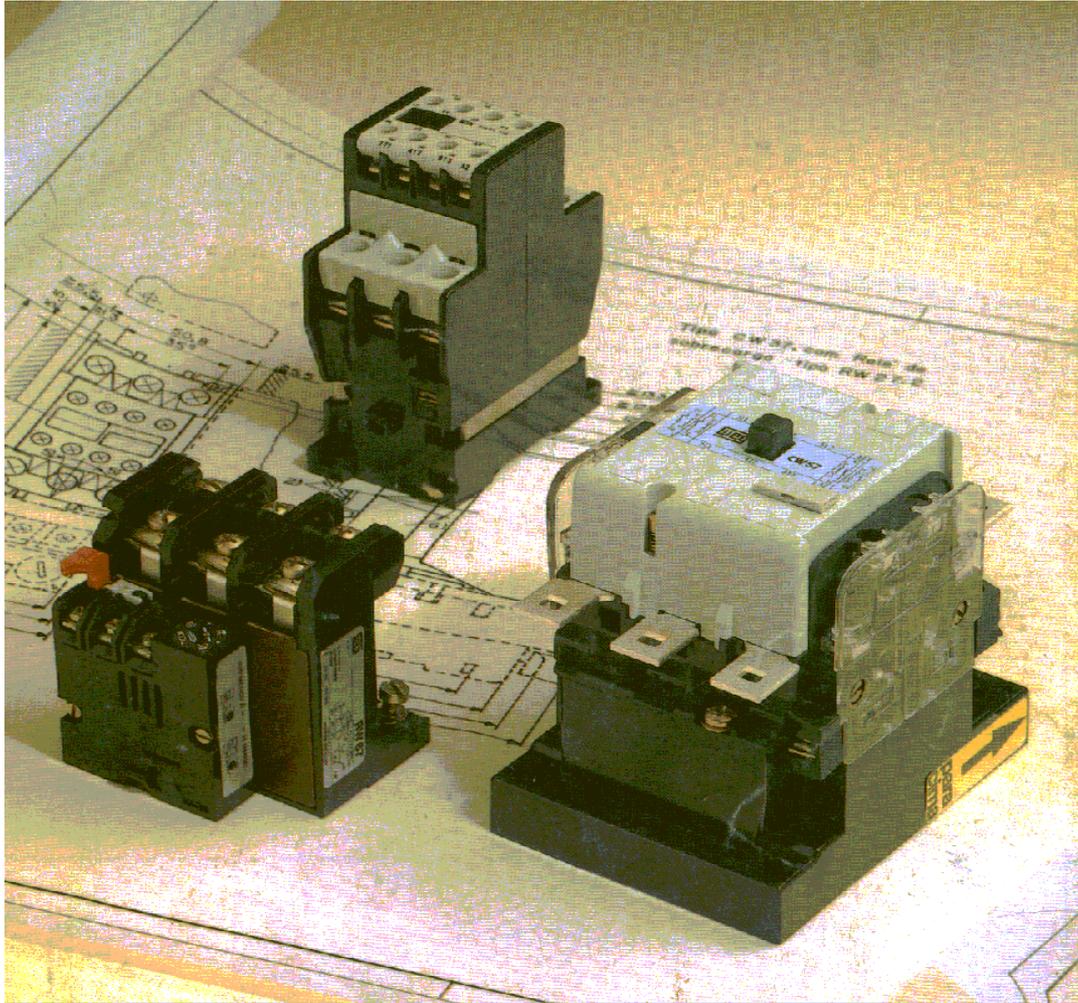


# **COMANDOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS**



## COMANDOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS

# APRESENTAÇÃO

Hoje, com a atual tecnologia disponível para automação a nível industrial, o comando e o controle dos motores elétricos passaram a ser conhecimentos básicos indispensáveis nas indústrias, e como no mercado existe uma lacuna em termos de publicações que pudessem complementar os estudos iniciais daqueles que se interessassem pelo assunto, foi desenvolvida essa apostila com materiais práticos e teóricos a fim de auxiliar os alunos do curso técnico de manutenção industrial com ênfase em elétrica e manutenção, tanto nos estudos quanto na prática do dia a dia.

Essa apostila engloba as teorias e práticas em importantes itens que se fazem presentes dentro de uma indústria, tais como: Dispositivos de proteção, dispositivos de comando, contadores, motores elétricos, circuitos de comando e força; além de todos os tópicos que os acercam.

# Sumário

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>4</b>
<i>1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1 RELÉS BIMETÁLICOS</i> .....	<i>5</i>
<i>1.2 RELÉS DE SOBRECORRENTE CONTRA CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO</i> .....	<i>8</i>
<i>1.3 FUSÍVEIS</i> .....	<i>9</i>
<i>1.3.1 QUANTO AO TIPO DE FUSÍVEIS</i> .....	<i>11</i>
<i>1.3.2 QUANTO A VELOCIDADE DE ATUAÇÃO</i> .....	<i>13</i>
<i>1.4 DISJUNTORES</i> .....	<i>14</i>
<i>1.5 CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS FUSÍVEL-DISJUNTOR</i> .....	<i>19</i>
<i>2 DISPOSITIVOS DE COMANDOS</i> .....	<i>21</i>
<i>2.1 CHAVE DE PARTIDA DIRETA MANUAL (CHAVE FACA)</i> .....	<i>21</i>
<i>2.1.1 CHAVE SECCIONADORA</i> .....	<i>23</i>
<i>2.2 CHAVES ROTATIVAS BLINDADAS</i> .....	<i>24</i>
<i>2.3 CHAVES SIMPLES/CHAVES DE IMPULSO</i> .....	<i>27</i>
<i>2.4 CHAVES DE IMPULSO</i> .....	<i>28</i>
<i>2.5 BOTÃO DE COMANDO DE FIM DE CURSO</i> .....	<i>31</i>
<i>2.6 ASSOCIAÇÕES DE CHAVES</i> .....	<i>31</i>
<i>2.7 SINALIZAÇÃO</i> .....	<i>32</i>
<i>3 CHAVE MAGNÉTICA OU CONTATOR MAGNÉTICO</i> .....	<i>33</i>
<i>3.1 COMO FUNCIONA A CHAVE MAGNÉTICA</i> .....	<i>34</i>
<i>3.1 CONSTRUÇÃO</i> .....	<i>37</i>
<i>3.2 CONTATOR DE POTÊNCIA E CONTATOR AUXILIAR</i> .....	<i>40</i>
<i>3.3 FUNCIONAMENTO DO CONTATOR</i> .....	<i>42</i>
<i>3.4 CONTADORES, CATEGORIAS DE EMPREGO - IEC 947</i> .....	<i>43</i>
<i>3.5 DURABILIDADE OU VIDA ÚTIL</i> .....	<i>44</i>
<i>4 RELÉS DE TEMPO (TEMPORIZADOR)</i> .....	<i>45</i>
<i>4.1 SÍMBOLOS DOS RELÉS</i> .....	<i>47</i>
<i>4.2 RELÉ DE TEMPO ESTRELA-TRIÂNGULO</i> .....	<i>47</i>
<i>5 CIRCUITOS DE COMANDOS E FORÇA</i> .....	<i>49</i>
<i>Comando de motor trifásico com botão de retenção mecânica</i> .....	<i>49</i>
<i>CIRCUITO DE FORÇA OU DIAGRAMA DE FORÇA OU DIAGRAMA PRINCIPAL</i> .....	<i>49</i>
<i>Comando de motor trifásico com auto-retenção, sinalização e proteção por relé térmico</i> .....	<i>50</i>
<i>5.1 INTERTRAVAMENTO</i> .....	<i>51</i>
<i>6 LIGAÇÃO ESTRELA-TRIÂNGULO PARA CARGAS TRIFÁSICAS</i> .....	<i>54</i>
<i>6.1 ACIONAMENTO E PROTEÇÃO DE MOTORES</i> .....	<i>56</i>
<i>6.2 PARTIDAS</i> .....	<i>56</i>
<i>6.3 PARTIDA EM ESTRELA-TRIÂNGULO</i> .....	<i>56</i>
<i>DIAGRAMA ELÉTRICO DE COMANDO DE UMA PARTIDA ESTRELA/TRIÂNGULO</i> .....	<i>57</i>
<i>7 MOTORES ELÉTRICOS</i> .....	<i>58</i>
<i>7.1 MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA</i> .....	<i>58</i>
<i>7.2 MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA</i> .....	<i>58</i>
<i>7.3 MOTORES UNIVERSAIS</i> .....	<i>60</i>
<i>7.4 LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS</i> .....	<i>60</i>
.....	<i>61</i>
<i>Ligações em estrela (Y) e em triângulo (Δ)</i> .....	<i>61</i>
<i>LIGAÇÃO DE MOTORES DE 6 TERMINAIS</i> .....	<i>62</i>
<i>LIGAÇÃO DO MOTOR DE 12 TERMINAIS</i> .....	<i>63</i>
<i>8 INVERSORES DE FREQUÊNCIA</i> .....	<i>64</i>
<i>9 LABORATÓRIO</i> .....	<i>65</i>
<i>9.1 MOTOR MONOFÁSICO</i> .....	<i>65</i>
<i>9.2 LIGAÇÃO SUBSEQUENTE AUTOMÁTICA DE MOTORES</i> .....	<i>68</i>
<i>9.3 INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTACÃO</i> .....	<i>69</i>
<i>9.4 LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM ESTRELA/ TRIÂNGULO</i> .....	<i>70</i>
<i>9.5 COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES (DAHLANDER)</i> .....	<i>71</i>
<i>9.6 ESCOLHA DO MOTOR</i> .....	<i>72</i>
<i>9.7 COMANDO AUTOMÁTICO PARA COMPENSADOR COM REVERSÃO</i> .....	<i>74</i>
<i>9.8 COMANDO AUTOMÁTICO ESTRELA – TRIÂNGULO COM REVERSÃO</i> .....	<i>75</i>
<i>9.9 COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES COM REVERSÃO (DAHLANDER)</i> .....	<i>77</i>
<i>10 SIMBOLOGIA ELÉTRICA</i> .....	<i>78</i>
<i>10.1 SIGLA SIGNIFICADO E NATUREZA</i> .....	<i>78</i>

## 1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

A proteção é uma ação automática provocada por dispositivos sensíveis a determinadas condições anormais, no sentido de evitar ou limitar danos a um sistema ou equipamento, a proteção também pode ser entendida como uma manobra automática.

A escolha, aplicação e a coordenação seletiva adequadas ao conjunto de componentes que constituem a proteção de um sistema é um dos aspectos mais importantes da instalação elétrica industrial. A função da proteção é justamente minimizar os danos ao sistema e seus componentes, sempre que ocorrer uma falha no equipamento, no sistema elétrico ou falha humana.

Nessa apostila estudaremos os dois tipos de proteção mais usados nas indústrias. Os dispositivos de proteção contra correntes de curto-circuito, como: disjuntores e fusíveis. E os dispositivos de proteção contra correntes de sobrecarga, como os relés bimetálicos.

### 1.1 RELÉS BIMETÁLICOS

São construídos para proteção de motores contra sobrecarga, falta de fase e tensão. Seu funcionamento é baseado em dois elementos metálicos, que se dilatam diferentemente provocando modificações no comprimento e forma das lâminas quando aquecidas. O material que constitui as lâminas é em sua maioria é o níquel-ferro.

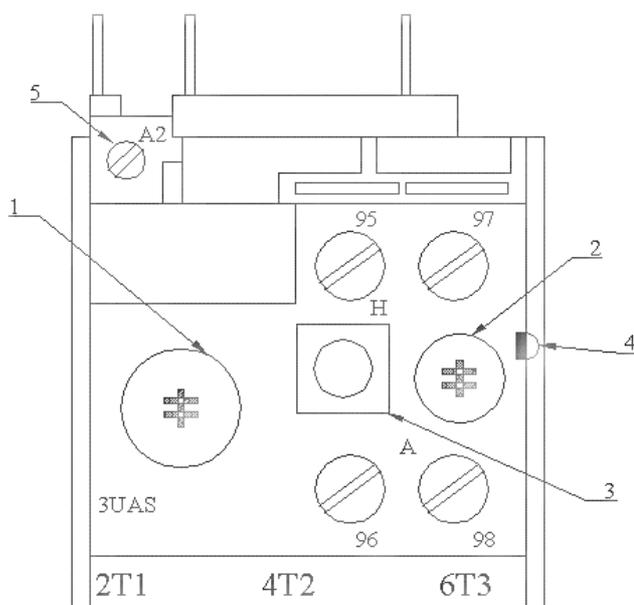


Figura 1 – exemplo de um relé bimetálico

Esquema de ligação do Relé bimetálico da figura 1:

1. Ajustar a escala à corrente nominal da carga.
2. Botão de destravação (azul):

Antes de por o relé em funcionamento, apertar o botão de destravação. O contato auxiliar é ajustado pela fábrica para religamento manual (com bloqueio contra religamento automático). Comutação para religamento automático: apertar o botão de destravação e girá-lo no sentido anti-horário, até o encosto, da posição H (manual) para A (automático).

3. Botão "Desliga" (vermelho). O contato auxiliar abridor será aberto manualmente, se for apertado este botão.
4. Indicador Lig./Desl - (verde). Se o relé estiver ajustado para religamento manual, um indicador verde sobressairá da capa frontal se ocorrer o disparo (desligamento) do relé. Para religar o relé, apertar o botão de destravação. Na posição "automático", não há indicação.
5. Terminal para bobina do contator, A2.

Relés de sobrecarga são usados para proteger INDIRETAMENTE equipamentos elétricos, como motores e transformadores, de um possível superaquecimento. O superaquecimento de um motor pode, por exemplo, ser causado por:

- Sobrecarga mecânica na ponta do eixo;
- Tempo de partida muito alto;
- Rotor bloqueado;
- Falta de uma fase;
- Desvios excessivos de tensão e frequência da rede.

Em todos estes casos citados acima, o incremento de corrente (sobrecorrente) no motor é monitorado em todas as fases pelo relé de sobrecarga. Os terminais do circuito principal dos relés de sobrecarga são marcados da mesma forma que os terminais de potência dos contatores.

Os terminais dos circuitos auxiliares do relé são marcados da mesma forma que os de contatores, com funções específicas, sendo o número de seqüência deve ser '9' (nove) e, se uma segunda seqüência existir, será identificada com o zero. Na figura 1 temos: 95, 96, 97 e 98.

Na figura seguinte temos um exemplo de Relé Bimetálico.



Figura 2 – Relé Bimetalico SIRIUS da SIEMENS

Existem também os relés para cargas trifásicas, onde existe 3 tiras bimetalicas percorridas direta ou indiretamente pela corrente principal. Depois do relé ser acionado, permanecerá na posição “desligado” até que seja apertado o botão “reset”.

O relé só irá disparar quando a corrente que o percorrer for maior que 120 % da corrente nominal, isso é para evitar que pequenas sobrecargas desliguem o equipamento sem necessidade. Quanto maior a corrente, mais rápida será a atuação do relé.

O tempo de disparo também é influenciado pela temperatura: Trabalhando a frio (temperatura ambiente), o tempo de disparo é 25% maior do que com o equipamento aquecido (estar sendo circulado por corrente), esse aspecto é importante em relação as descargas periódicas, que ocorrem com o equipamento fora de uso, diferentemente do que ocorre com o equipamento em pleno funcionamento.

Na figura 3 temos um exemplo do interior de um relé bimetalico.

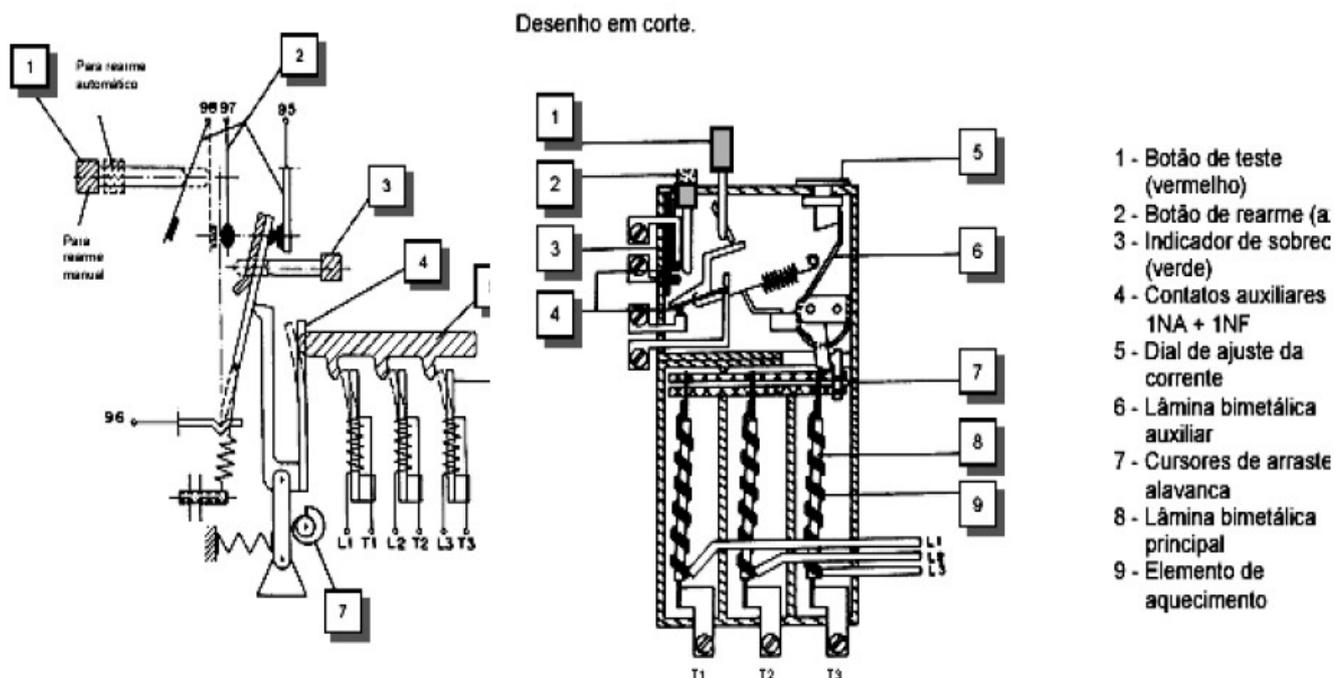
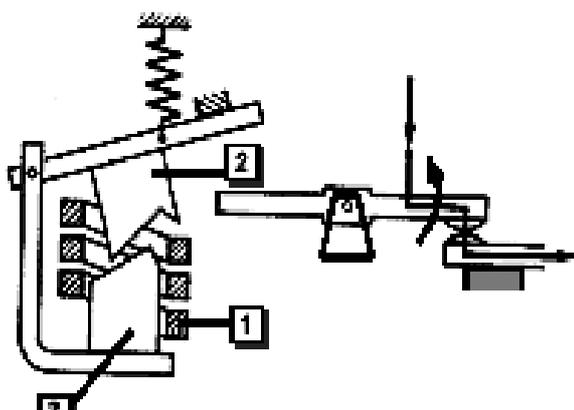


Figura 3 – Esquema interno de um relé bimetalico.

## 1.2 RELÉS DE SOBRECORRENTE CONTRA CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO.

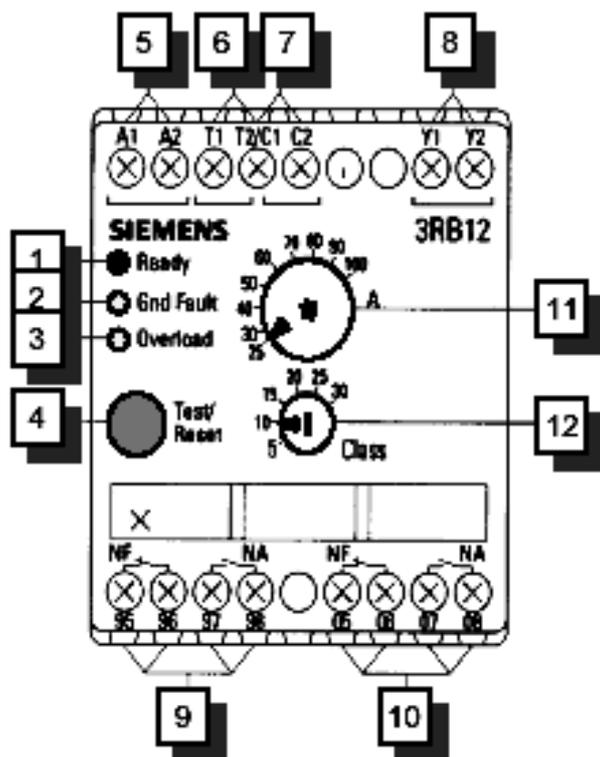
Esses relés são do tipo eletromagnético, com uma atuação instantânea, e se compõe com os relés de sobrecarga para criar a proteção total dos componentes do circuito contra a ação prejudicial das correntes de curto-circuito e de sobrecarga, respectivamente.

A sua construção é relativamente simples em comparação com a dos relés de sobrecarga (bimetálicos ou eletrônicos), podendo ser esquematizado, como segue:



- 1 - Bobina eletromagnética de curto-circuito
- 2 - Núcleo móvel e mecanismo de atuação
- 3 - Base e núcleo fixo

### Relé de sobrecarga eletrônico 3RB12.



- 1 - Sinalização pronto para operar (LED verde)
- 2 - Sinalização disparo por corrente de fuga (LED vermelho)
- 3 - Sinalização disparo por sobrecarga ou pelos termistores (LED vermelho)
- 4 - Rearme e teste
- 5 - Ligação para tensão de comando
- 6 - Ligação para os termistores
- 7 - Ligação para corrente de fuga pelo transformador de corrente 3UL22
- 8 - Ligação para rearme à distância ou automático
- 9 - Contatos auxiliares 1NA + 1NF para sobrecarga ou termistores
- 10 - Contatos auxiliares 1NA + 1NF para corrente de fuga
- 11 - Ajuste de corrente
- 12 - Ajuste de classe de disparo

Figura 4 – Esquema interno de um relé de sobrecorrente.

A bobina eletromagnética do relé é ligada em série com os demais componentes do circuito.

Sua atuação apenas se dá quando por esse circuito passa a corrente de curto circuito ( $I_k^*$ ), permanecendo inativo perante as correntes nominais ( $I_n^{**}$ ) e de sobrecarga ( $I_r^{***}$ ).

Pelo que se nota, a sua função é idêntica à do fusível, com a diferença de que o fusível queima ao atuar, e o relé permite um determinado número de manobras.

Por outro lado, como o relé atua sobre o mecanismo do disjuntor, abrindo-o perante uma corrente  $I_k$ , a capacidade de interrupção depende do disjuntor, enquanto que, usando fusível em série com o disjuntor, essa capacidade de interrupção depende do fusível.

\* $I_k$  = Corrente de curto circuito.

\*\* $I_n$  = Corrente nominal.

\*\*\* $I_r$  = Corrente de sobrecarga.

### 1.3 FUSÍVEIS

São os elementos mais tradicionais para proteção contra curto-circuito de sistemas elétricos. Sua operação é baseada na fusão do “elemento fusível”, contido no seu interior. O “elemento fusível” é um condutor de pequena seção transversal, que sofre, devido a sua alta resistência, um aquecimento maior que o dos outros condutores, à passagem da corrente.

O “elemento fusível” é um fio ou uma lâmina, geralmente, prata, estanho, chumbo ou liga, colocado no interior de um corpo, em geral de porcelana, hermeticamente fechado. Possuem um indicador, que permite verificar se operou ou não; ele é um fio ligado em paralelo com o elemento fusível e que libera uma mola que atua sobre uma plaqueta ou botão, ou mesmo um parafuso, preso na tampa do corpo. Os fusíveis contém em seu interior, envolvendo por completo o elemento, material granulado extintor; para isso utiliza-se, em geral, areia de quartzo de granulometria conveniente. A figura abaixo mostra a composição de um fusível (no caso mais geral).

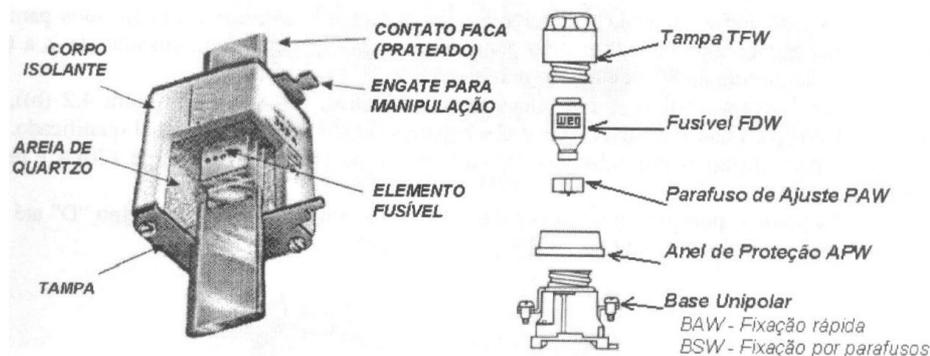


Figura 5 – interior de um fusível “NH” e montagem de um fusível tipo “D”.

O elemento fusível pode ter diversas formas. Em função da corrente nominal do fusível, ele compõe-se de um ou mais fios ou lâminas em paralelo, com trecho(s) de seção reduzida. Nele existe ainda um ponto de solda, cuja temperatura de fusão é bem menor que a do elemento e que atua por sobrecargas de longa duração.

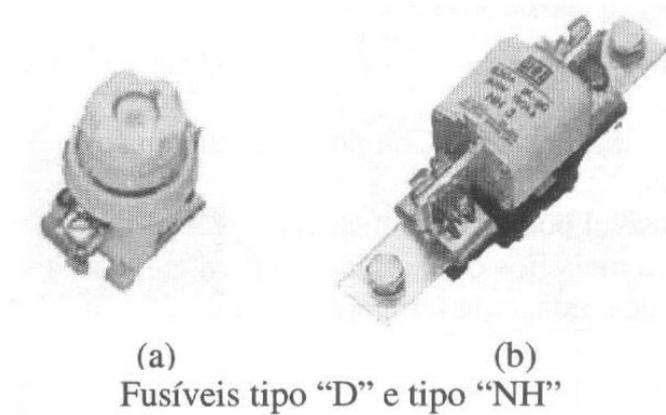


Figura 6 – Fusível tipo "D" e "NH".

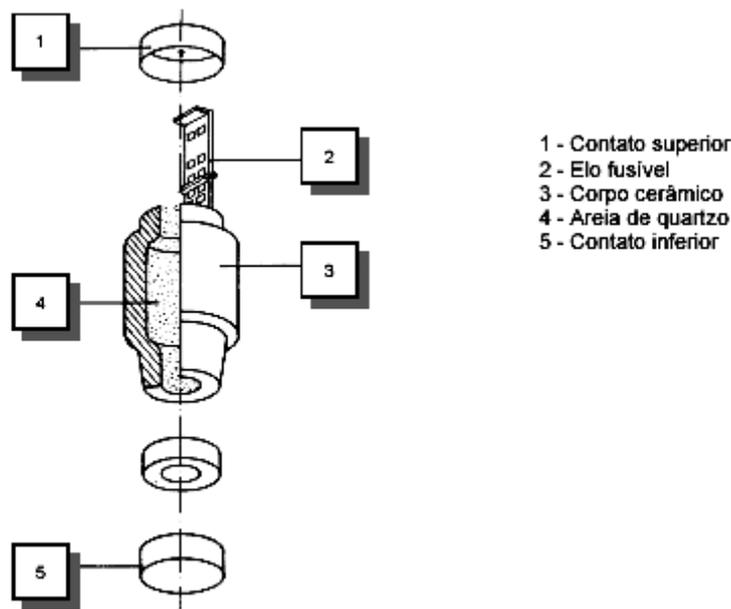


Figura 7 – Interior de um fusível Diazed.

O fusível com o exterior de vidro é muito usado, pois, facilita a inspeção. Durante o desligamento (queima do fusível), ocorre um arco voltaico entre os pontos do circuito que se separam, ocasionado pela ionização do meio. Este arco representa um perigo por poder ocasionar fogo. Para evitar esse risco o elo fusível deve ser envolto por um elemento isolante (vidro, cerâmica etc.), e deve haver também um material extintor (normalmente areia ou cristais de

sílica) internamente ao fusível. Quanto maior a corrente que o percorre, menor deve ser o tempo de desligamento do fusível.

### **1.3.1 QUANTO AO TIPO DE FUSÍVEIS:**

**NH** - Usados em circuito de alta potência e conectados por encaixe, com ferramenta própria (punho) para proteção do operador;



Figura 8 – Exemplo de fusível NH.

**DIAZED** - Usados em circuitos baixa potência e conectados através do porta-fusível que se monta por rosca. O próprio suporte do fusível protege o operador contra choque elétrico.



## Ex2. Fusível SITOR.



Figura 11 – Exemplo de fusíveis de potência e alta velocidade.

