



CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PEDRO MARTINS GUERRA

COMANDOS ELÉTRICOS

ITABIRA

2004

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

Sistema FIEMG



Presidente da FIEMG

Robson Braga de Andrade

Gestor do SENAI

Petrônio Machado Zica

Diretor Regional do SENAI e

Superintendente de Conhecimento e Tecnologia

Alexandre Magno Leão dos Santos

Gerente de Educação e Tecnologia

Edmar Fernando de Alcântara

Organização

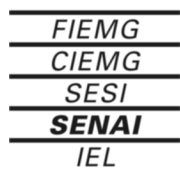
Esmelino Paulo Silva Gomes

Eugênio Sérgio de Macedo Andrade

Márcio Antônio Silveira

Unidade Operacional

Centro de Formação Profissional Pedro Martins Guerra



Sistema FIEMG

Sumário

APRESENTAÇÃO	05
1. CONTADORES	06
1.1 Tipos	06
1.2 Construção	07
1.3 Funcionamento	11
1.4 Montagem	11
1.5 Vantagens	12
1.6 Normas	12
1.7 Defeitos nos Contadores	15
2. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E COMANDO	18
2.1 Fusíveis	18
2.2 Relés	23
2.3 Disjuntor Industrial	28
2.3.1 Dispositivos de Proteção	31
2.4 Dispositivo de Comando Mecânico Manual	35
3. CHAVES AUXILIARES TIPO BOTOEIRA	37
3.1 Construção	37
3.2 Sinalização	38
4. DIAGRAMAS DE COMANDOS ELÉTRICOS	41
4.1 Diagrama Multifilar Completo	41
4.2 Diagrama do Circuito Principal	42
4.3 Diagrama do Circuito de Comando	43
5. RELÉS DE TEMPO	44
6. TRANSFORMADORES PARA COMANDOS	47
7. MOTORES MONOFÁSICOS	50
7.1 Ligação de Motores Monofásicos	50
7.2 Ligação de um Motor Monofásico com Chave de Reversão Manual	51
7.3 Diagramas Unifilar e Multifilar da Instalação de um Motor Monofásico com Chave de Reversão	54
7.4 Aplicação de um Motor Monofásico em uma Motobomba	56
7.5 Exercícios	58

8. MOTORES TRIFÁSICOS	59
8.1Ligação dos Motores Trifásicos	60
8.2Sistema de Partida de Motores Trifásicos	65
8.3Tipos de Partida	67
8.3.1 Partida Direta	67
8.3.2 Partida Indireta	68
8.3.3 Partida por Ligação Estrela-Triângulo	68
8.3.4 Partida por Autotransformador	70
8.3.5 Partida por Resistência Rotórica	72
9. SENSORES DE PROXIMIDADE	74
9.1Sensores Indutivos	74
9.2Sensores Capacitivos	75
9.3Configuração Elétrica de Alimentação e Saídas dos Sensores	76
9.4Método de Ligação dos Sensores	78
9.5Sensores Óticos	80
9.6Sensor Fotoelétrico com Fibra Ótica	81
9.7Sensores Magnéticos	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

Apresentação

“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento.”
Peter Drucker

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país, sabe disso, e, consciente do seu papel formativo, educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência: *“formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada.”*

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento, na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infraestrutura, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – internet – é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários, instrutores e alunos, nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja, por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir *links* entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada!

Gerência de Educação e Tecnologia

1. CONTADORES

Neste capítulo estudaremos um dispositivo de manobra mecânica usado no comando de motores e na proteção contra sobrecorrente, quando acoplado a relés de sobrecarga.

Esse dispositivo chama-se **contator**. Suas características, utilização e funcionamento são aqui apresentados para que você possa utilizá-lo corretamente.

Contatores são dispositivos de manobra mecânica, acionados eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação.

De acordo com a potência (carga), o contator é um dispositivo de comando do motor e pode ser usado individualmente, acoplado a relés de sobrecarga, na proteção de sobrecorrente. Certos tipos de contatores têm a capacidade de estabelecer e interromper correntes de curto-circuito.

1.1 TIPOS

Basicamente, existem dois tipos de contatores:

- contatores para motores;
- contatores auxiliares.

Esses dois tipos de contatores são semelhantes. O que os diferencia são algumas características mecânicas e elétricas.

Assim, os contatores para motores caracterizam-se por apresentar:

- dois tipos de contatos com capacidade de carga diferentes chamados principais e auxiliares;
- maior robustez de construção;
- possibilidade de receberem relés de proteção;
- câmara de extinção de arco voltaico;
- variação de potência da bobina do eletroímã de acordo com o tipo de contator;
- tamanho físico de acordo com a potência a ser comandada;
- possibilidade de ter a bobina do eletroímã com secundário.

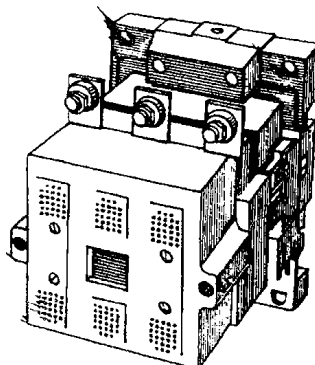


Figura 1.1 – Contator para motor

Os contatores auxiliares são usados para aumentar o número de contatos auxiliares dos contatores de motores, para comandar contatores de elevado consumo na bobina, para evitar repique, e para sinalização.

Esses contatores caracterizam-se por apresentar:

- tamanho físico variável conforme o número de contatos;
- potência do eletroímã praticamente constante;
- corrente nominal de carga máxima de 10A para todos os contatos;
- ausência de necessidade de relé de proteção e de câmara de extinção.

Um contator auxiliar é mostrado na ilustração a seguir.

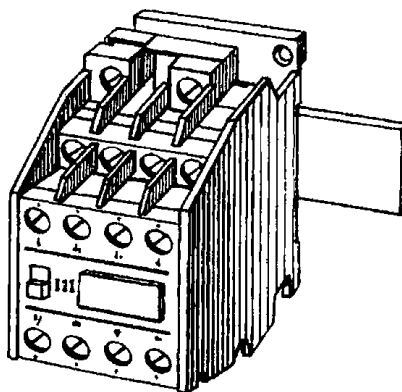


Figura 1.2 – Contator auxiliar

1.2 CONSTRUÇÃO

Os principais elementos construtivos de um contator são:

- contatos;
- sistema de acionamento;
- carcaça;
- câmara de extinção de arco-voltaico.

Contatos dos Contatores e Pastilhas

Os contatos são partes especiais e fundamentais dos contatores, destinados a estabelecer a ligação entre as partes energizadas e não-energizadas de um circuito ou, então, interromper a ligação de um circuito.

São constituídos de pastilhas e suportes. Podem ser fixos ou móveis, simples ou em ponte.

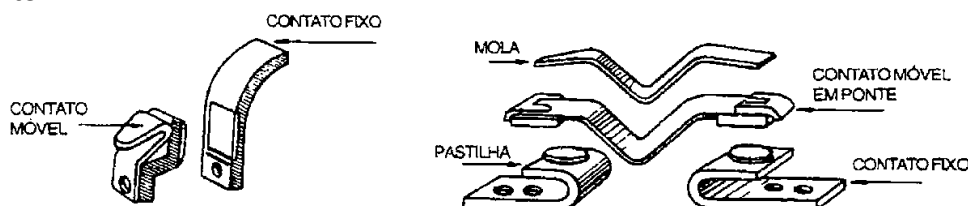


Figura 1.3 – Contato simples e contato em ponte

Os contatos móveis são sempre acionados por um eletroímã pressionado por molas. Estas devem atuar uniformemente no conjunto de contatos e com pressão determinada, conforme a capacidade para a qual os contadores foram projetados.

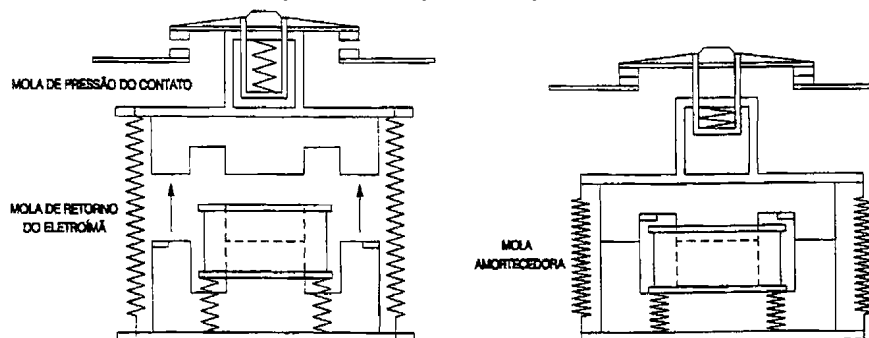


Figura 1.4 – Contator aberto e contator fechado

Para os contatos simples, a pressão da mola é regulável e sua utilização permite a montagem de contatos adicionais.

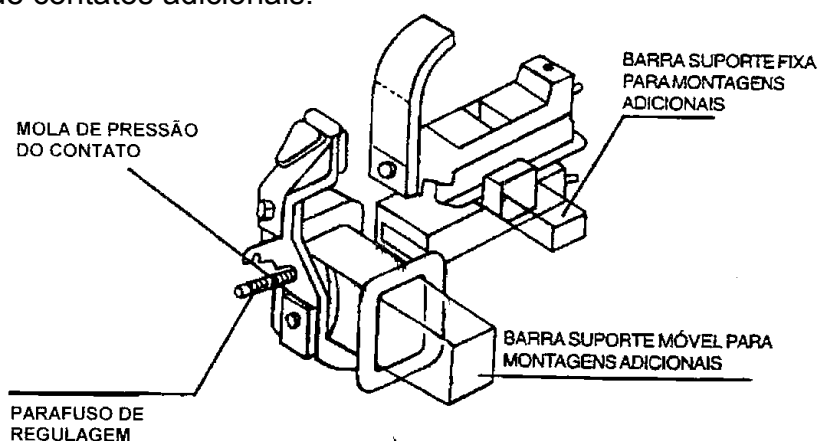


Figura 1.5 – Contator simples.

Os contatos simples têm apenas uma abertura. Eles são encontrados em contadores de maior potência.

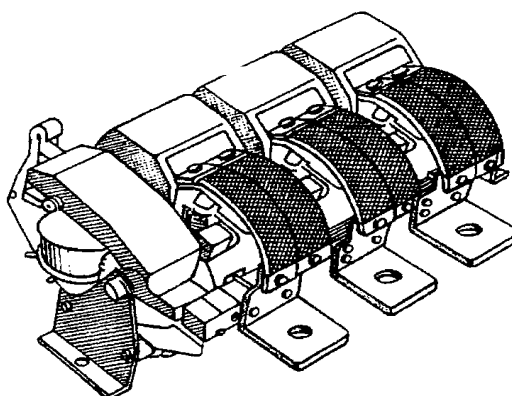


Figura 1.6 – Contator com contato simples para grande potência

Os contatos são construídos em formatos e tamanhos determinados pelas características técnicas do contator. São classificados em principal e auxiliar.

Os contatos principais têm a função de estabelecer e interromper correntes de motores e chavear cargas resistivas ou capacitivas.

O contato é realizado por meio de placas de prata cuja vida útil termina quando elas estão reduzidas a 1/3 de seu volume inicial.

Os contatos auxiliares são dimensionados para a comutação de circuitos auxiliares para comando, para sinalização e para intertravamento elétrico. São dimensionados apenas para a corrente de comando e podem ser de abertura retardada para evitar perturbações no comando.

Podem ser do tipo NA (normalmente aberto) ou NF (normalmente fechado) de acordo com sua função.

Sistema de Acionamento

O acionamento dos contatores pode ser feito com corrente alternada ou com corrente contínua.

Para o acionamento com CA, existem anéis de curto-circuito que se situam sobre o núcleo fixo do contator e evitam o ruído por meio da passagem da CA por zero. Um entreferro reduz a remanência após a interrupção da tensão de comando e evita o colamento do núcleo.

Após a desenergização da bobina de acionamento, o retomo dos contatos principais (bem como dos auxiliares) para a posição original de repouso é garantido pelas molas de compressão.

O acionamento com CC não possui anéis de curto-circuito. Além disso, possui uma bobina de enrolamento com derivação, na qual uma das derivações serve para o atracamento e a outra para manutenção.

Um contato NF é inserido no circuito da bobina e tem a função de curto-circuitar parte do enrolamento durante a etapa do atracamento. Veja representação esquemática a seguir.

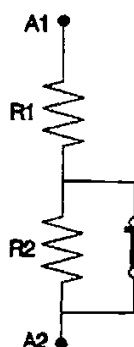


Figura 1.7 – Acionamento

O enrolamento com derivação tem a função de reduzir a potência absorvida pela bobina, após o fechamento do contator, evitando o superaquecimento ou a queima da bobina.

O núcleo é maciço, pois, sendo a corrente constante, o fluxo magnético também o será. Com isso, não haverá força eletromotriz no núcleo nem circulação de correntes parasitas.

O sistema de acionamento com CC é recomendado para aplicação em circuitos, onde os demais equipamentos de comando são sensíveis aos efeitos das tensões induzidas pelo campo magnético de corrente alternada. Enquadram-se, nesse caso, os componentes CMOS e os microprocessadores, presentes em circuitos que compõem acionamentos de motores que utilizam conversores e/ou CLPs (controladores programáveis).

Carcaça

É constituída de duas partes simétricas (tipo macho e fêmea) unidas por meio de grampos.

Retirando-se os grampos de fechamento da tampa frontal do contator, é possível abri-lo e inspecionar seu interior, bem como substituir os contatos principais e os da bobina.

A substituição da bobina é feita pela parte superior do contator, através da retirada de quatro parafusos de fixação para o suporte do núcleo.

Câmara de Extinção de Arco Voltaico

É um compartimento dos seccionadores que envolve os contatos principais. Sua função é extinguir a faísca ou arco voltaico, que surge quando um circuito elétrico é interrompido.

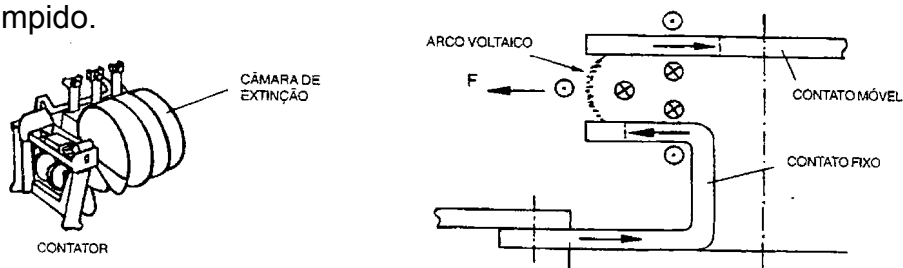


Figura 1.8 - ⊗ = linha de força magnética entrando
⊙ = linha de força magnética saindo

Com a câmara de extinção de cerâmica, a extinção do arco é provocada por refrigeração intensa e pelo repuxo do ar.

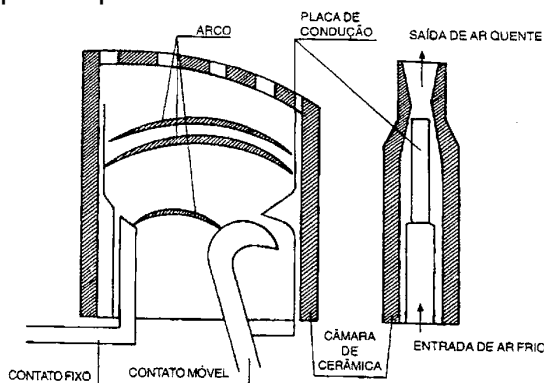


Figura 1.9 – Extinção do arco com câmara de extinção de cerâmica

1.3 FUNCIONAMENTO

Como já sabemos, uma bobina eletromagnética, quando alimentada por uma corrente elétrica, forma um campo magnético. No contator, ele se concentra no núcleo fixo e atrai o núcleo móvel.

Como os contatos móveis estão acoplados mecanicamente com o núcleo móvel, o deslocamento deste no sentido do núcleo fixo movimenta os contatos móveis.

Quando o núcleo móvel se aproxima do fixo, os contatos móveis também devem se aproximar dos fixos de tal forma que, no fim do curso do núcleo móvel, as peças fixas e móveis do sistema de comando elétrico estejam em contato e sob pressão suficiente.

O comando da bobina é efetuado por meio de uma botoeira ou chave-bóia com duas posições, cujos elementos de comando estão ligados em série com as bobinas.

A velocidade de fechamento dos contatores é resultado da força proveniente da bobina e da força mecânica das molas de separação que atuam em sentido contrário.

As molas são também as únicas responsáveis pela velocidade de abertura do contator, o que ocorre quando a bobina magnética não estiver sendo alimentada ou quando o valor da força magnética for inferior à força das molas.

1.4 MONTAGEM

Os contatores devem ser montados, de preferência verticalmente, em local que não esteja sujeito à trepidação.

Em geral, é permitida uma inclinação máxima do plano de montagem de 22,5° em relação à vertical, o que permite a instalação em navios.

Na instalação de contatores abertos, o espaço livre em frente à câmara deve ser de no mínimo 45mm.

Intertravamento de Contatores

O intertravamento é um sistema de segurança elétrico ou mecânico, destinado a evitar que dois ou mais contatores se fechem acidentalmente ao mesmo tempo, o que provocaria curto-circuito ou mudança na sequência de funcionamento de um determinado circuito.

1.5 VANTAGENS

Os contatores apresentam as seguintes vantagens:

- comando à distância;
- elevado número de manobras;
- grande vida útil mecânica;
- pequeno espaço para montagem;
- garantia de contato imediato;
- tensão de operação de 85 a 110% da tensão nominal prevista para o contator.

1.6 NORMAS

A normalização na identificação dos contatores e demais dispositivos de manobra de baixa tensão, é o meio utilizado para tornar mais uniforme a execução de projetos de comandos e facilitar a localização e função destes elementos na instalação.

Contatos Principais

São numerados de acordo com a norma DIN EM 50011.

Os terminais de entrada 1, 3 e 5 voltam-se para a rede (fonte) enquanto os terminais de saída 2, 4 e 6 voltam-se para o motor (carga), sendo os terminais de alimentação da bobina identificados por "A₁" e "A₂" ou ainda "a" e "b".

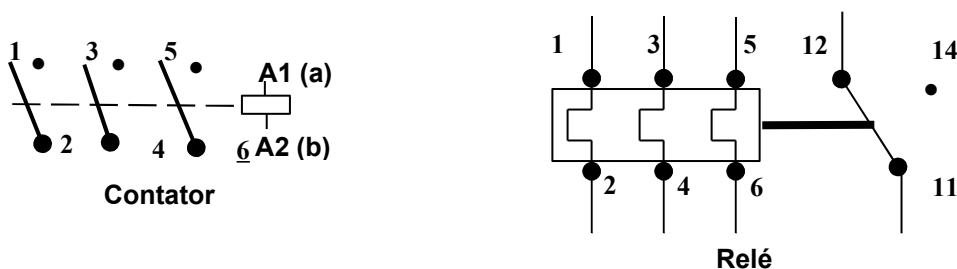


Figura 1.10 - Identificação dos contatos de um contator e um relé de sobrecarga

Contatos Auxiliares

São identificados por números de dois dígitos de acordo com a norma DIN EM 50011, respeitadas as determinações de seqüenciamento, função e disposição mecânica.

Seqüenciamento: o primeiro dígito integrante da identificação de um contato auxiliar indica a posição ocupada pelo mesmo a partir da esquerda.

Função: a função do contato é indicada pelo segundo dígito, conforme o convencionado pela norma, como segue:



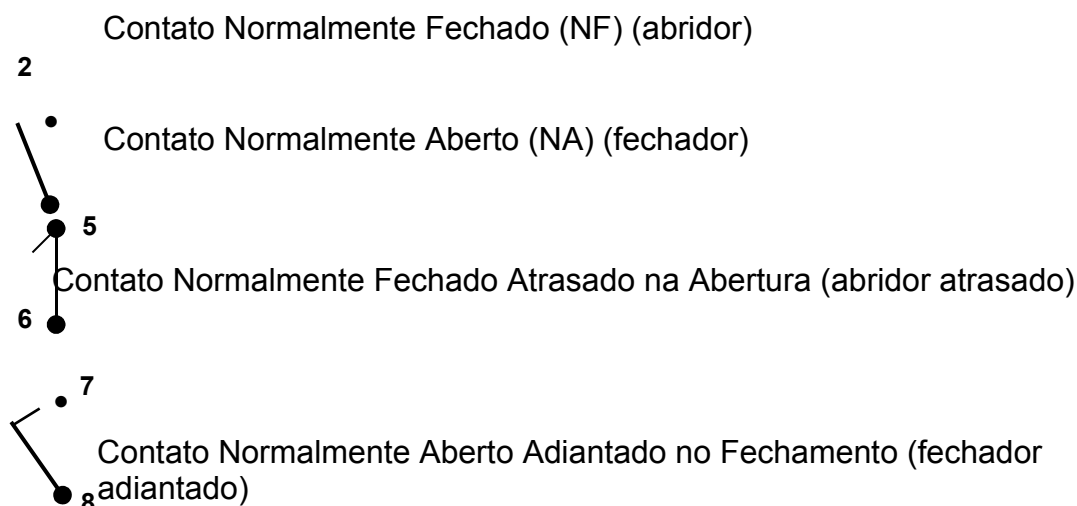


Figura 1.11 - Contatos auxiliares

Os casos da folha representam as funções usuais em contatores sendo o número superior, o de entrada e o inferior, o de saída. Veja o exemplo de um contator auxiliar (especificação do contator - terminação "E").

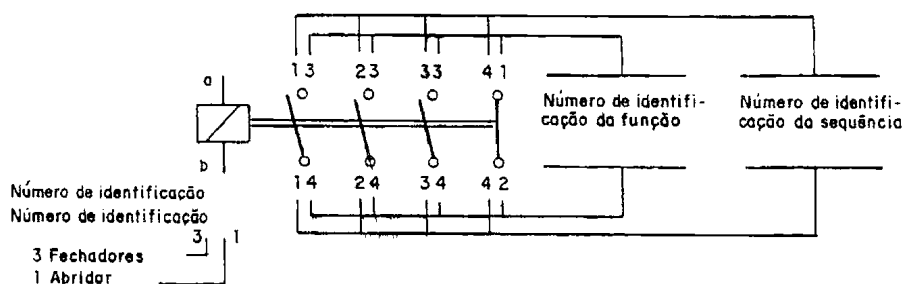


Figura 1.12 – Especificação do contator - terminação "E"

Na especificação de um contator, os dígitos numéricos de identificação têm os seguintes significados:

1º dígito = número de contatores fechadores

2º dígito = número de contatores abridores

3º dígito = número de contatos comutadores

Não existindo contatos ou abridores, deve ser escrito, na posição correspondente, o algarismo "0".

Independente do tipo de construção do equipamento, as identificações de terminais e símbolos para contatores auxiliares vêm indicadas na DIN 46199.

Os contatores auxiliares duplos e relés de ligação têm normalizado também o posicionamento físico dos contatos.

Disposição Mecânica

Além da codificação normal de seqüenciamento e função dos contatos auxiliares, existe ainda uma nomenclatura dependente da disposição mecânica destes, a saber:

- Terminação “E”: esta terminação, destinada à disposição preferencial, dita que em seqüência de dois contatos, sendo 1NA + 1NF, tem-se sempre em primeiro o contato normalmente aberto (NA), seguido normalmente fechado (NF). Já que nas seqüências com número de contatos superior a dois, tem um contato NA iniciando a seqüência, seguido de todos os NF, e após estes os NA restantes. Assim, respeitadas as condições citadas, acrescente-se à especificação do contator a terminação “E”.

