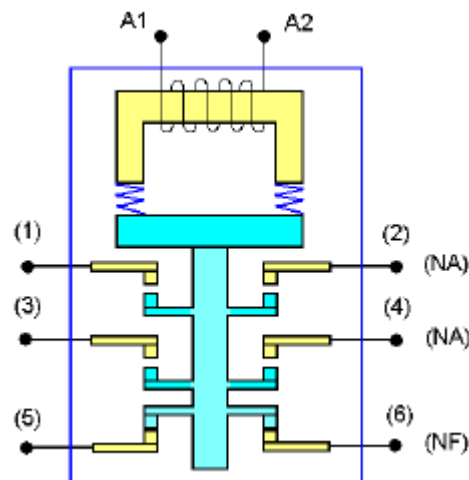


Fig.3.8a – Diagrama esquemático de um contator com 2 terminais NA e um NF

Os contatores podem ser classificados como: **Contatores de Potência** ou **Contatores Auxiliares**. De forma simples pode-se afirmar que os contatores auxiliares tem os seus contatos dimensionados para corrente máxima de aproximadamente 6A e possuem de 4 a 8 contatos, podendo chegar a 12 contatos.

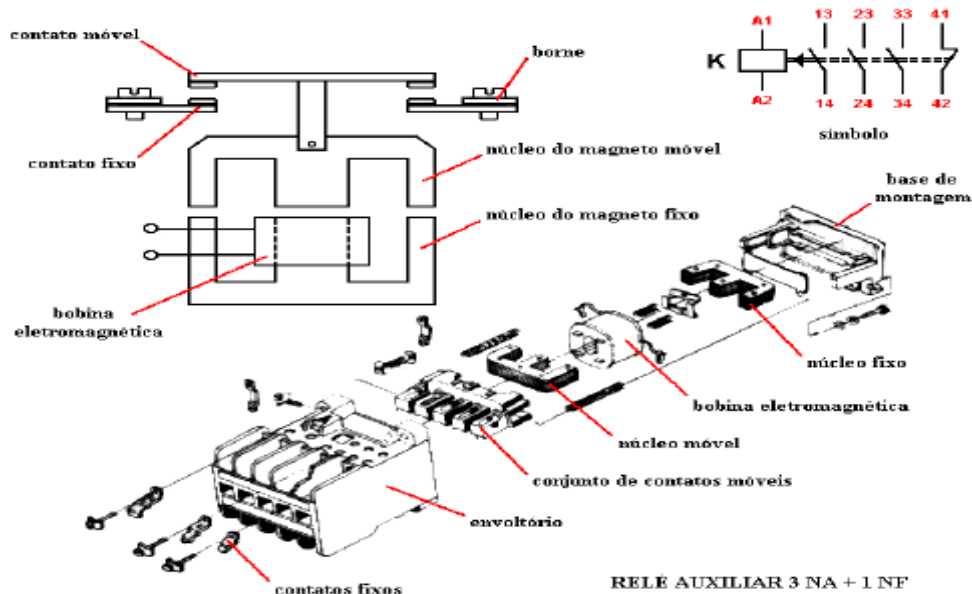


Fig. 3.8b



Fig. 3.8c - Foto de contadores comerciais

Os contadores de potência são para correntes máximas de até 600 A aproximadamente. De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas e podem dispor também, de contatos auxiliares acoplados.

Um fator importante a ser observando no uso dos contadores 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 intensidade de corrente elétrica circulando no painel. Dessa forma foram aplicadas diferentes formas de proteção, resultando em uma classificação destes elementos. Basicamente existem 4 categorias de emprego de contadores principais:

- a) **AC1:** é aplicada em cargas ôhmicas ou pouco indutivas, como aquecedores e fornos a resistência.
- b) **AC2:** é para acionamento de motores de indução com rotor bobinado.
- c) **AC3:** é aplicação de motores com rotor de gaiola em cargas normais como bombas, ventiladores e compressores.

d) **AC4:** é para manobras pesadas, como acionar o motor de indução em plena carga, reversão em plena marcha e operação intermitente.