**RETARDOS:** Fusíveis para circuitos de motores elétricos e de capacitores. Não se rompem durante os picos de corrente de partida. Se a corrente for muito maior que oito vezes a normal o fusível passa a agir tão rápido quanto um de ação rápida.

### 1.4 DISJUNTORES

O disjuntor é um dispositivo que, entre outros, é capaz de manobrar o circuito nas condições mais críticas de funcionamento, que são as condições de curto-circuito. Ressalte-se que apenas o disjuntor é capaz de manobrar o circuito nessas condições, sendo que, interromper é ainda atributo dos fusíveis, que porém não permitem uma religação.

A manobra através de um disjuntor é feita manualmente (geralmente por meio de uma alavanca) ou pela ação de seus relés de sobrecarga (como bimetálico) e de curto-circuito (como eletromagnético). Observe nesse ponto que os relés não desligam o circuito: eles apenas induzem ao desligamento, atuando sobre o mecanismo de molas, que aciona os contatos principais.

É válido mencionar que para disjuntor de elevadas correntes nominais, os relés de sobrecorrentes são constituídos por transformadores de corrente e módulo eletrônico que irá realizar a atuação do disjuntor por correntes de sobrecargas, correntes de curto-circuito com disparo temporizado e instantâneo e até disparo por corrente de falha à terra.

Assim, podemos concluir que os disjuntores não protegem o sistema, pois são dispositivos de comando, destinados a abrir o circuito somente. Quem atua

como proteção são os relés em seu interior, com ligação direta com o mecanismo disjuntor. Esses relés podem ser do tipo térmicos ou magnéticos. Os térmicos apresentam bimetais destinados as sobrecorrente (sobrecargas), enquanto os eletromagnéticos são mais eficazes à proteção de curto-circuito e as tensões anormais.

Diversos são os tipos de disjuntores de baixa tensão utilizados. Citaremos alguns tipos, com suas respectivas curvas características.

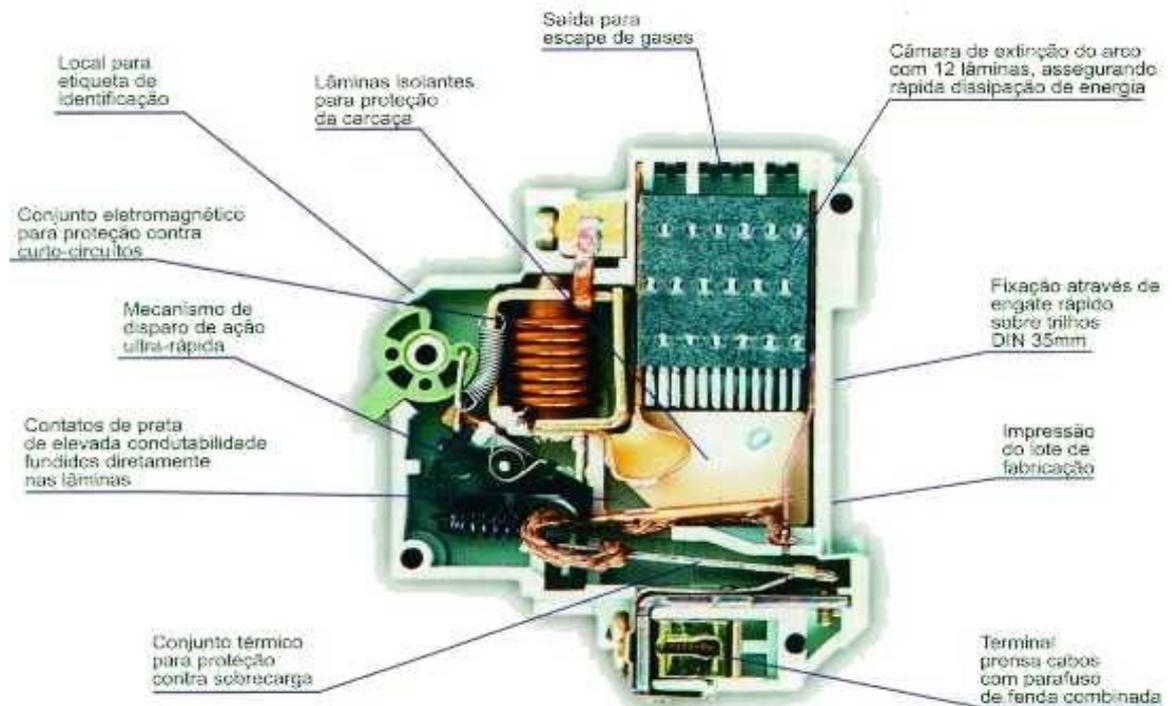
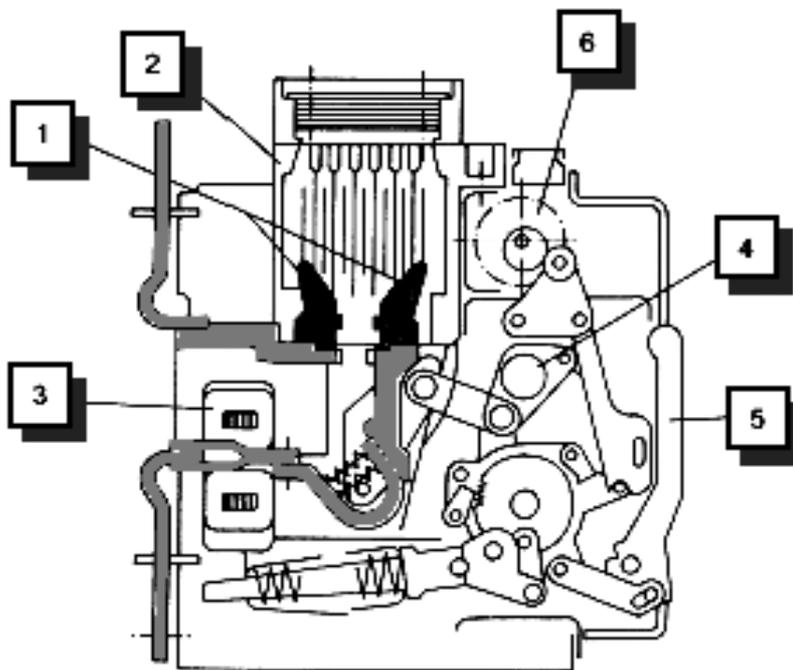


Figura 12 – Interior de um disjuntor QUICK LEG.

**Disjuntor para manobra e proteção do sistema 3WN.  
Construção.**



**Disjuntor para manobra e proteção de sistema 3WN.  
Curvas características**

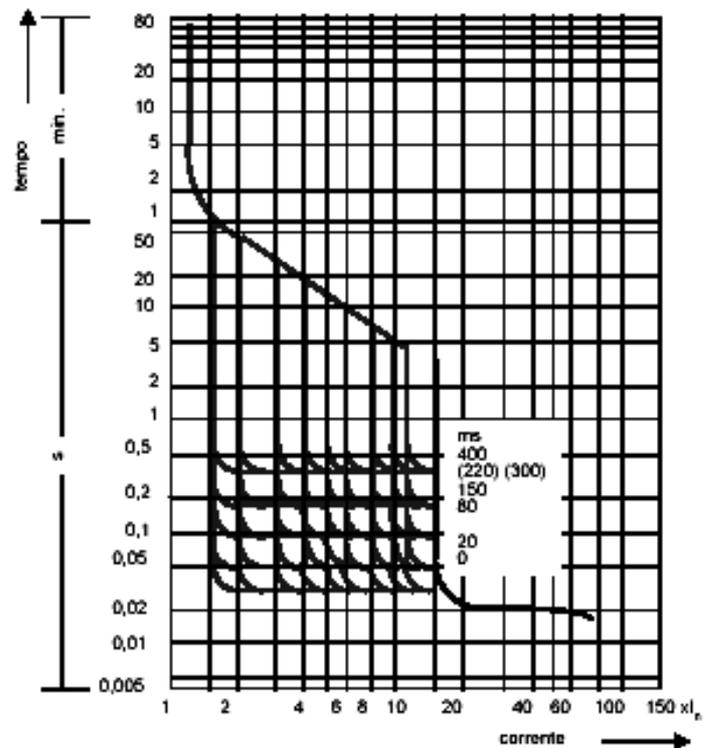
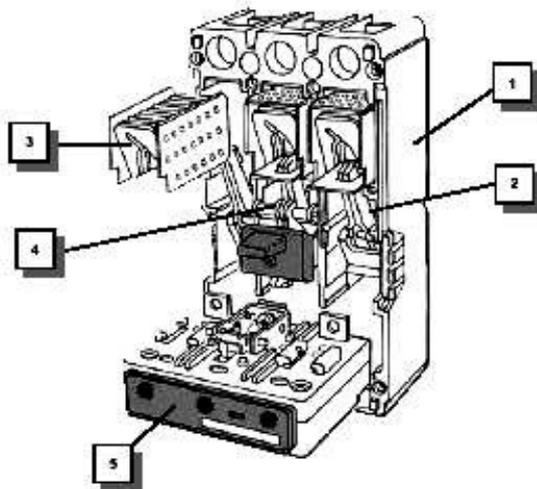


Figura 13 – Interior e gráfico de um disjuntor industrial 3WN.

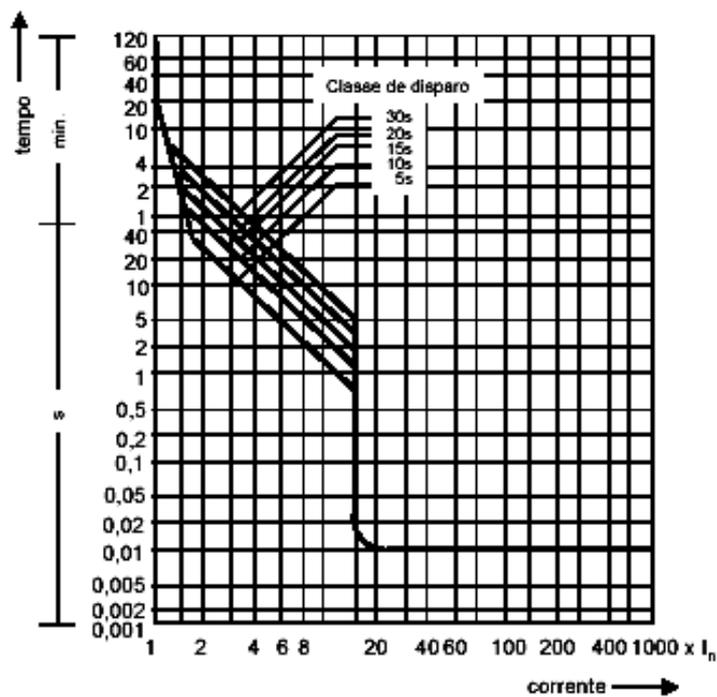
## Disjuntor para manobra e proteção de motores 3VL.

### Construção



- 1 - Caixa moldada
- 2 - Contatos
- 3 - Câmara de extinção
- 4 - Mecanismo de disparo e manobra
- 5 - Relés / disparadores de proteção para sobrecarga e curto-circuito

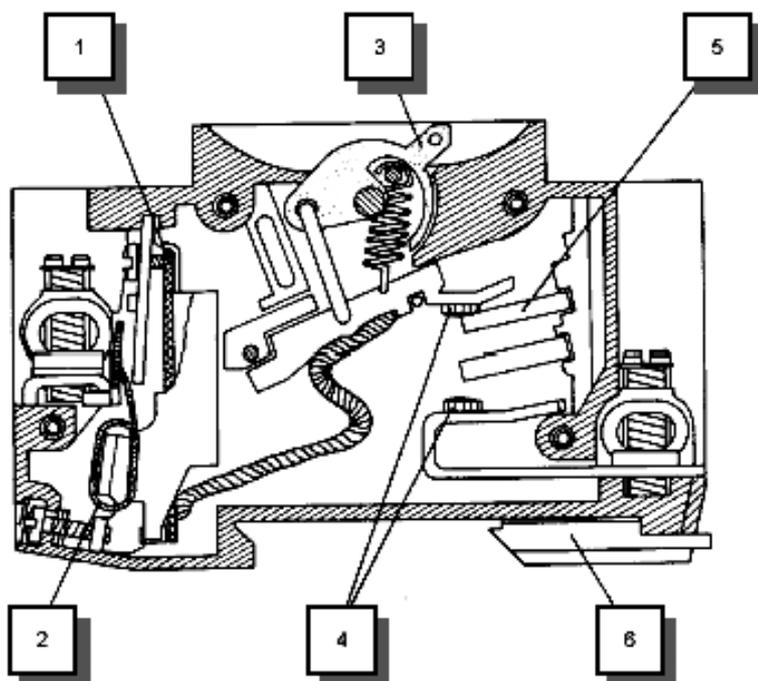
### Curvas características.



- Atendem as correntes de "inrush" (10-20ms)
- Disparo de curto-circuito em  $15 \cdot I_e$
- Proteção de falta de fase
- Ajuste da classe de disparo na partida
- Memória térmica

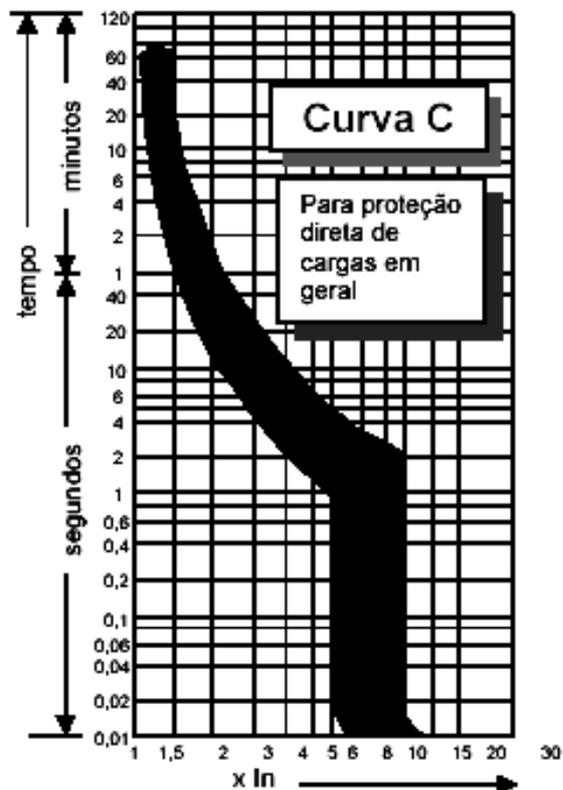
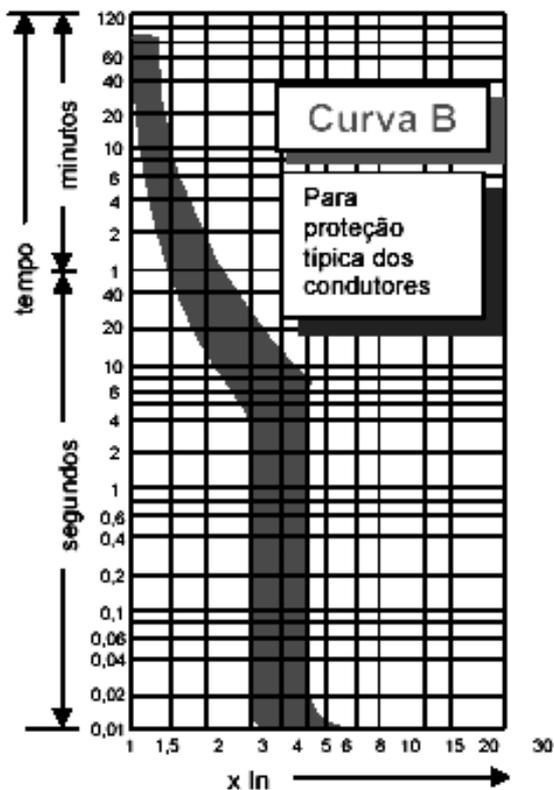
Figura 14 – Interior e gráfico de um disjuntor de motores 3VL.

**Minidisjuntores para manobra e proteção 5SX.**  
**Construção**



- 1 - Lâmina bimetálica de sobrecarga
- 2 - Bobina eletromagnética de curto-circuito
- 3 - Manopla de acionamento
- 4 - Contatos
- 5 - Câmara de extinção
- 6 - Fixação rápida por engate sobre trilho

**Curvas características**



Obedecem as normas – IFC 60 947-2 e IFC 60 898

Figura 15 – Interior e gráfico de um disjuntor 5SX

## 1.5 CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS FUSÍVEL-DISJUNTOR.

Disjuntor e fusível exercem basicamente a mesma função: ambos têm como maior e mais difícil tarefa, interromper a circulação da corrente de curto-circuito, mediante a extinção do arco que se forma. Esse arco se estabelece entre as peças de contato do disjuntor ou entre as extremidades internas do elemento fusível. Em ambos os casos, a elevada temperatura que se faz presente leva a uma situação de risco que podemos assim caracterizar:

- A corrente de curto-circuito ( $I_k$ ) é a mais elevada das correntes que pode vir a circular no circuito, e como é bem superior à corrente nominal, só pode ser mantida por um tempo muito curto, sob pena de danificar ou mesmo destruir componentes de um circuito. Portanto, o seu tempo de desligamento deve ser extremamente curto.

- Essa corrente tem influência tanto térmica (perda joule) quanto eletrodinâmica, pelas forças de repulsão que se originam quando essa corrente circula entre condutores dispostos em paralelo, sendo por isso mesmo, fator de dimensionamento da seção condutora de cabos.

- O seu valor é calculado em função das condições de impedância do sistema, e é por isso variável nos diversos pontos de um circuito. De qualquer modo, representa em diversos casos até algumas dezenas de quilo-ampéres que precisam ser manobrados, seja pela atuação de um fusível, seja pelo disparo por um relé de curto-circuito que ativa o mecanismo de abertura dos contatos do disjuntor.

- Entretanto, existem algumas vantagens no uso do fusível, e outras usando disjuntor.

Vejam a tabela comparativa, perante a corrente de curto-circuito  $I_k$ .

### Características para desempenho no curto-circuito.

Fusível	Disjuntor
• Dispensa cálculo fino da corrente de curto-circuito	• Necessita de cálculo fino da corrente de curto-circuito
• Alta capacidade de interrupção	• Capacidade de interrupção variadas
• Elevada limitação	• Limitação em alta capacidade de interrupção
• Otimização do tempo de interrupção	• Tempo de interrupção variado
• Disponibilidade fácil	• Disponibilidade com restrições
• Baixo custo	• Custo variado

Tabela 1 – Diferenças entre fusíveis e disjuntores

A confiabilidade de operação do fusível ou disjuntor é assegurada pela conformidade das normas vigentes e referências do fabricante quanto as condições de operação e controle, podemos traçar um paralelo entre disjuntor e fusível, como segue:

	<b>Fusível</b>	<b>Disjuntor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Religamento após anomalias               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrecarga</li> <li>- Curto-circuito</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não</li> <li>- Não</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sim</li> <li>- Sim, com restrições (estado dos contatos)</li> </ul>
• Desligamento total da rede por anomalias	Sim, com restrições (com supervisor de fusíveis)	Sim
• Manobra manual segura	Sim, com restrições (com seccionador-fusível)	Sim
• Comando remoto	Não	Sim
• Identificação da condição de uso	Sim, com restrições (evolução da temperatura)	Não, com restrições (registro de eventos, evolução de temperatura)
• Sinalização remota	Sim, com restrições (supervisor de fusíveis)	Sim
• Ocasional parada do trabalho	Sim	Não, com restrições (estado dos contatos)
• Seletividade	Sim, simples	Sim, onerosa
• Intertravamento	Sim, com restrições (com seccionador com porta-fusível)	Sim
• Intercambialidade	Sim, são normalizados	Não
• Requer manutenção	Não, com restrições (acompanhar evolução da temperatura)	Não, com restrições (registro de eventos, evolução da temperatura)

Tabela 2 – Diferenças entre fusíveis e disjuntores

## **2 DISPOSITIVOS DE COMANDOS**

### **CONCEITO:**

EQUIPAMENTOS CAPAZES DE EXECUTAR A INTERLIGAÇÃO E DESLIGAMENTO DE PONTOS ENTRE OS QUAIS CIRCULARÁ CORRENTE QUANDO INTERLIGADOS.

A compreensão de um sistema de acionamento e proteção merece muita atenção, pois dela dependem a durabilidade do sistema e o funcionamento correto dos equipamentos a serem acionados.

Os dispositivos de comandos ou chaves, empregados em circuitos elétricos de baixa tensão, são dos tipos mais variados e com características de funcionamento bem distintas. Essa diversidade é consequência das funções específicas que cada dispositivo deve executar, dependendo de sua posição no circuito.

Um dos critérios mais utilizados é o que classifica as chaves segundo sua capacidade de ruptura, isto é, da corrente ou potência que as mesmas são capazes de comandar.

### **2.1 CHAVE DE PARTIDA DIRETA MANUAL (CHAVE FACA)**

É o método mais simples, em que não são empregados dispositivos especiais de acionamento. A chave de comando direto existe em grande número de modelos e diversas capacidades de corrente, sendo a chave faca a mais simples.

Para uma maior segurança são utilizadas apenas para comandar equipamentos de pequenas correntes. Ex. Motores sem carga (a vazio), circuitos de sinalização e dispositivos de baixa potência.

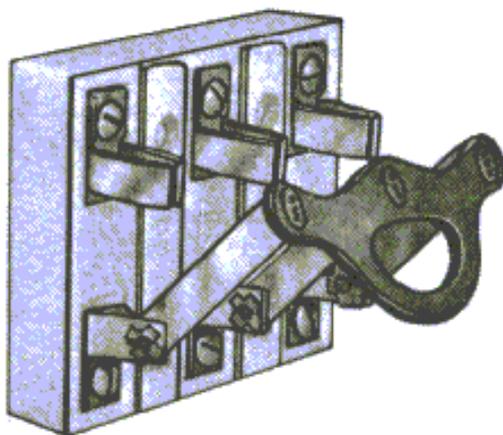


Figura 16 – Chave de Partida direta manual tri polar ou chave faca tri polar.

A base é isolante e normalmente feita de mármore, as chaves podem ser simples (vide figura 13) ou com reversão, nesse caso existe mais um banco de bornes na parte inferior. Por representar riscos ao operador seu uso é restrito e deve ser evitado.

**Chave:** É também denominado contato. Tem a função de conectar e desconectar dois pontos de um circuito elétrico.

A chave tem dois terminais: um deve ser ligado à fonte (ou gerador) e outro ligado à carga (ou receptor). É feita de metal de baixa resistência elétrica para não atrapalhar a passagem de corrente e alta resistência mecânica, de modo a poder ligar e desligar muitos milhares de vezes. A estrutura metálica tem área de secção transversal proporcional à corrente que comandam: quanto maior for a corrente que se deseja comandar, maiores são as superfícies de contato e maior a chave. O valor de corrente a ser comandada também influencia na pressão de contato entre as partes móveis do contato: maiores correntes exigem maiores pressões de contato para garantir que a resistência no ponto de contato seja a menor possível.

A separação dos contatos na condição de desligamento deve ser tanto maior quanto maior for a tensão para a qual o contato foi produzido.

A velocidade de ligação ou desligamento deve ser a mais alta possível, para evitar o desgaste provocado pelo calor proveniente do arco voltaico, provocado no desligamento quando a carga for indutiva.

O contato pode ser do tipo com trava (por exemplo, o tipo alavanca usado nos interruptores de iluminação) e também pode ser do tipo de impulso, com uma posição normal mantida por mola e uma posição contrária mantida apenas enquanto durar o impulso de atuação do contato. Nesse caso se chama fechador ou abridor conforme a posição mantida pela mola.

**Fechador:** Também chamado ligador, é mantido aberto por ação de uma mola e se fecha enquanto acionado. Como a mola o mantém aberto é ainda denominado normalmente aberto (ou NA ou do inglês NO).

**Abridor ou ligador:** é mantido fechado por ação de uma mola e se abre enquanto acionado. Como a mola o mantém fechado, é chamado também de normalmente fechado (ou NF, ou do inglês NC).

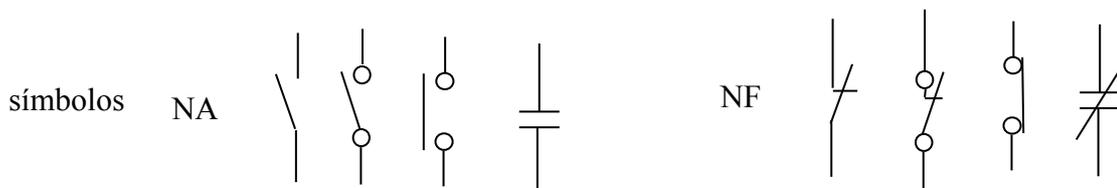
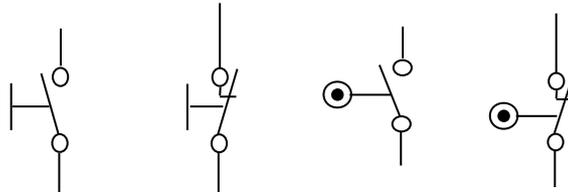


Figura 17 – Simbologia de chaves

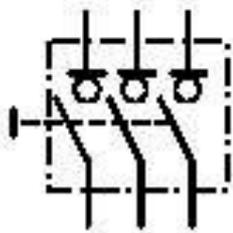
O contato pode ter diversos tipos de acionamento, como por exemplo, por botão, por pedal, por alavanca, por chave (chave de tranca), por rolete por gatilho, ou ainda por ação do campo magnético de uma bobina (eletroímã), formando neste último caso um conjunto denominado contator magnético ou chave magnética.

A seguir estão os símbolos de contatos acionados por botão (os dois à esquerda), e por rolete.

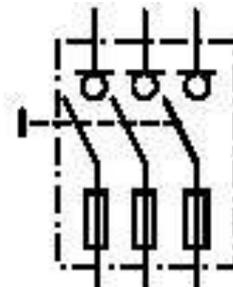
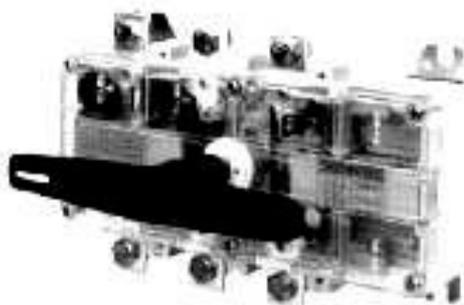


Obs. Considere todos os contatos nessa apostila com atuação da esquerda para a direita quando verticais (como os acima), e de cima para baixo quando horizontais.

### 2.1.1 CHAVE SECCIONADORA



Representação construtiva  
S32



S37



Figura 18 – Exemplo de Chave seccionadora e esquema interno.

É um dispositivo que tem por função a manobra de abertura ou desligamento dos condutores de uma instalação elétrica. A finalidade principal dessa abertura é a manutenção da instalação desligada.

A chave seccionadora deve suportar, com margem de segurança, a tensão e corrente nominais da instalação, isso é normal em todos os contatos elétricos, mas nesse caso se exigem melhor margem de segurança.

A seccionadora tem, por norma, seu estado -ligada ou desligada- visível externamente com clareza e segurança.

Esse dispositivo de comando é construído de modo a ser impossível que se ligue (feche) por vibrações ou choques mecânicos, só podendo, portanto ser ligado ou desligado pelos meios apropriados para tais manobras.

No caso de chave seccionadora tripolar, esta deve garantir o desligamento simultâneo das três fases.

As seccionadoras podem ser construídas de modo a poder operar:

1. Sob carga - então denominada interruptora. A chave é quem desligará a corrente do circuito, sendo por isso dotada de câmara de extinção do arco voltaico que se forma no desligamento e de abertura e fechamento auxiliado por molas para elevar a velocidade das operações.
  - ◆ Sem carga - neste caso o desligamento da corrente se fará por outro dispositivo, um disjuntor, de modo que a chave só deverá ser aberta com o circuito já sem corrente. Neste caso a seccionadora pode ter uma chave NA auxiliar que deve desliga o disjuntor antes que a operação de abertura da chave seja completada.
  - ◆ Com operação apenas local.
  - ◆ Com operação remota, situação na qual sua operação é motorizada.

## **2.2 CHAVES ROTATIVAS BLINDADAS**

Existem vários tipos de chaves blindadas, cada uma para um tipo de aplicação, mas todas são dotadas de um mecanismo de desligamento, que é em sua maioria uma mola colocada sob tensão mecânica. Esta mola é tencionada no momento do acionamento e retorna a posição normal quando desacionada, fazendo com isso que os contatos móveis também sejam deslocados simultaneamente. A velocidade de abertura/fechamento é função única do mecanismo de desligamento, esse é o item mais importante nas chaves

blindadas, pois, já tem definida pelo fabricante sua capacidade de ruptura e seu valor é praticamente inalterado.