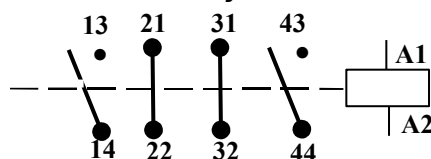


Figura 1.13 - Exemplo de um contator auxiliar CAW 04.22E (Fabricação WEG)

- Terminação “Z”: existem situações em que as características construtivas do contator não permitem a disposição preferencial “E”. Nestes casos, opta-se pela variante “Z”, que dita para qualquer seqüência, que tenha-se em primeiro lugar todos os contatos NA, seguidos de todos NF.

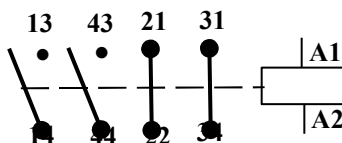


Figura 1.14 - Exemplo de um contator auxiliar CAW 04.22Z (Fabricação WEG)

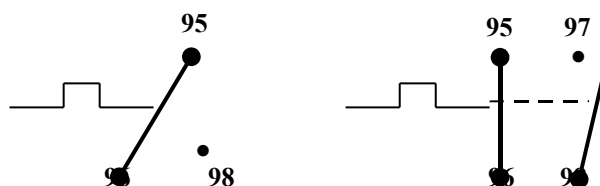


Figura 1.15 - Contatos de um relé de sobrecarga

1.7 DEFEITOS NOS CONTADORES

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

Já sabemos que os contadores são dispositivos de manobra mecânica acionados eletromagneticamente, utilizados como dispositivos de comando de motores ou como dispositivos de proteção contra sobrecarga, se acoplados a relés.

Estudaremos, agora, os defeitos mais comuns nos contadores e os problemas causados nos circuitos elétricos por eles comandados.

A tabela a seguir, mostra uma lista dos defeitos elétricos mais comuns apresentados pelos contadores e suas prováveis causas.

Defeito	Causas
Contator não liga	Fusível de comando queimado. Relé térmico desarmado. Comando interrompido. Bobina queimada
Contator não desliga	Linhas de comando longas (efeito de “colamento” capacitivo). Contatos soldados.
Faiscamento excessivo	Instabilidade da tensão de comando por: <ul style="list-style-type: none"> regulação pobre da fonte; linhas extensas e de pequena seção; correntes de partida muito altas; subdimensionamento do transformador de comando com diversos contadores operando simultaneamente. Fornecimento irregular de comando por: <ul style="list-style-type: none"> botoeiras com defeito; chaves fim-de-curso com defeito.
Contator zumbe	Corpo estranho no entreferro. Anel de curto-circuito quebrado. Bobina com tensão ou frequência errada. Superfície dos núcleos (móvel e fixo) sujas ou oxidadas, especialmente após longas paradas. Fornecimento oscilante de contato no circuito de comando. Quedas de tensão durante a partida de motores.
Relé térmico atua e o motor não atinge a rotação normal (contator com relé)	Relé inadequado ou mal regulado. Tempo de partida muito longo. Frequência muito alta de ligações. Sobrecarga no eixo.
Bobina magnética se aquece	Localização inadequada da bobina. Núcleo móvel preso às guias. Curto-circuito entre as espiras por deslocamento ou remoção de capa isolante (em CA). Curto-circuito entre a bobina e o núcleo e por deslocamento da camada isolante. Saturação do núcleo, cujo calor se transmite à bobina.
Bobina se queima	Sobretensão. Ligação em tensão errada. Subtensão (principalmente em CC). Corpo estranho no entreferro.
Contatos sobreaquecem	Carga excessiva. Pressão inadequada entre contatos. Dimensões inadequadas dos contatos Sujeira na superfície dos contatos. Superfície insuficiente para a troca de calor com o meio ambiente. Oxidação (contatos de cobre). Acabamento e formato inadequados das superfícies de contato.
Contatos se fundem	Correntes de ligação elevadas (como na comutação de transformadores a vazio). Comandos oscilantes. Ligação em curto-circuito. Comutação estrela-triângulo defeituosa.
Contatos se desgastam excessivamente	Arco voltaico. Sistema de desligamento por deslizamento (remove certa quantidade de material a cada manobra).
Isolação é defeituosa	Excessiva umidade do ar. Dielétrico recoberto ou perfurado por insetos, poeira e outros corpos. Presença de óxidos externos provenientes de material de solda.

Tabela 1.1

Defeitos Mecânicos

Os defeitos mecânicos são provenientes da própria construção do dispositivo, das condições de serviço e do envelhecimento do material.

Salientam-se em particular:

- lubrificação deficiente;
- formação de ferrugem;
- temperaturas muito elevadas;
- molas inadequadas;
- trepidação no local da montagem.

Ricochete Entre Contatos

Ricochete é a abertura ou afastamento entre contatos após o choque no momento da ligação. Isso é consequência da energia cinética presente em um dos contatos.

O ricochete reduz sensivelmente a vida útil das peças de contato, especialmente no caso de cargas com altas correntes de partida. Isso acontece, porque o arco que se estabelece a cada separação sucessiva dos contatos vaporiza o material das pastilhas.

Visando à redução de custos, o tempo de ricochete deve ser reduzido para 0,5ms. Baixa velocidade de manobra, reduzidas massas de contato móveis e forte pressão nas molas são algumas condições que diminuem o tempo do ricochete.

Os contatores modernos são praticamente livres de ricochete. Na ligação, eles acusam um desgaste de material de contato equivalente a 1/10 do desgaste para desligamento sob corrente nominal. Assim, a corrente de partida de motores não tem influência na durabilidade dos contatos.

2. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E COMANDO

Os dispositivos de segurança e proteção são componentes que, inseridos nos circuitos elétricos, servem para interrompê-los quando alguma anomalia acontece. São também as partes integrantes de um disjuntor industrial que, ao ser alterada uma grandeza elétrica (corrente ou tensão), age mecanicamente sobre o elemento de comando dos contatos, provocando a interrupção do circuito.

Nesse capítulo, veremos os dispositivos empregados para proteção dos motores. Para atender 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

São inseridos nos circuitos para interrompê-los em situações anormais de corrente, como curto-circuito ou sobrecargas de longa duração.

De modo geral, são classificados segundo a tensão de alimentação em alta ou baixa tensão, e, também, segundo as características de desligamento em efeito rápido ou retardado.

Fusíveis de Efeito Rápido

Os fusíveis de efeito rápido são empregados em circuitos em que não há variação considerável de corrente entre a fase de partida e a de regime normal de funcionamento.

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

Fusíveis de Efeito Retardado

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 os motores elétricos, as cargas indutivas e as cargas capacitivas em geral. Os mais comumente usados são os NH e DIAZED.

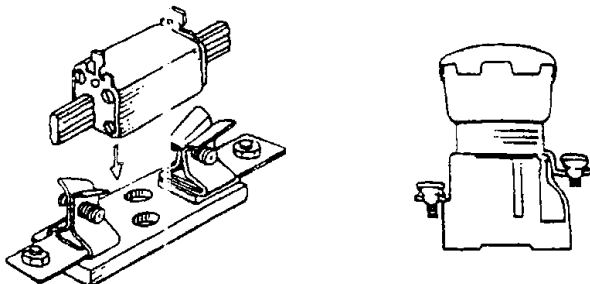


Figura 2.1 – Fusíveis NH e DIAZED

Fusíveis NH

Os fusíveis NH suportam elevações de corrente durante um certo tempo sem que ocorra fusão.

Eles são empregados em circuitos sujeitos a picos de corrente e onde existem cargas indutivas e capacitivas.

Sua construção permite valores padronizados de corrente que variam de 6 a 1000 A. Sua capacidade de ruptura é sempre superior a 70kA com uma tensão máxima de 500V.

Construção dos Fusíveis NH

Os fusíveis NH são constituídos por duas partes: base e fusível.

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

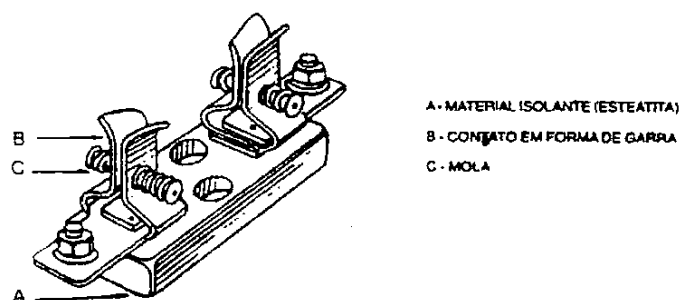


Figura 2.2 – Base de montagem de fusíveis do sistema NH

O fusível possui corpo de porcelana de seção retangular. Dentro desse corpo, estão o elo fusível e o elo indicador de queima, imersos em areia especial.

Nas duas extremidades do corpo de porcelana, existem duas faces de metal que se encaixam perfeitamente nas garras da base.

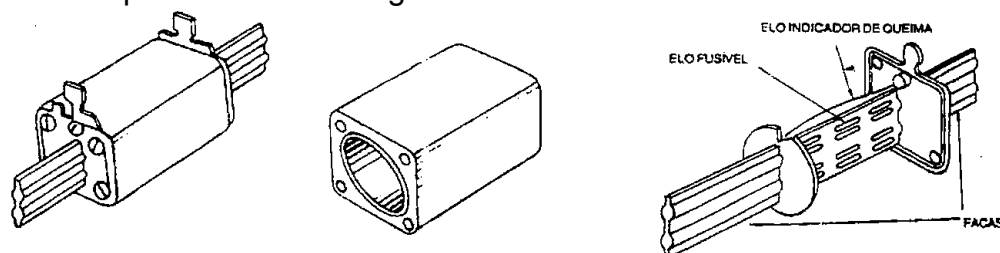


Figura 2.3 – Partes do fusível NH

O elo fusível é feito de cobre em forma de lâminas vazadas em determinados pontos para reduzir a seção condutora. O elo fusível pode ainda ser fabricado em prata.

Fusíveis DIAZED

Os fusíveis DIAZED podem ser de ação rápida ou retardada. Os de ação rápida são usados em circuitos resistivos, ou seja, sem picos de corrente.

Os de ação retardada são usados em circuitos com motores e capacitores, sujeitos a picos de corrente.

Esses fusíveis são construídos para valores de, no máximo, 200 A. A capacidade de ruptura é de 70kA com uma tensão de 500V.

Construção dos Fusíveis DIAZED

O fusível DIAZED (ou D) é composto por base (aberta ou protegida), tampa, fusível, parafuso de ajuste e anel.

A base é feita de porcelana dentro da qual está um elemento metálico roscado internamente e ligado externamente a um dos bornes. O outro borne está isolado do primeiro e ligado ao parafuso de ajuste.



Figura 2.4 – A = Borne ligado ao corpo roscado
B = Borne ligado ao parafuso de ajuste

A tampa, geralmente de porcelana, fixa o fusível à base e não é inutilizada com a queima do fusível. Ela permite inspeção visual do indicador do fusível e sua substituição mesmo sob tensão.

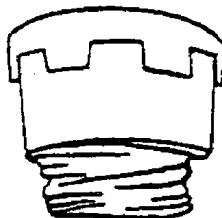


Figura 2.5 – Tampa do fusível DIAZED

O parafuso de ajuste tem a função de impedir o uso de fusíveis de capacidade superior à desejada para o circuito. A montagem do parafuso é feita por meio de uma chave especial.



Figura 2.6 – Parafuso de ajuste

O anel é um elemento de porcelana com rosca interna, cuja função é proteger a rosca metálica da base aberta, pois evita a possibilidade de contatos acidentais na troca do fusível.



Figura 2.7 – Anel

O fusível é um dispositivo de porcelana em cujas extremidades é fixado um fio de cobre puro ou recoberto por uma camada de zinco. Ele fica imerso em areia especial, cuja função é extinguir o arco voltaico e evitar o perigo de explosão quando da queima do fusível.

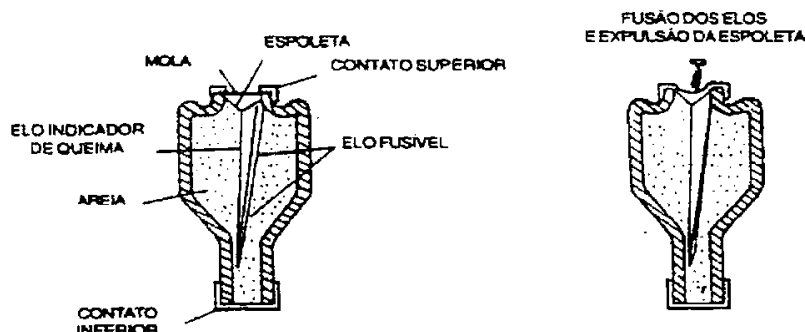


Figura 2.8 – Visão interna do fusível

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

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

Tabela 2.1

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

Características e Instalação

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 500V em CA e 600V 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, a corrente, o tipo de fusível e são fornecidas pelo fabricante. Dentro dessas curvas, quanto maior for a corrente circulante, menor será o tempo em que o fusível terá que desligar. Veja a curva típica abaixo:

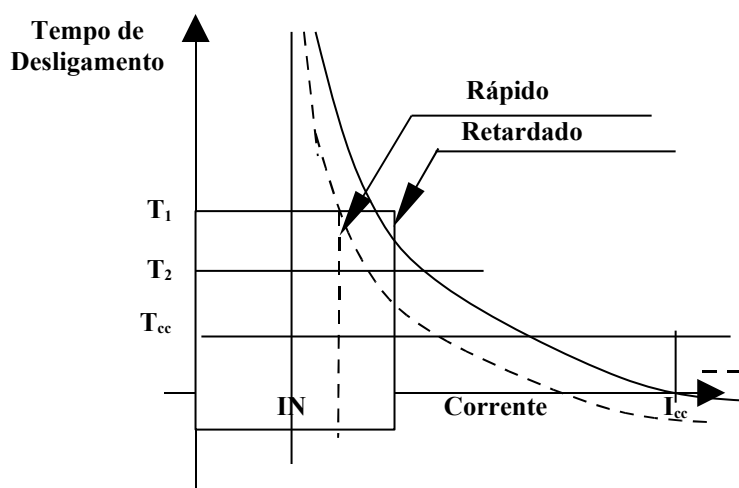


Figura 2.9 - I_N : Corrente Nominal
 I_{cc} : Corrente de curto-circuito
 T_{cc} : Tempo de desligamento para curto-circuito

A instalação dos fusíveis DIAZED e NH deve ser no ponto inicial do circuito a ser protegido.

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.

Escolha do Fusível

A escolha do fusível é feita considerando-se corrente nominal da rede, a malha ou circuito que se pretende proteger. Os circuitos elétricos devem ser 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.

Dimensionamento

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.

2.2 RELÉS

O relé é um dispositivo de comando, ou seja, é empregado na partida de motores no processamento de solda de ponto, no comando de laminadoras e prensas e no controle de iluminação de edifícios.

Para compreender com mais facilidade o funcionamento desse dispositivo, é necessário ter conhecimentos anteriores sobre eletromagnetismo.

Diferentemente dos fusíveis, que se autodestroem, os relés abrem os circuitos em presença de sobrecarga, por exemplo, e continuam a ser usados após sanada a irregularidade.

Em relação aos fusíveis, os relés apresentam as seguintes vantagens:

- Ação mais segura;
- possibilidade de modificação do estado ligado para desligamento (e vice-versa);
- proteção do usuário contra sobrecargas mínimas dos limites predeterminados;
- retardamento natural que permite picos de corrente próprios às partidas de motores.

Tipos

Os relés usados como dispositivos de segurança podem ser eletromagnéticos e térmicos.

Os **relés eletromagnéticos** funcionam com base na ação do eletromagnetismo, por meio do qual um núcleo de ferro próximo de uma bobina é atraído, quando esta é percorrida por uma corrente elétrica. Os mais comuns são de dois tipos:

- Relé de mínima tensão;
- Relé de máxima corrente.

O relé de mínima tensão recebe uma regulagem aproximadamente 20% menor do que a tensão nominal. Se a tensão abaixar a um valor prejudicial, o relé interrompe o circuito de comando da chave principal e, conseqüentemente, abre os contatos dessa chave abrindo o circuito.

Os relés de mínima tensão são aplicados principalmente em contatores e disjuntores.

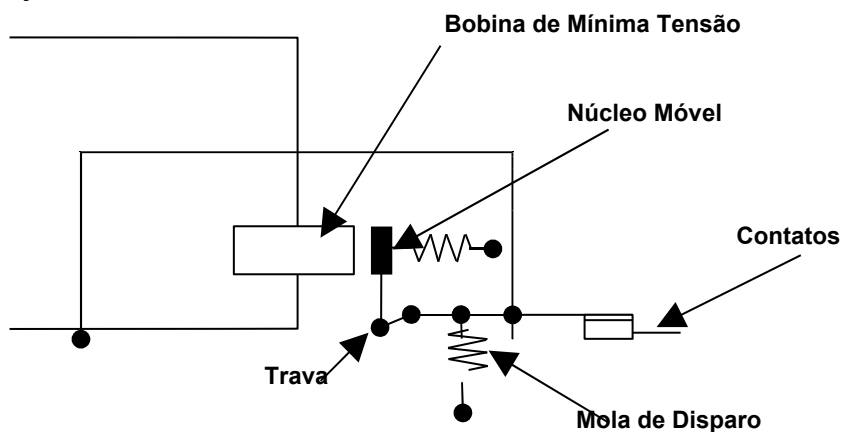


Figura 2.10 - Esquema simplificado de um relé de mínima tensão

O relé de máxima corrente é regulado para proteger um circuito contra excesso de corrente. Esse tipo de relé abre, indiretamente, o circuito principal, assim que a corrente atingir o limite da regulagem.

A corrente elevada, ao circular pela bobina, faz com que o núcleo do relé atraia o fecho. Isto provoca a abertura do contato abridor e interrompe o circuito de comando.

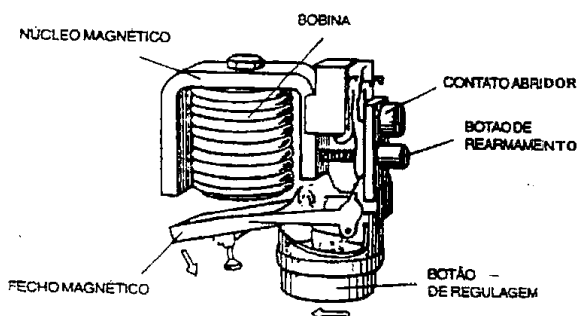
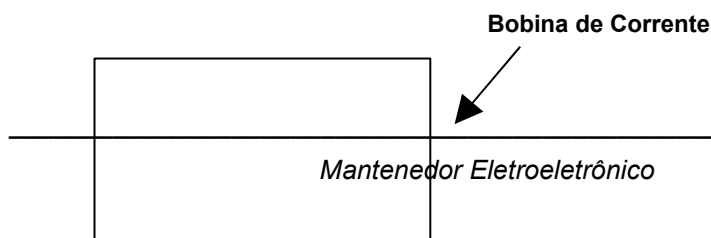


Figura 2.11 – Relé de máxima corrente

A regulagem desse tipo de relé é feita aproximando-se ou afastando-se o fecho do núcleo. Quando o fecho é afastado, é necessário uma corrente mais elevada para acionar o relé.



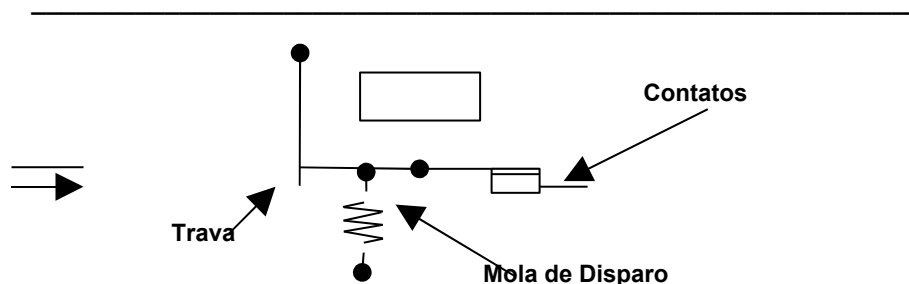


Figura 2.12 – Esquema simplificado de um relé de máxima corrente

Os **relés térmicos**, como dispositivos de proteção, controle ou comando do circuito elétrico, atua por efeito térmico provocado pela corrente elétrica.

O elemento básico dos relés térmicos é o bimetetal.

O bimetetal é um conjunto formado por duas lâminas de metais diferentes (normalmente ferro e níquel), sobrepostas e soldadas.

Esses dois metais, de coeficientes de dilatação diferentes, formam um par metálico. Por causa da diferença de coeficiente de dilatação, se o par metálico for submetido a uma temperatura elevada, um dos metais do par vai dilatar mais que o outro.

Por estarem fortemente unidos, o metal de menor coeficiente de dilatação provoca o encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um ponto determinado.

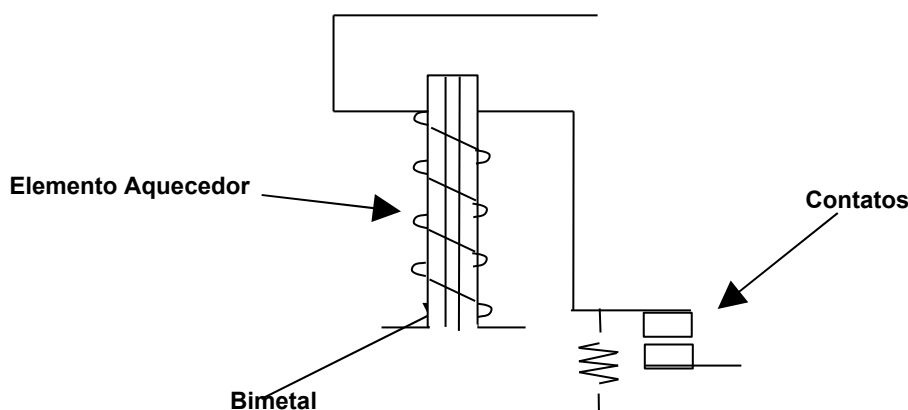


Figura 2.13 – Representação esquemática da atuação dos relés térmicos

Esse movimento é usado para disparar um gatilho ou abrir um circuito, por exemplo. Portanto, essa característica do bimetetal permite que o relé exerça o controle de sobrecarga para proteção dos motores.

Os relés térmicos para proteção de sobrecarga são:

- diretos;
- indiretos;
- com retenção.

Os **relés térmicos diretos** são aquecidos pela passagem da corrente de carga pelo bimetetal. Havendo sobrecarga, o relé desarma o disjuntor.

Embora a ação bimetálica seja lenta, o desligamento dos contatos é brusco à ação do gatilho. Essa abertura rápida impede a danificação ou soldagem dos contatos.