4.5) Fusíveis

Os fusíveis (fig. 3.9a e 3.9b) são dispositivos usados com o objetivo de limitar a corrente de um circuito, proporcionando sua interrupção em casos de curtos-circuitos ou sobrecargas de longa duração. O curto-circuito é uma ligação, praticamente sem resistência, entre condutores sob tensão ou, pode ser também, uma ligação intencional ou acidental entre dois pontos de um sistema ou equipamento elétrico, ou de um componente, através de uma impedância desprezível. Nessas condições, através de uma resistência transitória desprezível, a corrente assume um valor muitas vezes maior do que a corrente de operação; assim sendo, o equipamento e parte da instalação poderão sofrer um esforço térmico (corrente suportável de curta duração) ou eletrodinâmico (corrente nominal de impulso) excessivos.

Sua atuação deve-se a *fusão de um elemento pelo efeito Joule*, provocado pela súbita elevação de corrente em determinado circuito. O elemento fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão é inferior ao ponto de fusão do cobre. Este último é o material mais utilizado em condutores de aplicação geral.



Fig. 3.9a - Fusível NH



Fig. 3.9b - Fusível Diazed

4.6) Disjuntores

Os disjuntores (Fig. 3.10) são dispositivos magneto-térmicos para proteção de instalações e equipamentos elétricos contra sobrecarga e curto-circuito. Eles são equipados com um disparador térmico (bimetal) que atua nas situações de sobrecarga, e com um disparador eletromagnético que atua nos casos de curto-circuito.

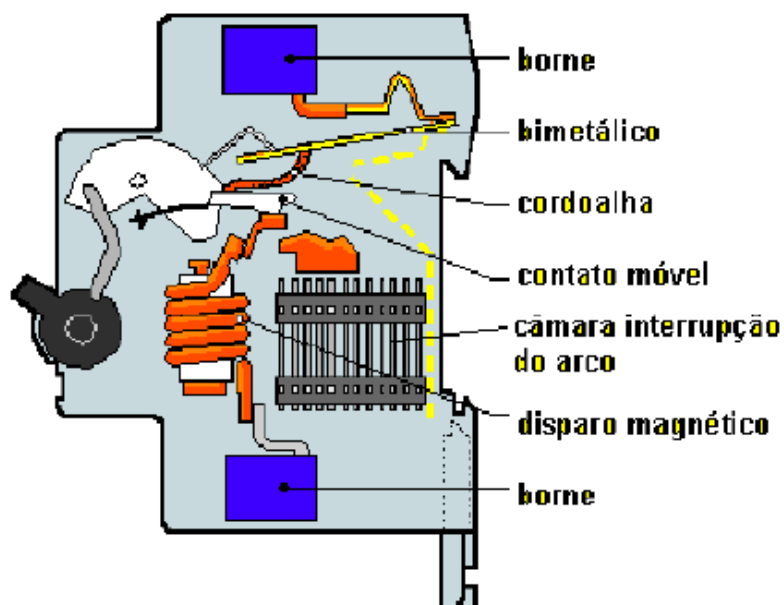


Fig. 3.10

Ambos os sistemas são individualmente ajustados para valores adequados à proteção de cargas específicas, tais como circuitos de comando, pequenos motores, etc. Alguns disjuntores possuem disparo livre, ou seja, se, por exemplo, o acionador for travado na posição “ligado”, internamente o disjuntor dispara.

Devido a um dispositivo de corte ultra-rápido, a separação dos contatos efetua-se em menos de 1 ms. O arco elétrico é fortemente reduzido por câmaras de extinção de construção especial onde se interrompe a corrente de curto-circuito alternada antes de sua passagem pelo zero.

Os contatos são construídos com o emprego de ligas especiais à base de prata, o que oferece uma elevada segurança contra a colagem dos contatos e uma elevada durabilidade elétrica.

O disjuntor precisa ser especificado através de algumas grandezas bem definidas tais como: Tensão de isolamento, tensão nominal, corrente nominal, capacidade de interrupção e tipo de acionamento.

A figura 3.11 mostra o aspecto físico dos disjuntores tripolares.