Essas chaves são largamente usadas na indústria, seja em painéis elétricos, seja para acionamento de motores de pequena potência. Os tipos mais comuns são: Liga/Desliga, Reversora de rotação e Partida Estrela/Triângulo.

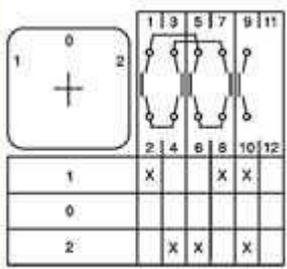
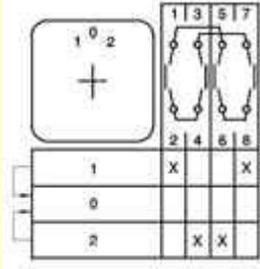
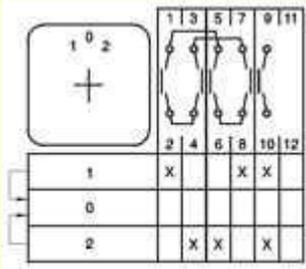
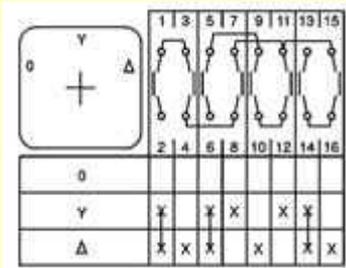
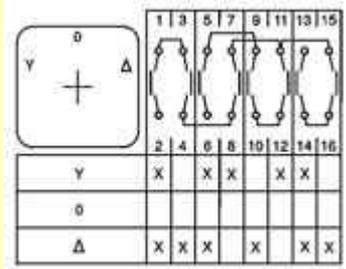
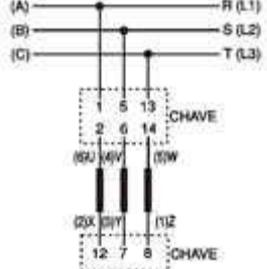
As figuras a seguir ilustram alguns exemplos de chaves.



Figura 19 – Exemplos de chaves Rotativas blindadas.

As tabelas a seguir demonstram o esquema de ligação de alguns tipos de chaves, fornecido pelo fabricante.

Tabela 3 – Exemplos de Chaves blindadas

Descrição	Programa	Ângulo de Manopla	Formato Grupo	Nº de Celas	
T-W3 (Tri-Polar) Reversora Ligação Direta		60°	10	D0	3
			16		
			20		
			32		
			40		
T-WR2 (Bi-Polar) Reversora com Retorno Automático para Posição "O" Ligação Direta		45°	10	D0	
			16		
			20		
			32		
			40		
T-WR3 (Tri-Polar) Reversora com Retorno Automático para Posição "O" Ligação Direta		30°	50	D1	2
			63		
			100		
			10		
			16		
T-SD Estrela Triângulo Ligação Direta		60°	20	D0	4
			32		
			40		
			50		
			63		
T-SDW Estrela Triângulo Seletora Ligação Direta		60°	10	D1	4
			16		
			20		
			32		
			40		
T-SDW Estrela Triângulo Seletora Ligação Direta		60°	50	D2	
			63		
			100		

## **2.3 CHAVES SIMPLES/CHAVES DE IMPULSO**

Dispositivo que na condição aberta, satisfaz as exigências de distância de isolamento especificadas, e que podem ligar, mas não interromper correntes de curto-circuito. Assim, podemos considerar que devem satisfazer os seguintes preceitos:

**TENSÃO:** QUANDO ABERTAS AS CHAVES FICAM SUBMETIDAS A UM ALTO VALOR DE TENSÃO E DEVEM SUPORTÁ-LO SEM PERMITIR FLUXO DE CARGAS.

**CORRENTE:** QUANDO FECHADAS AS CHAVES DEVEM CONDUZIR A CORRENTE DO CIRCUITO COMANDADO SEM SUPER AQUECER NEM PROVOCAR QUEDA DE TENSÃO.

**VELOCIDADE DE OPERAÇÃO:** QUANTO MAIS RÁPIDO A CHAVE SE ABRIR OU FECHAR, MENOR SERÁ A POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE RESISTÊNCIA NOS PONTOS DE CONTATO E CONSEQUENTEMENTE MENOR SERÁ A QUEDA DE TENSÃO PRODUZIDA E O CALOR.

**NÚMERO DE OPERAÇÕES:** INDICA A QUANTIDADE DE OPERAÇÕES QUE A CHAVE PODE EXECUTAR ATÉ QUE SE DESTRUA.

## ESTRUTURA BÁSICA DAS CHAVES

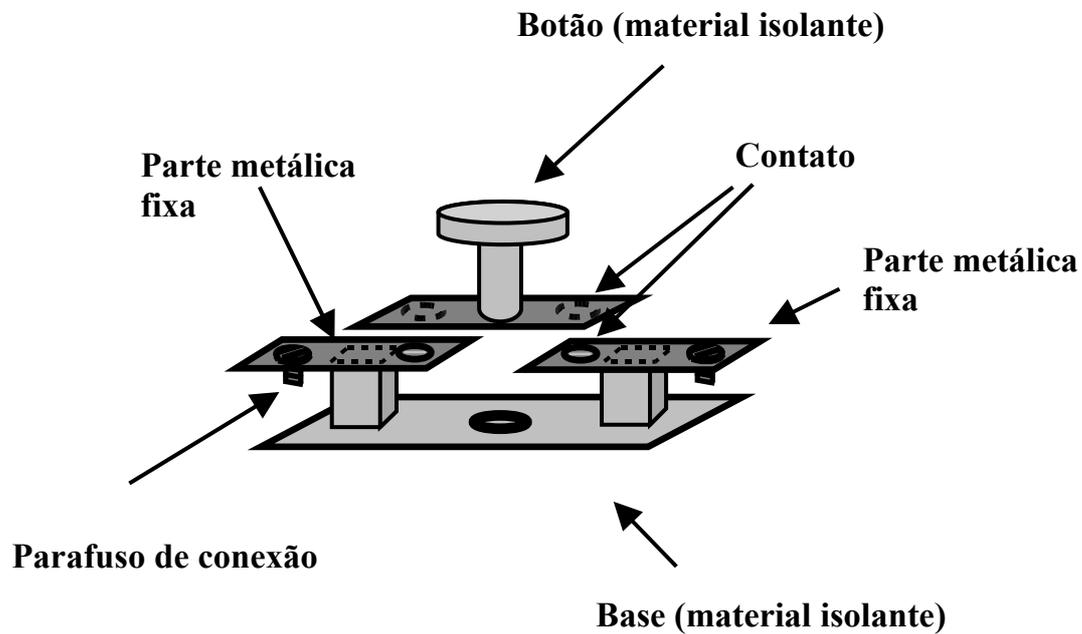


Figura 20 – Estrutura básica de uma chave.

### 2.4 CHAVES DE IMPULSO

São chaves de duas posições: uma dessas posições é mantida pelo acionamento e apenas enquanto durar o acionamento. A outra, chamada posição de repouso, é mantida por algum método próprio da chave, como uma mola, por exemplo.

Conforme a posição de repouso, a chave recebe uma denominação específica: Quando a mola mantém a chave aberta, esta última se chama normalmente aberta ou NA;

Quando a mola mantém a chave fechada, esta última se chama normalmente fechada ou NF.

As figuras abaixo representam os dois tipos de chaves do impulso.

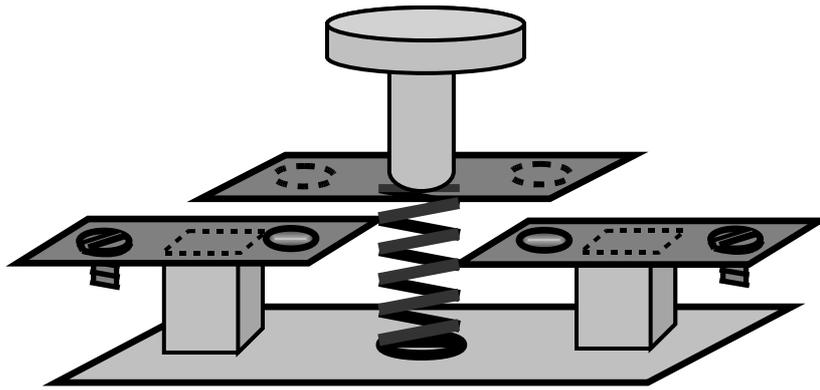


Figura 21 – Chave NA.

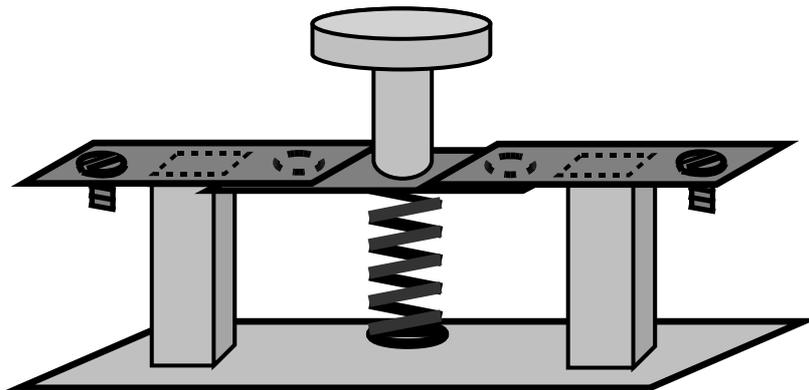


Figura 22 – Chave NF.

Na página seguinte temos as imagens de alguns tipos de botoeiras simples e de pulso, assim como algumas especificações do fabricante.



Figura 23 – Chaves NF e NA

## Características Gerais:

Normas: GB14048.5-1993, IEC 60947.5.1, EN 60947.5.1

Material: com alta resistência: mecânica, ao calor e elétrica, auto-extinguível VO

Esquema de Contatos: Segundo CENELEC - 50013

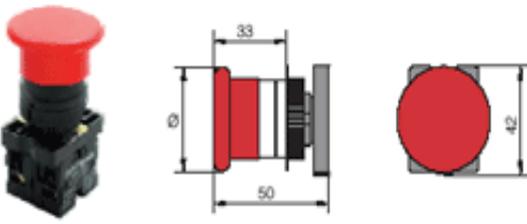
Grau de Proteção: IP 40 (IP 66 com capa de prote

Limite de Temperatura:

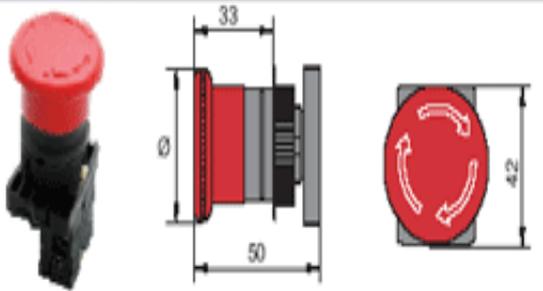
Funcionamento - de -25°C ~ +70°C

Armazenagem - de -40°C ~ +70°C

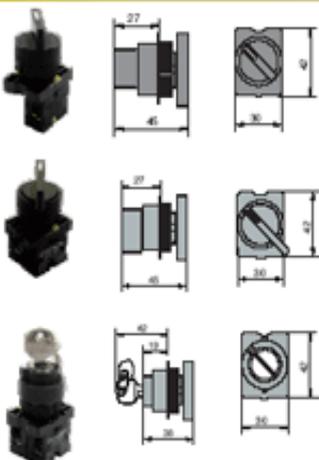
### Botão cogumelo (tipo soco) à impulsão

		Ø 40mm	Ø 60mm
	Cor	Código	Código
		S-PFN1M4	S-PFN1M6
		S-PFN2M4	S-PFN2M6
		S-PFN3M4	S-PFN3M6
		S-PFN4M4	S-PFN4M6
		S-PFN5M4	S-PFN5M6
		S-PFN8M4	S-PFN8M6

### Botão de retenção (tipo soco) girar p/ destravar

	Cor	Ø 30mm	Ø 40mm	Ø 60mm
		Código	Código	Código
		S-PFN1R3	S-PFN1R4	S-PFN1R6
		S-PFN2R3	S-PFN2R4	S-PFN2R6
		S-PFN3R3	S-PFN3R4	S-PFN3R6

### Botão comutador

			c/ manopla curta	c/ manopla longa	c/ chave
	Cor	posição comutador	Código	Código	Código
		 90° D0 Fixa	S-MB8D0	S-LB8D0	S-CG8D0C
		 90° D2 Retorno	S-MB8D2	S-LB8D2	S-CG8D2C
		 2x90° T0 Fixa	S-MB8T0	S-LB8T0	S-CG8T0C
	 2x90° T3 Retorno	S-MB8T3	S-LB8T3	S-CG8T3C	

Botão à impulsão					
		Normal	Luminoso		Normal (c/ gravação)
	Cor	Código	Código	Cor	Código
		S-PRN1	S-PRL1		S-PRN1/O
		S-PRN2	S-PRL2		S-PRN2/I
		S-PRN3	S-PRL3		-
		S-PRN4	S-PRL4		-
		S-PRN5	S-PRL5		S-PRN5/F
		S-PRN8	-		S-PRN8/F

Botão duplo					
		Saliente	Faceado		Luminoso (Saliente)
	Cor	Código	Código	Cor	Código
	 	S-PDN	S-PDNR	 	S-PDL

Figura 24 – Especificações técnicas de alguns tipos de botões.

## 2.5 BOTÃO DE COMANDO DE FIM DE CURSO:

Botão acionado mecanicamente para sinalização, comando e limitação de curso. O miolo da botoeira é que contém os contatos e os terminais do dispositivo fim de curso.

## 2.6 ASSOCIAÇÕES DE CHAVES

### SÉRIE

Associadas em série entre si às chaves só permitem o acionamento da carga ligada a elas (em série, é claro) se todas estiverem fechadas. Uma chave ligada em série com outras garante através de sua abertura o desligamento da carga.

”A carga só se ligará se todas as chaves estiverem fechadas”, executando uma lógica chamada lógica E.

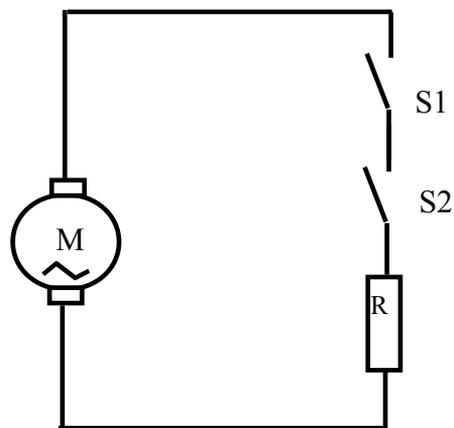


Figura 25 – Circuito com ligações de chaves em série.

## PARALELO

Associadas em paralelo entre si as chaves acionam a carga (ligada a elas em série é claro), desde que pelo menos uma chave esteja fechada. Uma chave ligada em paralelo com outras garante através de seu fechamento a ligação da carga.

”A carga só se desligará se todas as chaves estiverem abertas”, executando uma lógica chamada lógica OU.

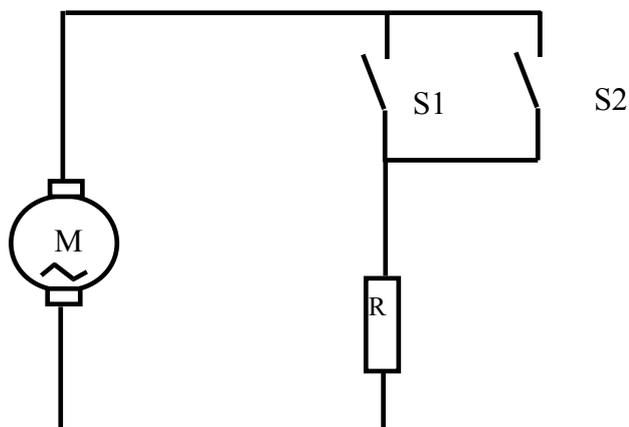


Figura 26 – Circuito com ligações de chaves em paralelo.

## 2.7 SINALIZAÇÃO

Para a sinalização de eventos usam-se lâmpadas, buzinas e sirenes.

As lâmpadas são usadas para sinalizar tanto situações normais quanto anormais, tendo uma cor referente a cada tipo de ocorrência.

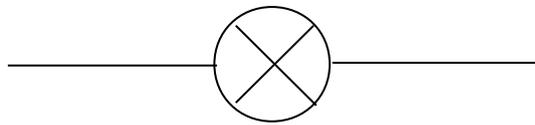


Figura 27 – Símbolo de lâmpada.

Símbolo

Cor	Significado	Explicação
Amarela	Atenção	Condições normais em alteração
Vermelha	Perigo	Situação que exige intervenção imediata, como altas temperaturas ou pressões; Carga ligada
Verde	Segurança; Circuito desligado;	Temperatura ou pressões normal; Carga pronta para ser acionada;
Branca ou azul	Informação	Qualquer significado não simbolizado pelas outras cores

Tabela 4 – Cores e significados de lâmpadas.

As buzinas e sirenes são usadas apenas para sinalizar condições de emergência, como vazamentos de gases, ou ainda para informações em local onde a sinalização visual seja insuficiente.

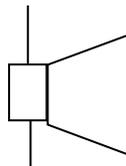


Figura 28 – Símbolo de buzina ou sirene.

### 3 CHAVE MAGNÉTICA OU CONTATOR MAGNÉTICO

Contator é um dispositivo eletromagnético que liga e desliga o circuito do motor. Usado de preferência para comandos elétricos automáticos à distância. É constituído de uma bobina que quando alimenta cria um campo magnético no núcleo fixo que por sua vez atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando alimentação da bobina, desaparece o campo magnético, provocando o retorno do núcleo através de molas, conforme figura abaixo.

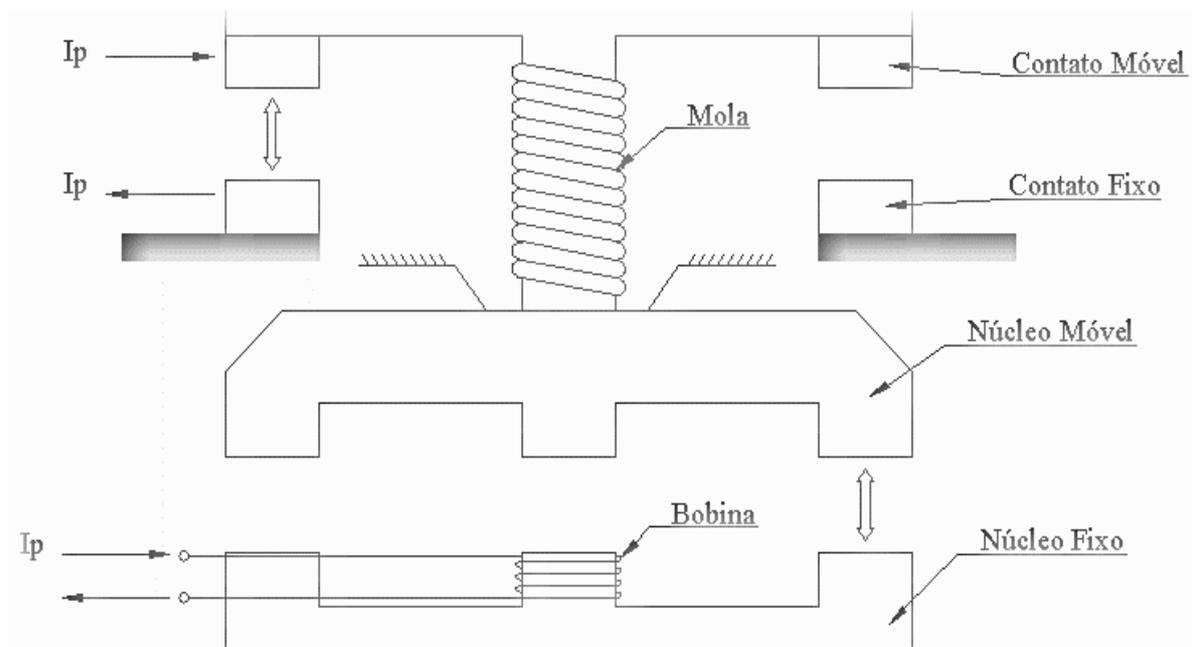


Figura 29 – Esquema interno de um contator.

O contator, que é de acionamento não manual por definição, pode ser do tipo “de potência“ e “auxiliar“, e normalmente tripolar, por ser usado em redes industriais que são sobretudo trifásicas.

O seu funcionamento se dá perante condições nominais e de sobrecarga previstas, sem porém ter capacidade de interrupção para desligar a corrente de curto-circuito.

O acionamento é feito por uma bobina eletromagnética pertencente o circuito de comando, bobina essa energizada e desenergizada normalmente através de uma botoeira liga-desliga, estando ainda em série com a bobina do contator um contato pertencente ao relé de proteção contra sobrecargas, do tipo NF ( Normalmente Fechado ).

Esse contato auxiliar, ao abrir, interrompe a alimentação da bobina eletromagnética, que faz o contator desligar.

Fusíveis colocados no circuito de comando fazem a proteção perante sobrecorrentes.

### 3.1 COMO FUNCIONA A CHAVE MAGNÉTICA:

A chave magnética compõe-se de:

- ✓ BOBINA
- ✓ FERRAGEM (PARTE FIXA E PARTE MÓVEL)
- ✓ CHAVES (PARTE FIXA E PARTE MÓVEL)

## A BOBINA, ENERGIZADA, GERA UM CAMPO MAGNÉTICO

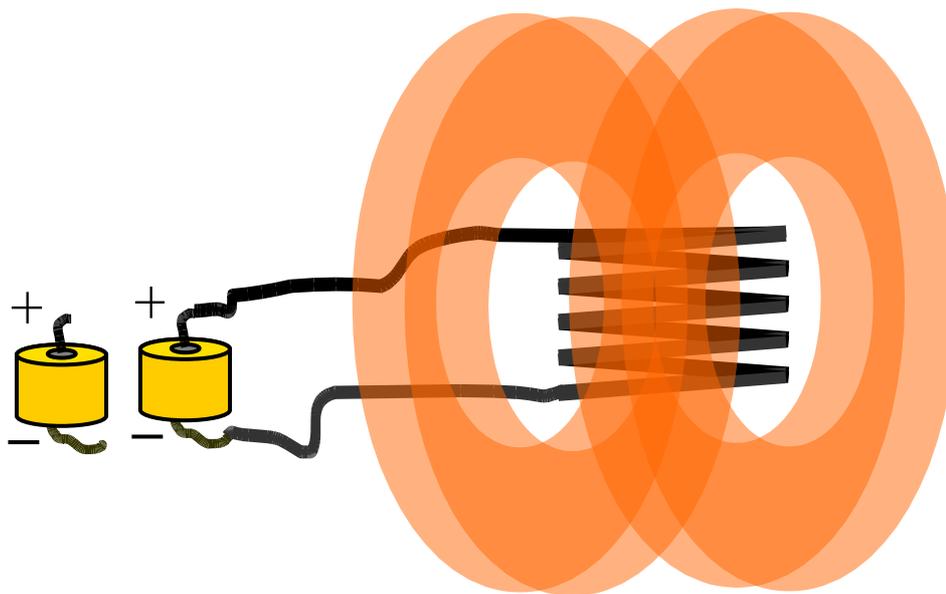


Figura 30 – Campo magnético gerado pela circulação de corrente na bobina.

O campo magnético é concentrado pela parte fixa do entreferro, na qual é fixada a bobina e a parte fixa das chaves.

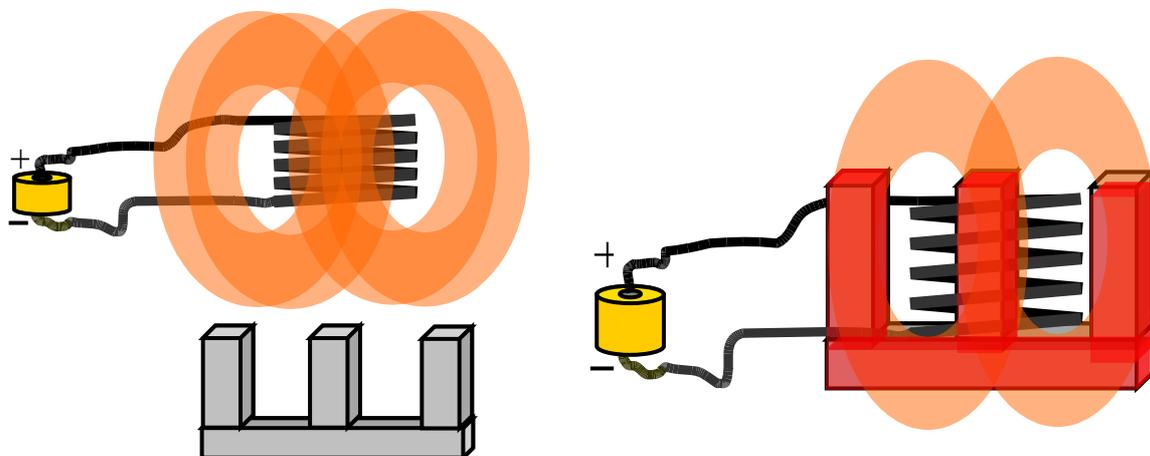


Figura 31 – Campo magnético circulando pelo entreferro.

O campo magnético produzido na bobina quando energizada, é concentrado pela parte fixa do entreferro, na qual é fixada a bobina e a parte fixa das chaves.

O campo magnético, concentrado, atrai a parte móvel do entreferro na qual se prende a parte móvel das chaves.

Quando se unem a parte móvel com a parte fixa há o acionamento das chaves.

Quando se unem a parte móvel com a parte fixa há também uma concentração ainda maior do campo magnético, aumentando a indutância e reduzindo a corrente elétrica caso a tensão aplicada seja alternada.

Este efeito provoca uma maior velocidade de acionamento das chaves magnéticas acionadas por tensão alternada se comparada a daquelas acionadas por tensão contínua.

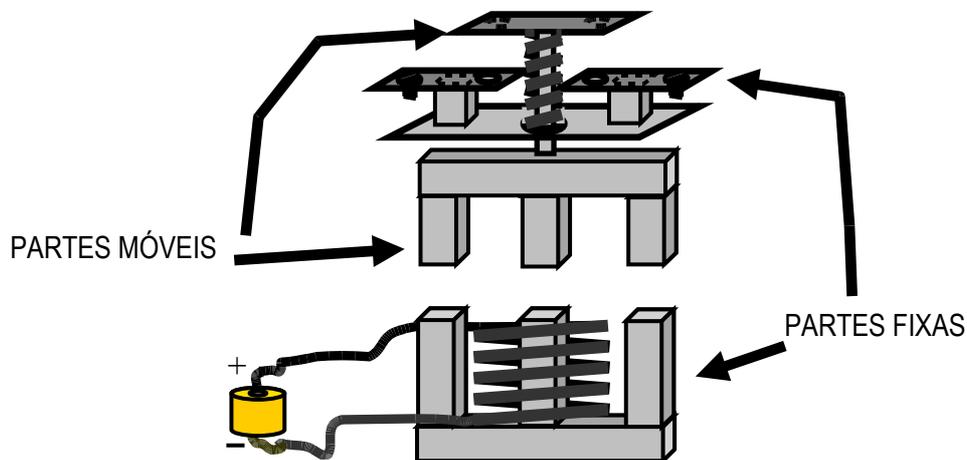


Figura 32 – A bobina desenergizada os contatos ficam abertos.

A intensidade de corrente de acionamento da (bobina) chave magnética é muito menor que a corrente possível de ser comandada pelas suas chaves.

Por este fato com um dispositivo (chave/botoeira), uma pequena corrente pode energizar a bobina, que ativará suas chaves, que podem comandar uma alta potência como de um motor.

Ex. figura abaixo:

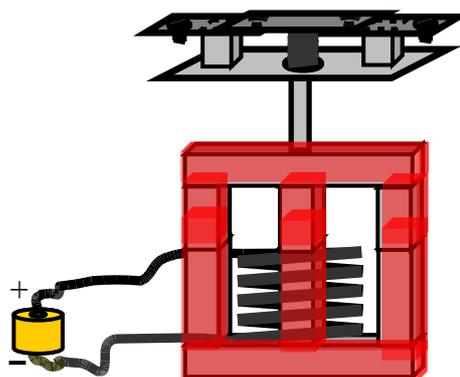


Figura 33 – A bobina energizada atrai os contatos.

A seguir vê-se o símbolo de uma chave magnética com a identificação típica das chaves: os terminais do eletroímã são identificados por letras, em geral a1 e a2 ou a e b, e os terminais das chaves são identificados com numeração.

O número de chaves do contator é bem variado dependendo do tipo. De acordo com o fim a que se destinam, as chaves do contator recebem denominações específicas:

**Chaves principais:** São mais robustas e destinam-se a comandar altos valores de corrente típicos de motores e outras cargas. São sempre do tipo NA. Sua identificação se faz com números unitários de 1 as 6.