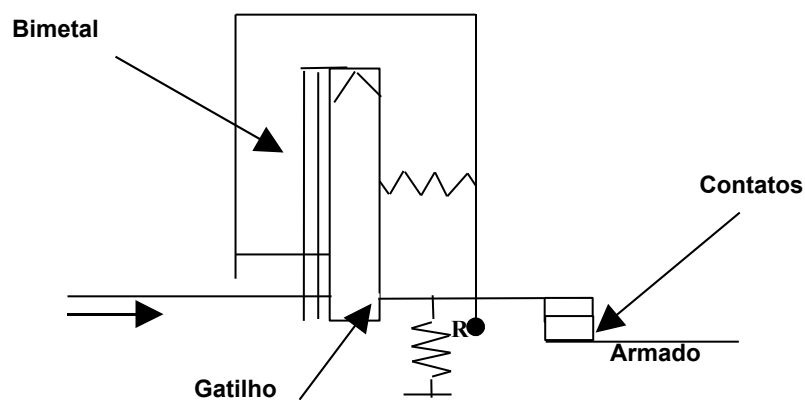


Figura 2.13 - Representação esquemática de um relé térmico direto armado

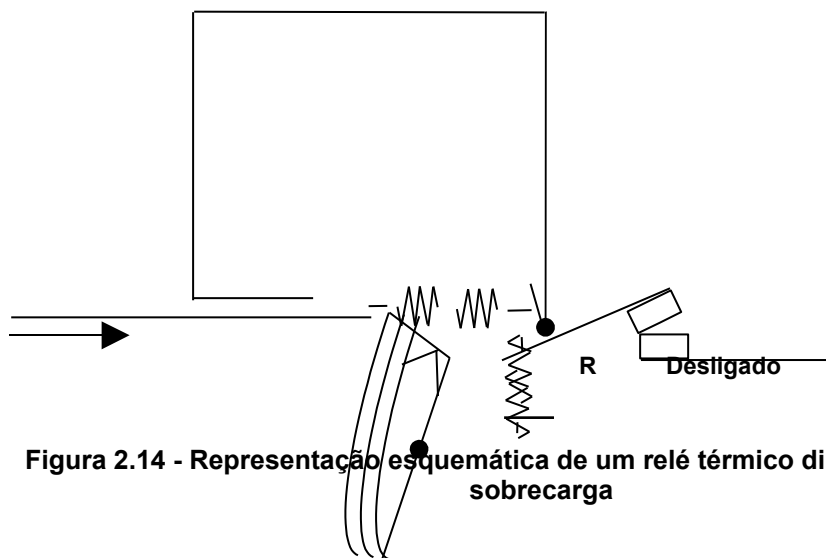


Figura 2.14 - Representação esquemática de um relé térmico direto desligado por sobrecarga

Nos circuitos trifásicos, o relé térmico possui três lâminas bimetálicas (A,B,C), que atuam conjuntamente quando houver sobrecarga equilibrada.

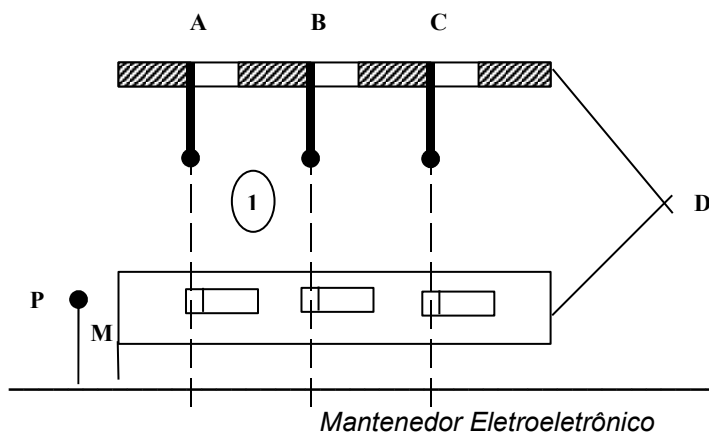


Figura 2.15 – Representação esquemática das lâminas bimetálicas do relé térmico

Os **relés térmicos indiretos** são aquecidos por um elemento aquecedor indireto que transmite calor ao bimetal e faz o relé funcionar.

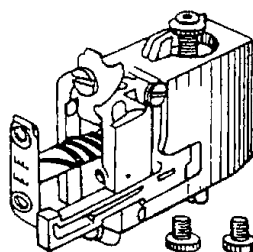


Figura 2.16 – Relé térmico indireto

Os **relés térmicos com retenção** possuem dispositivos que travam os contatos na posição desligados, após atuação do relé. Para que os contatos voltem a operar, é necessário soltar, manualmente a trava por meio de um botão específico. O relé, então, estará pronto para funcionar novamente.

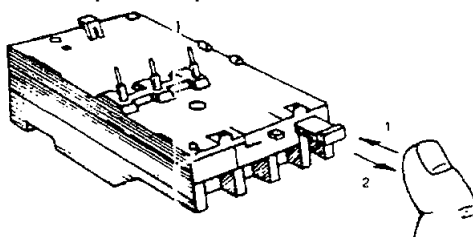


Figura 2.17 – Relé térmico com retenção

Observação: É necessário sempre verificar o motivo por que o relé desarmou, antes de armá-lo novamente.

Os relés térmicos podem ser ainda compensados ou diferenciais.

O **relé térmico compensado** possui um elemento interno que compensa as variações da temperatura ambiente.

O **relé térmico diferencial** (ou falta de fase) dispara mais rapidamente que o normal, quando há falta de uma fase ou sobrecarga em uma delas. Assim, um relé diferencial, regulado para disparar em cinco minutos com cargas de 10 A, dispara antes, se faltar uma fase.

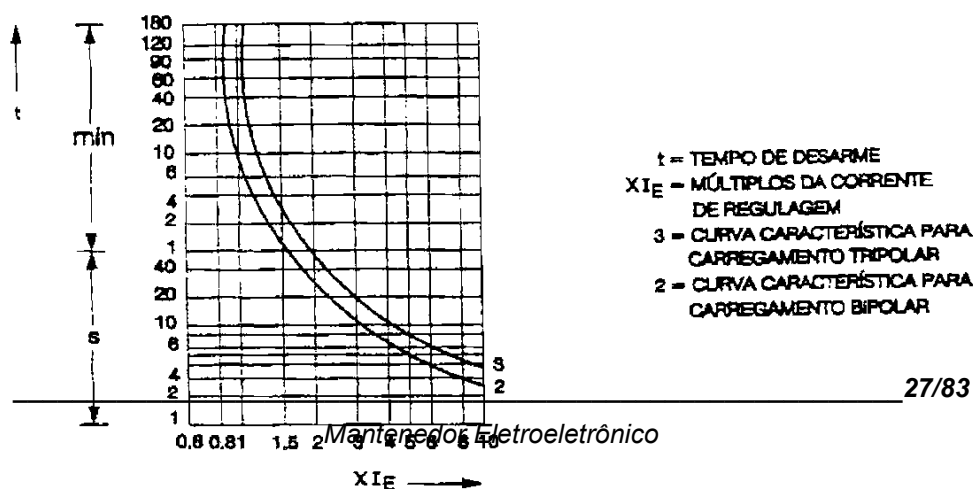


Figura 2.18 – Curva característica da relação tempo/corrente de desarme

No eixo horizontal (abscissas), encontram-se os valores múltiplos da corrente de regulagem (XI_e) e no eixo vertical (ordenadas), o tempo de desarme (t).

A curva 3 representa o comportamento dos relés quando submetidos a sobrecarga tripolar e a curva 2 para sobrecarga bipolar.

Os valores de desligamento são válidos para sobrecarga a partir da temperatura ambiente, ou seja, sem aquecimento prévio (estado frio).

Para relés que operam em temperatura normal de trabalho e sob corrente nominal (relés pré-aquecidos), deve-se considerar os tempos de atuação em torno de 25 a 30% dos valores das curvas.

Isso acontece porque os bimetálicos já terão sofrido aproximadamente 70% do deslocamento necessário para o desarme, quando pré-aquecidos pela passagem da corrente nominal.

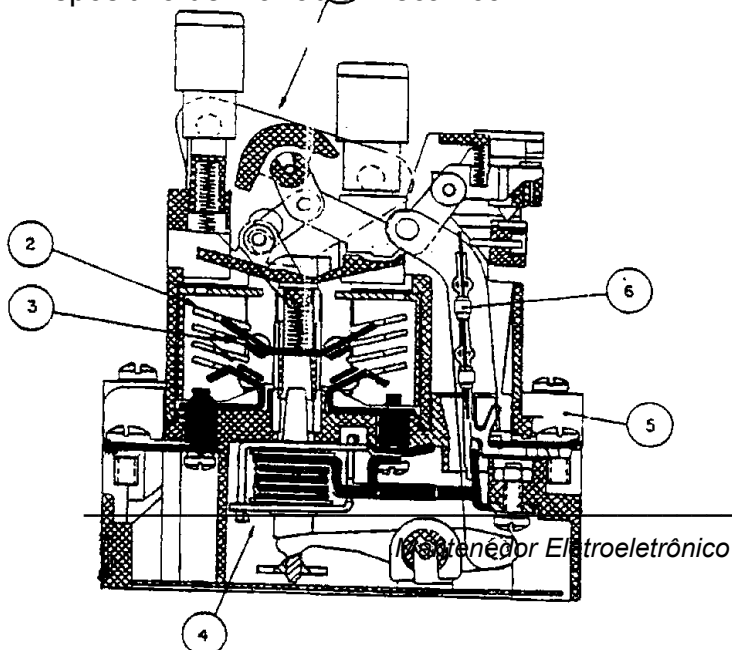
2.3 DISJUNTOR INDUSTRIAL

É um dispositivo de manobra mecânica, utilizado para comandar motores elétricos trifásicos.

Composição

O disjuntor industrial é composto basicamente por:

- Bornes de ligação;
- Câmara de extinção de arco;
- Contatos principais;
- Relé de sobrecorrente (curto-circuito);
- Relé térmico de sobrecarga;
- Dispositivo de manobra mecânica.



- 1-Dispositivo de manobra mecânico
- 2-Câmara de extinção
- 3-Contatos principais
- 4-Relé de sobrecorrente
- 5-Bornes de ligação
- 6-Relé térmico de sobrecarga

Figura 2.18 - Estrutura básica de um disjuntor industrial

Aplicação

Os disjuntores industriais são utilizados para estabelecer, conduzir e interromper correntes sob condições normais do circuito, assim como interromper correntes sob condições anormais do circuito, como por exemplo, curto-circuito, sobrecarga ou queda de tensão. São utilizados também para manobra de motores, para derivações de redes ou proteções de outros circuitos.

Características

As características elétricas mais importantes do disjuntor industrial, e, que devem ser observadas pelo eletricista são:

Tensão nominal: a tensão nominal dos disjuntores industriais em baixa tensão é normalmente dimensionada para tensões desde 220 a 660V.

Corrente nominal: varia desde alguns décimos de ampere até 1600 A, dependendo do tipo de disjuntor, aplicação e fabricante. A escolha do disjuntor deve ser realizada de modo que a sua faixa de operação esteja dentro da corrente nominal de carga.

Frequência: os disjuntores industriais são fabricados para trabalharem em frequências iguais às da rede onde vão ser utilizados. Existem fabricações de disjuntores desde 40Hz até 60Hz.

Tanto na instalação como na compra, estes dados devem ser considerados, sempre observando as características elétricas do equipamento ou circuito em que vai ser utilizado.

Tipos

No mercado brasileiro, são poucas as indústrias que produzem este tipo de disjuntor. Mesmo assim, existe uma grande variedade de modelos e tipos de disjuntor industrial.

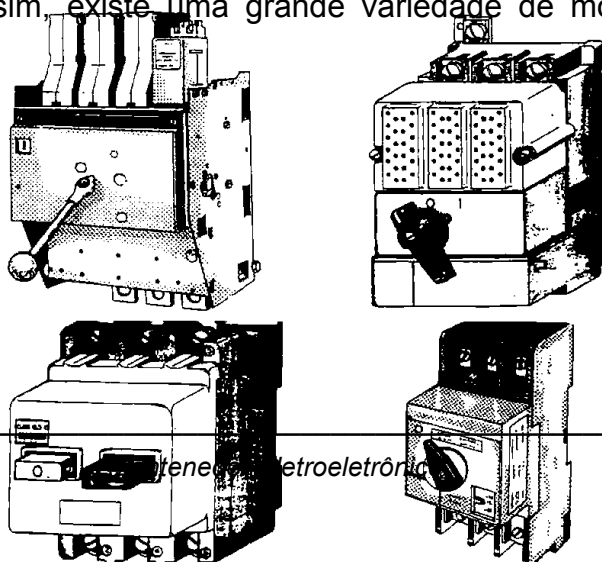


Figura 2.19 – Modelos de disjuntores industriais

Cada modelo possui uma faixa de aplicação e tem características próprias, devendo ser consultados os catálogos dos fabricantes para se determinar o tipo a ser utilizado.

Funcionamento

O funcionamento do disjuntor industrial é muito simples. Vejamos como é feita a manobra.

Na ligação: estando energizados os bornes do disjuntor e acionando-se o dispositivo mecânico manual até o travamento, haverá a retenção dos contatos principais, fechando-se assim, o circuito entre a rede e a carga.

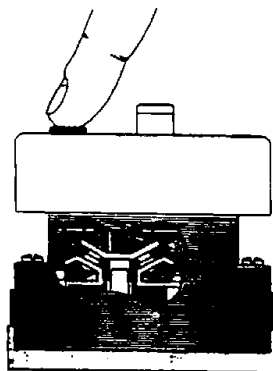


Figura 2.20 – Disjuntor industrial na ligação

Na interrupção: para interromper o circuito, você deve acionar o dispositivo manual no sentido inverso ao realizado para fazer a ligação. Assim, destrava-se a retenção mecânica, abrindo-se os contatos e interrompendo o circuito.

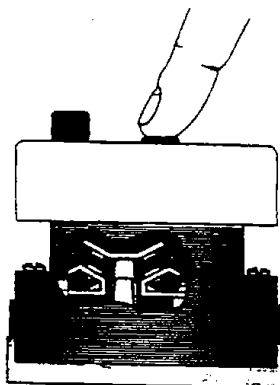


Figura 2.21 – Disjuntor industrial na interrupção

Nos disjuntores industriais, para serem ligados, há sempre uma ação mecânica manual sobre o disjuntor e, para a interrupção, o acionamento pode ser por ação mecânica manual (local), ou por acionamento elétrico à distância.

2.3.1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Os dispositivos de proteção são as partes integrantes de um disjuntor industrial que, ao ser alterada uma grandeza elétrica, (corrente ou tensão), age mecanicamente sobre o elemento de comando dos contatos, provocando a interrupção do circuito.

Os dispositivos de proteção que integram o disjuntor industrial são o relé térmico de sobrecarga, o relé de sobrecorrente e o relé de subtensão.

O **relé térmico de sobrecarga** é utilizado no disjuntor industrial, sendo constituído por uma lâmina, um elemento resistor e um dispositivo disparador.

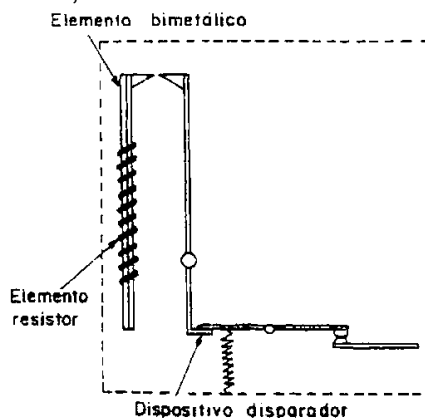


Figura 2.22 – Relé térmico de sobrecarga

Quando uma corrente elétrica de intensidade superior à prevista, circula através do elemento resistor, há um aquecimento da lâmina bimetálica. Essa lâmina por sua vez, se curva e aciona o dispositivo disparador ocasionando o destravamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, abrindo assim, o circuito.

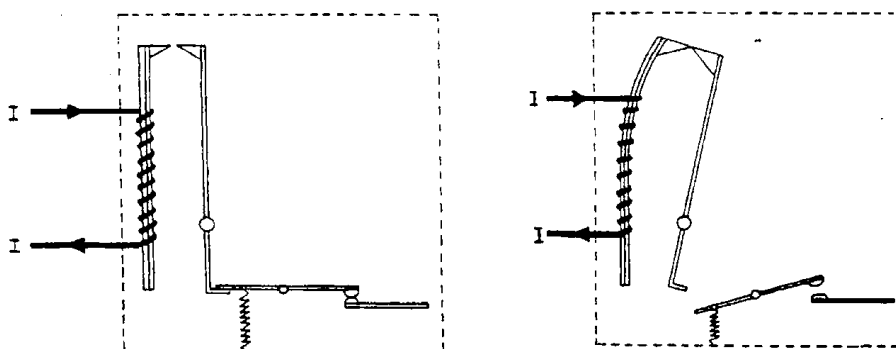


Figura 2.23 – Representação esquemática do funcionamento do relé térmico de sobrecarga

Este fenômeno só acontece quando o valor de corrente que circula pelo elemento resistor, ultrapassar o valor da regulação estabelecida (sobrecarga).

A função do relé térmico de sobrecarga é interromper o circuito de alimentação da carga quando esta solicitar da rede, uma corrente maior do que deve consumir em condições normais de trabalho.

Exemplo

Em condições normais de trabalho, um motor trifásico solicita da rede uma corrente de 12 A . Em certo momento, ocorre uma pane na máquina que o motor aciona e este passa a solicitar da rede uma corrente de 15 A .

Como o relé estava regulado para 13,2 A (ou seja, 10% a mais que a corrente nominal do motor), e a corrente que agora circula pelo elemento resistor é maior que a regulada, haverá então o aquecimento da lâmina bimetálica, conseqüentemente o acionamento do disparador, destravamento dos contatos, abrindo-se então o circuito e a imediata proteção do motor.

Já o **relé de sobrecorrente** é utilizado no disjuntor industrial, sendo constituído de um eletroímã enrolado com poucas espiras de condutor de cobre de secção avantajada e de um dispositivo disparador.

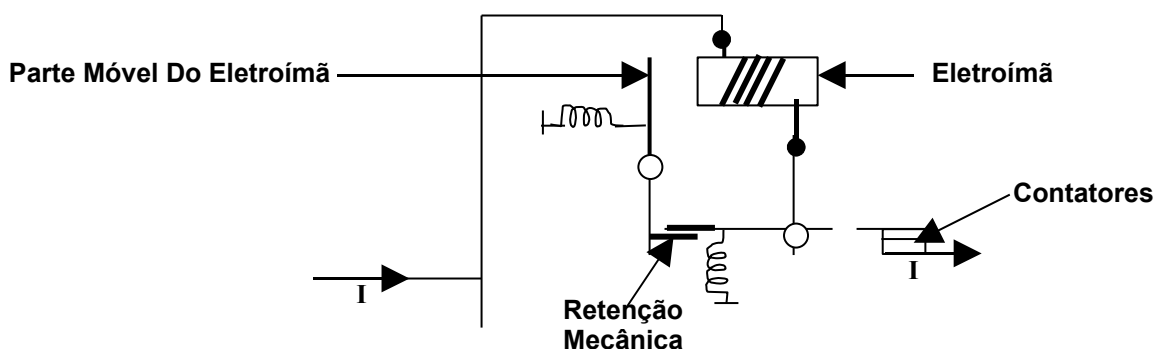
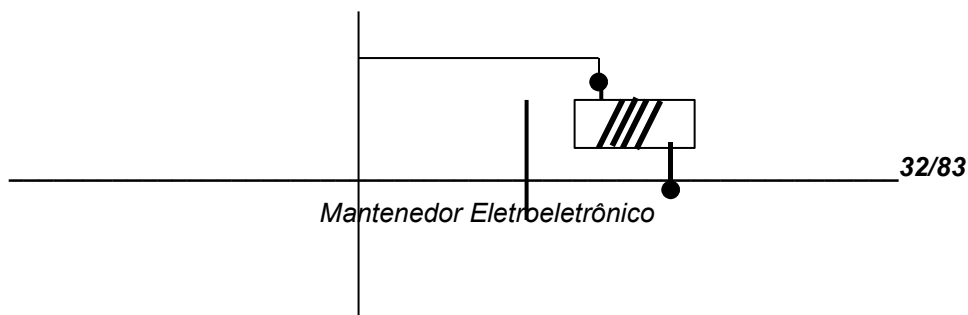


Figura 2.24 – Relé de sobrecorrente

A retenção mecânica dos contatos principais do disjuntor está ligada mecanicamente ao dispositivo disparador, e estes, à parte móvel do núcleo do eletroímã.

A função do relé de sobrecorrente é interromper o circuito de alimentação da carga, quando houver um aumento de corrente, ocasionado por um curto-circuito. Quando houver um curto-circuito, uma corrente elétrica de grande intensidade circula através da bobina, aumentando o campo magnético que atrairá, instantaneamente, a parte móvel do núcleo e, assim aciona o dispositivo disparador, ocasionando destravamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, abrindo-se o circuito.



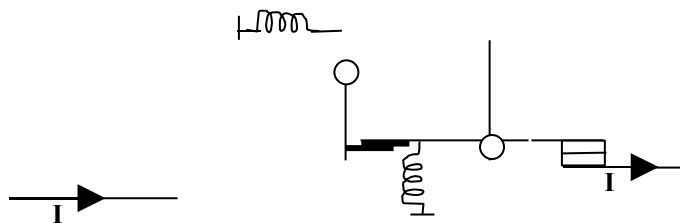


Figura 2.25 – Relé de sobrecorrente não atuado

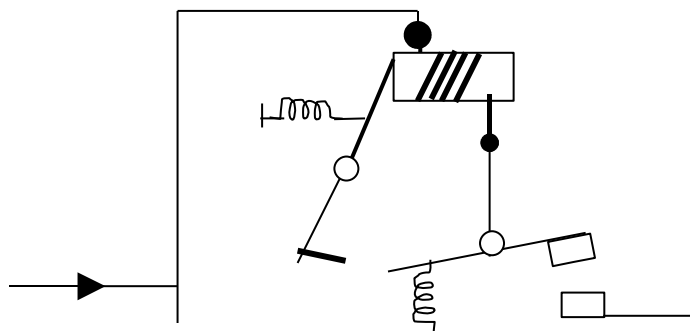


Figura 2.26 - Relé de sobrecorrente atuado

Nos disjuntores industriais, o relé de sobrecarga e o relé de sobrecorrente possuem função conjunta de proteção à carga. Ambos acionam o mesmo dispositivo disparador de destravamento mecânico dos contatos.

O disjuntor industrial possui ainda um dispositivo único para regular a corrente de disparo dos relés de sobrecarga e sobrecorrente. A regulação deve ser feita em função da corrente nominal da carga, podendo haver um ajuste para mais, em torno de 10 a 20% dependendo das condições de trabalho do equipamento.

Finalmente, temos o **relé de subtensão**, utilizado no disjuntor industrial, sendo composto basicamente por um eletroímã com grande número de espiras de condutor de cobre de pequena seção e de um dispositivo disparador acoplado ao núcleo do eletroímã.