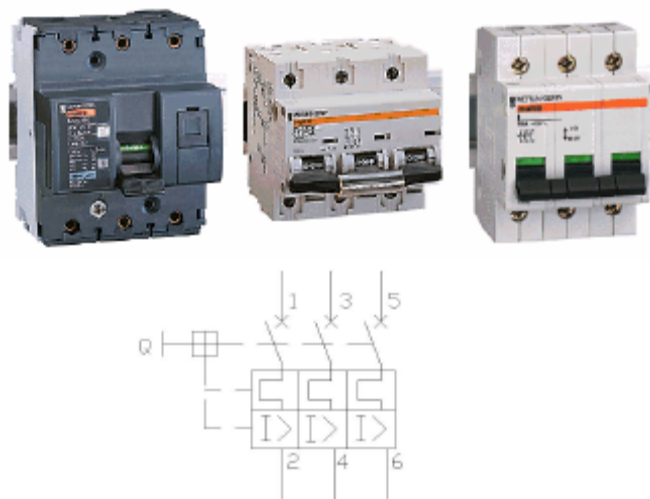


Fig. 3.11 - Aspecto dos disjuntores tripolares

4.7) Relé Térmico ou de Sobrecarga

Os relés térmicos (Fig. 3.12) são dispositivos construídos para proteger, controlar ou comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica.

Os relés térmicos têm como elemento básico o “**bimetal**”. Esse elemento, é constituído de duas lâminas finas (normalmente ferro e níquel), sobrepostas e soldadas. Os dois materiais apresentam coeficientes de dilatação diferentes, dessa forma, um dos metais se alonga mais do que o outro quando aquecidos.

Por estarem rigidamente unidos e fixados, numa das extremidades, o metal de menor coeficiente de dilatação provoca um encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um ponto determinado. Esse movimento é usado para diversos fins, como disparar um gatilho e abrir um contato elétrico (Fig. 3.12a).



Fig. 3.12 - Relé Térmico

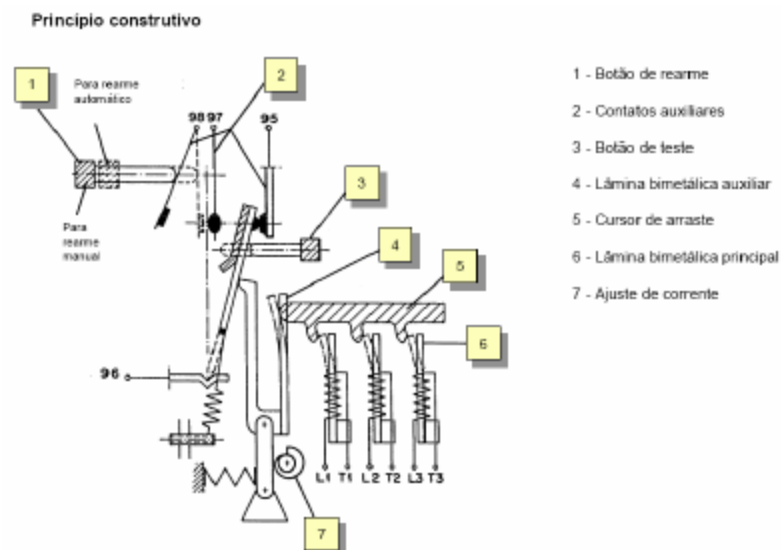












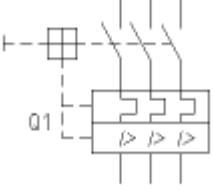
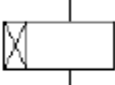




Fig. 3.12a - Relé térmico – Funcionamento

4.8) Simbologia gráfica

Até o presente momento mostrou-se a presença de diversos dispositivos que podem ser partes constituintes de um circuito de comando elétrico. Em um comando, para saber como estes dispositivos 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 ABNT, DIN, IEC, etc. Na tabela 3.1 apresentam-se alguns símbolos referentes aos componentes estudados nos parágrafos anteriores.

Tab.3.1 - 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