**Chaves auxiliares:** Bem menos robustas, se prestam a comandar as baixas correntes de funcionamento dos eletroímãs (bobinas) de outras chaves magnéticas, lâmpadas de sinalização ou alarmes sonoros. As chaves auxiliares podem ser do tipo NA ou NF.

A identificação das auxiliares se faz com dezenas de final 3 e 4 para as NA e com 1 e 2 para as do tipo NF. Essas numerações podem aparecer identificando terminais de contatos mesmo que não sejam operados por chave magnética e sim por botão ou rolete por exemplo.

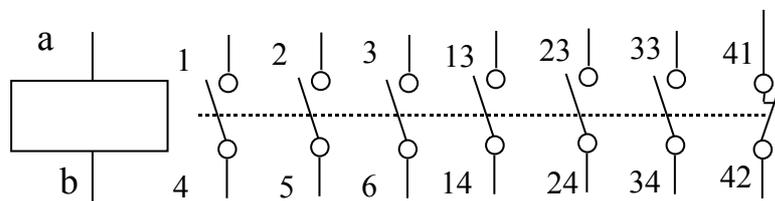


Figura 34 – Terminais de um contator.

O eletroímã (formado por bobina e entreferro) da chave magnética deve ser ligado à tensão nominal e obedecendo ao tipo: CA ou CC.

### 3.1 CONSTRUÇÃO:

Um eletroímã feito para operar em CC, se for ligado em CA de valor suficiente para acioná-lo ficará superaquecido no entreferro por causa do alto valor da corrente de Foucault induzida no entreferro. No caso do eletroímã de CA, o entreferro é laminado para evitar essas correntes e no de CC o entreferro é maciço.

Um eletroímã de CA, caso seja ligado em CC (com mesmo valor de tensão de CA) ficará superaquecido no eletroímã pela alta corrente, já que em CC só haverá resistência enquanto em CA há resistência e reatância indutiva.

O eletroímã alimentado por CC gera alto valor de tensão de auto-indução e isso provoca suavidade na ligação e um arco voltagem na chave que o comanda, durante o desligamento, bem maior que em CA. Este arco no desligamento exige alguns cuidados para diminuir os seus efeitos destrutivos.

Cada tamanho de contator tem suas particularidades construtivas. Porém, em termos de componentes e quanto ao princípio de funcionamento, são todos

similares ao desenho explodido que segue, e cujos componentes estão novamente representados na ilustração seguinte.

**CONTATOR DE POTÊNCIA.**  
Desenho explodido

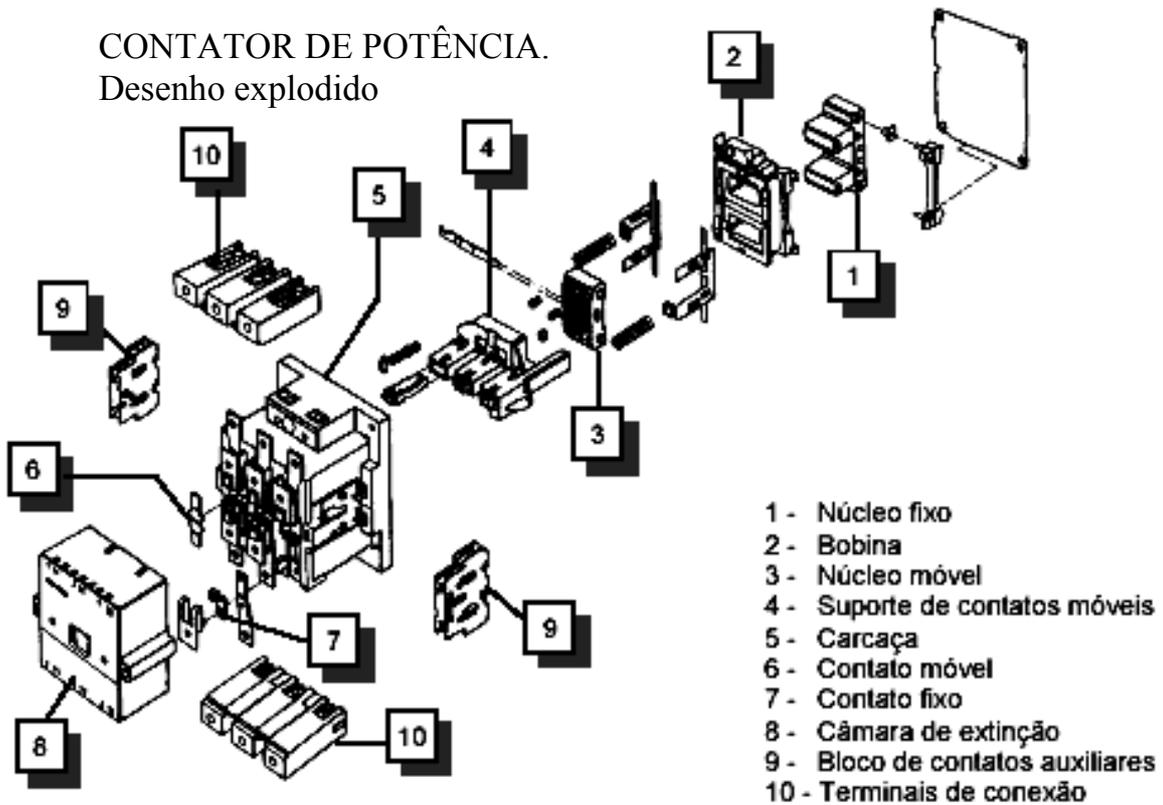


Figura 35 – Componentes de um contator de potência.

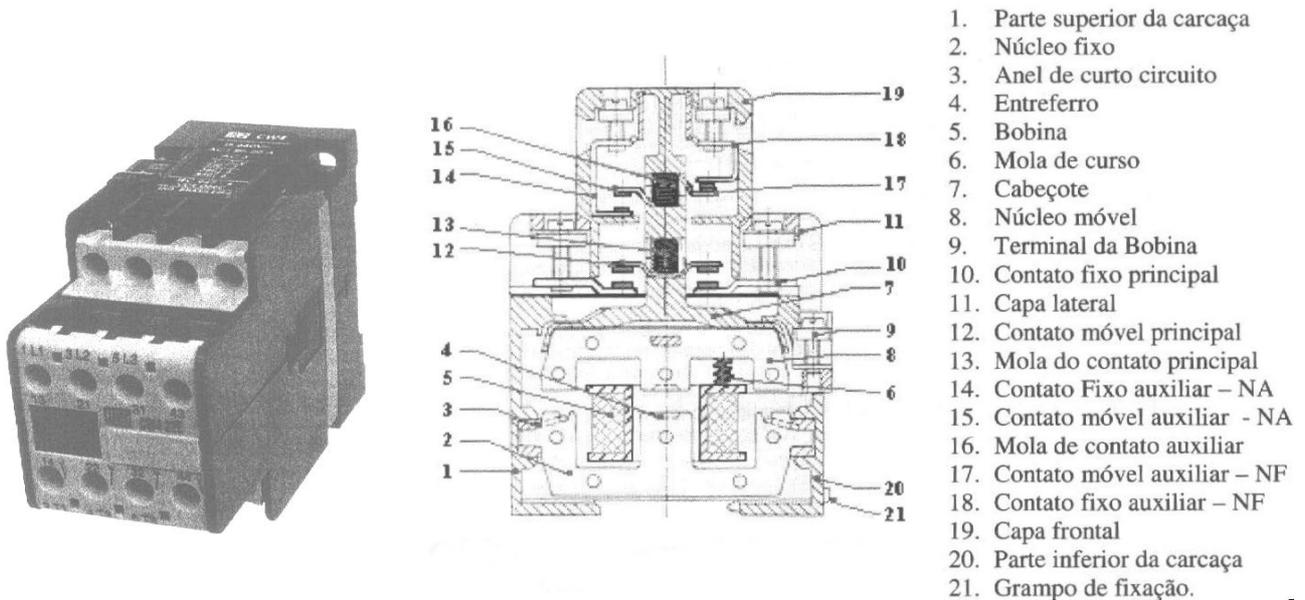
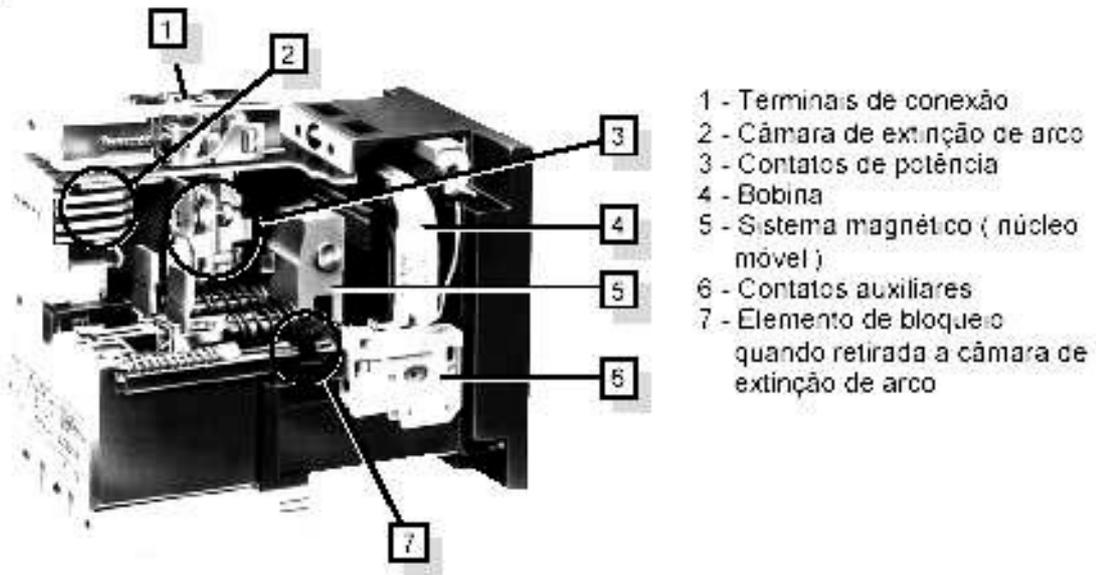


Figura 36 – Componentes de um contator de potência.

**Contator de potência.**  
Peça em corte.



**Análise e substituição dos contatos de contadores.**

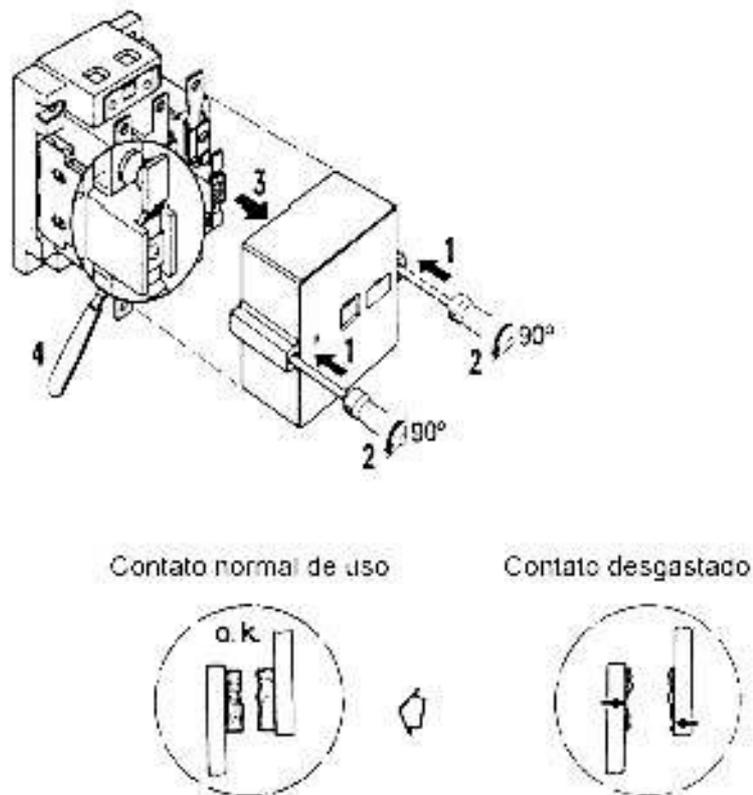


Figura 37 – Análise e substituição dos contatos de contadores.

### 3.2 CONTATOR DE POTÊNCIA E CONTATOR AUXILIAR

Alguns contadores magnéticos são construídos apenas com contatos de alta potência, quando então se denominam chaves (ou contadores) de potência. Há também contadores magnéticos que só possuem chaves auxiliares sendo por isso chamados de contadores (ou chaves) auxiliares.

O contador tem diversas aplicações, entre elas:

**INVERSÃO DE LÓGICA:** usa-se uma chave ou contato NF acionado pelo contador para acionar uma carga e isso provoca uma inversão na lógica de funcionamento da chave ou contato que comanda o eletroímã do contador.

No exemplo, a chave 1 é NA, porém a carga será acionada (pela chave 41-42) como se a chave S1 fosse NF pois sempre que a mesma estiver em repouso a carga estará acionada e quando a chave S1 estiver acionada a carga estará desligada. Caso a chave 1 fosse NF a carga ficaria acionada como se a chave fosse NA, ligando-se e desligando-se juntamente com a mesma.

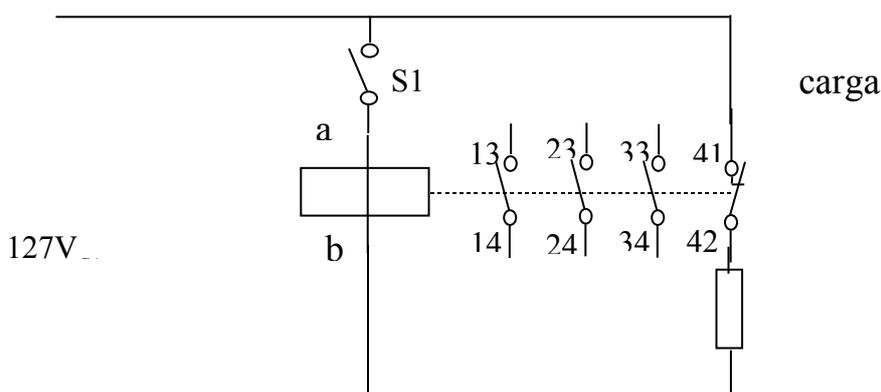


Figura 38 – Esquema de inversão lógica.

**MULTIPLICAÇÃO DE CONTATOS:** com uma única chave pode-se acionar o contador, que pode ter várias chaves, que ligarão (NA) ou desligarão (NF) os circuitos que estiverem ligados através dessas chaves, permite que uma única chave opere diversos circuitos simultaneamente, como visto no exemplo abaixo onde S1 liga o eletroímã que por sua vez aciona três cargas.

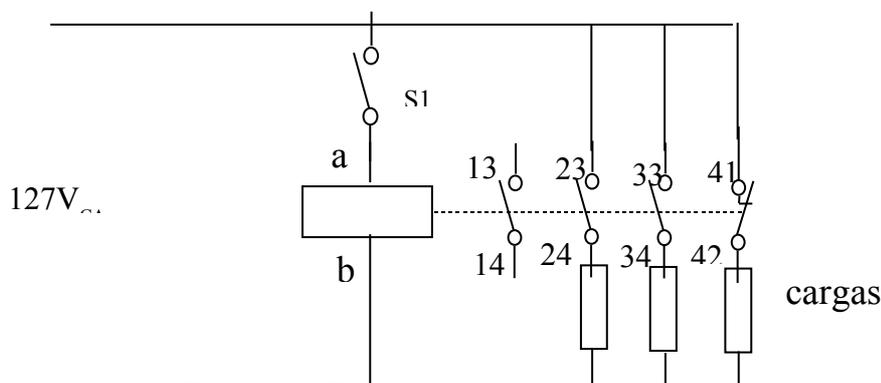


Figura 39 – Esquema de multiplicação de contatos.

**MEMORIZAÇÃO DE ACIONAMENTO:** Através de uma das chaves (então chamada chave ou contato de selo ou de auto-retenção) pode-se manter o contator acionado após um acionamento momentâneo da chave que o acionou .

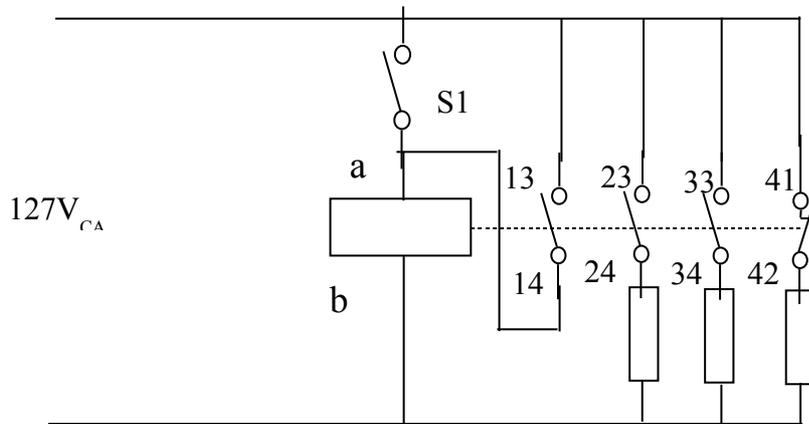


Figura 40 – Esquema de memorização de acionamento.

Após se acionar a chave S1 as cargas ficarão acionadas como se a chave se mantivesse acionada, pois o contato 13-14 manterá o contator acionado mesmo após a abertura da chave 1, até que a alimentação do contator seja desfeita, o que pode ser feito pela abertura de um contato NF, inserido em série com o eletroímã, como o S2 no diagrama visto a seguir.

O botão 1 aciona o contator que se mantém por selo. O botão 2 desliga o contator.

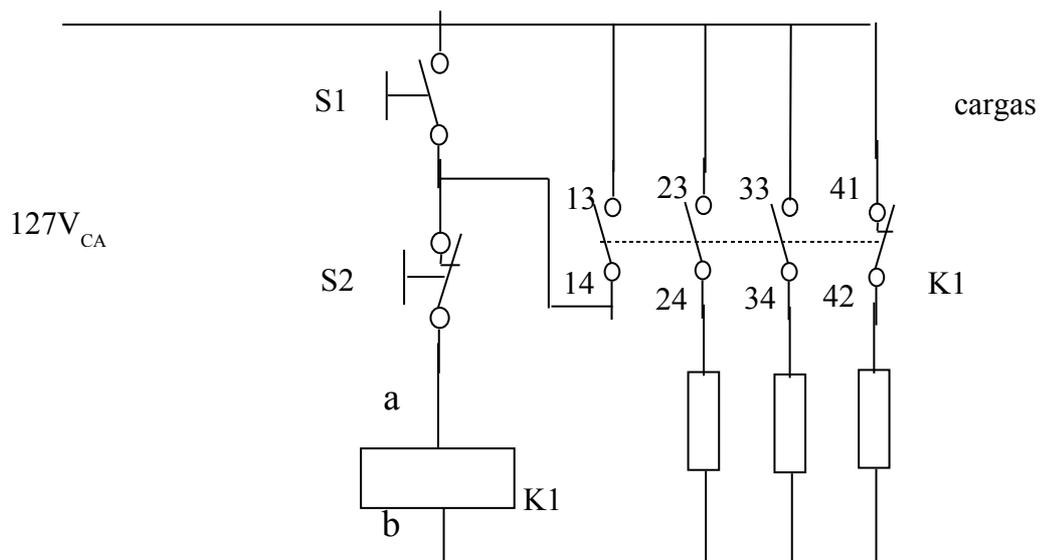


Figura 41 – Esquema de memorização de acionamento com chave NF S2.

### 3.3 FUNCIONAMENTO DO CONTATOR.

Conforme definido e comentado anteriormente, o contator é um dispositivo de manobra não manual e com desligamento remoto e automático, seja perante sobrecarga (através do relé de sobrecarga) seja perante curto-circuito (através de fusíveis).

Quem liga e desliga o contator é a condição de operação de uma bobina eletromagnética, indicada por (2) no desenho em corte, abaixo.

Essa bobina, no estado de desligado do contator, ou seja, contato fixo (4) e contato móvel (5) abertos, também está desligada ou desenergizada. Quando, por exemplo, através de uma botoeira a bobina eletromagnética é energizada, o campo magnético criado e que envolve o núcleo magnético fixo (1), atrai o núcleo móvel (3), fazendo com que se desloque o suporte de contatos com os contatos principais móveis (5), assim encontram os contatos principais fixos (4), fechando o circuito.

Estando o contator ligado (a bobina alimentada), e havendo uma condição de sobrecarga prejudicial aos componentes do sistema, o relé de proteção contra sobrecarga (bimetálico ou eletrônico) interromperá um contato NF desse relé, que está em série com a bobina do contator, no circuito de comando. Com a abertura do contato é desenergizada a bobina eletromagnética, o contator abre e a carga é desligada.

Para efeito de religação, essa pode ser automática ou de comando remoto, dependendo das condições a serem atendidas pelo processo produtivo ao qual esses componentes pertencem.

Além dos contatos principais, um contator possui contatos auxiliares dos tipos NA e NF, em número variável e informado no respectivo catálogo do fabricante. (Lembrando: NA significa Normalmente Aberto e NF, Normalmente Fechado).

As peças de contato têm seus contatos feitos de metal de baixo índice de oxidação e elevada condutividade elétrica, para evitar a criação de focos de elevada temperatura, o que poderia vir a prejudicar o seu funcionamento. Nesse sentido, o mais freqüente é o uso de liga de prata.

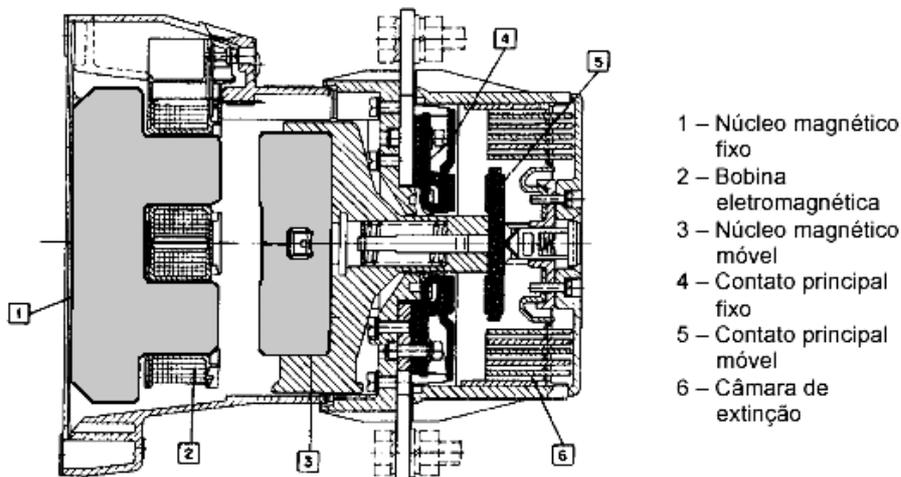


Figura 42 – Interior de um Contator.

### **3.4 CONTADORES, CATEGORIAS DE EMPREGO - IEC 947**

AC - 1 Cargas não indutivas ou de baixa indutividade Resistores

AC - 2 Motores com rotor bobinado (anéis)

Partida com desligamento na partida e regime nominal

AC - 3 Motores com rotor em curto-circuito (gaiola)

Partida com desligamento em regime nominal

AC - 4 Motor com rotor em curto-circuito (gaiola)

Partida com desligamento na partida, partida com inversão de rotação, manobras intermitentes

AC - 5a Lâmpadas de descarga em gás

(fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio)

AC - 5b Lâmpadas incandescentes

AC - 6a Transformadores

AC - 6b Banco de capacitores

AC - 7a Cargas de aparelhos residenciais ou similares de baixa indutividade

AC - 7b Motores de aparelhos residenciais

AC - 8 Motores-compressores para refrigeração com proteção de sobrecarga

DC - 1 Cargas não indutivas ou de baixa indutividade Resistores

DC - 3 Motores de derivação ( shunt)

Partidas normais, partidas com inversão de rotação, manobras intermitentes, frenagem

DC - 5 Motores série

Partidas normais, partidas com inversão de rotação, manobras intermitentes, frenagem

DC - 6 Lâmpadas incandescentes

### **Contadores auxiliares, categorias de emprego - IEC 947**

**Corrente alternada Especificação das cargas**

AC - 12 Cargas resistivas e eletrônicas

AC - 13 Cargas eletrônicas com transformador de isolamento

AC - 14 Cargas eletromagnéticas = 72 VA

AC - 15 Cargas eletromagnéticas > 72 VA

**Corrente contínua Especificação das cargas**

DC - 12 Cargas resistivas e eletrônicas

DC - 13 Cargas eletromagnéticas

DC - 14 Cargas eletromagnéticas com resistores de limitação

### 3.5 DURABILIDADE OU VIDA ÚTIL.

A durabilidade é expressa segundo dois aspectos: a mecânica e a elétrica.

A durabilidade mecânica é um valor fixo, definido pelo projeto e pelas características de desgaste dos materiais utilizados. Na prática, o seu valor é de 10 a 15 milhões de manobras, para contatores de pequeno porte. De qualquer modo, o valor correspondente está indicado no catálogo do fabricante.

A durabilidade elétrica, ao contrário, é um valor variável, função da frequência de manobras da carga à qual o contator está sujeito, ao número total de manobras que o contator é capaz de fazer, a sua categoria de emprego e aos efeitos do arco elétrico, que dependem da tensão e da corrente elétricas.

Normalmente, perante condições de desligamento com corrente nominal na categoria de emprego AC-3, esse valor varia de 1 a 1,5 milhão de manobras.

#### Utilização dos contatores.

##### Desvio dos valores nominais de operação

Defeitos	Causas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruído de vibração                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda acelerada de massa dos contatos</li> <li>- Destruição dos contatos</li> <li>- Destruição da bobina (<math>\approx 1</math>min)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sub-tensão no comando                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformador de comando sub-dimensionado</li> <li>- Tensão de comando derivada da potência</li> <li>- Falha de conexão e condução</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem leve (separável)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de brilho fosco</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de ligação e condução</li> </ul>
<p>Perda de massa com deformações do contato</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas fundidas</li> </ul> <p>Soldagem intensa (inseparável)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda acelerada da massa dos contatos</li> </ul> <p>Destruição das partes adjacentes aos contatos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de interrupção</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruição das partes adjacentes aos contatos</li> </ul> <p>Soldagem intensa (não separável)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durabilidade elétrica</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem leve (separável)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de brilho fosco</li> </ul> </li> </ul> <p>Destruição das partes adjacentes aos contatos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequência de manobras</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de massa com pingos de derretimento</li> </ul> <p>Destruição das partes adjacentes aos contatos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curto-circuito</li> </ul>

Tabela 4 – Defeitos X Causas.

#### 4 RELÉS DE TEMPO (TEMPORIZADOR)

São temporizadores para controle de tempos de curta duração. Utilizados na automação de máquinas e processos industriais, especialmente em sequenciamento, interrupções de comandos e em chaves de partida.

No painel desse relé se encontra um botão pelo qual se seleciona o tempo de retardo.