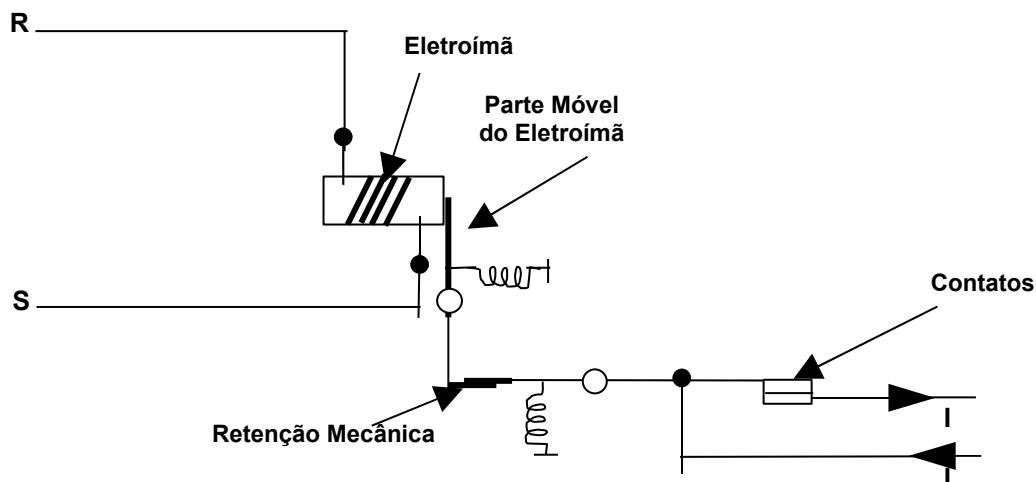


Figura 2.26 - Relé de subtensão

O **relé de subtensão** tem a função de desligar o circuito de alimentação da carga quando a tensão da rede diminuir (queda de tensão) a limites que prejudiquem o funcionamento normal do equipamento. Também tem como finalidade evitar a ligação do disjuntor enquanto a tensão da rede permanecer muito abaixo do valor nominal.

Nas duas situações, o relé de subtensão possui uma faixa de operação, de mais ou menos 20% abaixo da tensão nominal da rede.

A interrupção do circuito em condições anormais ocorre porque o eletroímã perde, parcial ou totalmente sua força magnética, quando houver uma queda de tensão ou a tensão for interrompida. Nesta situação, o núcleo do eletroímã se desloca acionando o dispositivo disparador e este, por sua vez, aciona o dispositivo de travamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, provocando, conseqüentemente, a interrupção do circuito ou impedindo o seu restabelecimento.

O relé de subtensão também é conhecido como bobina de mínima tensão.

O relé de subtensão é um componente optativo, não acompanha o disjuntor como parte integrante, porém, quando for necessária a sua utilização, é possível adaptá-lo, uma vez que o disjuntor tem um local para instalação deste relé.

Os relés de subtensão são caracterizados pelo percentual de tensão, e pela frequência da rede, tanto para ligação quanto para interrupção.

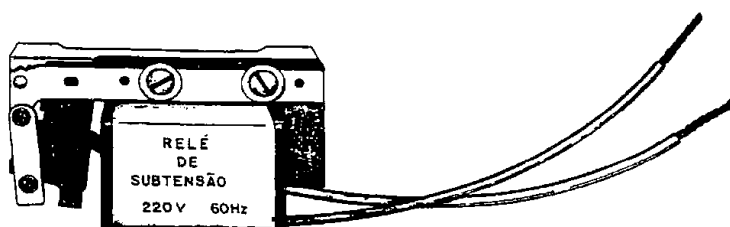


Figura 2.27 – Relé de subtensão

Quando for realizada a instalação do disjuntor, você poderá utilizar fusíveis como mais um elemento de proteção, embora atualmente, os disjuntores, pelas suas características, possam dispensar este dispositivo de proteção.

Os tipos de fusíveis que você pode utilizar são o Diazed e o NH. A capacidade destes fusíveis deve ser em função da corrente nominal da carga.

2.4 DISPOSITIVO DE COMANDO MECÂNICO MANUAL

É o único dispositivo que permite ligar e desligar o disjuntor industrial por atuação direta do operador sobre o sistema mecânico, podendo ser realizado por alavanca ou teclas.

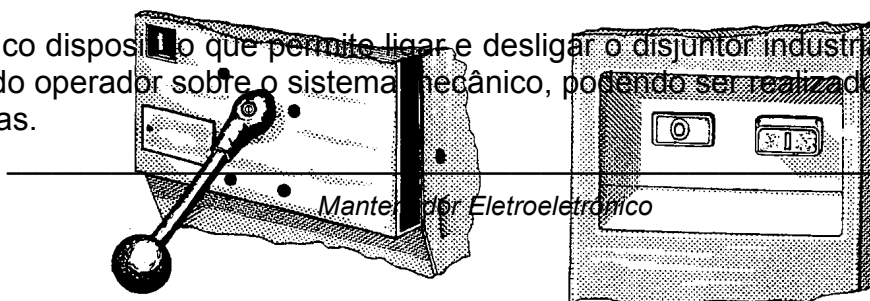


Figura 2.28 – Dispositivo de comando mecânico manual

Quando o acionamento for através de alavanca, para fazer a ligação, devemos girar a alavanca no sentido horário, ocorrendo o travamento da retenção mecânica dos contatos, fechando o circuito.

Para desligar, gira-se a alavanca no sentido anti-horário, destravando a retenção mecânica dos contatos.

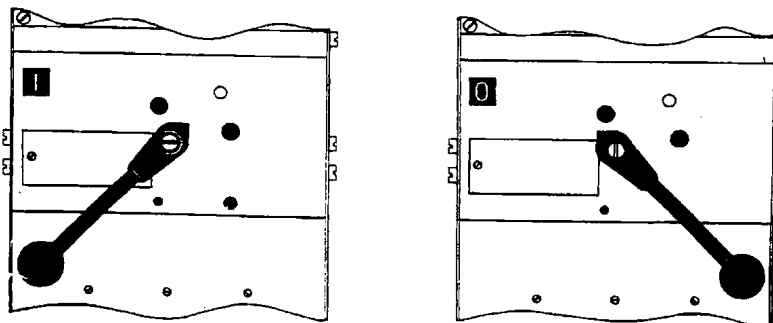


Figura 2.29 – Acionamento do dispositivo de comando mecânico manual

Quando o acionamento for através de teclas, para fazer a ligação, pressionamos a tecla verde ou preta, ocorrendo o travamento da retenção mecânica dos contatos, fechando o circuito. Para desligar, pressionamos a tecla vermelha, destravando a retenção mecânica dos contatos.

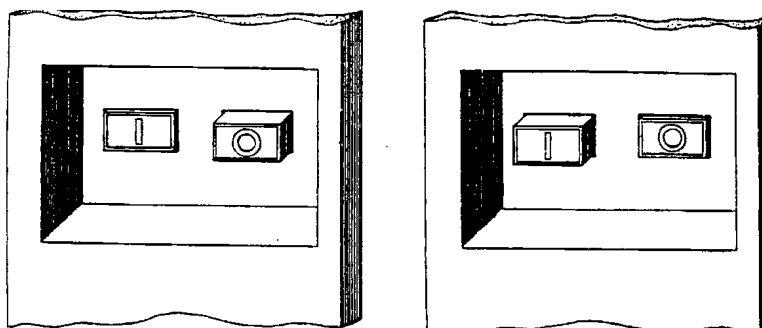


Figura 2.30 – Teclas de acionamento e desligamento

A condição de ligado ou desligado é indicada, também, por símbolos impressos no corpo do disjuntor ou no dispositivo de acionamento.

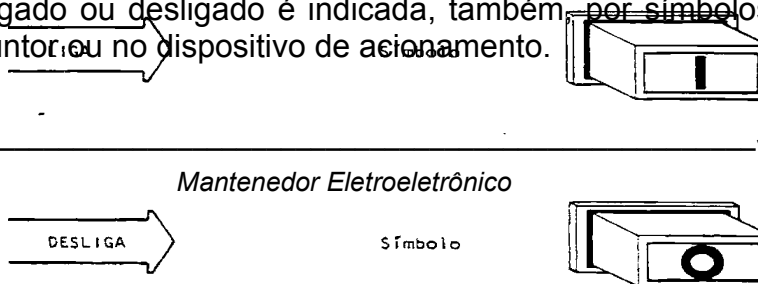




Figura 2.31 – Símbolos “Ligado” e “Desligado”

3. CHAVES AUXILIARES TIPO BOTOEIRA

Neste capítulo, estudaremos um tipo de chave que comanda circuitos por meio de pulsos. Ela é usada em equipamentos industriais em processos de automação.

As chaves auxiliares ou botões de comando são chaves de comando manual, que interrompem ou estabelecem um circuito de comando por meio de pulsos. Podem ser montadas em painéis ou em caixas para sobreposição. Veja ilustração abaixo.

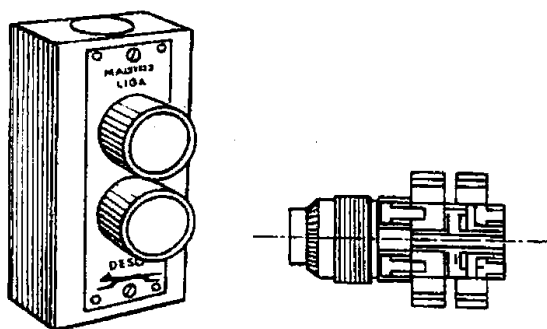


Figura 3.1 – Botoeiras

As botoeiras podem ter diversos botões agrupados em painéis ou caixas, e cada painel pode acionar diversos contatos abridores ou fechadores.

3.1 CONSTRUÇÃO

As chaves auxiliares tipo botoeira são constituídas por botão, contatos móveis e contatos fixos.

Em alguns tipos de botoeiras, o contato móvel tem um movimento de escorregamento que funciona como automanutenção, pois retira a oxidação que aparece na superfície do contato.

Os contatos são recobertos de prata e suportam elevado número de manobras. As chaves auxiliares são construídas com proteção contra ligação accidental, sem proteção ou com chave tipo fechadura.

As chaves com proteção possuem longo curso para ligação, além de uma guarnição que impede a ligação accidental.

As botoeiras com chave tipo fechadura são do tipo comutador. Têm a finalidade de impedir que qualquer pessoa ligue o circuito.

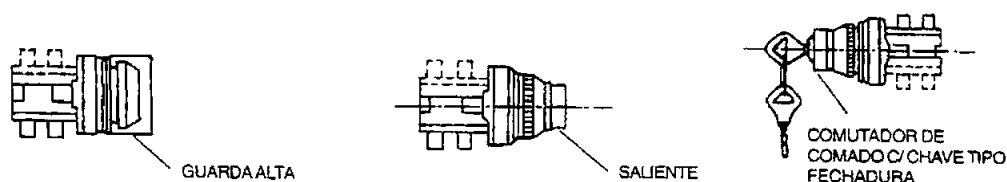


Figura 3.2 – Botoeira protegida e botoeira sem proteção

As botoeiras podem ainda conjugar a função de sinaleiro, ou seja, possuem em seu interior uma lâmpada que indica que o botão foi acionado. Elas não devem ser usadas para desligar circuitos e nem como botão de emergência.

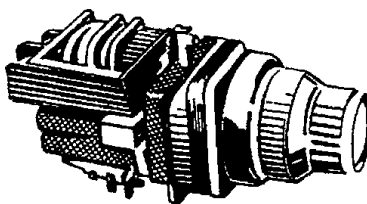


Figura 3.3 – Modelo de botoeira/sinaleiro

Botoeiras do Tipo Pendente

As botoeiras do tipo pendente destinam-se ao comando de pontes rolantes e máquinas operatrizes, nas quais o operador tem de acionar a botoeira enquanto em movimento ou em pontos diferentes.



Figura 3.4 – Botoeira tipo pendente

3.2 SINALIZAÇÃO

Para que um operador saiba o que está acontecendo com o equipamento que ele está operando, é necessário que possa visualizar, rápida e facilmente, mensagens que indiquem que a operação está se realizando dentro dos padrões esperados.

Isso é feito por meio da sinalização, que é o assunto deste capítulo.

Sinalização é a forma visual ou sonora de chamar a atenção do operador para uma situação determinada em um circuito, máquina ou conjunto de máquinas.

Ela é realizada por meio de buzinas e campainhas ou por sinalizadores luminosos com cores determinadas por normas.

Sinalização Luminosa

A sinalização luminosa é a mais usada por ser de mais rápida visualização.

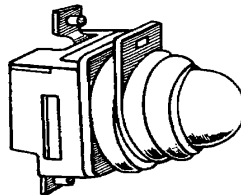


Figura 3.5 – Sinalização luminosa

A tabela a seguir mostra o significado das cores de sinalização de acordo com as normas VDE.

Cor	Condição de Operação	Exemplo de Aplicação
Vermelho	Condição anormal	Indicação de que a máquina está paralisada por atuação de um dispositivo de proteção. Aviso para a paralisação da máquina devido a sobrecarga, por exemplo.
Amarelo	Atenção ou cuidado	O valor de uma grandeza (corrente, temperatura) aproxima-se de seu valor limite.
Verde	Máquina pronta para operar	Partida normal: todos os dispositivos auxiliares funcionam e estão prontos para operar. A pressão hidráulica ou a tensão estão nos valores especificados. O ciclo de operação está concluído e a máquina pronta para operar novamente.
Branco (incolor)	Circuitos sob tensão em operação normal	Chave principal na posição LIGA. Escolha da velocidade ou do sentido de rotação. Acionamentos individuais e dispositivos auxiliares estão operando. Máquina em movimento.
Azul	Todas as funções para as quais não se aplicam as cores acima.	

Tabela 3.1

A sinalização intermitente é usada para indicar situações que exigem atenção mais urgente.

A lente do sinalizador deve propiciar bom brilho e, quando a lâmpada está apagada, apresentar-se completamente opaca em relação à luz ambiente.

Sinalização Sonora

A sinalização sonora pode ser feita por meio de buzinas ou campainhas.

As buzinas são usadas para indicar o início de funcionamento de uma máquina ou para ficar à disposição do operador, quando seu uso for necessário. Elas são usadas, por exemplo, na sinalização de pontes rolantes.

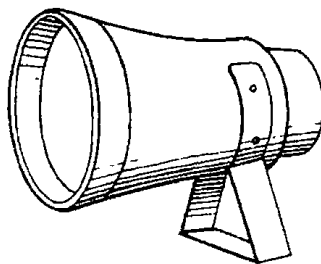


Figura 3.6 – Sinalização sonora

O som deve estar entre 1000 e 3000 Hz. Deve conter harmônicos que o tornarão distinto do ruído local.

As campainhas são usadas para indicar anomalias em máquinas. Assim, se um motor com sobrecarga não puder parar de imediato, o alarme chamará a atenção do operador para as providências necessárias.

Instalação de Sinalizadores

Na instalação de sinalizadores para indicar a abertura ou o fechamento de contator, é importante verificar se a tensão produzida por auto-indução não provocará a queima da lâmpada.

Nesse caso, a lâmpada deverá ser instalada através de um contato auxiliar, evitando-se a elevada tensão produzida na bobina do contator.

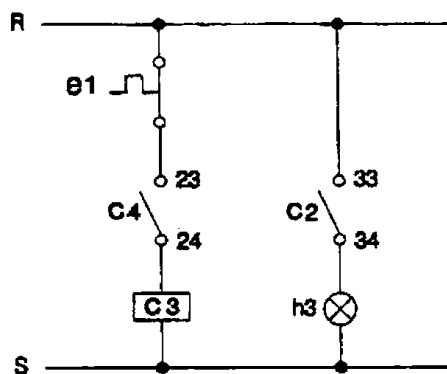


Figura 3.7 - Circuito de sinalização

4. DIAGRAMAS DE COMANDOS ELÉTRICOS

Os diagramas são desenhados, não energizados e mecanicamente não acionados. Quando um diagrama não for representado dentro desse princípio, nele devem ser indicadas as alterações.

4.1 DIAGRAMA MULTIFILAR COMPLETO

Na representação completa de todas as ligações não se tem uma visão exata da função da instalação, dificultando, acima de tudo, a localização de uma eventual falha (defeito) numa instalação de grande porte. Por isso, o diagrama completo é dividido em dois: diagrama do circuito principal e diagrama do circuito de comando.

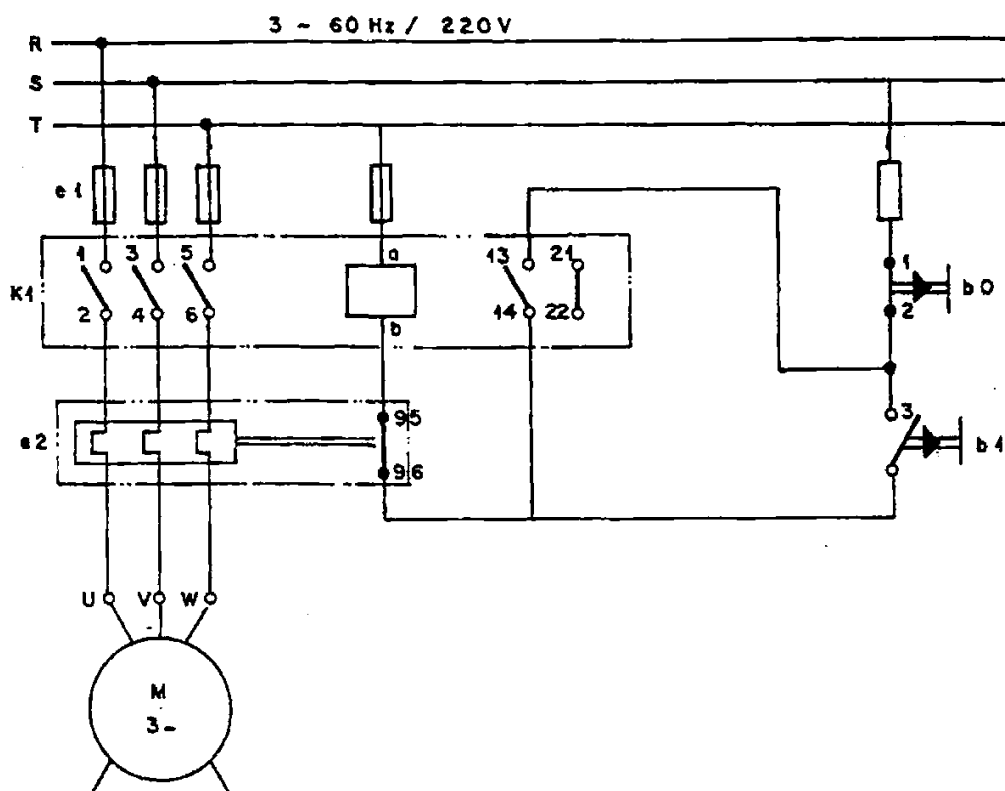


Figura 4.1 – Diagrama multifilar completo

4.2 DIAGRAMA DO CIRCUITO PRINCIPAL

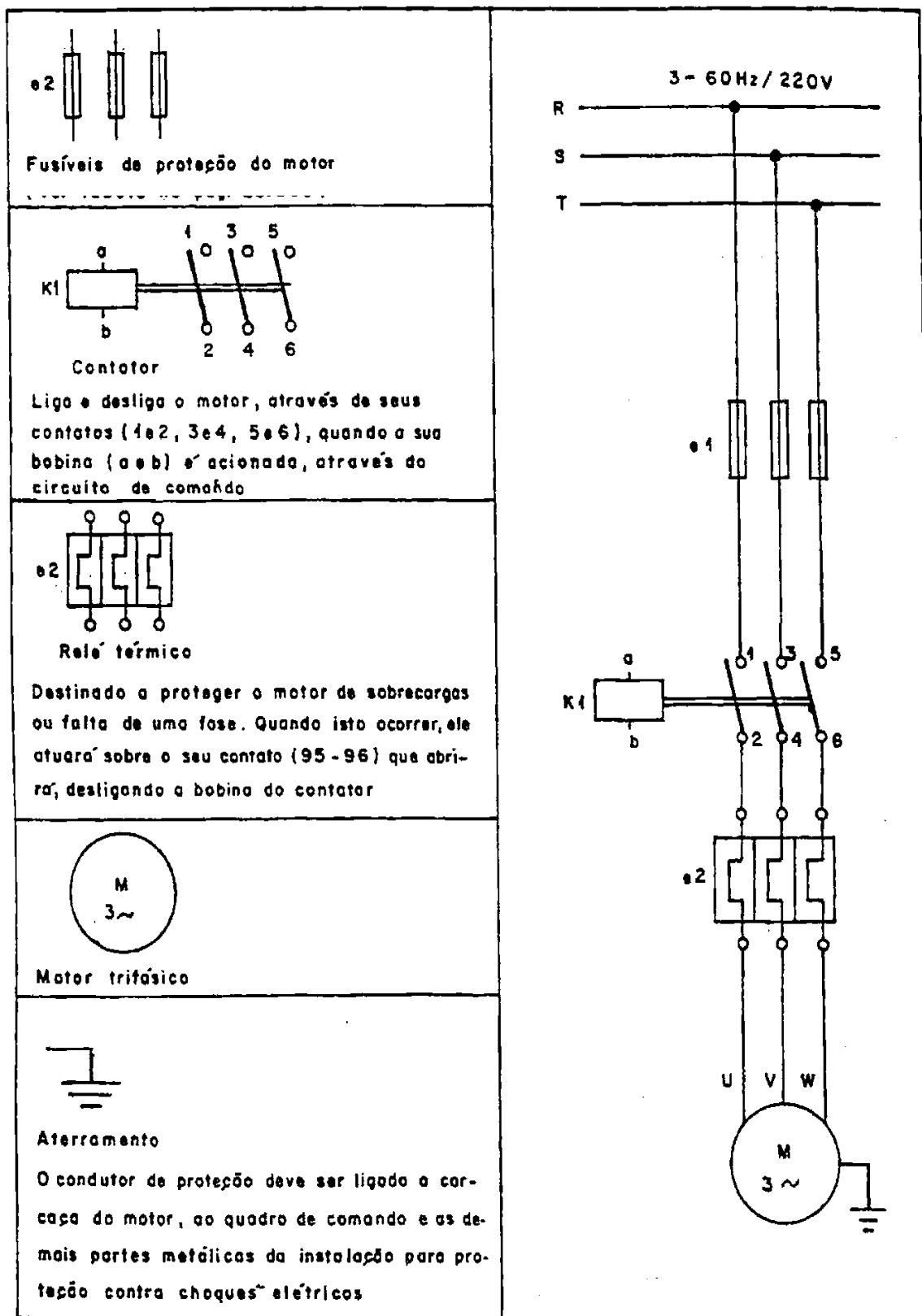


Figura 4.2 – Diagrama do circuito principal

4.3 DIAGRAMA DO CIRCUITO DE COMANDO

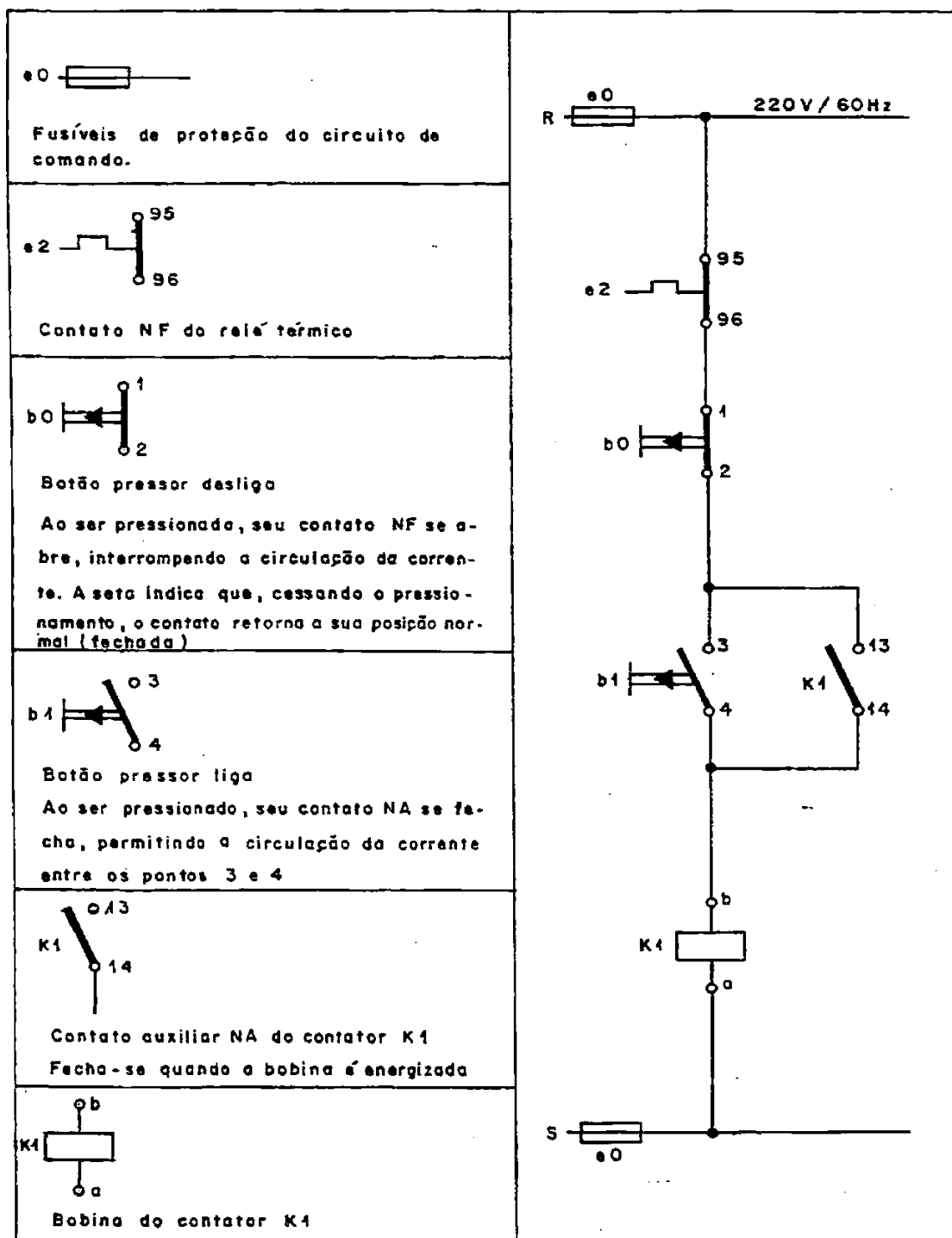


Figura 4.3 – Diagrama do circuito de comando

5. RELÉS DE TEMPO

Estudaremos, a partir de agora, sobre os relés de tempo ou relés temporizadores que atuam em circuitos de comando para a comutação de dispositivos de acionamento de motores, chaves estrela-triângulo, partidas em seqüência e outros circuitos que necessitem de temporização para seu funcionamento.