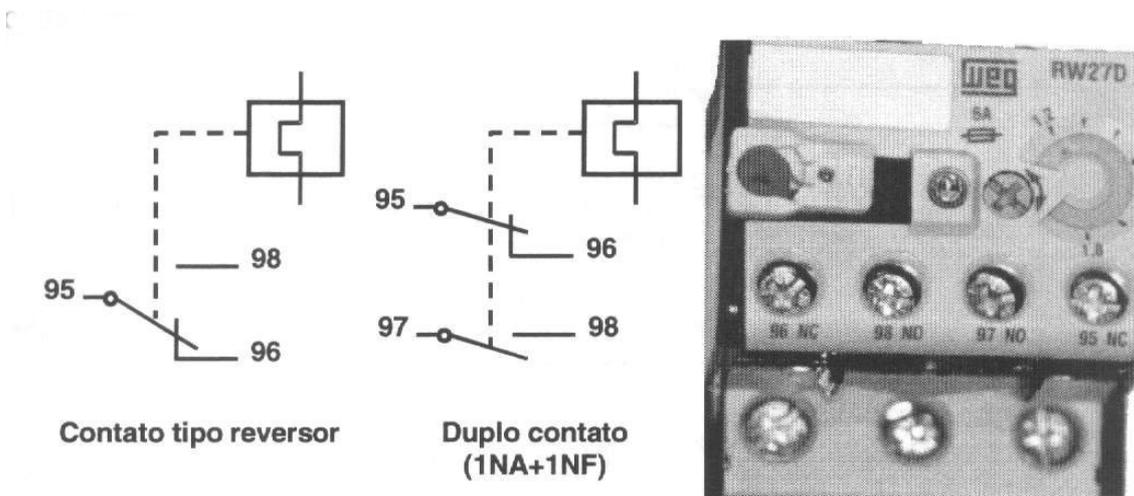
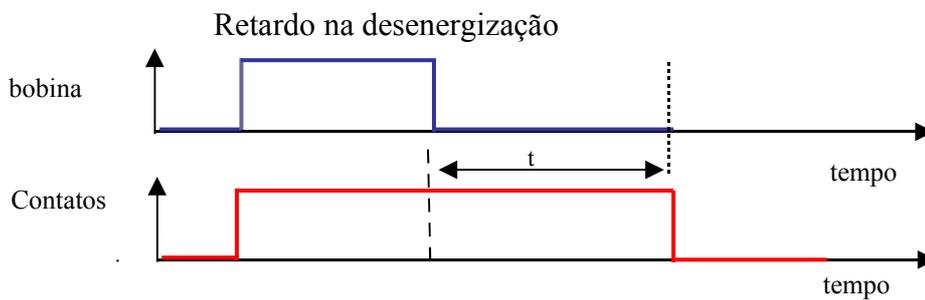
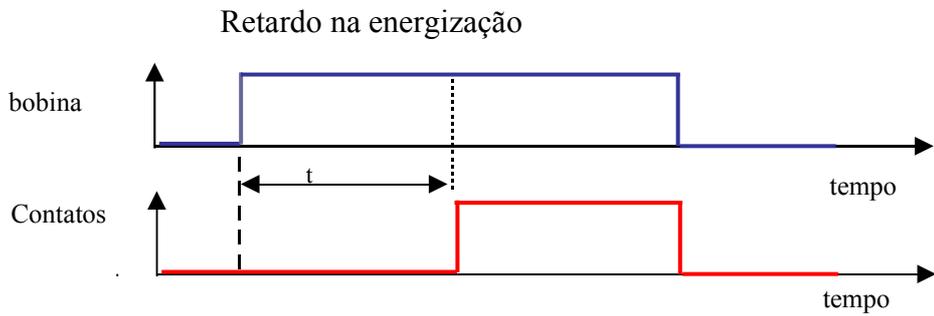


Figura 43 – Exemplo de Relé Temporizado.

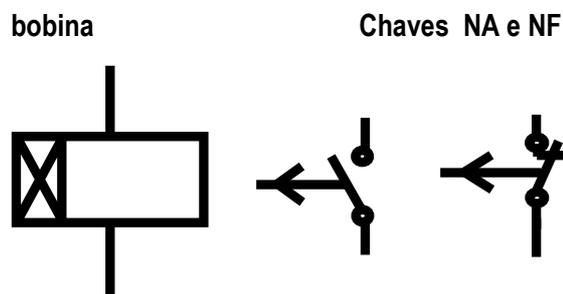
**RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO** – Esse tipo atua suas chaves um tempo após a ligação, ou energização do relé e as retorna ao repouso imediatamente após seu desligamento ou desenergização.

**RETARDADO NA DESENERGIZAÇÃO** – Este atua as chaves imediatamente na ativação, porém estas chaves só retornam ao repouso um tempo após a desativação. Não foi usado o termo energização e sim ativação por que existe um tipo de temporizador na desenergização que constantemente energizado e na realidade sua ativação e desativação se fazem por intermédio da interligação e do desligamento respectivamente de dois terminais específicos.

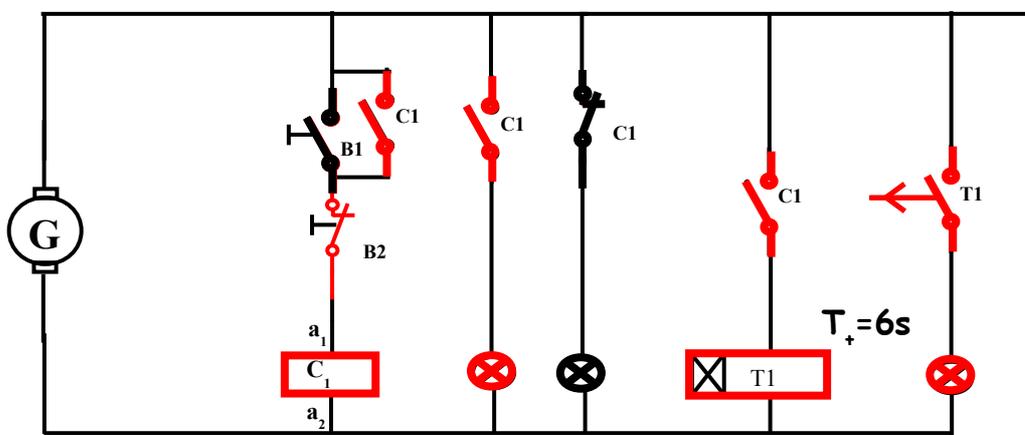
Gráficos de acionamento x tempo, das bobinas e dos contatos dos relés temporizados.



**SIMBOLOGIA:**



**CIRCUITO:**



relé acionado

contatos do relé acionados

$T = 6s$

## 4.1 SÍMBOLOS DOS RELÉS

Alguns relés têm simbologia própria como é o caso dos temporizadores e dos de sobre corrente térmicos. As chaves desses relés quando separadas de seu atuador também têm símbolos específicos.

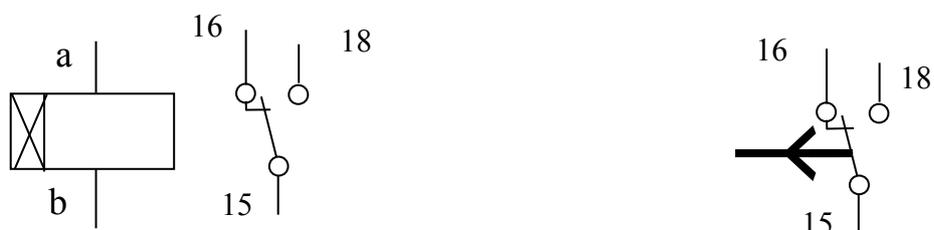


Figura 44 - Símbolo de Relé Temporizado com retardo na energização.

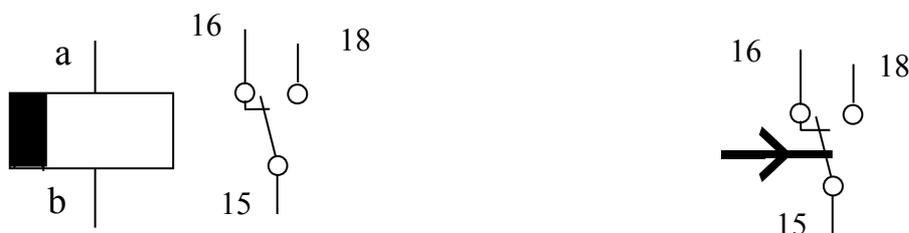


Figura 45 - Símbolo de Relé Temporizado com retardo na desenergização.



Figura 46 - Símbolo de Relé Térmico.

## 4.2 RELÉ DE TEMPO ESTRELA-TRIÂNGULO

Especialmente fabricado para utilização em chaves de partida estrela-triângulo. Este relé possui dois contatos reversores e dois circuitos de temporização em separado, sendo um de tempo variável para controle do contator que executa a conexão estrela, e outro, com tempo pré-estabelecido e fixo (100ms) para controle do contator que executa a conexão triângulo.

## FUNCIONAMENTO

Após aplicada tensão nominal aos terminais A1 e A2, o contato de saída da etapa de temporização estrela comuta (15–18). Após decorrida a temporização selecionada (0 a 30s), o contato de saída da etapa estrela retorna ao repouso (15–16), principiando então a contagem do tempo fixo (100ms), ao fim do qual é atuado o contato de saída da etapa triângulo (25–28).

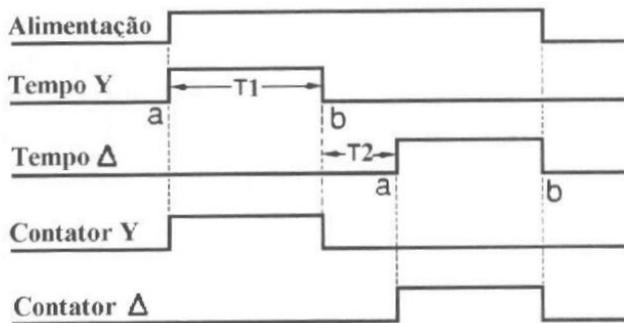


Diagrama de funcionamento

- a – instante da comutação;
- b – retorno ao repouso;
- T1 – tempo ajustável para conexão estrela;
- T2 – tempo fixo para conexão triângulo (100ms).

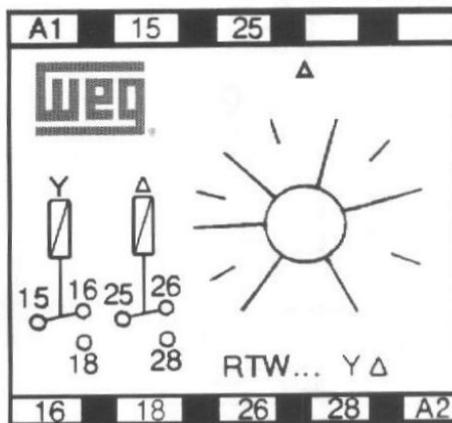


Diagrama de ligação

- A1 – A2 – alimentação;
- 15 – 25 – contato comum;
- 16 – 26 – contato NF;
- 18 – 28 – contato NA.

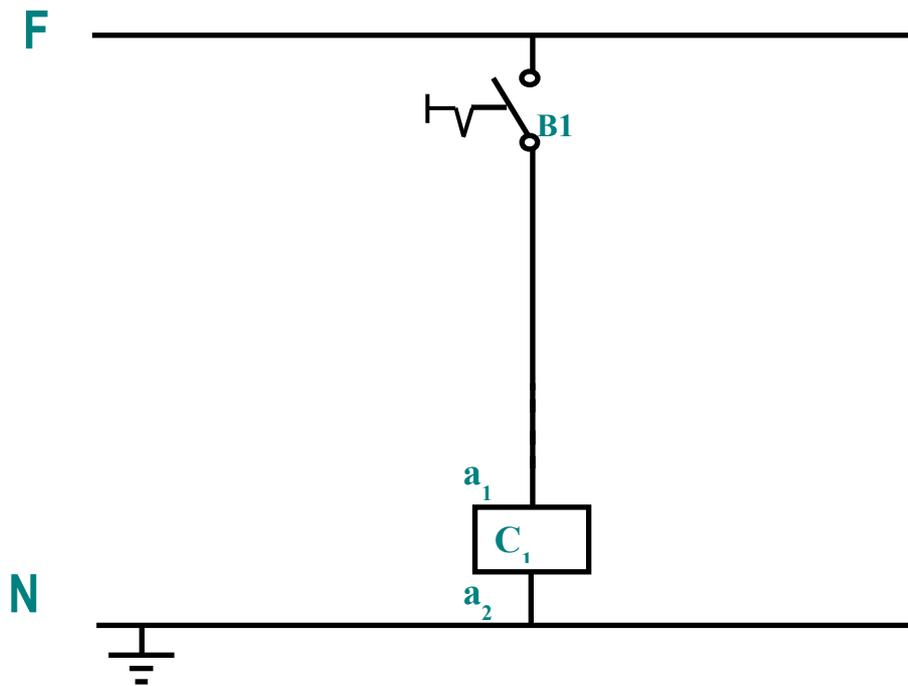
Figura 47 - Relé Temporizado estrela-triângulo.

## 5 CIRCUITOS DE COMANDOS E FORÇA

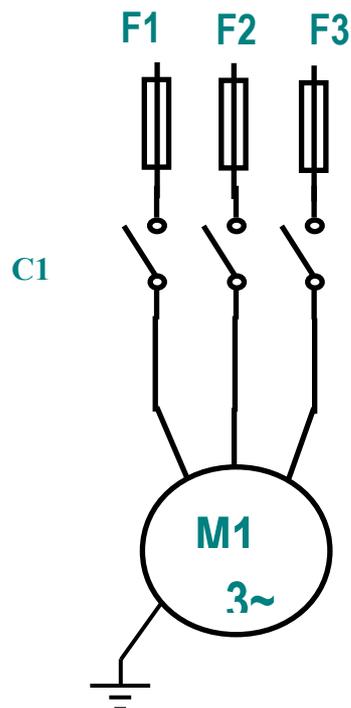
### SISTEMAS SIMPLES DE COMANDOS

Comando de motor trifásico com botão de retenção mecânica.

### DIAGRAMA DE COMANDOS OU CIRCUITO DE COMANDOS

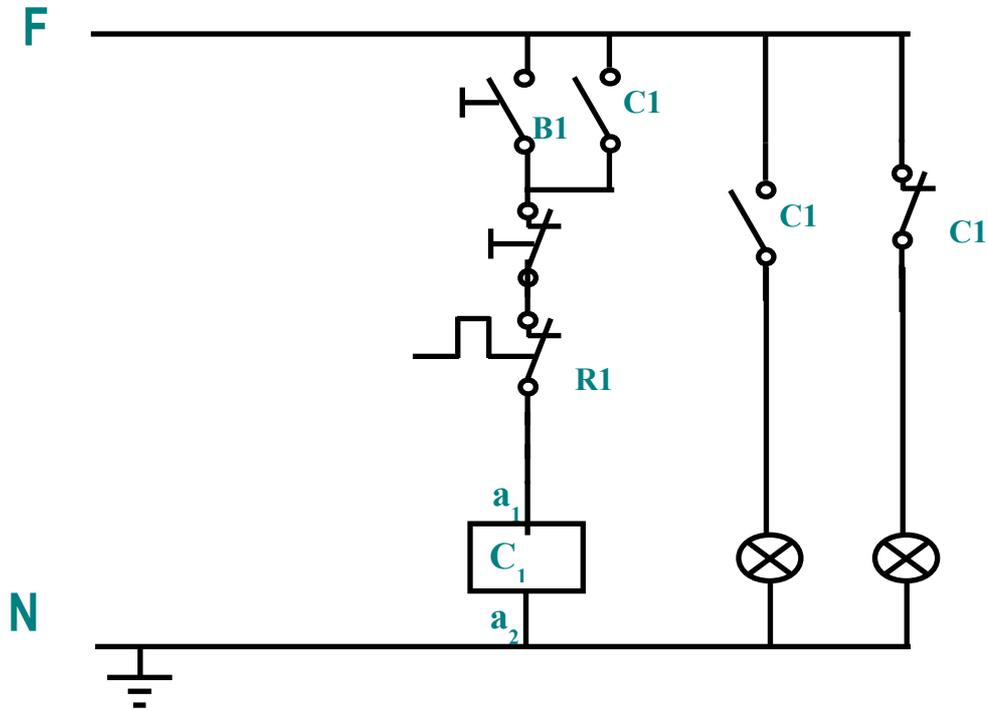


### CIRCUITO DE FORÇA OU DIAGRAMA DE FORÇA OU DIAGRAMA PRINCIPAL

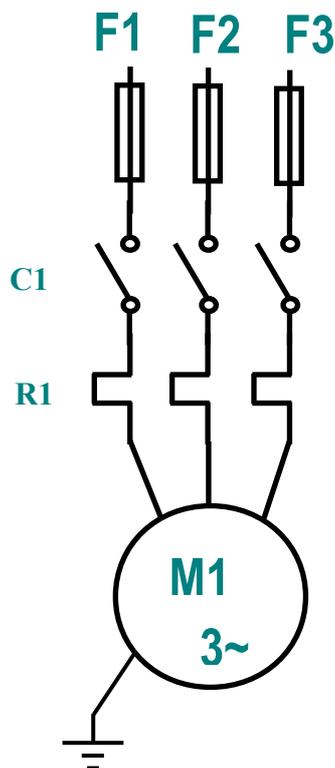


Comando de motor trifásico com auto-retenção, sinalização e proteção por relé térmico.

DIAGRAMA DE COMANDO



CIRCUITO DE FORÇA



## 5.1 INTERTRAVAMENTO

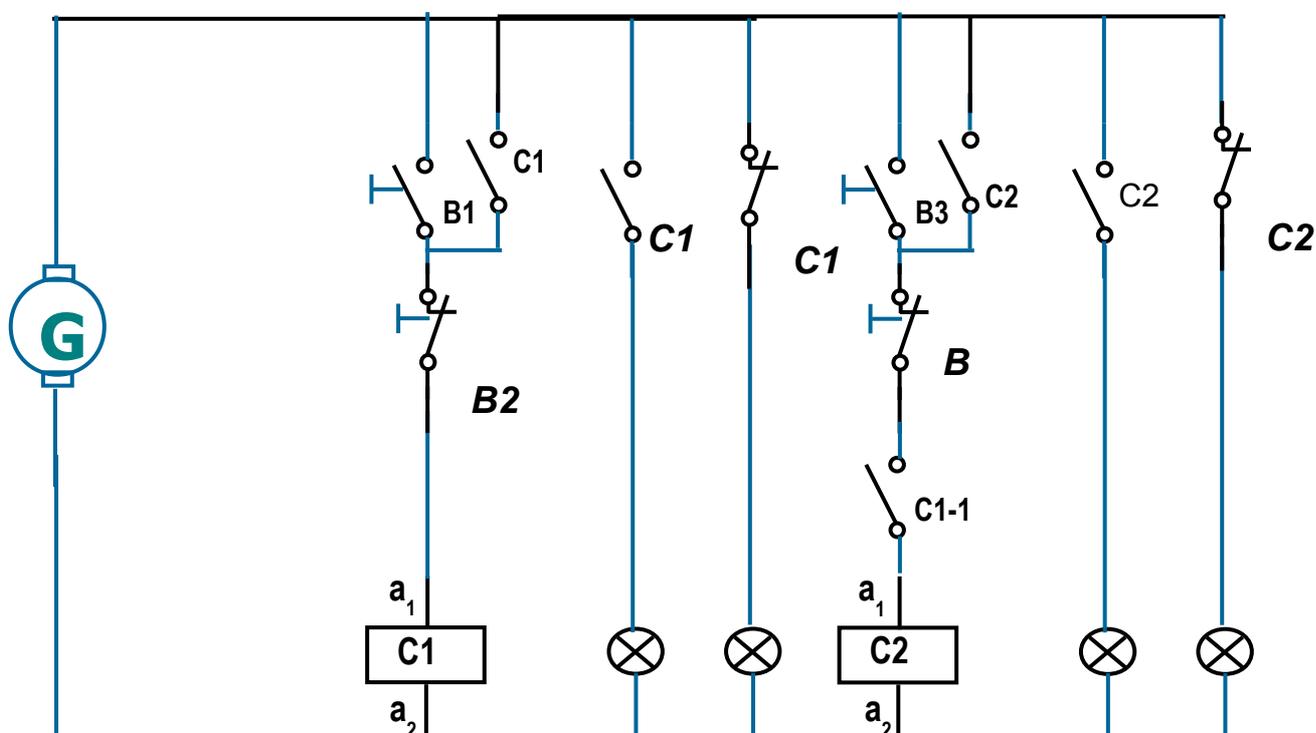
Nos meios de conhecimento de eletrotécnica o termo intertravamento designa a forma de interdependência entre chaves magnéticas mostrado no SISTEMA 5, visto a seguir.

No entanto em instrumentação e automação intertravamento designa qualquer forma de dependência de um sistema em função de outro.

Uma bomba d'água não se diz intertravada com as chaves de nível que têm a função de ligá-la e desligá-la. Mas se houver uma chave de nível muito alto com função de alarme e que também, em função secundária, desliga ou liga tal bomba então se diz que a bomba está intertravada com a chave de nível muito alto.

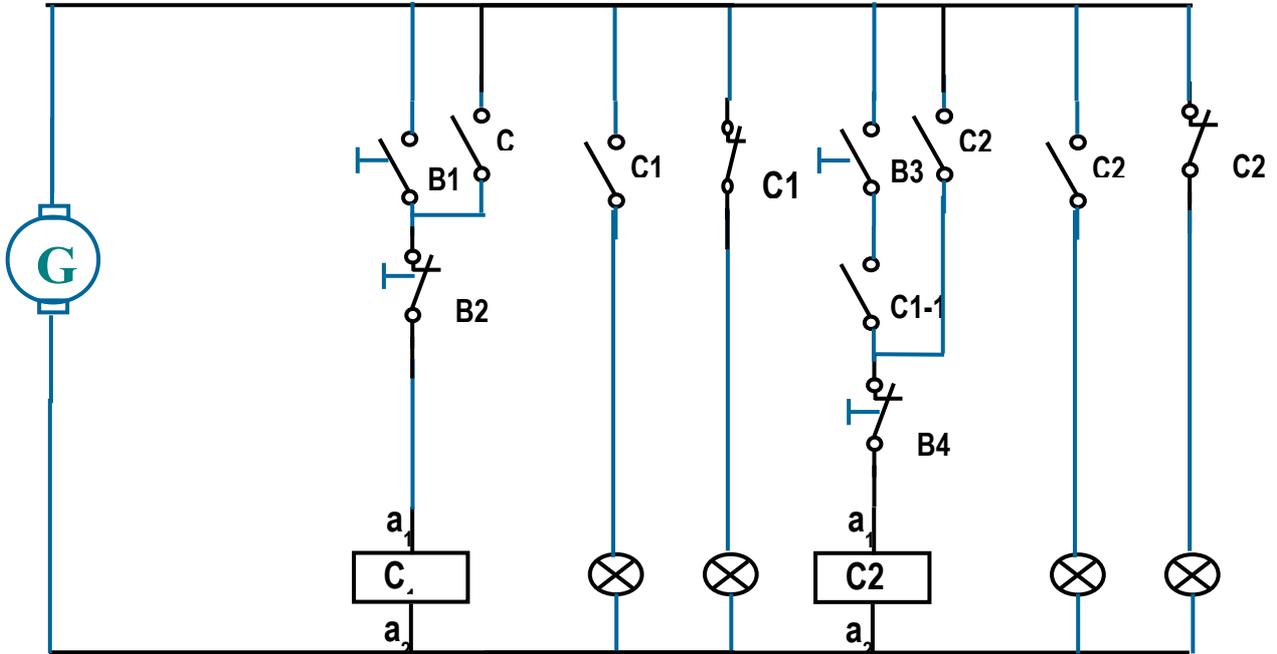
### SISTEMA 1

Por ação da chave c1-1, a chave magnética c2 só poderá ser ligada (por b3) caso a c1 esteja ligada. Mesmo depois de ligada, a chave magnética c2 se desligará (por ação de c1-1) se c1 for desligado (por b2).



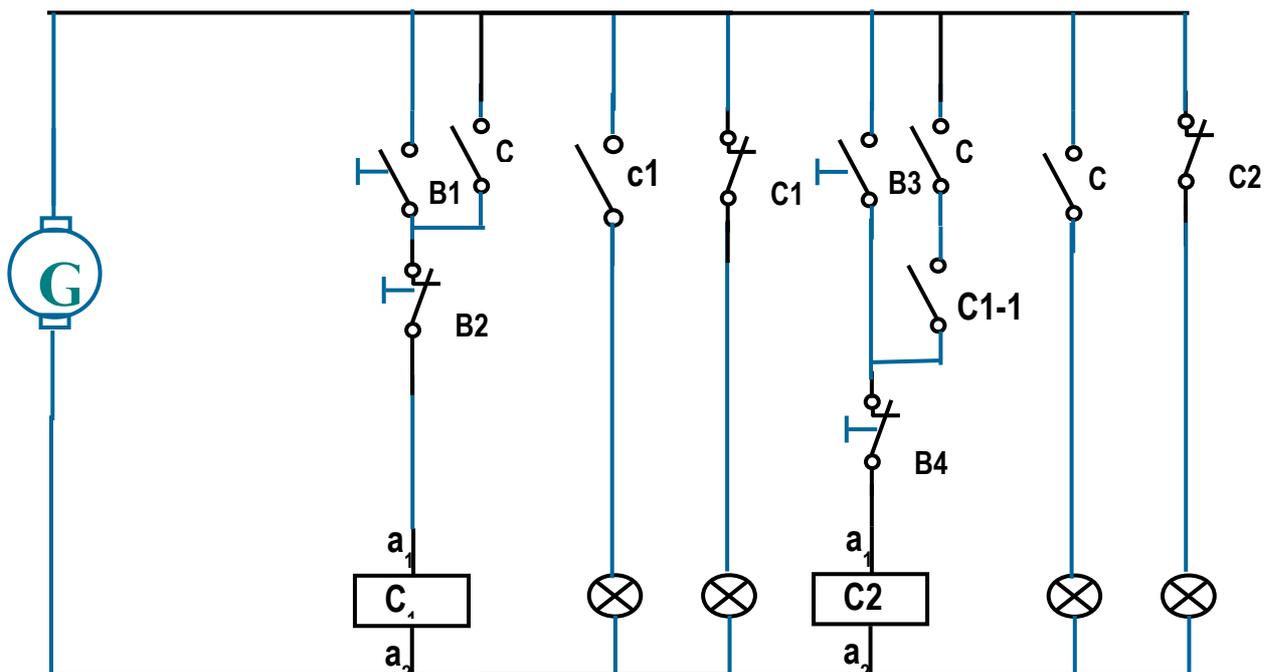
## SISTEMA 2

Por ação da chave c1-1, a chave magnética c2 só poderá ser ligada caso a c1 esteja ligada. Depois de ligada, entretanto a chave magnética c2 independe da chave magnética c1.



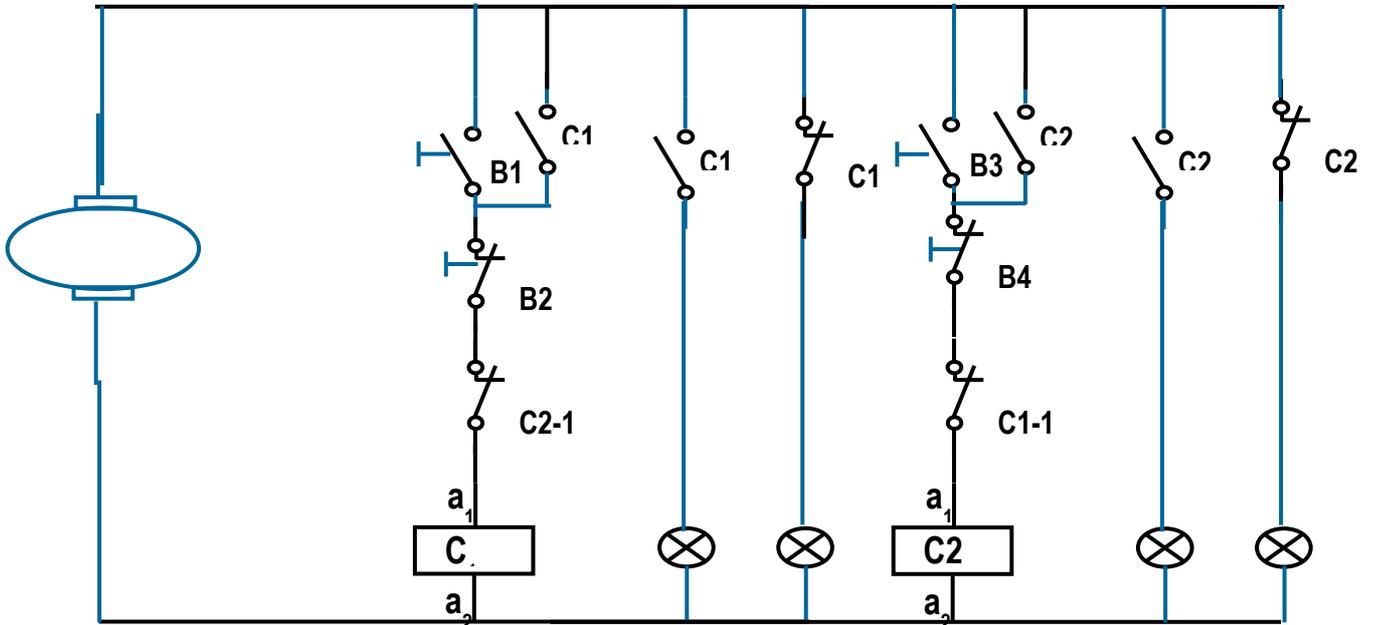
## SISTEMA 3

Por ação da chave c1-1, a chave magnética c2 só poderá se manter ligada caso a c1 esteja ligada. Entretanto a chave magnética c2 pode (por b3) ser ligada independentemente do estado da chave magnética c1.