Conhecer esse componente é muito importante para a manutenção de equipamentos industriais.

Relés Temporizadores

Nos relés temporizadores, a comutação dos contatos não ocorre instantaneamente. O período de tempo (ou retardo) entre a excitação ou a desexcitação da bobina e a comutação pode ser ajustado.

Essa possibilidade de ajuste cria dois tipos de relés temporizadores: o relé de ação retardada por atração (ou relé de excitação) e o relé de ação retardada por repulsão (ou relé de desexcitação).

Os retardos, por sua vez, podem ser obtidos por meio de relé pneumático de tempo, relé mecânico de tempo e por meio do relé eletrônico de tempo.

Relé Pneumático de Tempo

O relé pneumático de tempo é um dispositivo temporizador que funciona pela ação de um eletroímã que aciona uma válvula pneumática.

O retardo é determinado pela passagem de uma certa quantidade de ar através de um orifício regulável. O ar entra no dispositivo pneumático que puxa o balancim para cima, fornecendo corrente para os contatos. Observe:

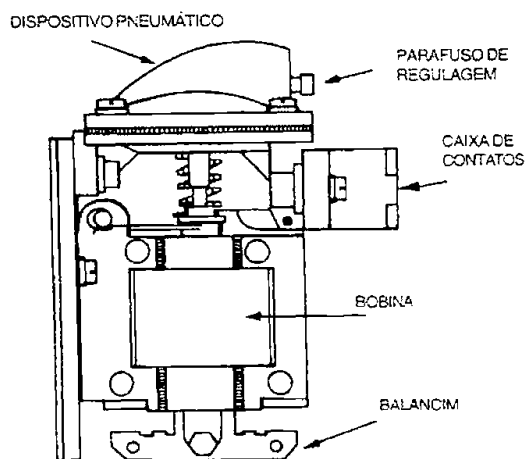


Figura 5.1 – Relé pneumático de tempo

Esse tipo de relé é usado em chaves de partida estrela-triângulo ou compensadoras, na comutação de contadores ou na temporização em circuitos seqüenciais. O retardo fornecido varia de um a sessenta segundos, porém não é muito preciso.

Funcionamento do Relé Pneumático de Tempo

Na condição inicial, o eletroímã é energizado e libera a alavanca (1). A mola (6) tende a abrir a sanfona, mantendo a válvula (5) fechada. A velocidade de abertura depende diretamente da vazão permitida pelo parafuso (9) que controla a admissão do ar.

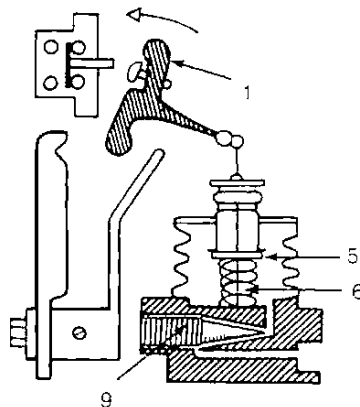


Figura 5.3 – Relé pneumático de tempo na condição inicial

Após um tempo “t”, que depende da regulagem do parafuso, a sanfona está completamente aberta e aciona os contatos fechadores e abridores.

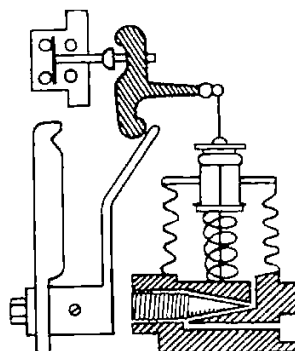


Figura 5.4 – Relé pneumático de tempo após um tempo de funcionamento

Quando o contato é desenergizado, o braço de acionamento age sobre a alavanca e provoca a abertura da válvula (5), liberando o contato. O conjunto volta instantaneamente à posição inicial.

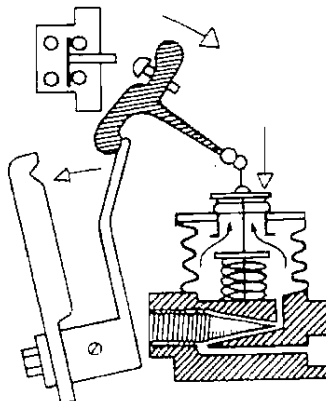


Figura 5.5 – Relé pneumático de tempo desenergizado

Relé Mecânico de Tempo

O relé mecânico de tempo é constituído por um pequeno motor, um jogo de engrenagens de redução, um dispositivo de regulação, contatos comutadores e mola de retorno. Observe:

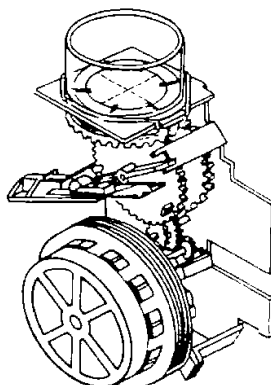


Figura 5.6 – Relé mecânico de tempo

Funcionamento do Relé Mecânico de Tempo

No relé de retardo mecânico, um came regulável é acionado pelo redutor de um motor. Após um tempo determinado, o came abre ou fecha o contato.

Se for necessário, o motor poderá permanecer ligado, e os contatos do relé ficarão na posição inversa à normal.

Os relés de tempo motorizados podem ser regulados para fornecer retardo desde segundos até 30 horas.

Quando um contator tiver elevado consumo e a corrente de sua bobina for superior à capacidade nominal do relé, é necessário usar um contator para o temporizador.

Relé Eletrônico de Tempo

O relé eletrônico de tempo é acionado por meio de circuitos eletrônicos. Esses circuitos podem ser constituídos por transistores, por circuitos integrados como o CI 555 ou por um UJT. Estes funcionam como um monoestável e comandam um relé que acionará seus contatos no circuito de comando.

6. TRANSFORMADORES PARA COMANDOS

Quando é necessário reduzir a corrente de linha e a tensão a valores que possibilitem a utilização de relés de pequena capacidade, em circuitos de comando de motores, usam-se transformadores.

Transformadores também são usados junto a chaves compensadoras para evitar o arranque direto.

Este é o assunto deste capítulo. Para aprendê-lo com mais facilidade, é necessário que você tenha conhecimentos anteriores sobre tensão, corrente e transformadores.

Transformadores para comando são dispositivos empregados em comandos de máquinas elétricas para modificar valores de tensão e corrente em uma determinada relação de transformação.

A instalação de transformadores exige que se considere algumas características elétricas. Elas são:

- tipo de transformador;
- índice de saturação para relés temporizados;
- relação de transformação;
- tensões de serviço;
- tensões de prova;
- classe de precisão;
- frequência.

Os transformadores de comando podem ser de vários tipos:

- transformadores de tensão;
- transformadores para chaves compensadoras;
- transformadores de corrente.

Transformadores de Tensão

Os transformadores de tensão são usados para:

- reduzir a tensão a níveis compatíveis com a tensão dos componentes do comando (relés, bobinas);
- fornecer proteção nas manobras e nas correções de defeitos;
- separar o circuito principal do circuito de comando, restringindo e limitando possíveis curtos-circuitos a valores que não afetem o circuito de comando;
- amortecer as variações de tensões, evitando possíveis ricochetes e prolongando, portanto, a vida útil do equipamento.

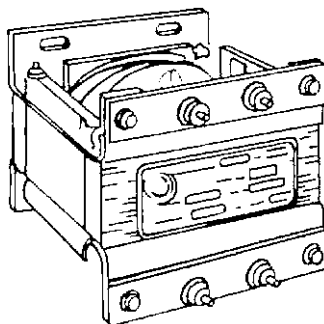


Figura 6.1 - Transformador de tensão

Transformadores Para Chaves Compensadoras

Esse tipo de transformador é usado para evitar o arranque direto do motor. Suas derivações permitem partidas com 65 a 80% da tensão nominal, conforme o torque necessário para a partida. São construídos com duas colunas, com ligações em triângulo, ou com três colunas, com ligação em estrela.

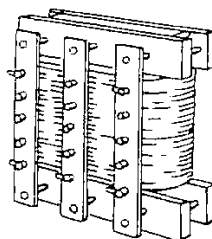


Figura 6.2 - Transformador para chaves compensadoras

Um único transformador pode ser usado para a partida em seqüência de vários motores. Nesse caso, a partida será automática, realizada por meio de relés temporizadores e contatores.

Transformador de Corrente

O transformador de corrente atua com relés térmicos de proteção contra sobrecarga. Ele é associado a relés térmicos cuja corrente nominal é inferior à da rede.

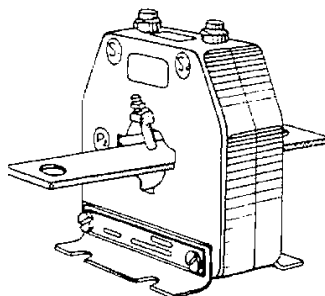


Figura 6.3 - Transformador de correntes

Sua relação de transformação é indicada na placa. Por exemplo, uma indicação 200/5 mostra que, quando houver uma corrente de 200A na rede principal, a corrente do relé será de 5A.

Na proteção contra sobrecarga, esse transformador permite longos picos de corrente de partida dos motores de grande porte. Nesse caso, ele estabiliza a corrente secundária pela saturação do núcleo, o que permite um controle mais efetivo.

Além disso, o tamanho reduzido do relé torna possível uma regulação mais eficiente com a redução dos esforços dinâmicos produzidos pela corrente elétrica.

7. MOTORES MONOFÁSICOS

7.1 LIGAÇÃO DE MOTORES MONOFÁSICOS

Os motores monofásicos de fase auxiliar podem ser construídos com dois, quatro ou seis terminais de saída.

Os motores de dois terminais funcionam em uma tensão (110 ou 220V) e em um sentido de rotação.

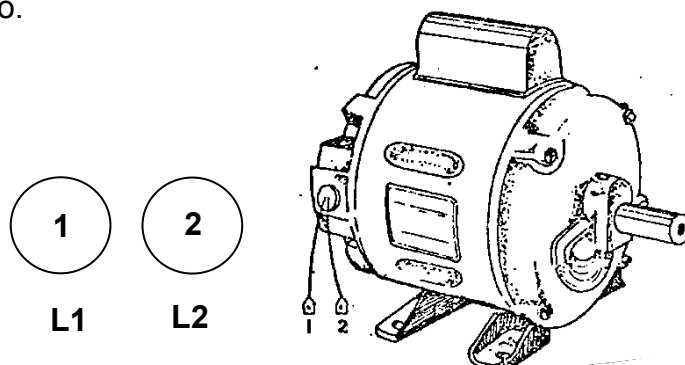


Figura 7.1 – Bornes de ligação e motor monofásico

Os de quatro terminais são construídos para uma tensão (110 ou 220V) e dois sentidos de rotação, os quais são determinados conforme a ligação efetuada entre o enrolamento principal e o auxiliar.

De modo geral, os terminais do enrolamento principal são designados pelos números 1 e 2 e os do auxiliar, por 3 e 4.

Para inverter o sentido de rotação, é necessário inverter o sentido da corrente no enrolamento auxiliar, isto é, trocar o 3 pelo 4.

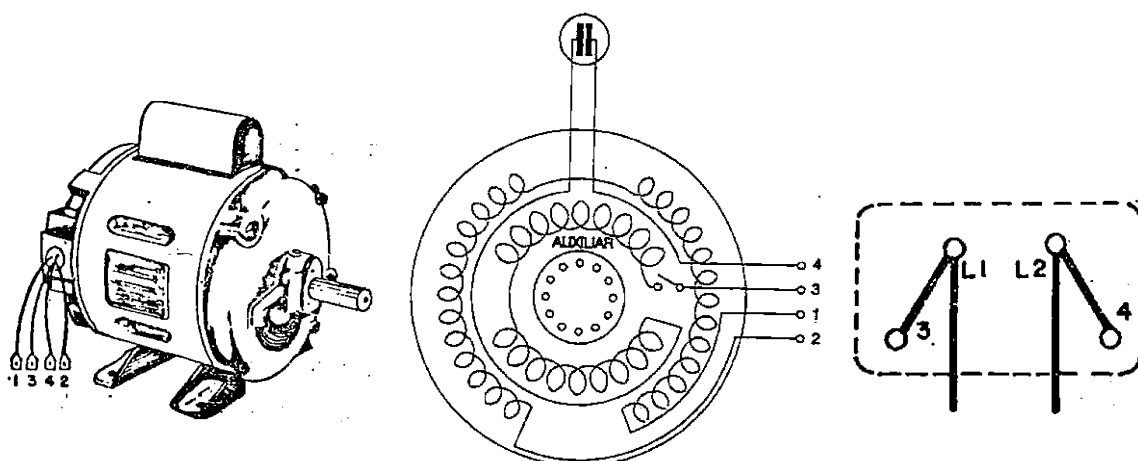


Figura 7.2 – Para inverter a ligação, basta trocar o 3 pelo 4

Os motores de seis terminais são construídos para duas tensões (110 e 220V) e para dois sentidos de rotação.

Para a inversão do sentido de rotação, inverte-se o sentido da corrente no enrolamento auxiliar.

O enrolamento principal é designado pelos números 1, 2, 3 e 4 e o auxiliar por 5 e 6. Para a inversão do sentido de rotação, troca-se o terminal 5 pelo 6.

As bobinas do enrolamento principal são ligadas em paralelo, quando a tensão é de 110V e, em série, quando a tensão é de 220V.

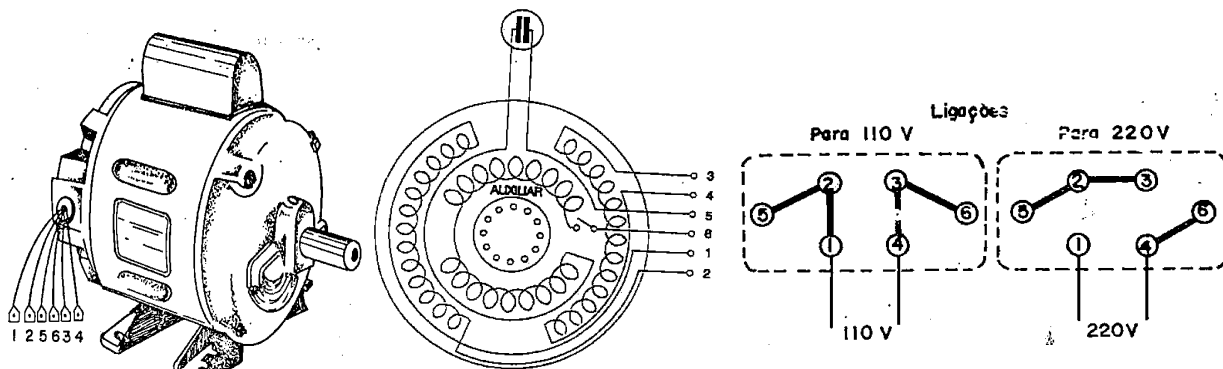


Figura 7.3 – Para inverter a rotação, trocar o 5 pelo 6

O motor de fase auxiliar admite reversibilidade quando retiram-se os terminais do enrolamento auxiliar para fora com cabos de ligação. Admite também chave de reversão, mas nesse caso, a reversão só é possível com o motor parado.

A potência desse motor varia de 1/6cv até 1cv, mas para trabalhos especiais existem motores de maior potência.

A velocidade desse tipo de motor é constante e, de acordo com a frequência e o número de pólos, pode variar de 1425 a 3515rpm.

7.2 LIGAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO COM CHAVE DE REVERSÃO MANUAL

Chave Bipolar de Reversão Manual

É um dispositivo de manobra para motores monofásicos de fase auxiliar, que reverte a rotação nos dois sentidos (horário e anti-horário).

Chave Bipolar de Reversão Manual	Descrição
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Composta de: alavanca com haste metálica cilíndrica, roscada nas extremidades e peça esférica de baquelita ou ebonite, enroscada numa extremidade (a); eixo metálico (b); dois contatos metálicos móveis, em forma de L (c); seis contatos metálicos fixos (d); caixa metálica (e); barra de material isolante de ebonite ou fenolite (f) e tampa metálica dotada de furos para fixação à caixa (g). 2. Serve para manobrar motores monofásicos de fase auxiliar, nos dois sentidos de rotação: horário e anti-horário.

Tabela 7.1

O motor de corrente alternada monofásica é representado da seguinte forma de acordo com a ABNT:

SÍMBOLOS			
Motor Monofásico			
Multifilar		Unifilar	
Usual	ABNT	Usual	ABNT



Tabela 7.2

Funcionamento

As chaves de reversão manual são utilizadas em motores monofásicos de fase auxiliar e são encontradas no comércio em vários modelos de diferentes fabricantes. No entanto, o importante é selecionar uma chave que atenda às características do motor (potência), proporcionando segurança de operação e que tenha três posições conforme o esquema seguinte.

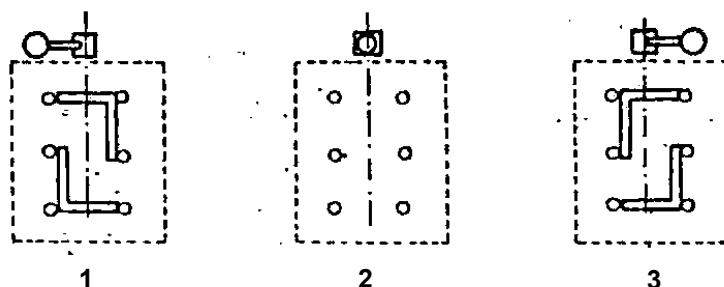


Figura 7.4 – 1 = Alavanca à esquerda
2 = Alavanca ao centro
3 = Alavanca à direita

Com a alavanca à esquerda, o eixo do motor gira numa determinada direção. Com a alavanca ao centro, o motor não se move. Com a alavanca à direita, o eixo gira em direção oposta.

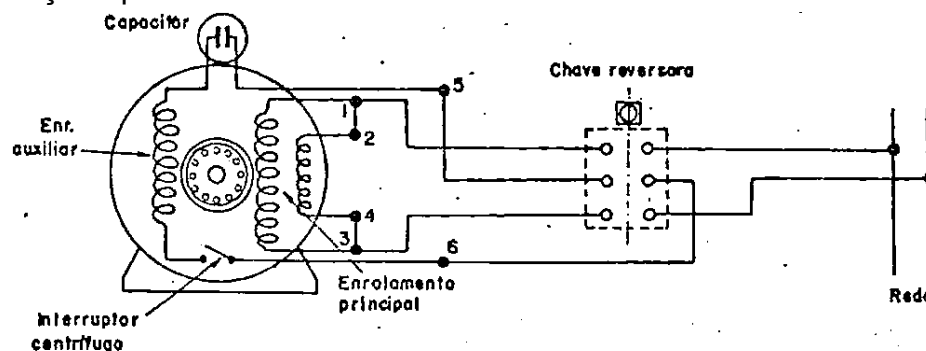


Figura 7.5 - Diagrama básico da ligação das chaves de reversão manual

Os diagramas a seguir tratam de um motor de fase auxiliar com terminais, ligado com chave de reversão em 110V.

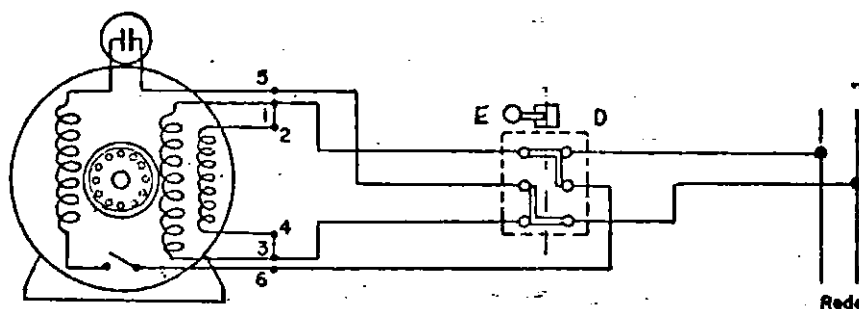


Figura 7.6 - A chave está à esquerda, portanto, o motor deverá girar no sentido anti-horário

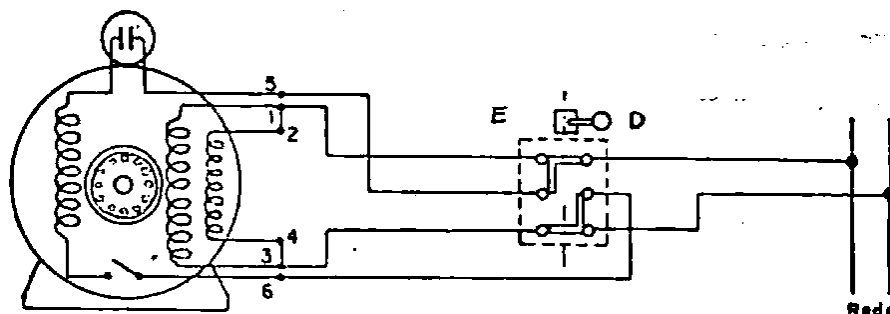
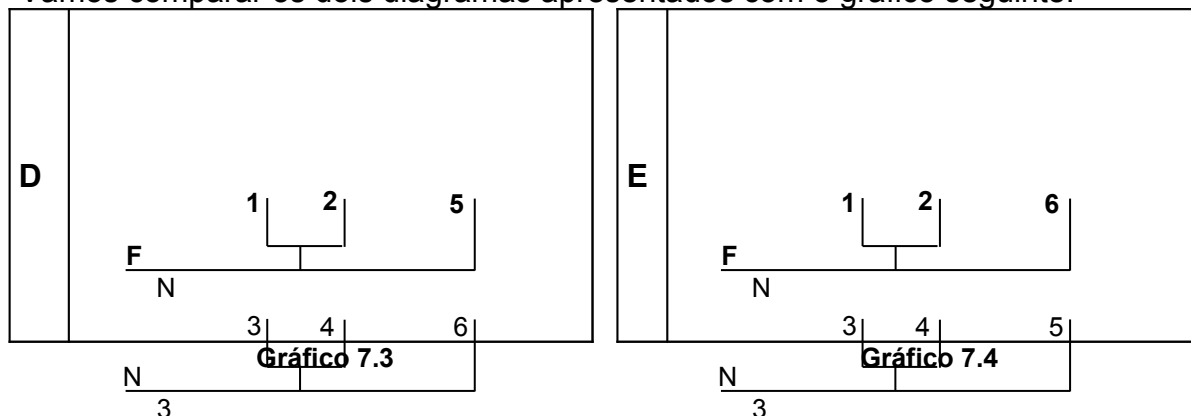


Figura 7.7 - A chave está à direita, portanto, o motor deverá girar no sentido horário

Vamos comparar os dois diagramas apresentados com o gráfico seguinte.



Concluimos que, na posição (D), os terminais 1,2 e 5 estão ligados no condutor fase e os terminais 3,4 e 6 estão ligados no neutro e na posição (E).

Os terminais 1,2 e 6 estão ligados no condutor fase e os terminais 3,4 e 5 estão ligados no condutor neutro.

Assim, quando quiser comparar o funcionamento de chaves, utiliza-se um gráfico como este ou similar.

Para a inversão do sentido de rotação do motor monofásico em rede de 220V, as ligações à chave serão as seguintes:

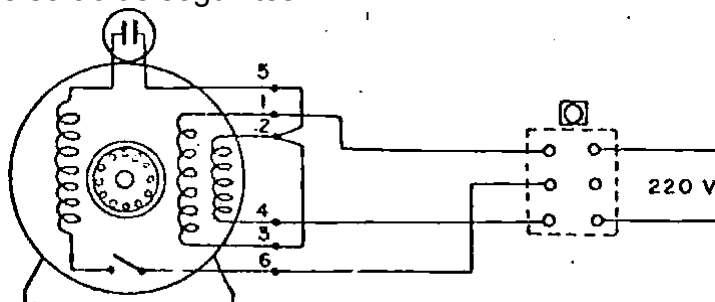


Figura 7.8

7.3 DIAGRAMAS UNIFILAR E MULTIFILAR DA INSTALAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO COM CHAVE DE REVERSÃO

Símbolos

SÍMBOLO			
CHAVE DE REVERSÃO			
Multifilar		Unifilar	
Usual	ABNT	Usual	ABNT
FUSÍVEL			
Multifilar		Unifilar	
Usual	ABNT	Usual	ABNT
<p>Nota: A quantidade de fusíveis é indicada pelos traços no símbolo abaixo.</p>			

Tabela 7.5

Diagrama Unifilar

O diagrama unifilar está representado em elevação, pois dá uma visualização real do traçado do percurso e localização das peças, por isso, é muito utilizado, nas instalações de motores. A seguir, temos um diagrama deste tipo, cujas representações gráficas são:

- motor(1);
- voltas (2);
- chave de reversão (3);
- fusíveis de cartucho(4);
- chave de proteção(5);
- caixa de passagem (6);
- rede (7) e
- condutores.

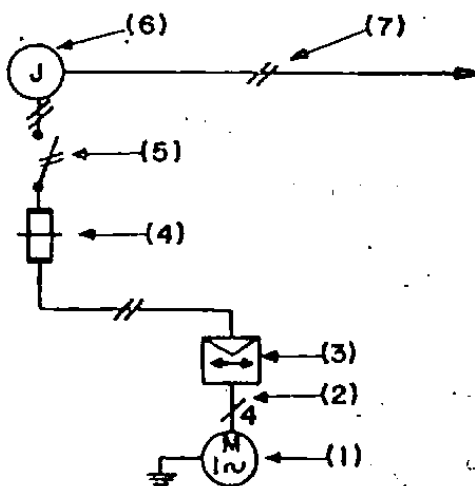


Figura 7.9

Em qualquer trecho da instalação em que os condutores não estiverem contados (indicação da bitola ao lado dos símbolos), trata-se de condutor número 14 AWG.

Diagrama Multifilar

A rede (fase e neutro) está ligada à chave de proteção. Dois condutores interligam a chave de proteção (lado dos fusíveis) à chave de reversão, sendo esta interligada ao motor por quatro condutores.

Ao fazer as conexões dos condutores, siga rigorosamente o diagrama pois, a troca de posição de um simples condutor trará sérias consequências, até mesmo a queima do motor.

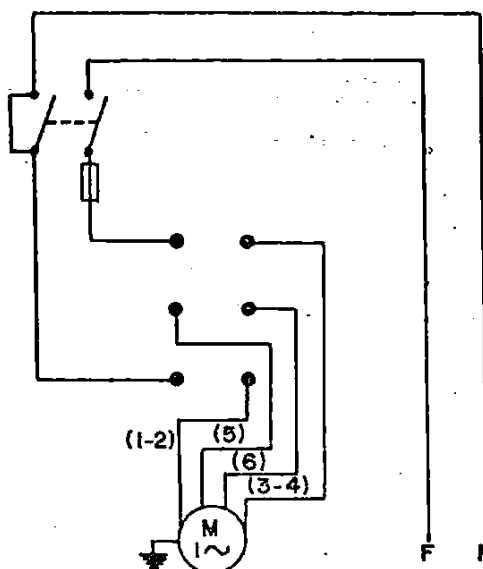


Figura 7.10

7.4 APLICAÇÃO DE UM MOTOR MONOFÁSICO EM UMA MOTOBOMBA

Diagrama Unifilar da Motobomba Comandada por Chave de Bóia

Representação do diagrama unifilar do circuito com motobomba, comandada por chave de bóia.

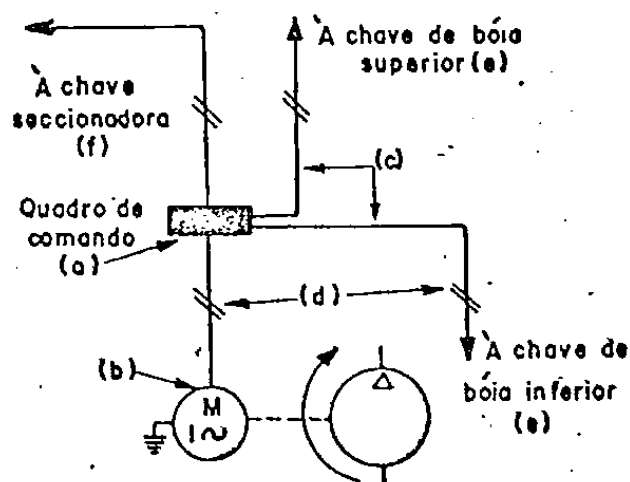


Figura 7.11

Descrição

- quadro de comando (a);
- motobomba (b);
- condutores (c);
- quantidade de condutores (d);
- chaves de bóia superior e inferior (e);
- chave seccionadora (f).

Diagrama Multifilar da Motobomba Comandada por Chave de Bóia

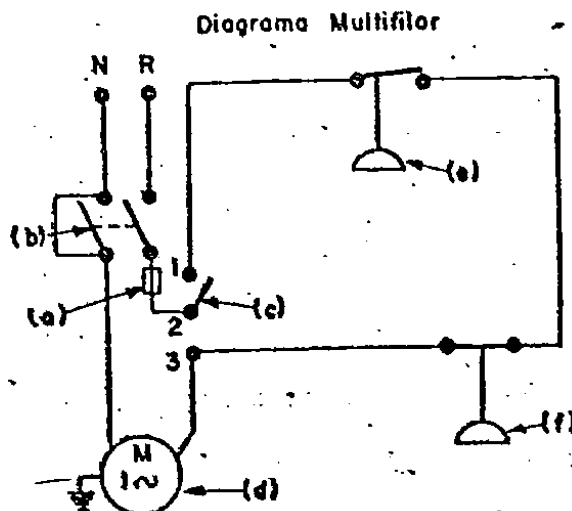


Figura 7.12

Descrição

- fusíveis (a);
- chave seccionadora (b);
- chave seletora (c);
- motobomba monofásica (d);
- chave de bóia do reservatório superior (e);
- chave de bóia do reservatório inferior (f).

Funcionamento

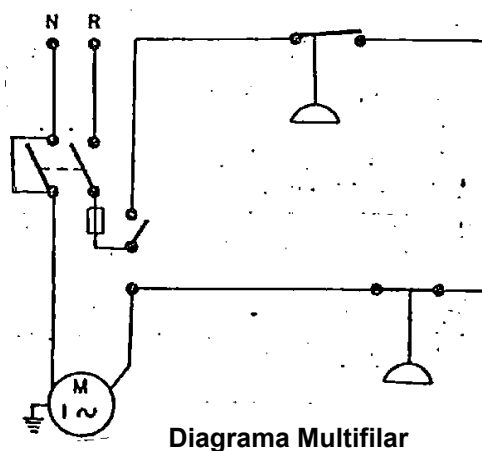
A alimentação do motor da bomba se dá a partir de uma rede monofásica de 110Vca, conectada através de uma chave seccionadora (b), com fusíveis de proteção (a). A bomba (d) pode ser comandada de dois modos:

manual: quando a chave seletora (c) está ligada para baixo e fechando os contatos 2 e 3. Neste caso, o operador deverá ficar vigiando o nível da água nos dois reservatórios e desligar a bomba pela chave seccionadora, quando o superior estiver cheio ou faltar água no inferior.

automático: quando a chave seletora está ligada para cima e fechando os condutores 1 e 2. Neste caso, a operação será automaticamente controlada pelas chaves de bóia (e, f). A chave seccionadora poderá ser desligada em horários que não recomendem o funcionamento da bomba.

7.5 EXERCÍCIOS

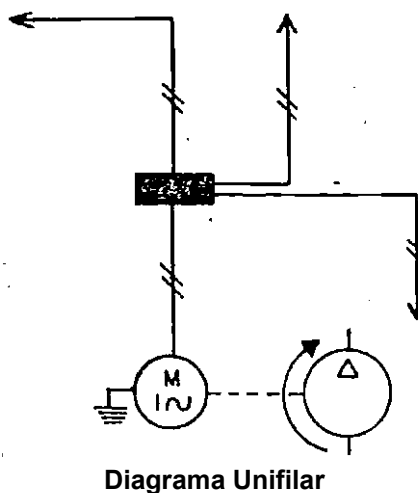
1. Escreva no diagrama multifilar as letras correspondentes à descrição.



Descrição

- fusível (a);
- chave seccionadora (b);
- chave seletora (c);
- motobomba monofásica (d);
- chave de bóia do reservatório superior (e);
- chave de bóia do reservatório inferior (f).

2. Escreva no diagrama unifilar as letras correspondentes à descrição.



Descrição

- quadro e comando (a);
- motobomba (b);
- condutores (c);
- quantidade de condutores (d);
- chaves de bóia superior e inferior (e);
- chave seccionadora (f).

8. MOTORES TRIFÁSICOS

Quando há necessidade de controlar o movimento de avanço ou retrocesso de um dispositivo motorizado de uma máquina, empregam-se contatores comandados por botões e por chaves fim de curso.

A reversão é feita pela inversão das fases de alimentação. Esse trabalho é realizado por dois contatores comandados por dois botões, cujo acionamento fornece rotações nos sentidos horário e anti-horário.

Para aprender esse conteúdo com mais facilidade, você deve ter conhecimentos anteriores relativos a contatores.

Chaves Auxiliares Tipo Fim de Curso

Para estudar a reversão de rotação de motores trifásicos, estudaremos inicialmente as chaves tipo fim de curso.

Essas chaves são dispositivos auxiliares de comando usadas para comandar contatores, válvulas solenóides e circuitos de sinalização.

São constituídas por uma alavanca ou haste, com ou sem roldanas na extremidade, cuja função é transmitir movimento aos contatos a fim de abri-los ou fechá-los.

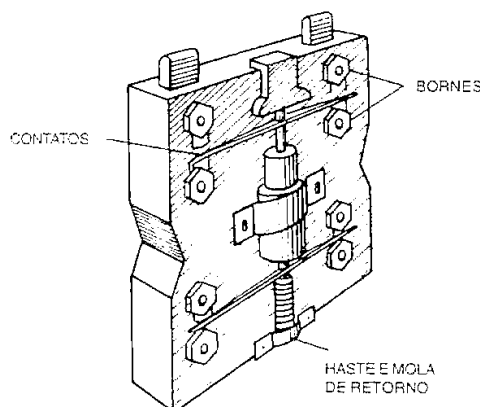


Figura 8.1 – Chave auxiliar tipo fim de curso

Essas chaves podem ser: mecânica, de precisão e eletromagnética. A chave fim de curso mecânica depende de uma ação mecânica para acionar seus contatos. Seu movimento pode ser retilíneo ou angular.

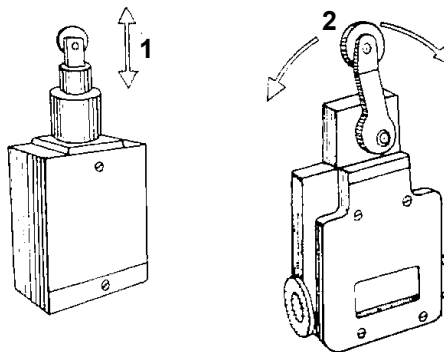
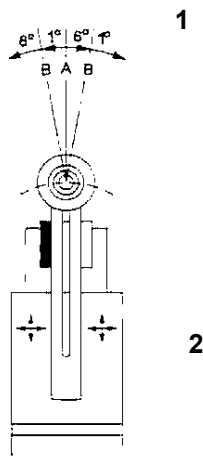


Figura 8.2 - 1 = Movimento retilíneo
2 = Movimento angular

Elas são usadas para:

- controle - aceleração de movimentos; determinação de pontos de parada de elevadores; produção de seqüência e controle de operação; sinalização;
- comando - inversão de curso ou sentido de rotação; parada;
- segurança - paradas de emergência, alarme e sinalização.

A chave fim de curso de precisão atua com um mínimo de movimento: mais ou menos 0,5mm de curso de haste ou 6° de deslocamento angular de alavanca.



**Figura 8.3 - 1 = Movimento angular
2 = Fim de curso de precisão**

Observação: Existe uma chave fim de curso de manobra rápida, cuja haste ou alavanca tem movimento lento, mas cujo disparo do contato é rápido, já que é acionado por mola de disparo.

A chave fim de curso eletromagnética funciona por indução eletromagnética, ou seja, uma bobina atravessando o campo magnético recebe a indução de uma corrente elétrica, que aciona os contatos através de um relé.

Observação: Para mais informações sobre essa chave, consulte o manual do fabricante. (Por exemplo, "Manual de baixa tensão - nº 22 - Siemens".)

8.1 LIGAÇÕES DOS MOTORES TRIFÁSICOS

Nos motores trifásicos, podemos fazer vários tipos de ligações e essas ligações dependem do número de terminais de saída do motor. Normalmente são encontrados motores com 3, 6, 9 e 12 terminais de saída que serão identificados por números (1, 2, 3, 4, 5 e 6) ou letras (u, v, w, x, y e z).

Os dados técnicos referentes aos motores vêm especificados na placa de identificação dos mesmos. Observe, por exemplo, as especificações do motor desenhado em seguida.

A	Nº C 845970	B	Mod. T 214-6		
C	V 220/380	D	CV 1,0	E	F 3
F	Rpm 1750 60Hz	G	3,8/2,2A		

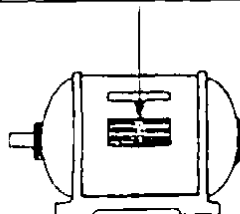


Figura 8.4 - A – número do motor: C845970
 B – modelo do motor: T214-6
 C – tensão de funcionamento: 220/380V
 D – potência em cv: 1,0
 E – motor trifásico (3 fases)
 F – rotação por minuto: 1750 em 60 Hz
 G – intensidade de corrente: 3,8/2,2 A

Os vários tipos de ligações serão denominados de estrela (Y) ou Triângulo (Δ). Seguem-se algumas ligações de motores trifásicos.

Motor Trifásico de 3 Terminais

O motor de três terminais é construído para funcionar apenas em uma tensão, seja para 220, 380, 440 ou 760 V. Sua ligação à rede se faz conectando os terminais 1, 2 e 3 aos terminais da rede L_1 , L_2 e L_3 em qualquer ordem.

Observação: Quando for necessário inverter o sentido de rotação do motor trifásico, basta trocar duas fases entre si.

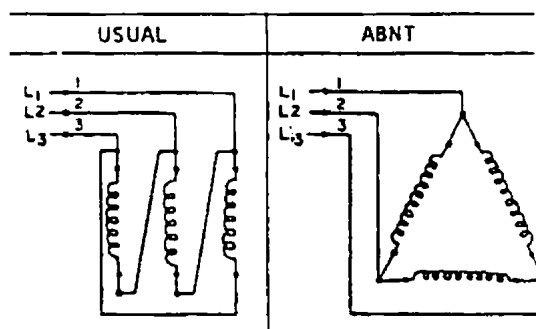


Figura 8.5 – Ligação do motor trifásico de 3 terminais.

Motor Trifásico de 6 Terminais

O número de terminais que mais se encontra nos motores trifásicos é o de 6 terminais. Esse motor pode ser ligado para duas tensões, geralmente 220/380V ou 220/440V.

Motor Trifásico de 6 Terminais Para Tensões de 220V

A ligação dos terminais do motor de 6 terminais para uma tensão de 220V é feita em triângulo (Δ), ou seja, o 1 e 6 ao L_1 ; o 2 e 4 ao L_2 e 3 e 5 ao L_3 .

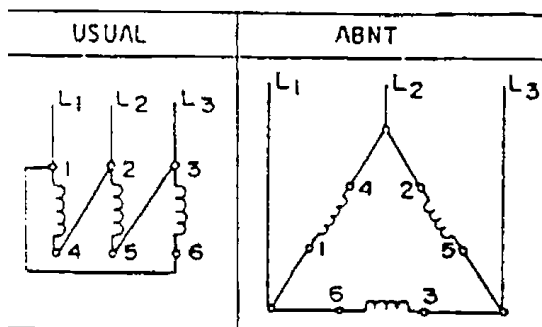


Figura 8.6 – Ligação do motor trifásico de 6 terminais

Motor Trifásico de 6 Terminais Para Tensões de 380V ou 440V

No motor com 6 terminais para tensão de 380V ou 440V, a ligação dos terminais é feita em estrela (Y), ou seja, 1 ao L_1 ; 2 ao L_2 ; 3 ao L_3 sendo que 4, 5 e 6 ficam ligados entre si.

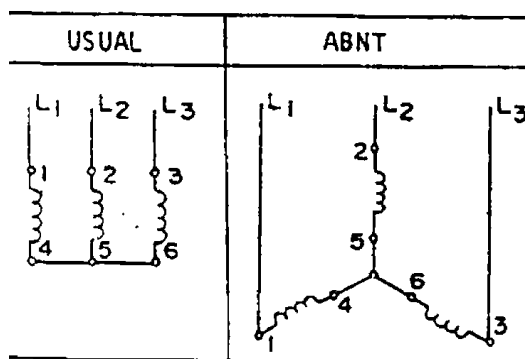


Figura 8.7 – Ligação do motor trifásico de 6 terminais para tensões de 380V ou 440V

Motor Trifásico de 12 Terminais

O motor trifásico de 12 terminais pode ser ligado para quatro tensões: 220V, 380V, 440V e 760V.

Motor Trifásico de 12 Terminais Para Tensões de 220V

O motor trifásico de 12 terminais para uma tensão de 220V deve ter os terminais ligados em dois triângulos ($\Delta \Delta$), ou seja, o 1, 7, 6 e 12 ao L_1 ; o 2, 8, 4 e 10 ao L_2 e o 3, 5, 9 e 11 ao L_3 .

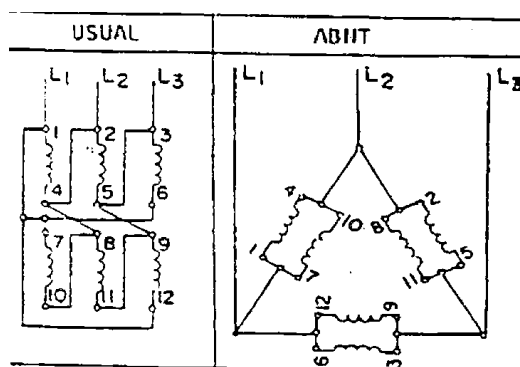


Figura 8.8 – Ligação do motor trifásico de 12 terminais para tensões de 220V

Motor Trifásico de 12 Terminais Para Tensão de 380V

O motor com 12 terminais para tensão de 380V deve ter os terminais ligados em duas estrelas (YY), ou seja, 1 e 7 ao L_1 ; 2 e 8 ao L_2 ; 3 e 9 ao L_3 sendo que tanto o 4, o 5 e o 6 como o 10, o 11 e o 12 ficam ligados entre si.

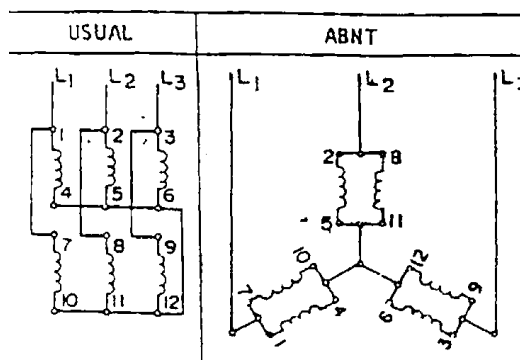


Figura 8.9 – Ligação do motor trifásico de 12 terminais para tensões de 380V

Motor Trifásico de 12 Terminais Para Tensão de 440V

O motor com 12 terminais para tensão de 440V deve ter os terminais ligados em triângulo (Δ), ou seja, 1 e 12 ao L_1 ; 2 e 10 ao L_2 ; 3 e 11 ao L_3 sendo que tanto o 4 e 7; o 5 e 8 e o 6 e 9 ficam ligados entre si.

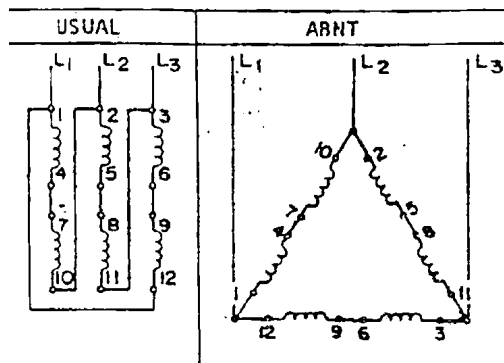


Figura 8.10 – Ligação do motor trifásico de 12 terminais para tensões de 440V

Motor Trifásico de 12 Terminais Para Tensão de 760V

O motor com 12 terminais para tensão de 760V deve ter os terminais ligados em estrela (Y), ou seja, 1 ao L₁; 2 ao L₂; 3 ao L₃ sendo que 4 e 7; 5 e 8; 6 e 9; 10; 11 e 12 ficam ligados entre si.