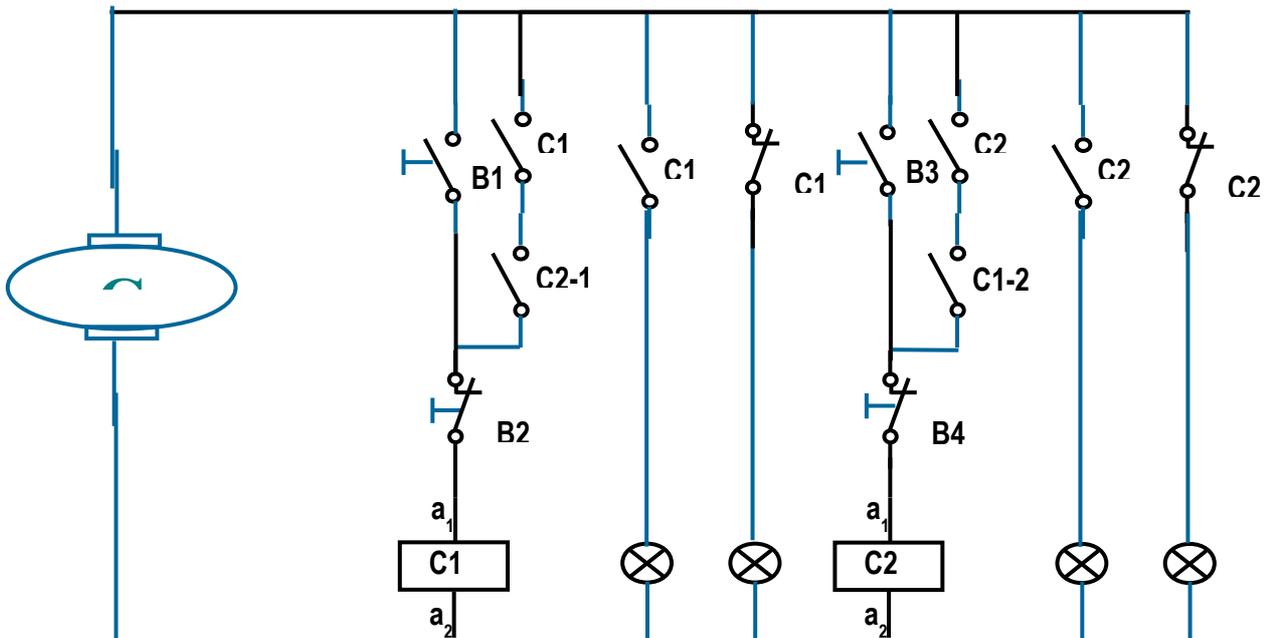
### SISTEMA 4

Por ação das chaves c2-1 e c1-1, as chaves magnéticas só poderão ser ligadas individualmente, sendo necessário que se desligue (por b2 ou b4) a que estiver ligada para poder ligar (por b1 ou b3) a outra.



### SISTEMA 5

Por ação das chaves c2-1 e c1-2, as chaves magnéticas só se manterão ligadas caso sejam simultaneamente acionadas (por b1 e b3)



## 6 LIGAÇÃO ESTRELA-TRIÂNGULO PARA CARGAS TRIFÁSICAS:

O nome está fortemente relacionado com a forma física adquirida pela carga, como pode ser visto nas figuras abaixo:

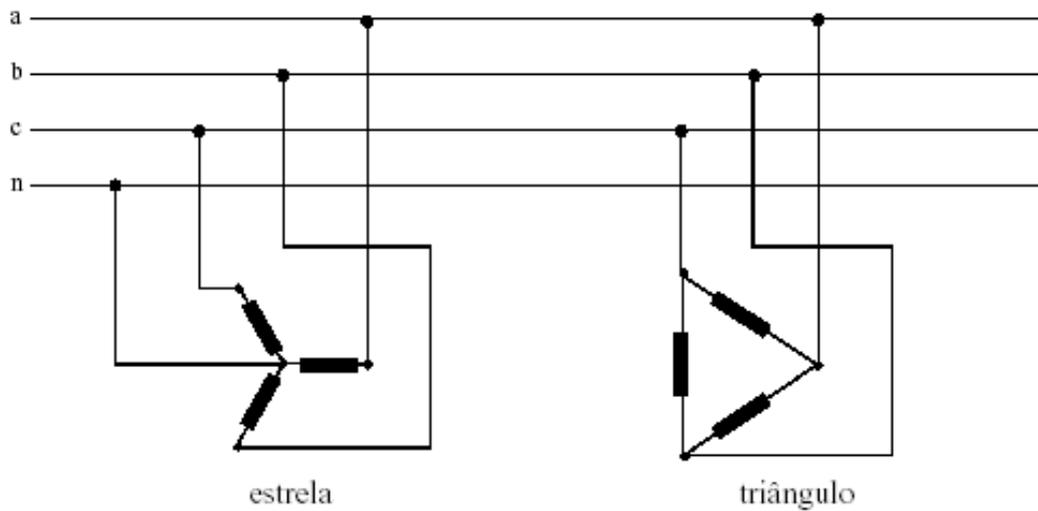


Figura 48 - Ligação Estrela e Ligação Triângulo.

### CARGAS LIGADAS EM ESTRELA:

Cada bobina recebe a tensão entre fase e neutro.

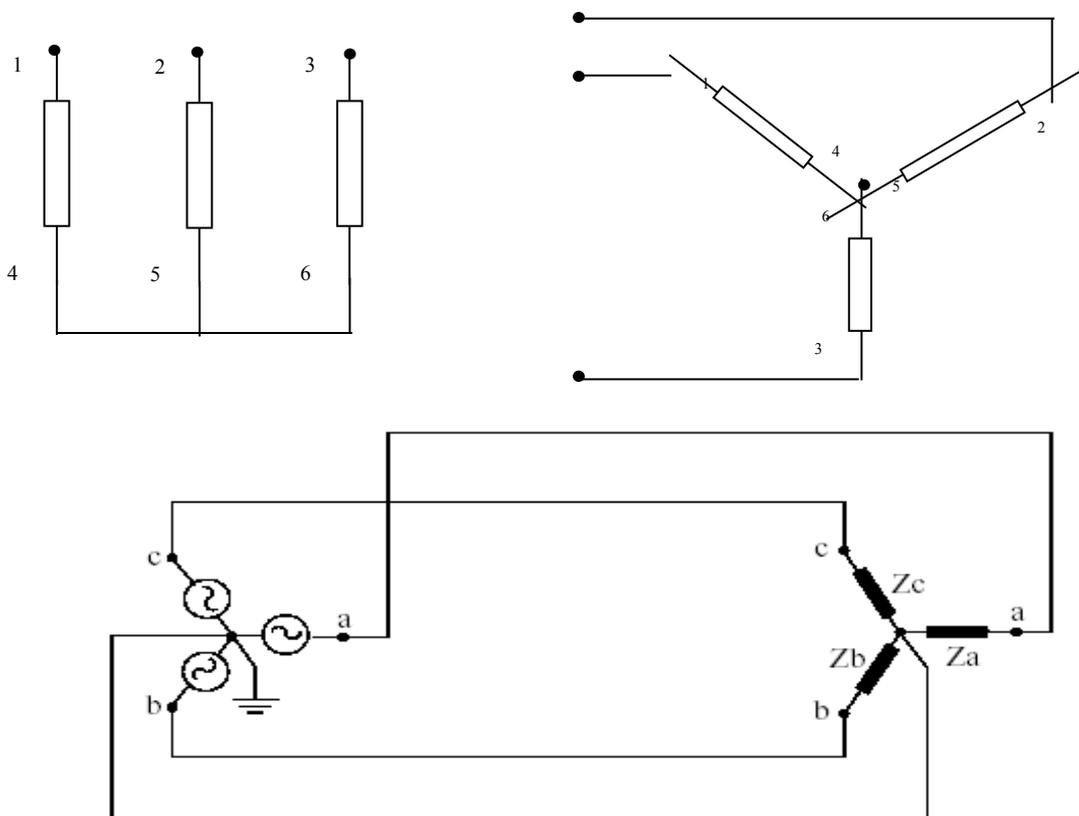


Figura 49 - Cargas Ligadas em Estrela com neutro aterrado.

Cargas em Estrela sem neutro(somente para sistemas perfeitamente equilibrados), entretanto se não houver perfeito equilíbrio poderá ocasionar a queima.

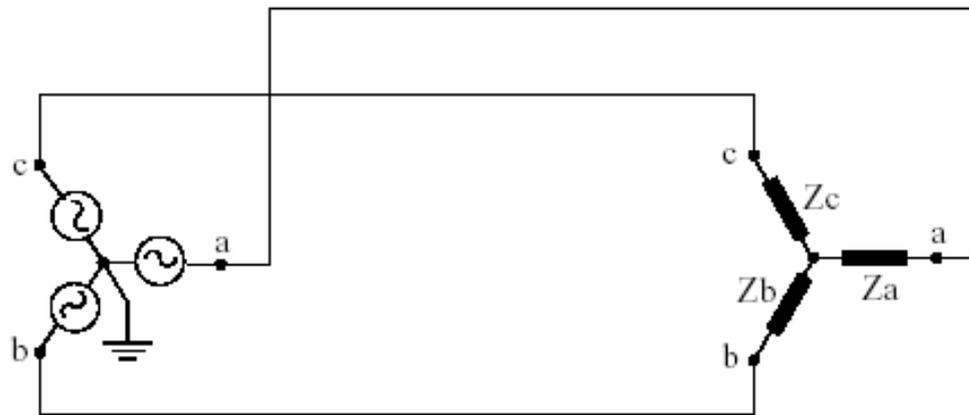


Figura 50 - Cargas Ligadas em Estrela sem neutro aterrado.

### CARGAS EM TRIÂNGULO:

Cada bobina recebe a tensão entre fase e fase.

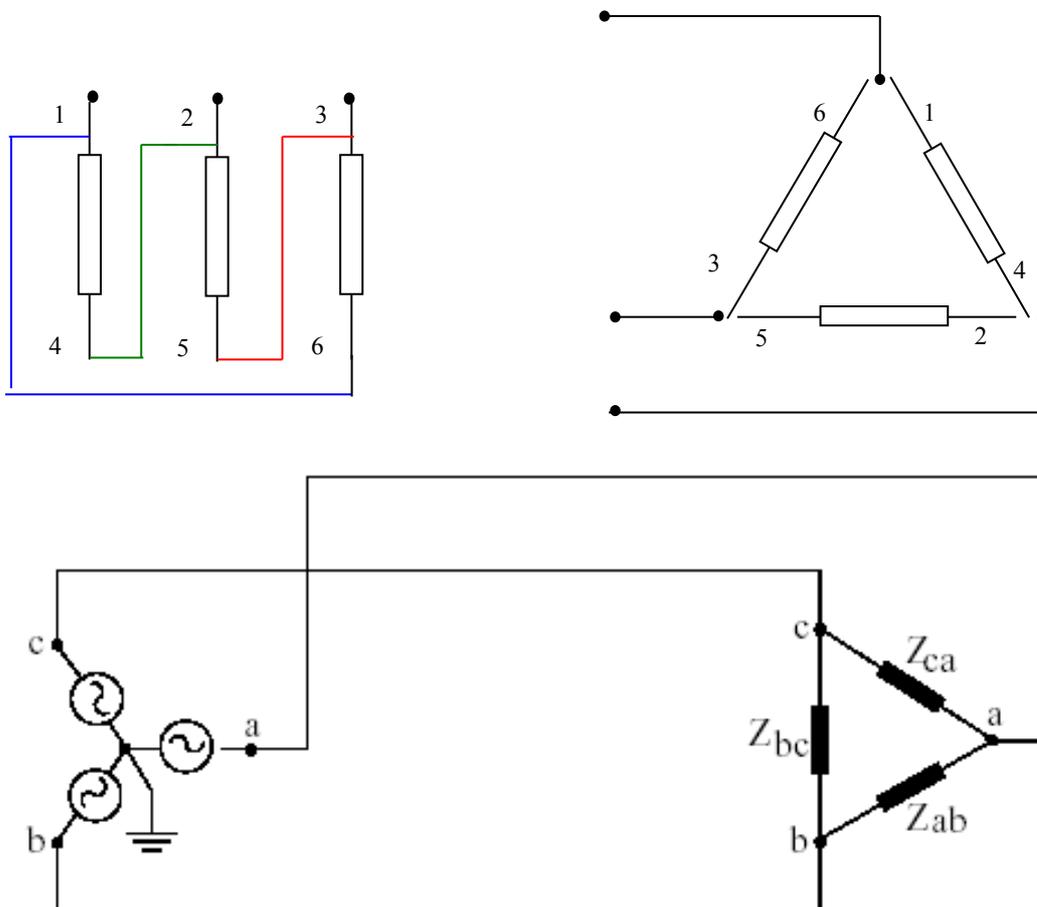


Figura 51 - Cargas Ligadas em ligação triângulo.

## **6.1 ACIONAMENTO E PROTEÇÃO DE MOTORES**

Por questão de segurança todos os motores fixos devem ter suas carcaças aterradas. Os motores CA não devem, em frequência nominal, ser energizados por tensão diferente da nominal especificada pelo fabricante do motor, pois sua corrente nessas condições cresce e pode danificá-lo. Os motores devem ser acionados por chave contatora, para que sua ligação e desligamento se façam de forma eficiente. Devem ser ligados através de fusíveis de proteção, contra curto-circuito, devidamente dimensionados.

## **6.2 PARTIDAS**

Durante a partida a corrente pode atingir valores muito altos. Por isso, nos motores de maiores potência utilizam-se meios de aplicar às bobinas menor valor de tensão durante a partida, a fim de se reduzir a corrente nesse momento.

Uma das formas de se conseguir essa redução é ligar as bobinas de forma que pudessem receber tensão maior que a de funcionamento. Por exemplo se o motor funciona em 220V, na partida este pode ser ligado em estrela, de forma que cada bobina receba 127V, e depois que o motor atinge pelo menos 75% da rotação nominal as bobinas passam para ligação triângulo. Esta técnica de partida é chamada estrela triângulo,  $Y/\Delta$ .

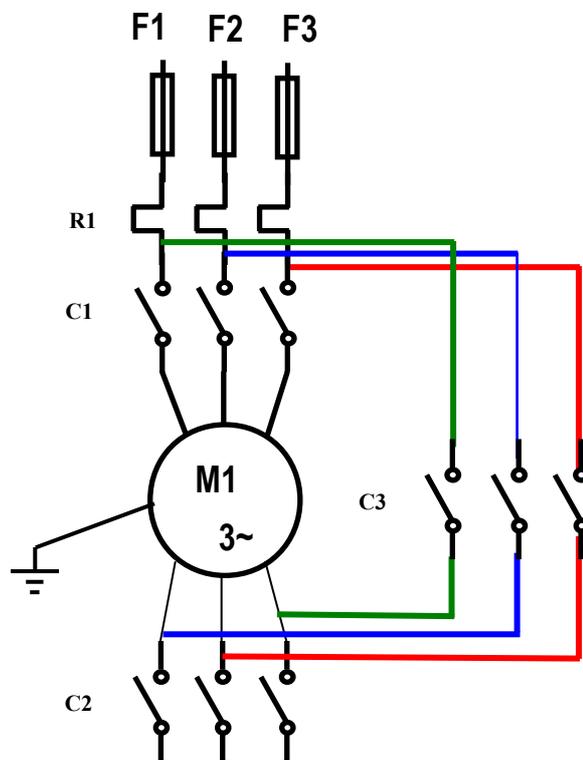
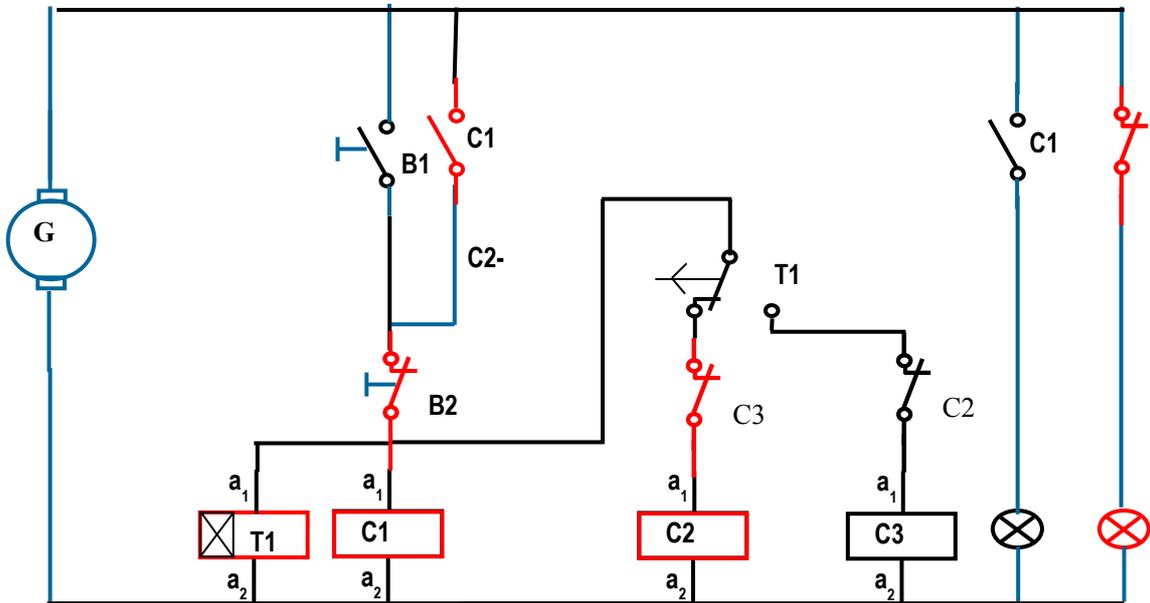
Esta mesma técnica pode ser usada para o motor de 12 terminais que funciona em 440V.

Os motores de maior porte, e por conseguinte maior custo, justificam a utilização de relés de proteção, um para cada parâmetro protegido, como relé de sobrecorrente, de subtensão, de sobretensão, de falta de fase e de sobretemperatura.

## **6.3 PARTIDA EM ESTRELA-TRIÂNGULO**

Sistema de partida no qual cada bobina do motor recebe inicialmente a tensão entre fase e neutro (estrela) e posteriormente a tensão entre fase e fase (triângulo).

## DIAGRAMA ELÉTRICO DE COMANDO DE UMA PARTIDA ESTRELA/TRIÂNGULO.



## **7 MOTORES ELÉTRICOS:**

Os motores convertem alguma forma de energia em mecânica, de rotação. Os motores elétricos convertem energia elétrica em mecânica ou mais especificamente em torque ou conjugado.

Os motores funcionam pela atração ou repulsão dos pólos magnéticos produzidos pelos eletroímãs dos quais são formados.

Podem se classificar, conforme sua alimentação, em motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e motores universais.

### **7.1 MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA**

São fabricados em modelos com e sem escovas.

Os motores de corrente contínua sem escovas podem ser simples, de dois terminais, ou mais complexos de vários terminais, denominados “**motores de passos**”.

Os motores CC sem escovas simples são muito utilizados, por exemplo em ventiladores de computadores, por serem extremamente silenciosos e duráveis.

Os motores de passos podem ter seu eixo posicionado em passos ou frações da volta, de acordo com sua alimentação, que aliás é especial e proveniente de circuitos eletrônicos que possibilitam não só o posicionamento do eixo como também o controle do sentido e da velocidade de giro. Nos tipos usados nos ventiladores dos computadores a alimentação externa é por dois terminais mas internamente esta alimentação é distribuída a vários terminais.

Os motores elétricos de corrente contínua com escovas, apresentam tipos de grandes potências e grande facilidade de mudança em sua velocidade de giro, além de poderem girar nos dois sentidos bastando para isso que se inverta a polaridade de sua alimentação. Durante muito tempo os motores CC com escovas eram a única opção nas aplicações onde grande torque e controle de velocidade fossem necessários.

### **7.2 MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA**

Os motores de corrente alternada se classificam de acordo com o sincronismo do rotor em relação ao campo do estator e de acordo com o número de fases que os alimentam.

Quanto ao sincronismo podem ser síncronos e assíncronos.

Os motores síncronos têm essa denominação por que seu rotor gira em velocidade igual à do campo girante e apresentam as seguintes características:

A velocidade de seu eixo é constante e determinada pela frequência da rede de alimentação e pela sua constituição, independentemente da carga.

Podem ser usados como geradores de energia elétrica desde que um outro motor lhe gire o eixo.

Podem ser usados para correção de fator de potência, pois podem se comportar como capacitores ou como indutores de acordo com ajuste .

Os motores assíncronos, têm essa denominação por que seu rotor, também denominado induzido, não acompanha a rotação do campo girante do estator, ficando o rotor com velocidade menor que o campo (por volta de 5% abaixo), sendo essa diferença de velocidade chamada de escorregamento. Apresentam baixo torque de partida.

A velocidade de rotação dos motores assíncronos é determinada pela frequência (aumentando a frequência, aumenta a velocidade), pela sua constituição e pela carga (por causa do escorregamento, aumentando a carga a rotação diminui).

A velocidade de rotação do campo é:

$$V = \frac{120f}{p}$$

Onde

V = velocidade em rotações por minuto (rpm)

f=frequência da alimentação em hertz

p= número de pólos do motor

**\* São classificados em motores de rotor bobinado e rotor em curto ou de gaiola. Apresentam a vantagem de ser de construção bem mais simples que os síncronos e por isso mais baratos que aqueles.**

Os motores com rotor bobinado apresentam anéis coletores nos quais se faz, com escovas, a conexão do rotor com um reostato com o qual se controla o torque do motor, coisa útil para diminuir sua corrente de partida. Este motor exige manutenção para a limpeza e eventualmente troca das escovas e anéis.

Os motores de rotor em curto, que são os mais comuns, (usados em bombas d'água de uso residencial, por exemplo) não têm anéis ou escovas e isso é uma grande vantagem, pois exige baixa manutenção. Porém esses motores não têm controle próprio de torque o que exige formas externas de controlar sua corrente de partida, quando esses motores são de grandes potências (acima de 5cv).

Quanto ao número de fases o motor pode ser monofásico ou trifásico.

O motor chamado de monofásico é alimentado através de dois condutores.

Embora chamado de monofásico, esse motor pode ser ligado a duas fases ou a fase e neutro, desde que seja obedecida sua tensão nominal.

Os motores monofásicos de maiores potências exigem a utilização de capacitores e/ou dispositivo interno de partida chamado chave centrífuga de partida.

Os motores monofásicos, de acordo com o número de terminais acessíveis externamente, podem ter seu sentido de rotação invertido.

Os motores trifásicos devem ser ligados, impreterivelmente, a três fases e, portanto através de três condutores.

Não necessitam de capacitor nem de chave centrífuga de partida, o que reduz a frequência de manutenção.

Os motores trifásicos podem todos, ter o seu sentido de rotação invertido, bastando para isso que se troquem, entre si, duas das três fases que os alimentam.

### 7.3 MOTORES UNIVERSAIS

São os utilizados em máquinas de pequeno porte que necessitem de grande torque de partida como é o caso das máquinas de furar portáteis, batedeiras, liquidificadores, enceradeiras, lixadeiras, máquinas de costura entre outros.

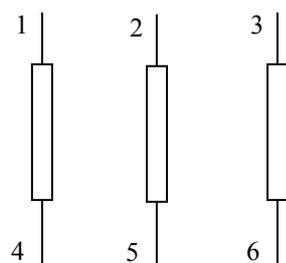
São motores de escovas, por isso exigem manutenção para troca dessas escovas.

Esses motores podem ser alimentados tanto por tensão contínua quanto por alternada, no entanto o valor de tensão contínua que os alimenta é bem inferior ao de tensão alternada, pois neste caso o motor apresenta reatância além da resistência.

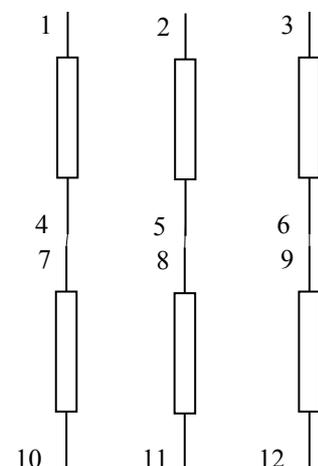
### 7.4 LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Os motores trifásicos podem apresentar 6 ou 12 terminais sendo cada par de terminais referente a uma bobina.

Os terminais são numerados como a seguir:



Motor de 6 terminais.



Motor de 12 terminais

## **Ligações em estrela ( Y ) e em triângulo ( Δ )**

Cada bobina do motor trifásico deve receber 220V em funcionamento normal, exceto se for motor especial para alta tensão.

**O motor de 6 terminais pode ser ligado em 220V ou em 380V;**

**O motor, de 12 terminais pode ser ligado em 220V, 380V, 440V, ou 760V.**

A tensão com que se pode alimentar o motor depende da forma como são associadas suas bobinas.

Tal ligação pode ser estrela (Y) ou triângulo (Δ) sendo que em triângulo as bobinas recebem a tensão existente entre fases e em estrela as bobinas recebem tal tensão **dividida por  $\sqrt{3}$** .

As bobinas do motor de 6 terminais podem ser associadas em triângulo (para funcionar em 220V) ou em estrela (para funcionar em 380V ou para partir em 220V).

As bobinas do motor de 12 terminais podem ser ligadas de diversas formas diferentes:

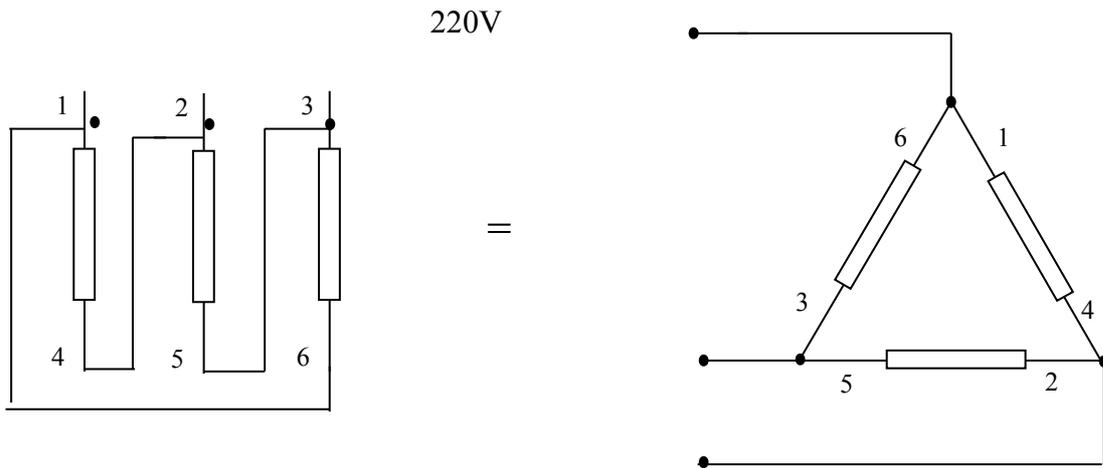
Triângulo paralelo (220V) , estrela paralelo (380V), triângulo série (440V) e em estrela série (760V).

**Observe-se que em paralelo as tensões são as mesmas do motor de 6 terminais e em série as tensões são dobradas.**

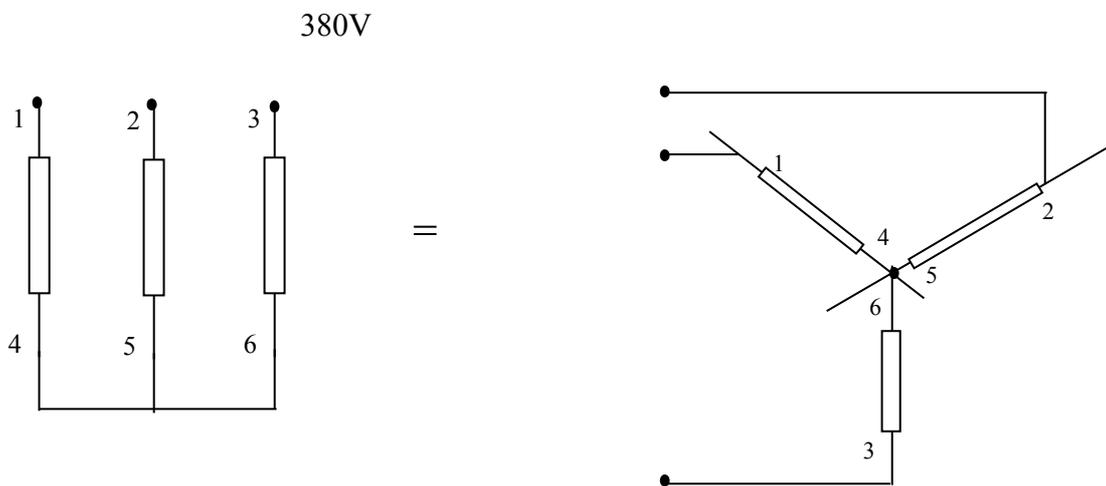
# LIGAÇÃO DE MOTORES DE 6 TERMINAIS

Terminais de alimentação: 1, 2 e 3

## Ligação em triângulo



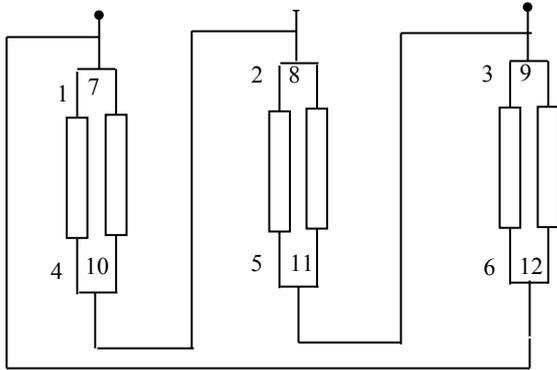
## Ligação em estrela



# LIGAÇÃO DO MOTOR DE 12 TERMINAIS.

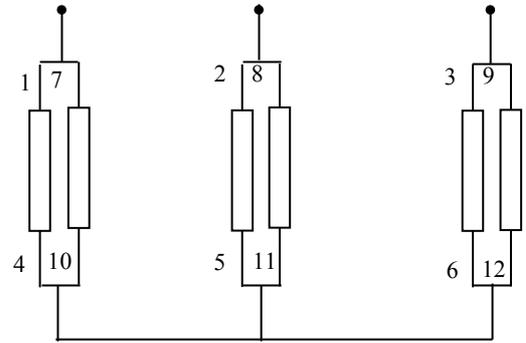
Triângulo paralelo

220V



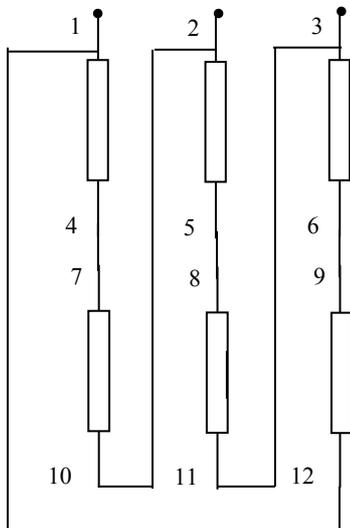
Estrela paralelo

380V



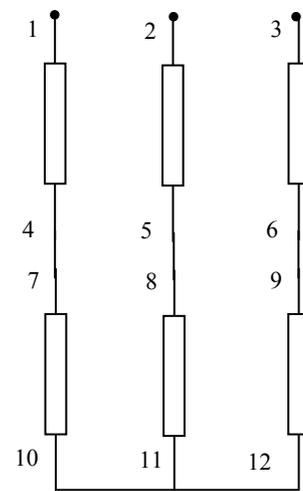
Triângulo série

440V



Estrela série

760V



## **8 INVERSORES DE FREQUÊNCIA**

O inversor de frequência é um circuito eletrônico capaz de, recebendo alimentação alternada, alimentar um motor com tensão de frequência diferente da original e com isso modificar a velocidade do motor assíncrono, que aumenta com o aumento da frequência.

O inversor aumenta a frequência de alimentação do motor no caso de aumento de carga e assim compensa o escorregamento, mantendo a velocidade.

Além de modificar a frequência os inversores modificam também a amplitude da tensão, pois com a variação da frequência há variação, em sentido contrário, tanto da corrente quanto do torque. Por isso o inversor compensa a diminuição da frequência com diminuição da tensão para limitar o valor de corrente e, compensa o aumento de frequência com aumento de tensão para evitar a perda de torque.

Os inversores de frequência modernos se baseiam em um componente eletrônico chamado IGBT, um tipo de transistor bipolar com corrente de controle de valor praticamente nulo, alta capacidade de condução da corrente principal e de alta velocidade de comutação, o que lhe garante a possibilidade de desligar o motor em caso de curto antes que a corrente possa danificar a fonte que alimenta o inversor ou o próprio inversor.

Nesses inversores de frequência a tensão trifásica recebida é retificada e filtrada, produzindo tensão contínua que alimenta então um circuito inversor. O inversor produz as três fases que alimentarão o motor de forma que mesmo que falte uma das fases de alimentação do inversor o motor poderá continuar a funcionar, dependendo da potência exigida.

Os inversores de frequência alimentam o motor trifásico com três fases produzidas eletronicamente de modo que, se na alimentação trifásica do inversor faltar uma fase, o motor continua recebendo as três fases para sua alimentação. A sofisticação do inversor de frequência garante a proteção do motor contra sobre e subtensão, sobrecorrente, sobretemperatura mediante sensor e proteção contra falta de fase já comentada.

O inversor se encarrega também, é claro, do controle da corrente de partida.

Com tais inversores de frequência pode-se ainda fazer o motor partir ou parar com aceleração predeterminada (mesmo com carga, pois o inversor para parar o motor não apenas tira a alimentação do motor, ele o alimenta adequadamente de modo a freá-lo).

## 9 LABORATÓRIO

### 9.1 MOTOR MONOFÁSICO

#### 1. Objetivo

Aplicação do motor monofásico.

#### 2. Introdução Teórica

Devido ao baixo preço e a robustez de um motor de indução, sua aplicação faz necessário onde há uma rede elétrica trifásica, para produzir um campo magnético rotativo são motores de pequenas potência com ligação monofásica a dos fios. A partida é dada por meio de um enrolamento auxiliar ao qual é ligado um capacitor em série, que provoca um defasamento da corrente, fazendo o motor funcionar como bifásico. Um dispositivo centrífugo desliga o enrolamento auxiliar após ter atingido uma certa velocidade.

A inversão do sentido de rotação do motor monofásico, ocorre quando as ligações do enrolamento auxiliar são invertidas, trocando o terminal número 6 pelo número 5, conforme esquema.

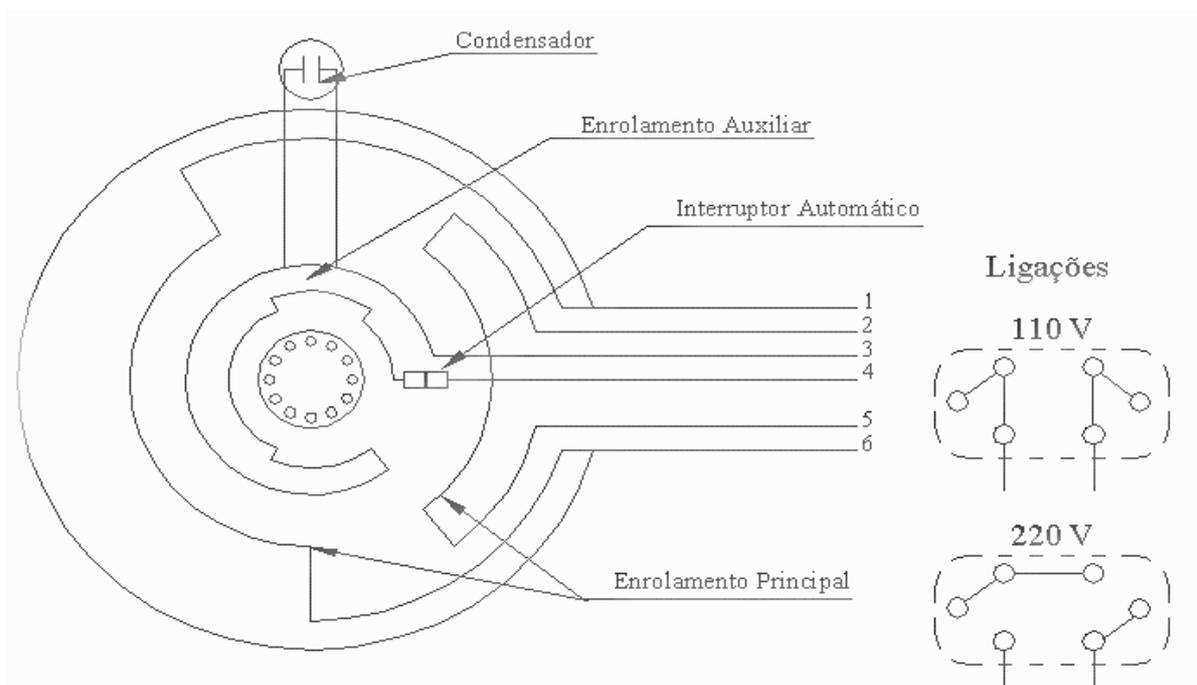
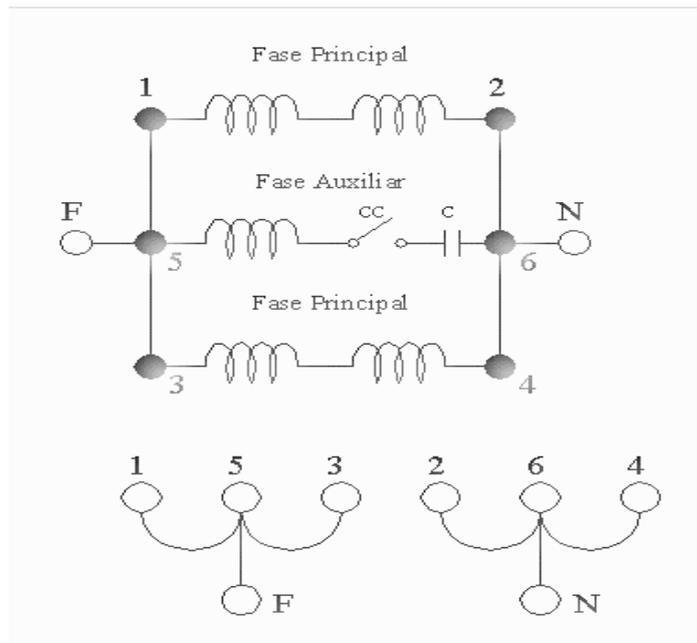
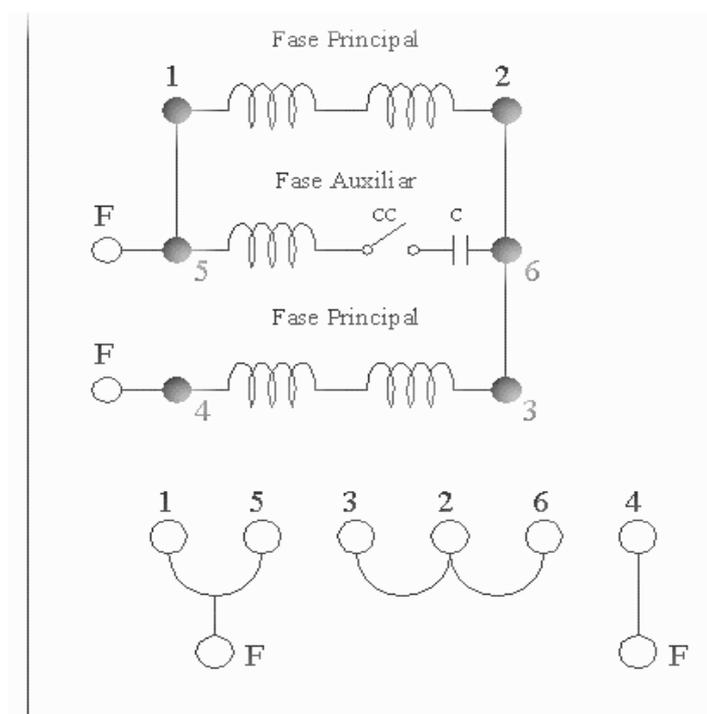


Figura 52 – Motor de indução monofásico.

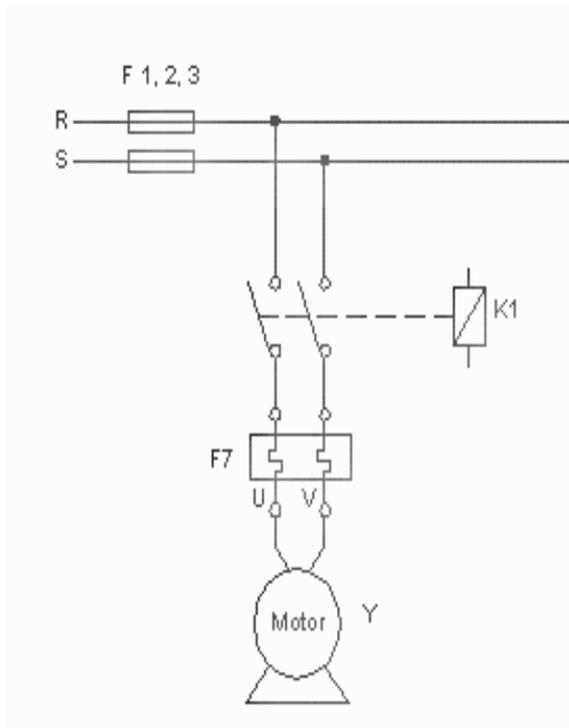
### 3. ESQUEMA MOTOR MONOFÁSICO EM 110 VOLTS



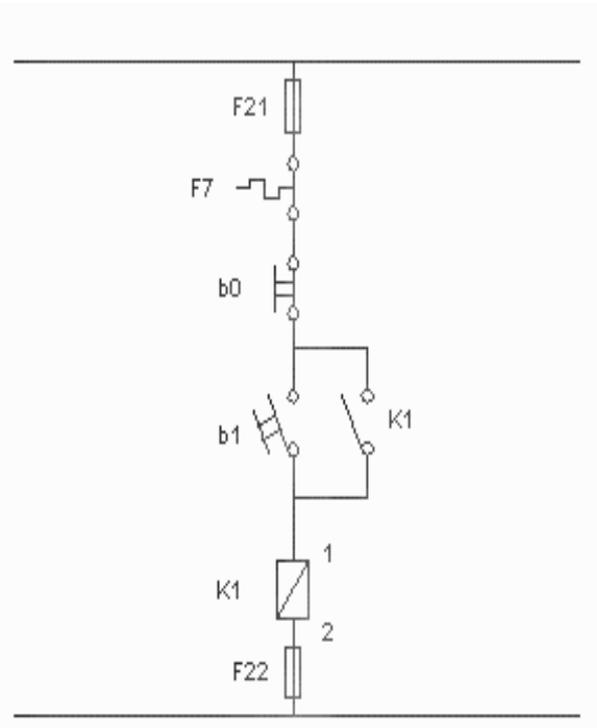
### 4. ESQUEMA MOTOR MONOFÁSICO EM 220 VOLTS



## 5. Diagrama Principal



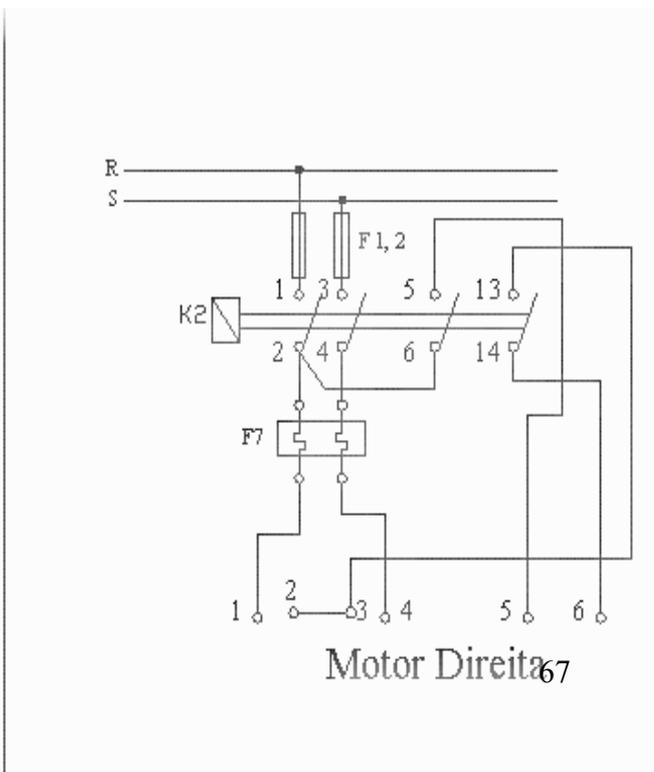
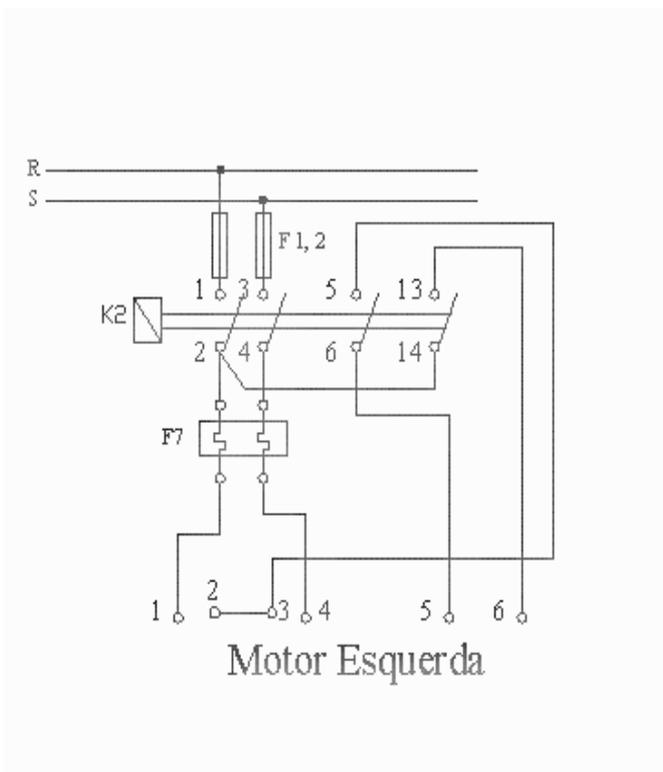
## Diagrama de Comando



## 6. Diagrama de inversão do motor monofásico.

### 7. Diagrama Principal

### Diagrama de comando



## 9.2 LIGAÇÃO SUBSEQUENTE AUTOMÁTICA DE MOTORES

### 1. Objetivo

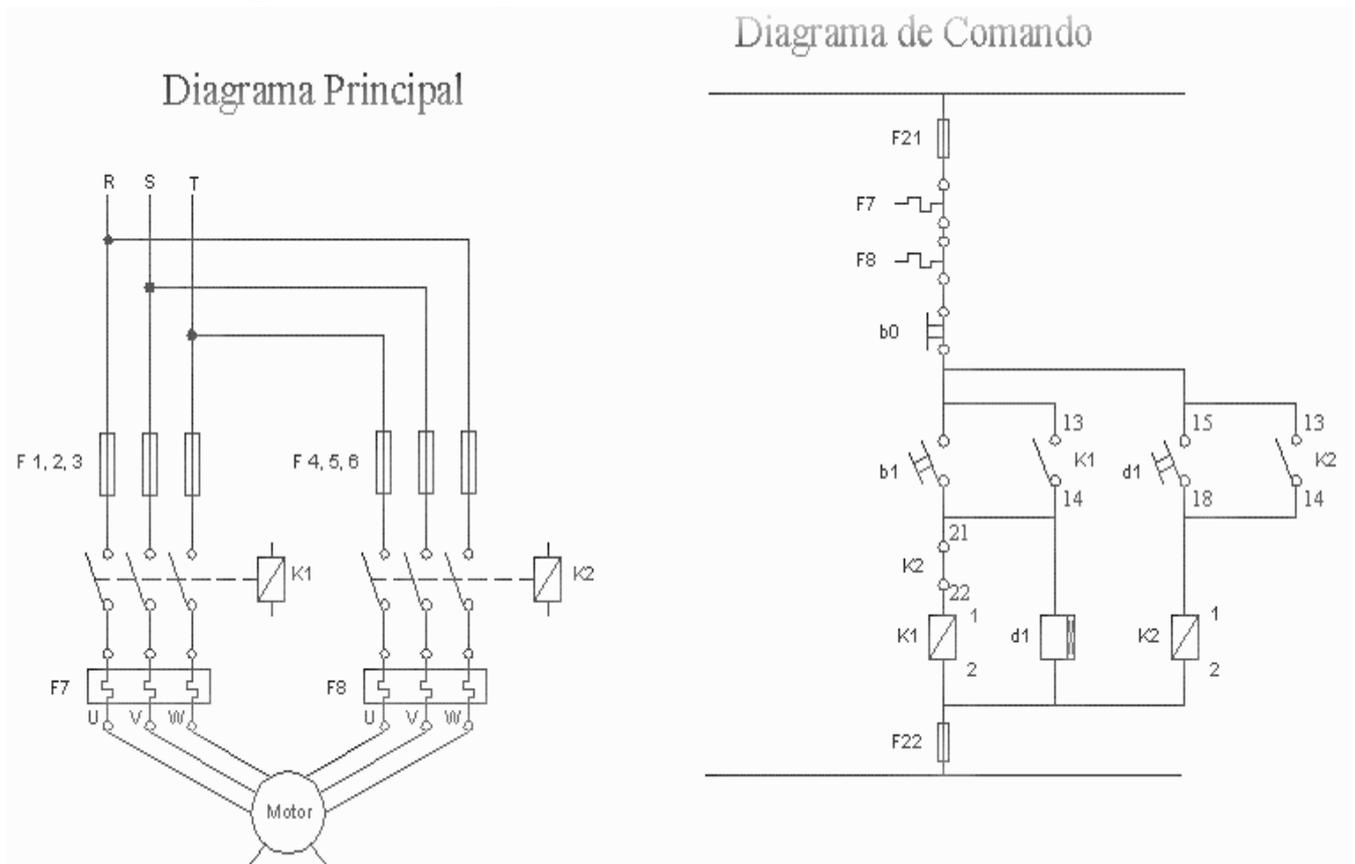
Ligar o motor M1 e após um determinado tempo, acionar o motor M2 utilizando um relé temporizado.

### 2. Introdução Teórica

Na ligação subsequente de motores, podemos acionar uma esteira, ponte rolante ou um sistema automático industrial, a fim de desenvolver um produto determinado.

No caso de uma esteira o acionamento é dado por três motores M1, M2, M3. Se um dos motores é desligado, por exemplo devido a sobrecarga, todos os motores à frente deste, no sentido de condução, serão desligados; é interrompido o fornecimento de carga à esteira, enquanto os motores montados anteriormente continuam a funcionar, transportando a carga até o descarregamento desta esteira.

### 3. Diagrama Principal





## 9.4 LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM ESTRELA/ TRIÂNGULO

### 1. Objetivo

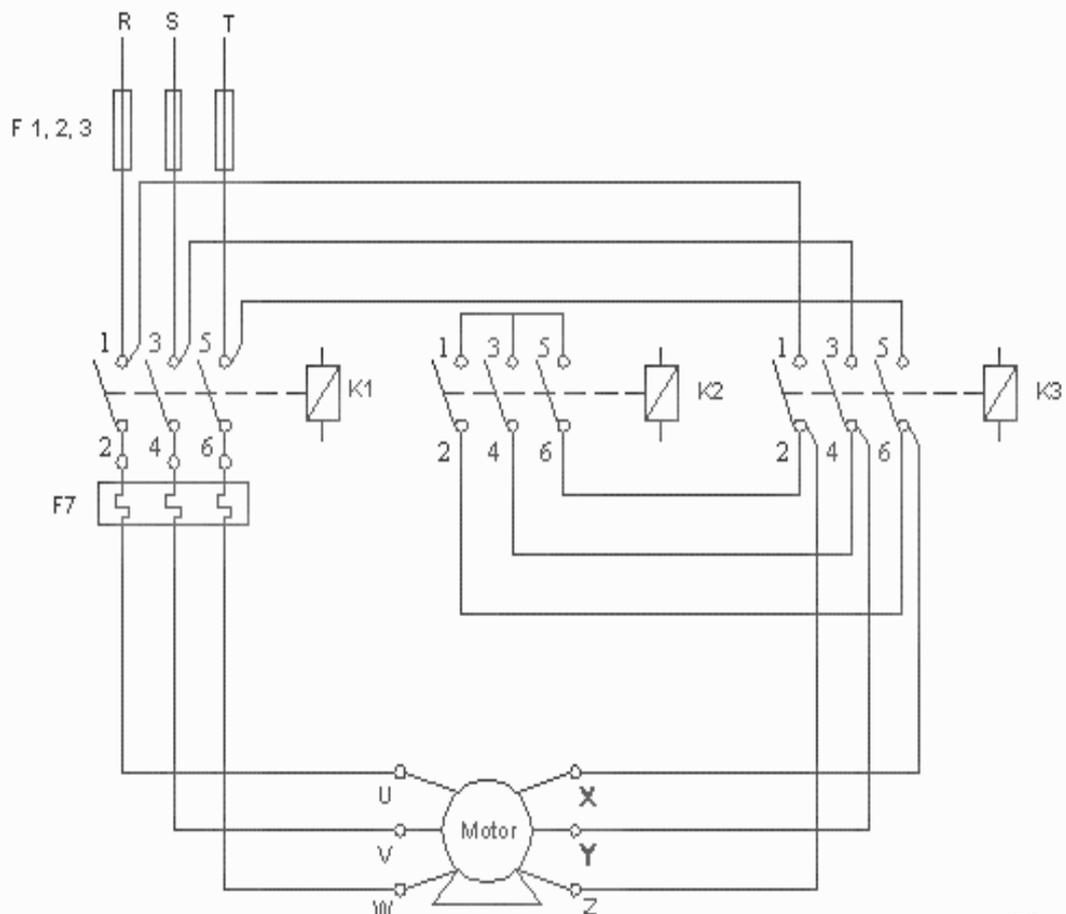
Ligação em estrela e triângulo.

### 2. Introdução Teórica

Sempre que possível, a partida de um motor trifásico de gaiola, deverá ser feita à direita, por meio de contadores. Deve ter-se em conta que para um determinado motor, as curvas de conjugados e corrente são fixas, independente da dificuldade da partida, para uma tensão constante.

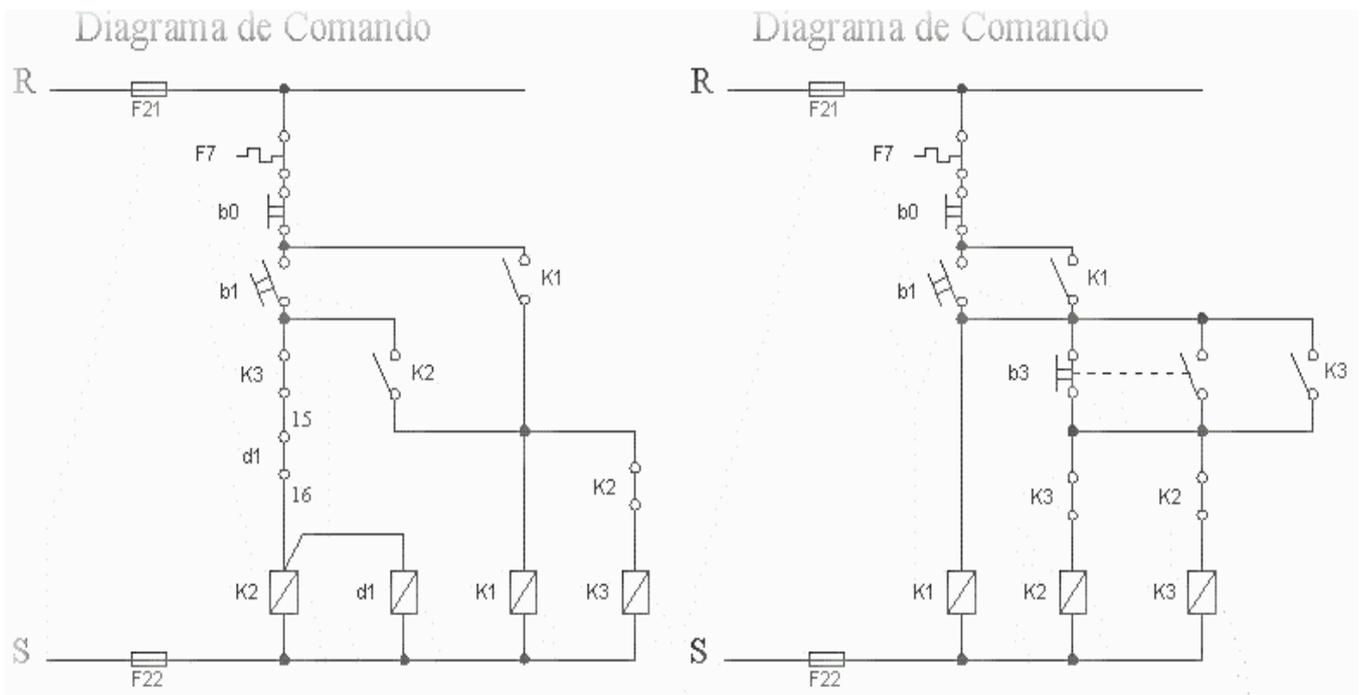
Se a partida for em estrela, o motor acelera a carga até a velocidade, ou aproximadamente até 85% da rotação nominal. Neste ponto, a chave deverá ser ligada em triângulo.

### Diagrama Principal



## AUTOMÁTICO

## MANUAL



## 9.5 COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES (DAHLANDER)

### 1. Objetivo

Diagrama de comando e variação de velocidade.

### 2. Introdução Teórica

Variação de velocidade do motor

Consegue-se variar a velocidade de rotação quando se trata de um motor de rotor bobinado.

Pode-se lançar mão de varias soluções para variar a velocidade do motor.