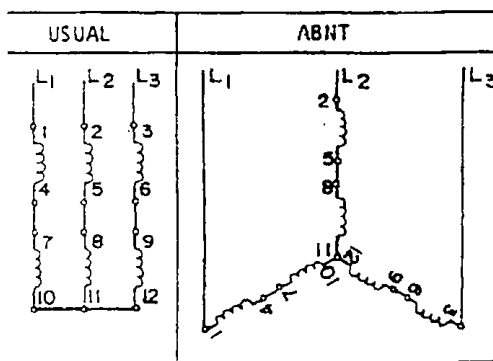


Figura 8.11 – Ligação do motor trifásico de 12 terminais para tensões de 760V

Motor Trifásico de 9 Terminais

O motor de 9 terminais é construído para funcionar em duas tensões, seja para 220/440V ou 380/760V.

Neste tipo de motor trifásico já estão ligados, internamente entre si, os terminais 10, 11 e 12.

Motor Trifásico de 9 Terminais Para Tensão de 220V ou 380V

No motor com 9 terminais para tensão 220V ou 380V, a ligação dos terminais é feita em dupla estrela (YY), ou seja, 1 e 7 ao L₁; 2 e 8 ao L₂; 3 e 9 ao L₃ e 6, 4 e 5 ligados entre si.

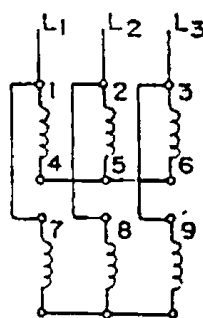


Figura 8.12 – Ligação do motor trifásico de 9 terminais para tensões de 220V ou 380V

Motor Trifásico de 9 Terminais Para Tensão de 440V ou 760V

No motor de 9 terminais para tensão de 440V ou 760V, a ligação dos terminais é feita em estrela (Y), ou seja, 1 ao L₁; 2 ao L₂; 3 ao L₃; 4 e 7 e 5 e 8 e 6 e 9 ligados entre si.

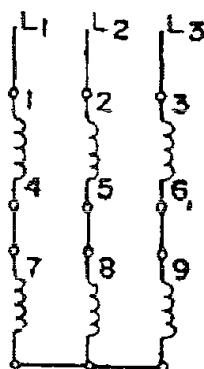


Figura 8.13 – Ligação do motor trifásico de 9 terminais para tensões de 440V ou 760V

8.2 SISTEMA DE PARTIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS

Os motores trifásicos podem fazer uso de diversos sistemas de partida. A escolha de cada um depende das condições exigidas pela rede, das características da carga e da potência do motor.

Para iniciar o estudo dos comandos das máquinas elétricas, veremos os tipos e os sistemas de partida para motores trifásicos.

Para isso, é necessário que você domine os conceitos sobre corrente alternada, transformadores e ligações estrela e triângulo.

Conjugado ou Momento

Conjugado ou momento é o conjunto de forças (binário) produzido pelo eixo do rotor que provoca o movimento de rotação.

O conjugado não é constante do momento da partida até que a velocidade nominal seja alcançada. Essa variação chama-se curva de conjugado, cujos valores são expressos em porcentagem em relação ao conjugado nominal, ou seja, com relação ao conjugado na velocidade a plena carga.

Cada motor tem sua própria curva de conjugado. Essa curva varia com a potência e a velocidade do motor. Assim, em motores de velocidade e potência iguais, mas de fabricantes diferentes, geralmente a curva do conjugado é diferente.

O conjugado pode ser calculado pela fórmula:

$$M = 9,55 \cdot \frac{P}{n} \text{ dado em N} \cdot \text{m (newton} \cdot \text{metro)}$$

Onde: **M** = momento ou conjugado

P = potência

n = rotação

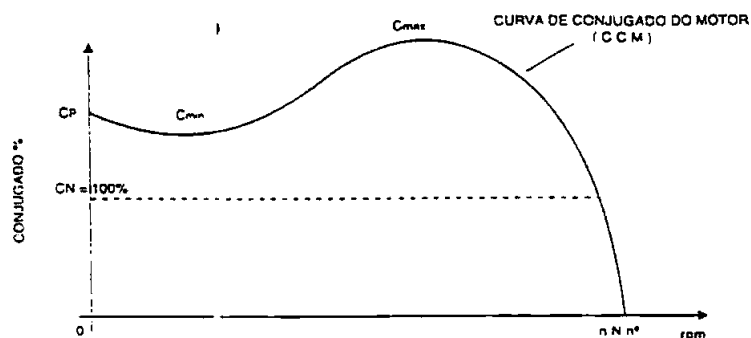


Figura 8.14 – Gráfico da curva típica do conjugado motor

Para a carga, temos a curva do conjugado resistente (CCR), que varia segundo o tipo de carga.

Veja as curvas do conjugado resistente para alguns tipos de carga:

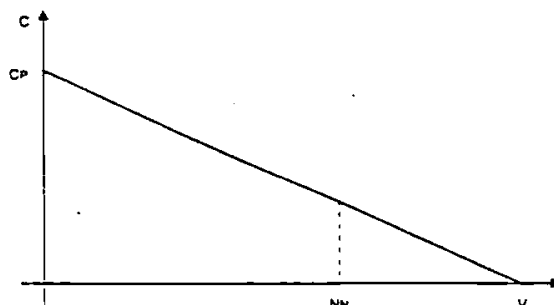


Figura 8.15 - Conjugado resistente diminui com o aumento da velocidade

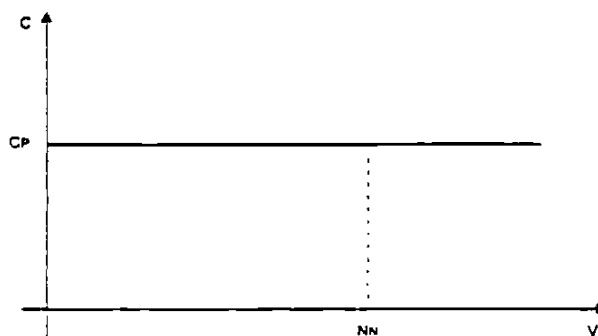


Figura 8.16 - Conjugado resistente se mantém constante com o aumento da velocidade

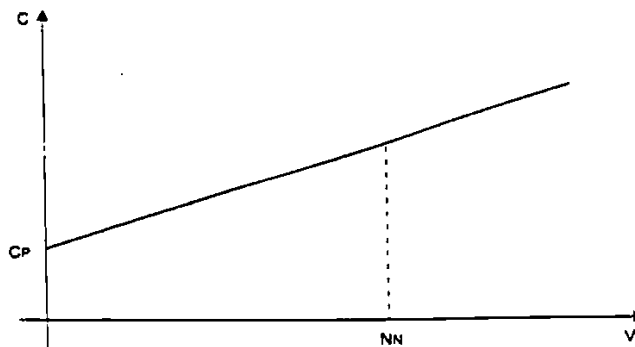


Figura 8.17 - Conjugado resistente aumenta com o aumento da velocidade

A curva do conjugado motor (CCM) deve situar-se sempre acima da curva do conjugado resistente (CCR), para garantir a partida do motor e sua aceleração até a velocidade nominal.

De modo geral, quanto mais alta a curva do conjugado do motor em relação ao conjugado resistente, melhor será o desempenho do motor.

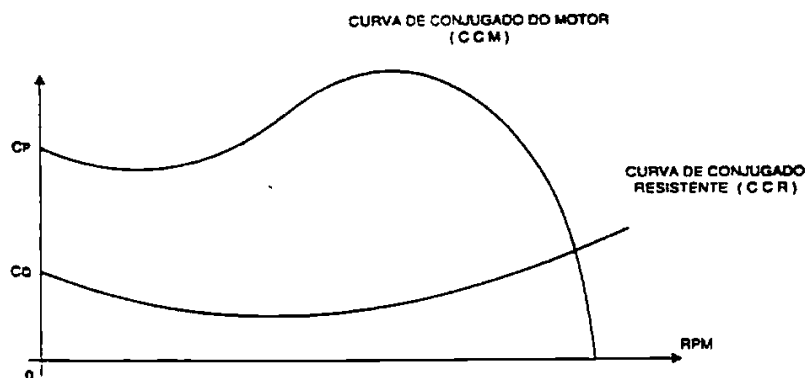


Figura 8.18 – Curva do conjugado do motor e do conjugado resistente

8.3 TIPOS DE PARTIDA

Os motores podem ser submetidos à partida direta ou a diversas modalidades de partida indireta que fornecerão curvas de conjugados diferentes.

Assim, podemos escolher um tipo de partida mais adequado à curva do conjugado da máquina, diminuindo a corrente de partida do motor.

8.3.1 PARTIDA DIRETA

A partida direta é realizada por meio de chaves de partida direta ou de contatores e se presta a motores trifásicos de rotor tipo gaiola.

Nesse tipo de partida a plena tensão, o motor pode partir a plena carga e com corrente se elevando de cinco a seis vezes o valor da corrente nominal, conforme o tipo ou número de pólos do motor.

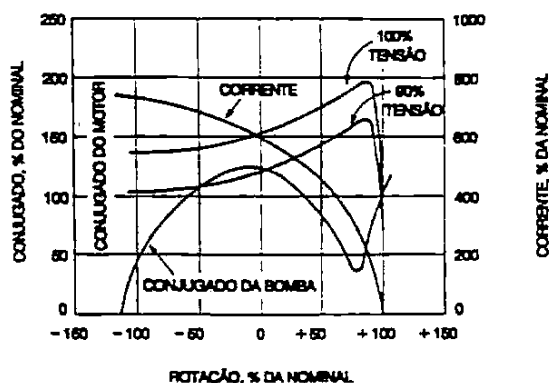


Figura 8.19 – Relação entre a rotação, o conjugado e a corrente

A corrente de partida é seis vezes o valor da corrente nominal, e o conjugado na partida atinge aproximadamente 1,5 vezes o valor do conjugado nominal.

Para cargas diferentes, as curvas características do motor permanecem constantes, pois a carga não exerce influência no comportamento do motor. A influência da carga se limita ao tempo de aceleração do motor. Assim, se a carga colocada no eixo do motor for grande, ele levará mais tempo para alcançar a velocidade nominal.

O motor não atinge a rotação em duas situações:

- 1- o conjugado de partida do motor é menor que o conjugado de partida de carga;
- 2- o conjugado mínimo do motor é menor que o conjugado da carga na velocidade nominal.

Se uma situação dessas ocorrer, o motor terá o rotor travado e poderá ser danificado se as altas correntes que circulam em seu enrolamento não forem eliminadas.

Desvantagens da Partida Direta

A utilização da partida direta apresenta as seguintes desvantagens:

- aquecimento nos condutores da rede devido aos picos de corrente;
- elevada queda de tensão no sistema de alimentação da rede, o que provoca interferência em equipamentos instalados no sistema;
- custo elevado devido à necessidade de superdimensionamento do sistema de proteção (cabos e condutores).

8.3.2 PARTIDA INDIRETA

Quando não é possível o emprego da partida direta, deve-se usar a partida indireta, cuja finalidade é reduzir o pico de corrente na partida do motor.

A redução do pico de corrente somente é possível se a tensão de alimentação do motor for reduzida, ou se for alterada a característica do motor mudando as ligações dos seus terminais.

A queda da corrente de partida é diretamente proporcional à queda de tensão. E a queda do conjugado é diretamente proporcional ao quadrado da relação entre a tensão aplicada e a tensão nominal.

8.3.3 PARTIDA POR LIGAÇÃO ESTRELA-TRIÂNGULO

A partida por ligação estrela-triângulo é um tipo de partida indireta. É usada quando a curva do conjugado do motor é suficientemente elevada para poder garantir a aceleração da máquina com a corrente reduzida. Isso acontece nos motores para serras circulares, tomo ou compressores que devem partir com válvulas abertas.

Além disso, é necessário que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão (220/380V, 380/660V, ou 440/760V) e que tenha, no mínimo, seis bornes de ligação.

O motor parte em dois estágios. No primeiro estágio, ele está ligado em estrela e pronto para receber uma tensão $\sqrt{3}$ vezes maior que a tensão da rede. Com isso, a corrente que circulará nos enrolamentos será três vezes menor, ou seja, será 1/3 da corrente para a ligação triângulo (2º estágio).

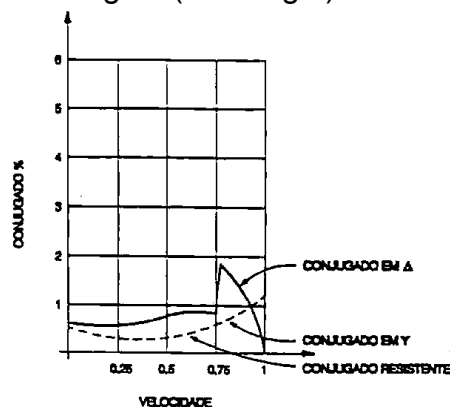


Figura 8.20 – Primeiro estágio da partida do motor por ligação estrela-triângulo

Assim, o conjugado e a corrente de partida serão, também, reduzidos a 1/3 do valor.

Observação: Como a curva do conjugado reduz-se a 1/3 do valor, sempre que se usar esse tipo de partida, deve-se empregar um motor com curva de conjugado elevada.

No segundo estágio, o motor é ligado em triângulo. Isso acontece quando a rotação atinge cerca de 80% da rotação nominal.

Essa comutação leva a um segundo pico de corrente, mas de pouca intensidade, já que o motor está girando.

Assim, o motor parte em dois pequenos picos de corrente, ao invés de um pico de grande intensidade como na partida direta.

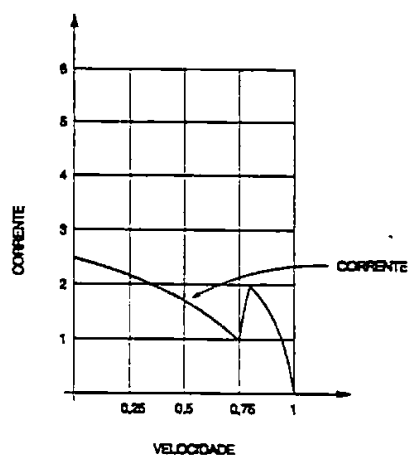


Figura 8.21 – Segundo estágio da partida do motor por ligação estrela-triângulo

Vantagens da Partida Estrela-Triângulo

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

As vantagens da partida estrela-triângulo são:

- custo reduzido;
- ilimitado número de manobras;
- componentes de tamanho compacto;
- redução da corrente de partida para aproximadamente $1/3$ da corrente de partida da ligação triângulo.

Desvantagens da Partida Estrela-Triângulo

As desvantagens da partida estrela-triângulo são:

- necessidade da existência de seis bornes ou terminais acessíveis para a ligação da chave;
- necessidade de coincidência da tensão da rede com a tensão em triângulo do motor;
- redução do momento de partida para $1/3$ como consequência da redução da corrente de partida para $1/3$;
- pico de corrente na comutação quase correspondente a uma partida direta caso o motor não atinja pelo menos 85% de sua velocidade nominal. Como consequência, aparecem problemas nos contatos dos contadores bem como na rede elétrica.

Em geral, esse tipo de partida só pode ser empregado em partidas de máquinas em vazio, ou seja, sem carga. Somente depois de o motor atingir 95% da rotação, a carga poderá ser ligada.

8.3.4 PARTIDA POR AUTOTRANSFORMADOR

Esse sistema de partida é usado para dar partida em motores sob carga, como, por exemplo, motores para calandras, bombas, britadores.

Ele reduz a corrente de partida e, por isso, evita a sobrecarga na rede de alimentação, embora deixe o motor com um conjugado suficiente para a partida e a aceleração.

A partida efetua-se em dois estágios. No primeiro, a alimentação do motor é feita sob tensão reduzida por meio do autotransformador.

Na partida, o pico de corrente e o conjugado são reduzidos proporcionalmente ao quadrado da relação de transformação. Conforme o "tap" do transformador, esta relação de transformação pode ser 65 ou 85%.

Desse modo, o conjugado do motor atinge, ainda no primeiro estágio, maior velocidade do que a atingida no sistema de ligação estrela-triângulo.

No segundo estágio, decorrido o tempo inicial da partida, o ponto neutro do autotransformador é aberto, o motor é ligado sob plena tensão, retomando suas características nominais.

A tensão no motor é reduzida através dos "taps" de 65% ou de 80% do autotransformador.

No "tap" de 65%, a corrente de linha é aproximadamente igual à do sistema de partida estrela-triângulo. Entretanto, na passagem da tensão reduzida para a plena tensão, o motor não é desligado.

O segundo pico de corrente é bastante reduzido, porque o autotransformador, por um curto período de tempo, se torna uma reatância ligada em série com o motor. Ao utilizar um autotransformador para um motor ligado a uma rede 220V e que absorva 100A, observamos que:

- se o autotransformador for ligado no "tap" de 65%, a tensão aplicada nos bornes do motor será de $0,65 \cdot 220V = 143V$
- com a tensão reduzida em 65%, a corrente nos bornes do motor também será reduzida de 65%, e será de $0,65 \cdot 100A = 65A$
- como o produto da tensão pela corrente na entrada do autotransformador é igual ao produto da tensão pela corrente na saída, a corrente na rede será de 42,25A, conforme é demonstrado a seguir:

$$220V \cdot I_E = 143V \cdot 65A$$

$$I_E = \frac{143V \cdot 65A}{220V} = 42,25A$$

- o conjugado no "tap" de 65% será então de 42%, ou seja, $M = V^2$, então, $M = 0,65 \cdot 0,65 = 0,42$

Calculando da mesma maneira, veremos que o conjugado no "tap" de 80% será de aproximadamente 64% do conjugado nominal, ou seja, $M = 0,80 \cdot 0,80 = 0,64$

Vantagens da Partida com Autotransformador

As vantagens desse tipo de partida são:

- corrente de linha semelhante à da partida estrela-triângulo no "tap" de 65%;
- possibilidade de variação de "tap" de 65% para 80% ou até 90% da tensão da rede.

Desvantagens da Partida com Autotransformador

As desvantagens desse sistema de partida são as seguintes:

- limitação da frequência de manobra;
- custo mais elevado quando comparado ao da partida estrela-triângulo;
- necessidade de quadros maiores devido ao tamanho do autotransformador.

8.3.5 PARTIDA POR RESISTÊNCIA ROTÓRICA

A partida por resistência rotórica (ou partida do motor com rotor bobinado e reostato) pode ser feita, conforme o caso, em dois, três, quatro ou mais estágios.

Em cada um desses casos, a partida é feita por diminuição sucessiva de resistências previamente inseridas no circuito do rotor, enquanto o estator permanece sob tensão plena. Isso é feito por meio de um reostato externo conectado ao circuito rotórico por meio de um conjunto de escovas e anéis deslizantes.

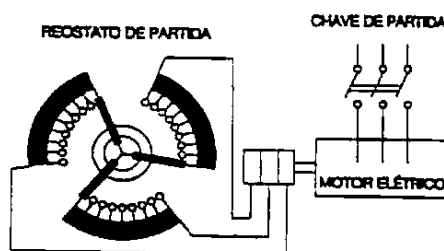


Figura 8.22 – Partida por resistência rotórica

O pico de corrente e o conjugado de partida são reguláveis em função do número de estágios, ou à medida que a resistência do reostato diminui.

Esse sistema de partida é o que apresenta melhor resultado, pois permite adaptar o conjugado durante a partida e os picos de corrente correspondentes às necessidades da instalação.

Durante a partida, a resistência rotórica adicional é mantida no circuito para diminuir a corrente de partida e aumentar os conjugados.

A resistência externa pode ser regulada de forma que o conjugado de partida seja igual ou próximo do valor do conjugado máximo.

À medida que a velocidade do motor aumenta, a resistência externa é reduzida gradualmente.

Quando o motor atinge a velocidade nominal, a resistência externa é totalmente retirada do circuito, o enrolamento rotórico é curto-circuitado, e o motor passa a funcionar como um motor de gaiola.

O gráfico seguinte mostra os picos de corrente para uma partida de motor com rotor bobinado em quatro estágios.

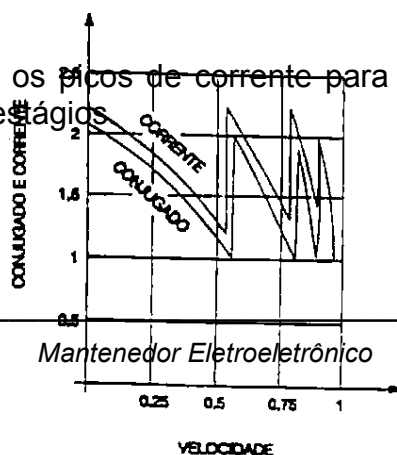


Figura 8.23 – Picos de corrente para uma partida de motor com rotor bobinado em quatro estágios

9. SENSORES DE PROXIMIDADE

Os sofisticados comandos de processos de automatização e robotização de máquinas industriais exigem confiabilidade nas informações do posicionamento mecânico da máquina que são enviadas ao painel de comando, seja ele eletrônico tradicional ou microprocessado.

Para fornecer esse tipo de informação, utilizam-se ou chaves fim de curso ou sensores de proximidade, que atuam por aproximação e proporcionam qualidade, precisão e confiabilidade, pois não possuem contatos mecânicos e atuadores desgastáveis.

Veremos quais são os sensores de proximidade mais utilizados nos processos de automatização.

O sensor de proximidade é uma chave eletrônica semelhante a uma chave fim de curso mecânica. Além de ter comutação estática, esses sensores apresentam precisão milimétrica de acionamento e podem ser usados em máquinas operatrizes onde se exige precisão na repetição do ponto de acionamento e deslizamento.

Os sensores de proximidade podem ser indutivos, capacitivos e óticos.

9.1 SENSORES INDUTIVOS

Efetuem uma comutação eletrônica, quando um objeto metálico entra em um campo eletromagnético de alta frequência, produzido por um oscilador eletrônico direcionado para fora do campo do sensor.

A bobina do oscilador situa-se na região denominada face sensível, onde estão montados os elementos sensíveis do sensor.

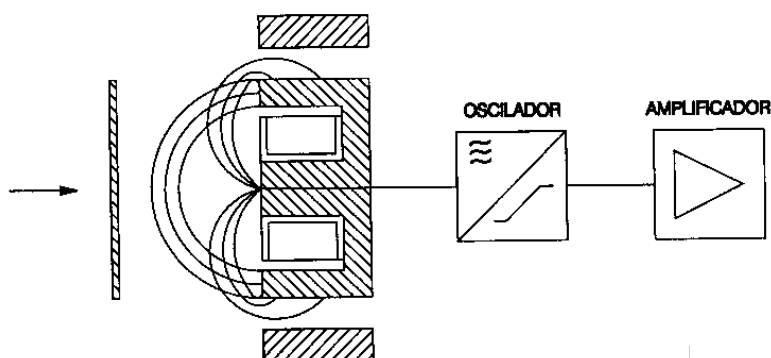


Figura 9.1 – Representação esquemática

Quando o corpo metálico está diante da face sensível, dentro da faixa denominada distância de comutação, este amortece a oscilação, provocando, através de diversos estágios eletrônicos, a comutação, ou seja, a mudança do estágio lógico do sensor.

Observação: Distância de comutação (S) é a distância registrada quando ocorre uma comutação ao se aproximar o atuador padrão (elemento que determina a distância de comutação de um sensor) da face sensível do sensor.

9.2 SENSORES CAPACITIVOS

São sensores que efetuam a comutação eletrônica quando qualquer tipo de material corta a face sensível do sensor.

Dentre os materiais que alteram as condições físicas da face sensível de um sensor capacitivo, podem ser citados o vidro, a madeira, grãos, pós e líquidos.

Um objeto qualquer, ao ser aproximado da face sensível, altera a capacitância de um capacitor de placas que é colocado na face sensível do sensor, a alteração da capacitância é sentida por um circuito eletrônico que efetuará a comutação eletrônica, ou seja, mudará o estado lógico do sensor.

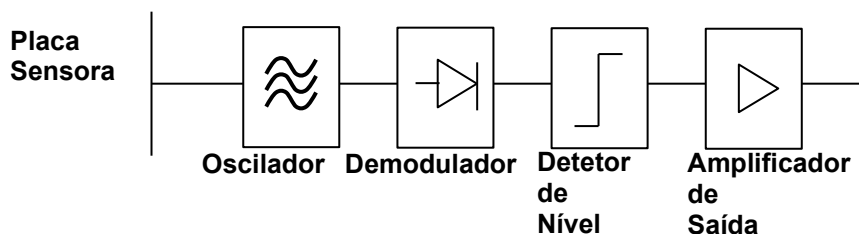


Figura 9.2 – Representação esquemática da construção básica desse tipo de sensor

Observação: Nos sensores capacitivos (e nos indutivos), o atuador padrão é constituído por uma placa de aço de 1mm de espessura, de formato quadrado, com um lado igual a três vezes a distância de comutação.

Distância de Comutação Efetiva

Pelo fato de os sensores capacitivos funcionarem pela alteração da capacitância de um capacitor, a distância efetiva de comutação depende do tipo de material bem como da massa a ser detectada.

Assim, é necessário considerar fatores de redução para diversos tipos de materiais, como, por exemplo:

- PVC.AS = 0,4 x SN;
- Madeira.AS = 0,5 x SN;
- Cobre.AS = 1,0 x SN.

Devido a tais características, os sensores capacitivos podem ser utilizados para detectar certos materiais através de outros, como, por exemplo, água dentro de um tubo de PVC.

9.3 CONFIGURAÇÃO ELÉTRICA DE ALIMENTAÇÃO E SAÍDAS DOS SENSORES

Os sensores podem ser alimentados em CA ou CC. Podem ser interligados em série ou em paralelo.

Os sensores com alimentação CC são classificados quanto ao tipo de saída, ou seja:

- chave PNP;
- chave NPN;
- chave NPN e PNP.

Na saída tipo **chave PNP**, existe um transistor PNP, e a carga é ligada ao pólo negativo.

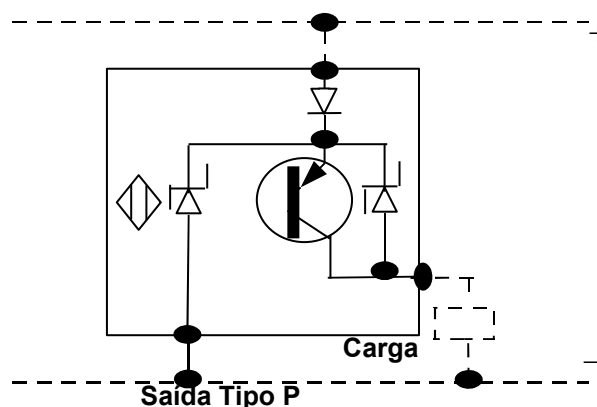


Figura 9.3 – Chave PNP

Na saída tipo **chave NPN**, existe um transistor NPN, e a carga é ligada ao pólo positivo.

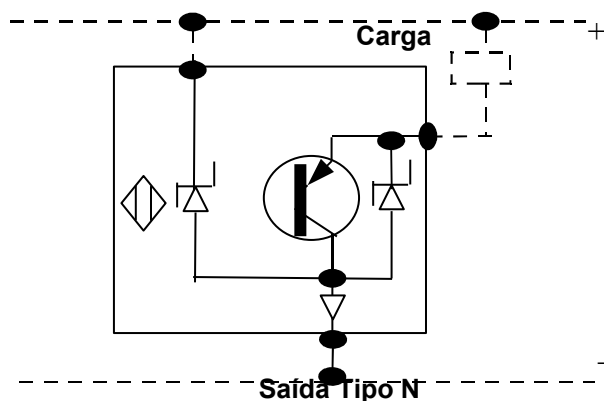


Figura 9.4 – Chave NPN

Na saída tipo chave NPN e PNP, existem dois transistores, um NPN e um PNP. Assim, uma saída é positiva e a outra negativa.

Os sensores de proximidade com alimentação CA, com saída a dois fios, devem ser ligados em série com a carga, como uma chave fim de curso mecânica, e sua alimentação se dá através da carga. Podem ser de dois tipos:

Chave NF: nesse tipo de chave, a saída permanece em alta impedância e a carga fica ligada. Ao ser atuada, passa para alta impedância, e a carga se desliga.

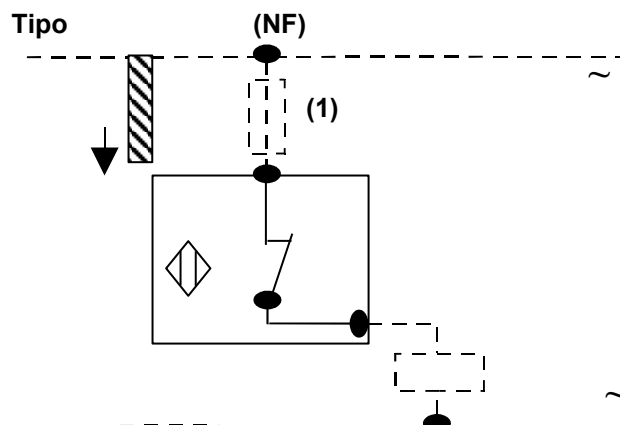


Figura 9.5 – Chave NF

Chave NA: nesse tipo de chave, a saída permanece em baixa impedância, a carga fica desligada. Quando é atuada, passa para baixa impedância e liga a carga.

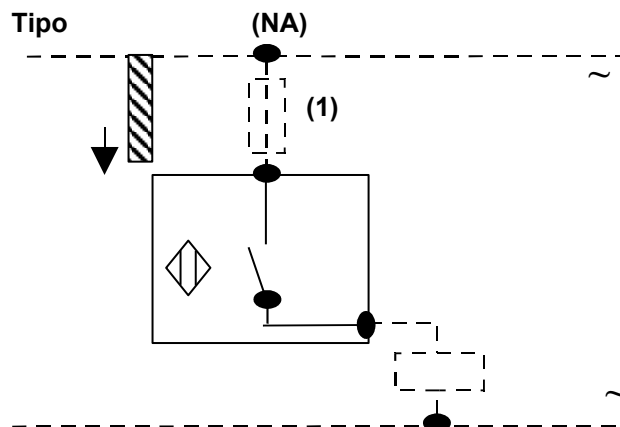


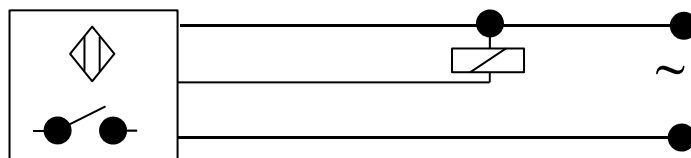
Figura 9.6 – Chave NA.

Para a utilização dessas chaves, aconselha-se o emprego de fusível de ação rápida.

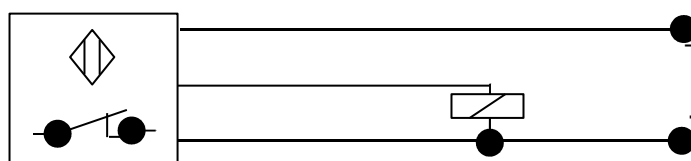
Observação: Uma pequena corrente flui, através da carga, para alimentar o sensor com alimentação CA quando está na condição aberto (tiristor bloqueado). Esta corrente, porém, não é suficiente para energizar a carga. Na condição fechado (tiristor em condução) ocorre uma pequena queda de tensão no sensor. A diferença entre a alimentação e esta queda de tensão fica sobre a carga.

Os sensores com alimentação CA, com saída de três ou quatro fios, apresentam funcionamento e aplicações semelhantes ao modelo de dois fios. Porém, nesses tipos de sensores a alimentação é feita independentemente da carga. Assim, quando a chave está aberta, a corrente pela carga é nula e, quando a chave está fechada, a tensão sobre a carga é praticamente a tensão de alimentação.

Abaixo temos três tipos de configuração dos sensores CA de três e quatro fios.



Sensor CA com contato NA



Sensor CA com contato NF

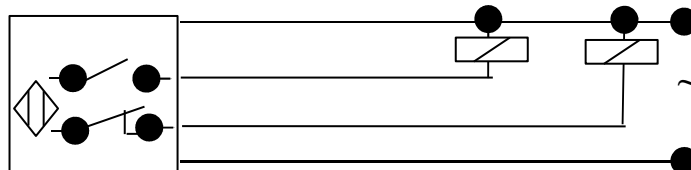


Figura 9.7 - Sensor CA com saídas complementares (contatos NA e NF)

9.4 MÉTODO DE LIGAÇÃO DOS SENSORES

A ligação tanto dos sensores CC como dos sensores CA pode ser de dois tipos:

Ligação Série dos Sensores CC: quando o sensor CC é acionado, ocorre uma pequena queda de tensão. Assim, a tensão na carga será reduzida de um valor dependente do número de sensores ligados em série. Em seguida, encontra-se a ligação em série de sensores NPN e PNP.

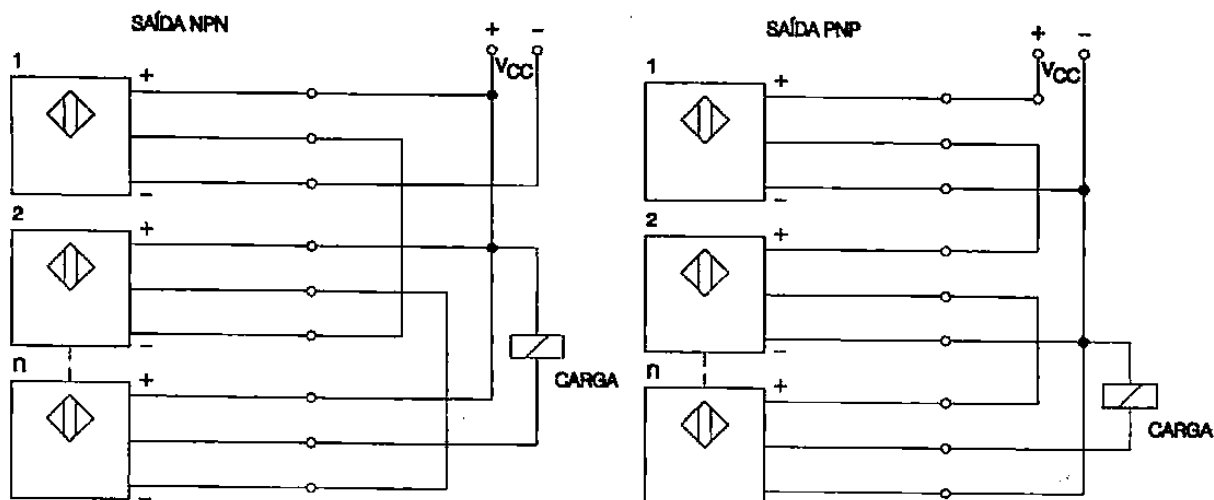


Figura 9.8

Observação: O primeiro sensor deve ter capacidade de corrente para alimentar os demais sensores bem como a carga.

Ligação Paralela dos Sensores CC: os sensores CC recebem alimentação independente, por isso não oferecem restrições à ligação em paralelo. O único cuidado a ser tomado é a colocação de um diodo em cada saída para evitar que os sensores sejam realimentados pela saída. Temos abaixo a ligação em paralelo dos sensores NPN e PNP.

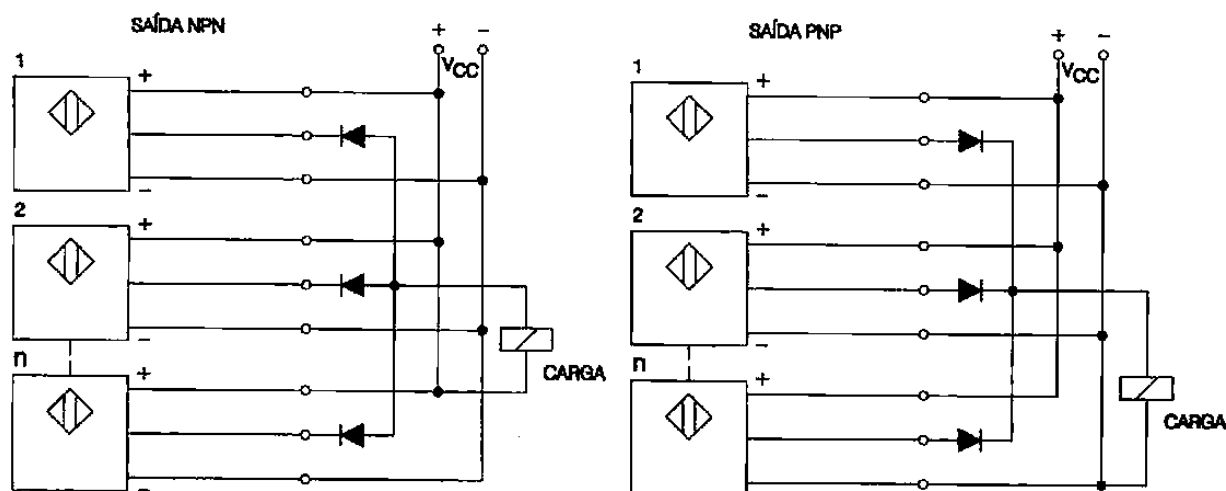


Figura 9.10

Ligação Série dos Sensores CA: assim como nos sensores CC, também ocorre uma queda de tensão nos sensores CA. Portanto, só poderão ser ligados em série dois ou três desse tipo de sensores. Observe a representação esquemática desse tipo de ligação para sensores CA de dois, três ou quatro fios.

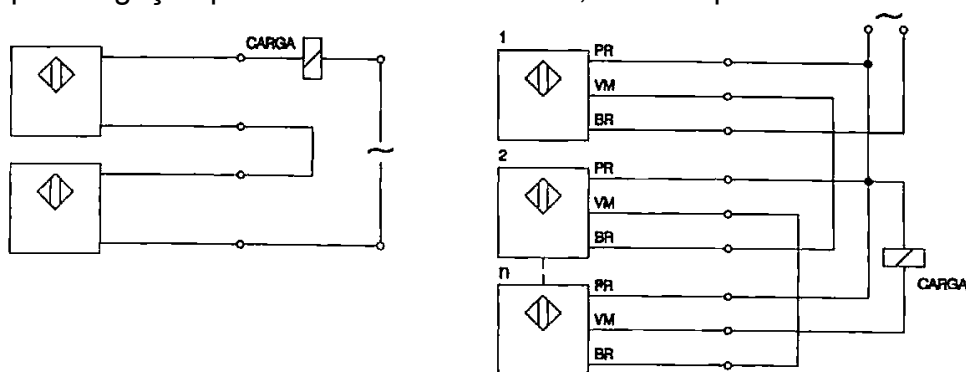


Figura 9.11

Observação: Não é aconselhável a ligação de sensores CA de dois fios em paralelo. Quando isso se tornar necessário, deve-se utilizar os sensores de três ou quatro fios.

Ligação em paralelo de sensores AC de três ou quatro fios: os sensores AC de três ou quatro fios recebem alimentação independente, por isso não oferecem restrições para ligação em paralelo.

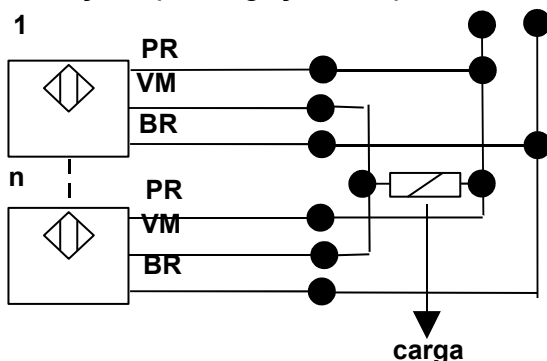


Figura 9.12

9.5 SENSORES ÓTICOS

Os sensores óticos são fabricados tendo como princípio de funcionamento a emissão e recepção de irradiação infravermelho modulada. Podem ser classificados em três tipos:

- sensor ótico por barreira;
- sensor ótico por difusão;
- sensor ótico por reflexão.

Sensor ótico por barreira: no sensor ótico por barreira, o elemento transmissor de irradiações infravermelhas deve ser alinhado, frontalmente, a um elemento receptor, a uma distância predeterminada e especificada para cada tipo de sensor (distância de comutação).

Quando ocorrer a interrupção da irradiação por qualquer objeto, esta deixará de atingir o elemento receptor e ocorre o chaveamento.

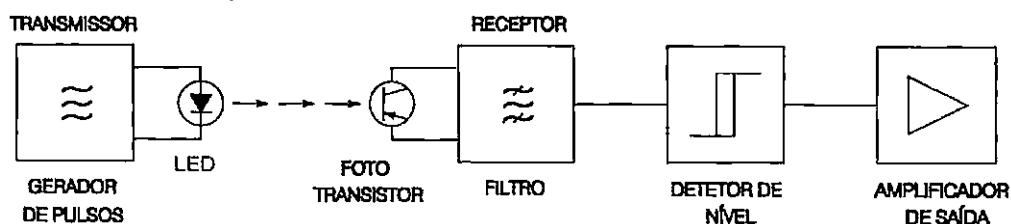


Figura 9.13 - Representação esquemática do princípio de funcionamento por barreira

Os sensores óticos por barreira conseguem atuar em grandes distâncias, alguns chegando até 30m.

Sensor ótico por difusão: no sensor ótico por difusão, os elementos de emissão e reflexão infravermelha estão montados juntos em um mesmo conjunto.

Os raios infravermelhos emitidos pelo transmissor refletem sobre a superfície do objeto e retornam ao receptor, provocando o chaveamento eletrônico. A superfície do objeto não pode ser totalmente fosca para que possa ocorrer a reflexão.

A distância de comutação desse tipo de sensor é pequena e alterada conforme a cor, a tonalidade e o tipo de superfície do objeto a ser detectado.

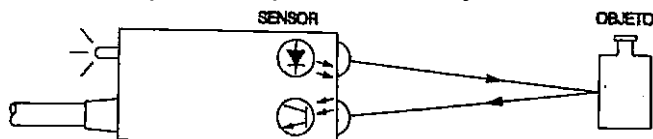


Figura 9.14 – Sensor ótico por difusão

Sensor ótico por reflexão: o sensor ótico por reflexão possui características idênticas às do sensor ótico por difusão, diferindo apenas no sistema ótico.

No sistema por reflexão, os raios infravermelhos emitidos refletem somente em um espelho prismático especial, colocado frontalmente em relação à face sensível do sensor e retomam em direção ao receptor.

O chaveamento eletrônico é conseguido quando se retira o espelho, ou quando um objeto de qualquer natureza interrompe a barreira de raios infravermelhos entre o sensor e o espelho.

A distância entre o sensor e o espelho determinada como a distância de comutação depende da característica do sensor, da intensidade de reflexão e dimensão do espelho.

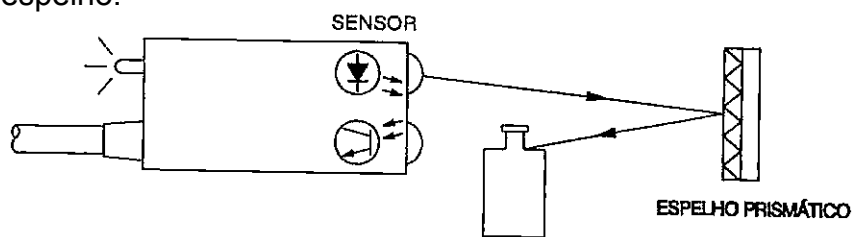


Figura 9.15 - Representação esquemática do sensor ótico de reflexão

Observação: Papéis refletivos tipo "scoth", modelo "grau técnico" ou alta intensidade (honey comb), também podem ser utilizados no lugar do espelho.

Independentemente do sensor ótico usado, ele é totalmente imune à iluminação ambiente natural ou artificial pelo fato do receptor ser sintonizado na mesma frequência de modulação do emissor.

9.6 SENSOR FOTOELÉTRICO COM FIBRA ÓTICA

As fibras óticas apresentam a vantagem de detectar objetos com dimensões reduzidas, tais como: terminais de componentes eletrônicos, furos de centralização em placas, marcas em materiais de embalagens etc. Podem ser também aplicadas em locais onde fisicamente seria impossível alojar um sensor fotoelétrico comum, ou, ainda, em locais onde a temperatura de operação não permite a instalação dos sensores fotoelétricos.

A fibra ótica consiste de um guia de luz formado por um ou mais fios de fibra de vidro de alta intensidade ótica, encapados com material de baixa intensidade, transformando o conjunto em "condutor" de luz infravermelha

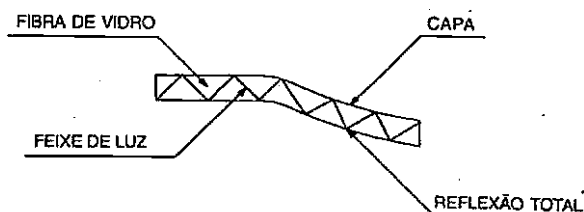


Figura 9.16 – Fibra ótica

A fibra ótica pode ser aplicada em dois sistemas:

a) por barreira, ou seja, a fibra ótica é composta de dois "cabos" dos quais um é o transmissor e o outro o receptor de luz. O objeto é detectado quando interrompe o feixe de luz .

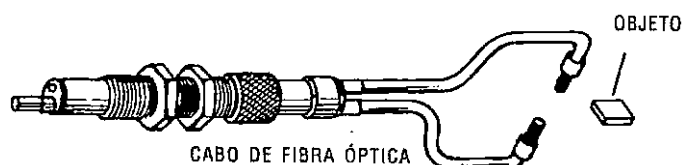


Figura 9.17

b) por difusão, ou seja. o "cabo" é composto por dois "condutores" dos quais um é procedente do transmissor e o outro do receptor de luz. A detecção acontece quando é aproximado da ponta sensora.



Figura 9.18

9.7 SENSORES MAGNÉTICOS

Sensores magnéticos são sensores que efetuam um chaveamento eletrônico mediante a presença de um campo magnético externo, proveniente, na maioria das vezes, de um ímã permanente. O sensor efetua o chaveamento quando o ímã se aproxima da face sensível.

Esses sensores podem ser sensíveis aos dois pólos (norte e sul) ou a apenas um deles. São muito utilizados em cilindros pneumáticos dotados de êmbolos magnéticos.

Observação: Os sensores magnéticos são sensíveis a campos magnéticos externos, e isso pode causar alterações na medida final que está sendo realizada. Assim, aconselha-se a utilização de cabos blindados para a ligação do sensor ao instrumento.

Referências Bibliográficas

1. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI – Eletricidade – Instalação Predial - 1981
2. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI – Eletricista de Manutenção – Comandos Elétricos – BH - 1998
3. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI – Eletricista de Manutenção – Introdução aos Comandos Elétricos – BH – 1998
4. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI – Eletricista de Manutenção – Sensores – BH - 1998
5. CATÁLOGO GERAL – Motores Elétricos - WEG