As mais comuns são:

Variação da intensidade rotórica da corrente, de modo a se obter variação no deslize. A energia correspondente ao deslize é recuperada e devolvida à rede após retornarem as características de ondulação na

freqüência da rede, o que é conseguido com o emprego de uma ponte de tiristores;

Variação da freqüência da corrente; Introdução de resistências externas ao rotor (reostato divisor de tensão) para motores de pequena potência.

## 9.6 ESCOLHA DO MOTOR

Para a escolha do motor pode-se observar o que indicam as tabelas abaixo.

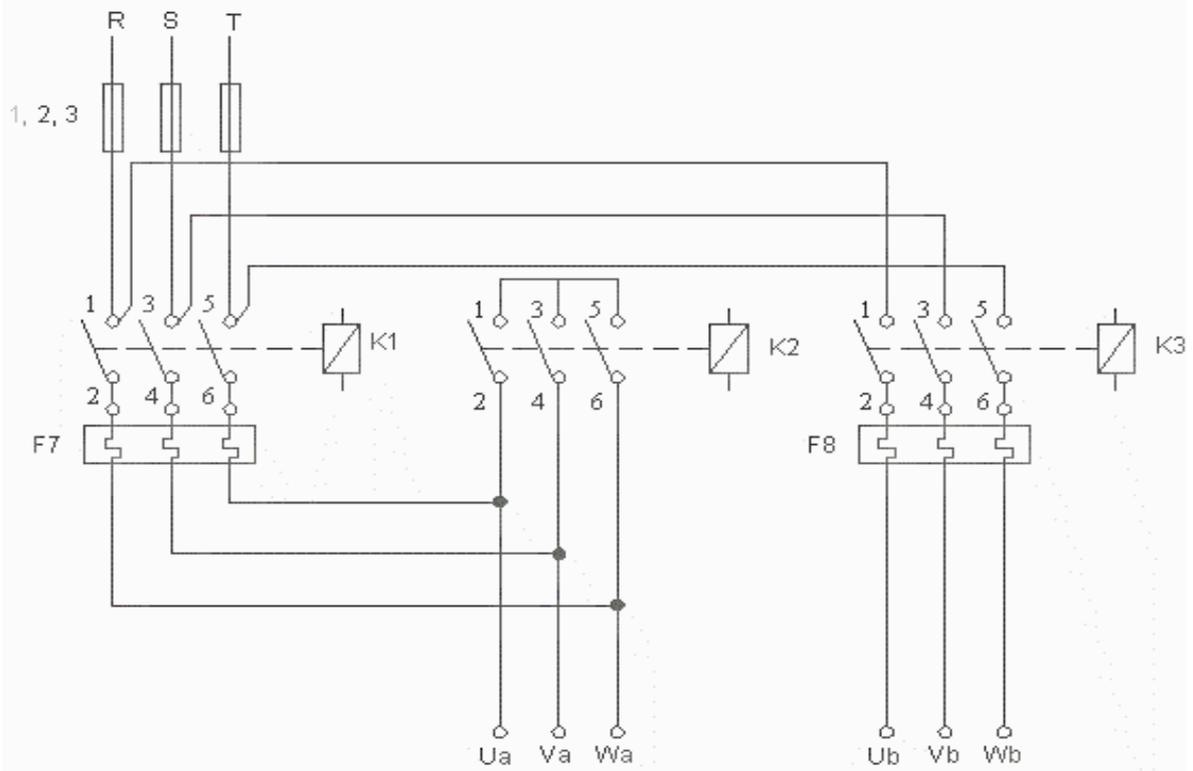
TABELA 5. - Escolha do motor levando em conta a velocidade.

	Corrente alternada	Corrente contínua
Velocidade aproximadamente constante, desde a carga zero até a plena carga.	Motor de Indução síncrono	Motor Shunt
	Motor de indução com elevada resistência do rotor	Motor Compound
Velocidade semi-constante da carga zero até a plena carga		
Velocidade decrescente com o aumento de carga	Motor de indução com a resistência do rotor ajustável	Motor Série

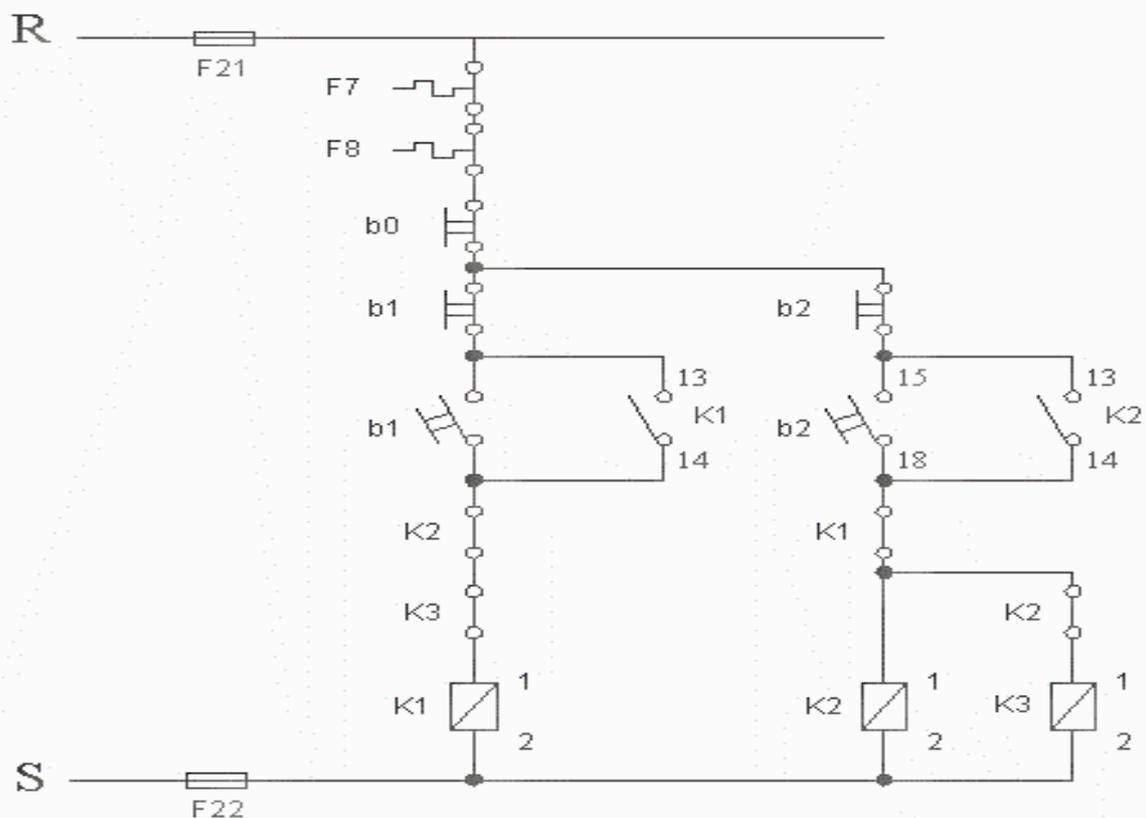
TABELA 6 - Características e Aplicações de Vários Tipos de Motor

<b>Tipo</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Conjugado de Partida</b>	<b>Emprego</b>
Motor de Indução de Gaiola, Trifásico	Aproximadamente constante	Conjugado baixo, corrente elevada	Bombas, ventiladores, máquinas e ferramentas
Motor de Indução de Gaiola com elevado Deslizamento	Decresce rapidamente com a carga	Conjugado maior do que o do caso anterior	Pequenos guinchos, pontes rolantes, serras etc.
Motor Rotor Bobinado	Com a resistência de partida desligada, semelhante ao primeiro caso. Com a resistência inserida, a velocidade pode ser ajustada a qualquer valor, embora com sacrifício do rendimento.	Conjugado maior do que os dos casos anteriores	Compressores de ar, guinchos, pontes rolantes, elevadores etc.

## Diagrama Principal



## Diagrama de Comando



## 9.7 COMANDO AUTOMÁTICO PARA COMPENSADOR COM REVERSÃO

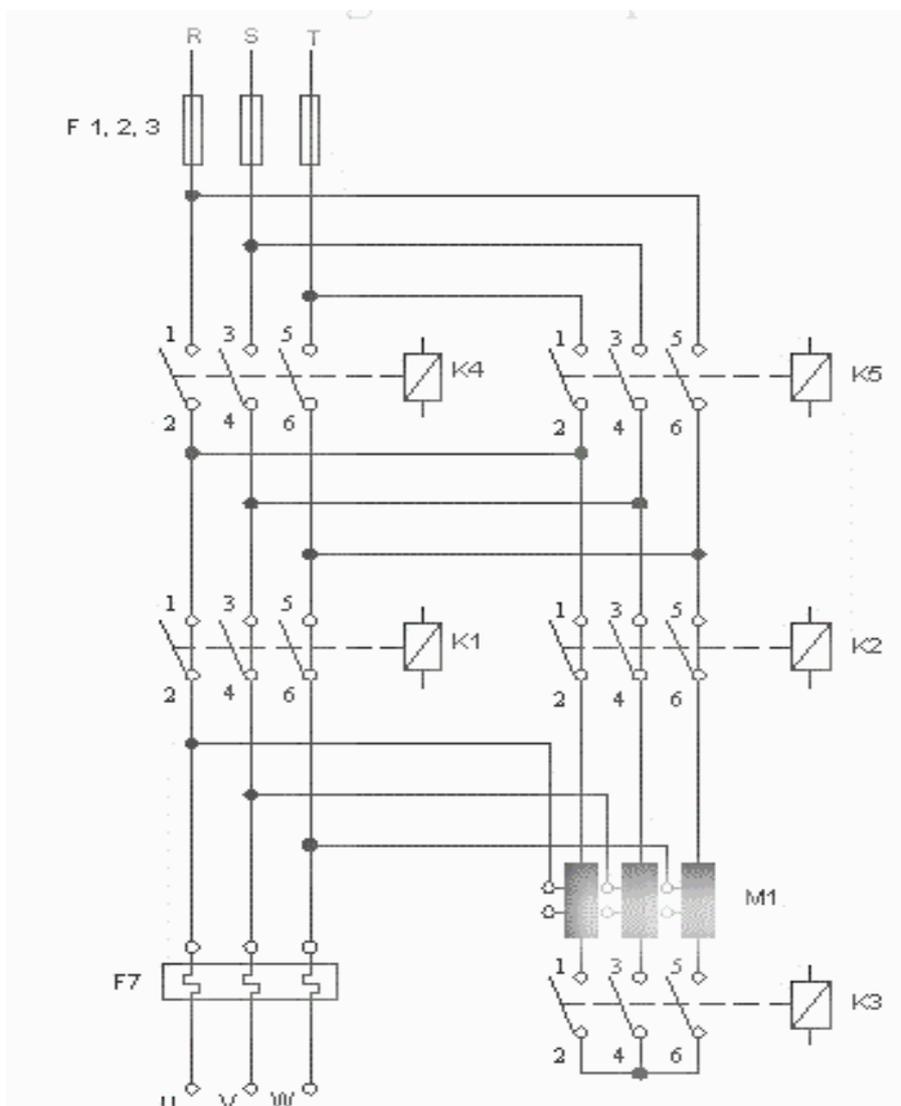
### 1. Objetivo

Ligação de uma chave compensadora com reversão.

### 2. Introdução Teórica

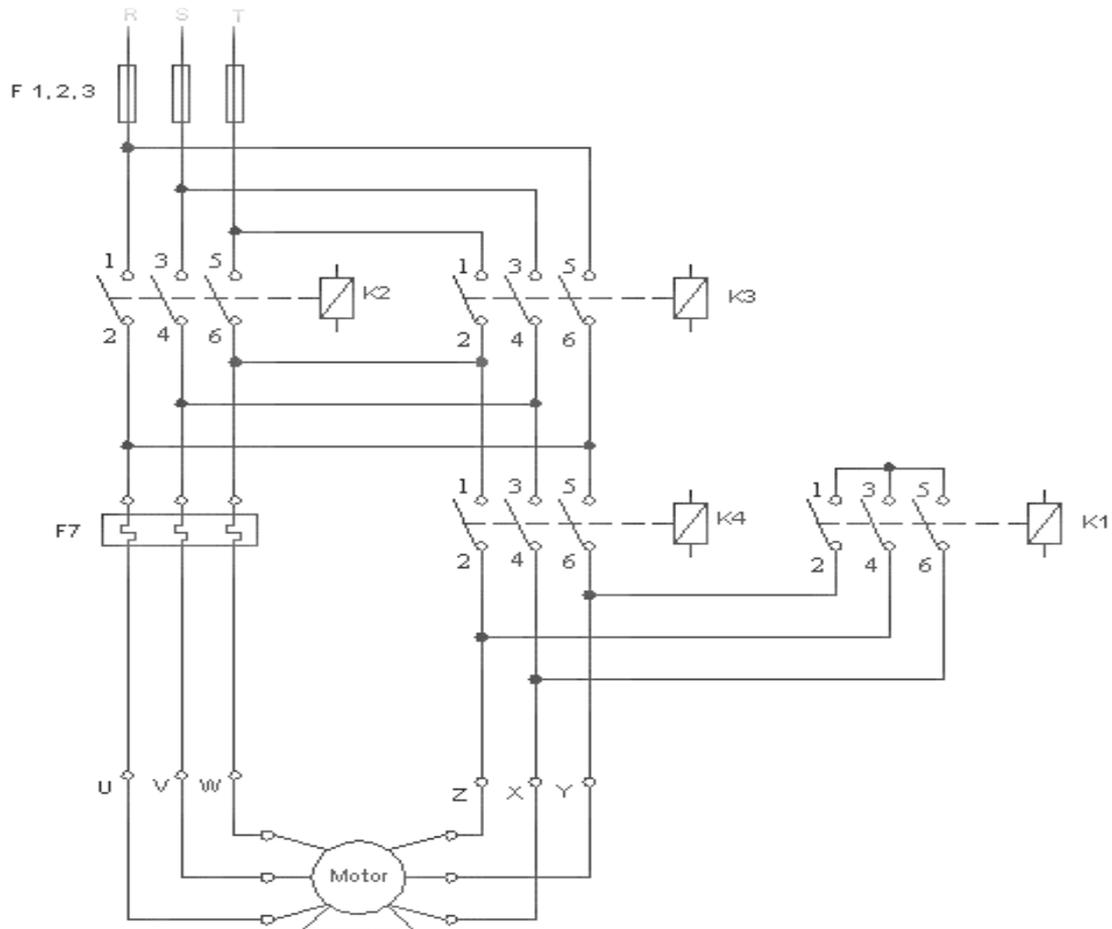
Sistema de comando elétrico que permite a partida de motores com tensão reduzida e inversão do sentido de rotação. É utilizado para reduzir o pico da corrente nos motores da partida.

#### 1. Diagrama Principal

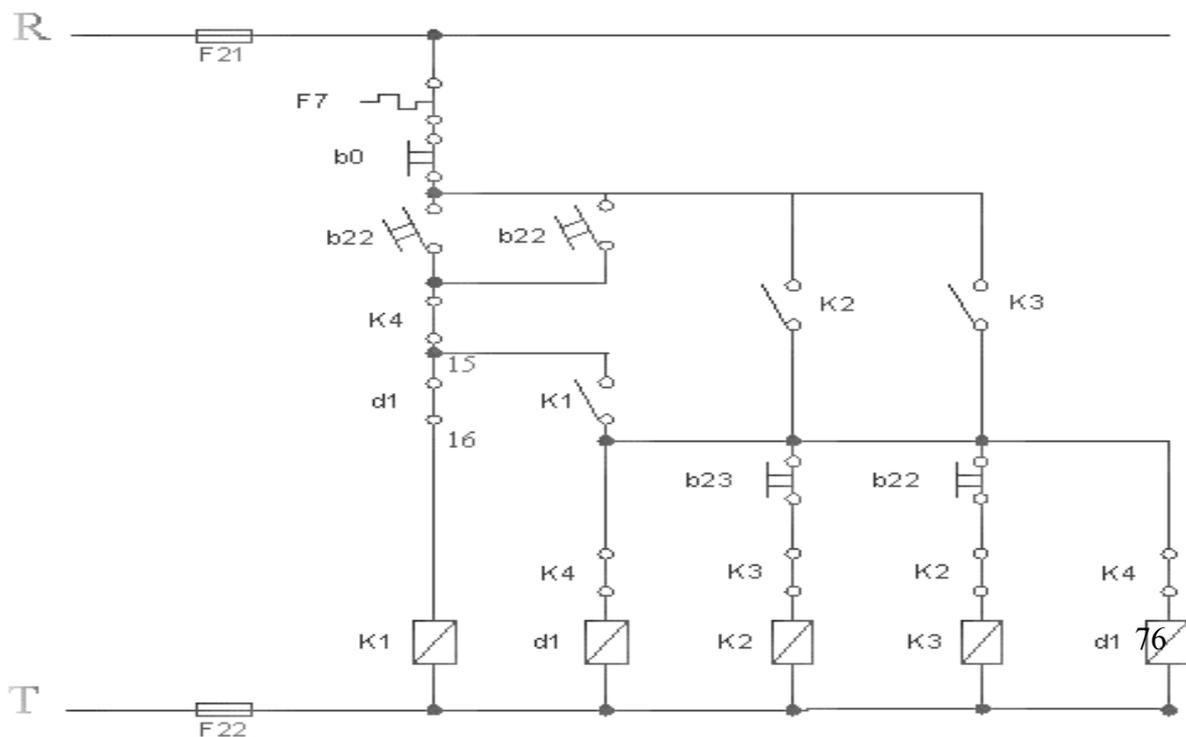




### 3. Diagrama Principal



### Diagrama de Comando



## 9.9 COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES COM REVERSÃO (DAHLANDER )

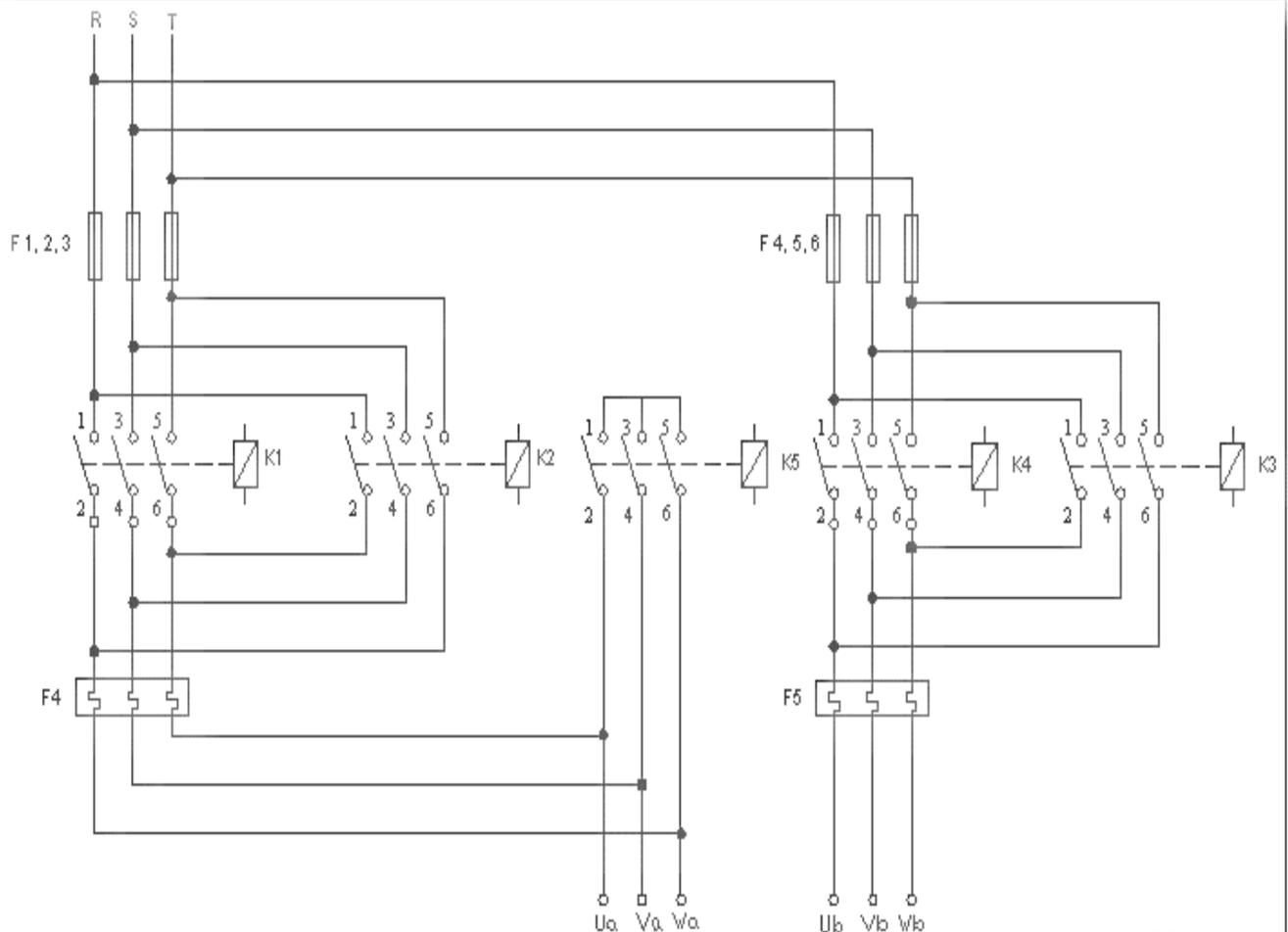
### 1. Objetivo

Ligação Dahlander com reversão.

### 2. Introdução Teórica

É um sistema de comando elétrico aplicado a um motor com enrolamento único tipo Dahlander. Suas pontas de saída permitem ligação em comum pólos, ou yy com  $n/2$  pólos, possibilitando a obtenção de 2 velocidades diferentes, bem como duplo sentido de rotação tanto para V1 como em V2 .

#### 1. Diagrama Principal



## **10 SIMBOLOGIA ELÉTRICA:**

O trabalho relaciona as normas nacionais e internacionais dos símbolos de maior uso, comparado a simbologia brasileira (ABNT) com a internacional (IEC), com a alemã (DIN), e com a norte-americana (ANSI) visando facilitar a modificação de diagramas esquemáticos, segundo as normas estrangeiras, para as normas brasileiras, e apresentar ao profissional a simbologia correta em uso no território nacional.

A simbologia tem por objetivo estabelecer símbolos gráficos que devem ser usados para, em desenhos técnicos ou diagramas de circuitos de comandos eletromecânicos, representar componentes e a relação entre estes. A simbologia aplica-se generalizadamente nos campos industrial, didático e outros onde fatos de natureza elétrica precisem ser esquematizados graficamente.

O significado e a simbologia estão de acordo com as abreviaturas das principais normas nacionais e internacionais adotadas na construção e instalação de componentes e órgãos dos sistemas elétricos.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas atua em todas as áreas técnicas do país. Os textos de normas são adotados pelos órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais) e pelas firmas. Compõem-se de Normas (NB), Terminologia (TB), Simbologia (SB), Especificações (EB), Método de ensaio e Padronização. (PB).

ANSI American National Standards Institute - Instituto de Normas dos Estados Unidos, que publica recomendações e normas em praticamente todas as áreas técnicas. Na área dos dispositivos de comando de baixa tensão tem adotado freqüentemente especificações da UL e da NEMA.

### **10.1 SIGLA SIGNIFICADO E NATUREZA**

**CEE** International Commission on Rules of the approval of Electrical Equipment - Especificações internacionais, destinadas sobretudo ao material de instalação.

**CEMA** Canadian Electrical Manufacturers Association - Associação Canadense dos Fabricantes de Material Elétrico.

**CSA** Canadian Standards Association - Entidade Canadense de Normas Técnicas, que publica as normas e concede certificado de conformidade.

**DEMKO** Danmarks Elektriske Materielkontrol - Autoridade Dinamarquesa de Controle dos Materiais Elétricos que publica normas e concede certificados de conformidade.

**DIN** Deutsche Industrie Normen - Associação de Normas Industriais Alemãs. Suas publicações são devidamente coordenadas com as da VDE.

**IEC** International Electrotechnical Commission - Esta comissão é formada por representantes de todos os países industrializados. Recomendações da IEC, publicadas por esta Comissão, já são parcialmente adotadas e caminham para uma adoção na íntegra pelos diversos países ou, em outros casos, está se procedendo a uma aproximação ou adaptação das normas nacionais ao texto dessas normas internacionais.

**JEC** Japanese Electrotechnical Committee - Comissão Japonesa de Eletrotécnica.

**JEM** The Standards of Japan Electrical Manufacturers Association - Normas da Associação de Fabricantes de Material Elétrico do Japão.

**JIS** Japanese Industrial Standards - Associação de Normas Industriais Japonesas.

**KEMA** Kenning van Elektrotechnische Materialen - Associação Holandesa de ensaio de Materiais Elétricos.

**NEMA** National Electrical Manufacturers Association - Associação Nacional dos Fabricantes de Material Elétrico (E.U.A.).

**OVE** Osterreichischer Verband für Elektrotechnik - Associação Austríaca de Normas Técnicas, cujas determinações geralmente coincidem com as da IEC e VDE.

**SEN** Svensk Standard - Associação Sueca de Normas Técnicas.

**UL** Underwriters Laboratories Inc - Entidade nacional de ensaio da área de proteção contra incêndio, nos Estados Unidos, que, entre outros, Realiza os ensaios de equipamentos elétricos e publica as suas prescrições.

**UTE** Union Technique de l'Electricité - Associação Francesa de Normas Técnicas.

**VDE** Verband Deutscher Elektrotechniker - Associação de Normas Técnicas alemãs, que publica normas e recomendações da área de eletricidade.

A seguir temos tabelas como os principais símbolos adotados pelas normas internacionais.

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
<b>GRANDEZAS ELÉTRICAS FUNDAMENTAIS</b>					
Corrente Contínua	—	—	DC	—	—
Corrente Alternada			AC		
Corrente Contínua e Alternada					
Exemplo de corrente alternada monofásica, 60Hz	1-60 Hz	1-60Hz	1 Phase 2 Wire-60Hz	1-60Hz	1-60Hz
Exemplo de corrente alternada trifásica, 3 condutores, 60Hz, tensão de 220V	3-60Hz220	3-60Hz220V	3Phase-3Wire 60Cycle-220V	3-60Hz-200V (3Φ 3W 220V-60Hz)	3-60Hz-220V
Exemplo de corrente alternada trifásica com neutro, 4 condutores, 60Hz tensão de 380V	3N-60Hz 380V	3N-60Hz 380V	3Phase-4Wire 60Cycle-380V	3N-60Hz-380V 3+N-50Hz- 380V-3Φ 4W 380V 60Hz	3N-60Hz 380V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores, tensão de 220V	2 - 220V	2 - 220V	2WireDC, 220V	2 - 220V (2W.220V)	2-220V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores e neutro, tensão de 110V	2N - 110V	2N - 110V	3WireDC,110V	2N - 110V (3W.DC,110V)	2N - 110V

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

SÍMBOLOS DE USO GERAL

Terra					
Massa					
Polaridade positiva					
Polaridade negativa					
Tensão perigosa					
Ligação delta ou triângulo					
Ligação Y ou estrela					
Ligação estrela com neutro acessível					
Ligação ziguezague					
Ligação em V ou triângulo aberto					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

COMPONENTES DE CIRCUITO

Resistor					
Resistor com derivações					
Indutor, enrolamento, bobina					
Indutor com derivações					
Capacitor					
Capacitor com derivações					
Capacitor eletrolítico					
Ímã permanente					
Diodo semiconductor					
Diodo zener unidirecional e bidirecional					
Fotorresistor com variação independente da tensão					
Fotorresistor com variação dependente da tensão					
Fotoelemento					
Gerador "hall"					
Centelhador (de pontas)					
Pára - raio					
Acumulador, bateria, pilha					
Mufia terminal ou terminação					
Mufia de junção ou emenda reta					
Mufia ou emenda de derivação simples					
Mufia ou emenda de derivação dupla					
Par termoeletrico					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO ÓTICA E ACÚSTICA

Buzina					
Campainha					
Sirene					
Cigarra					
Lâmpada de sinalização					
Indicador					

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Indicador, símbolo geral					
Amperímetro indicador					
Voltímetro indicador					
Voltímetro duplo ou diferencial indicador					
Wattímetro indicador					
Frequencímetro indicador					
Indicador de fator de potência					
Registrador, símbolo geral					
Registrador de potência					
Integrador, símbolo geral					
Integrador de energia					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

**BOBINAS DE COMANDO E RELÉS**

Bobina eletromagnética, geral					
Bobina eletromagnética, de enrolamento único					
Bobina eletromagnética, de dois enrolamentos					
Relê de subtensão					
Relê com retardo para voltar ao repouso					
Relê com retardo prolongado para voltar ao repouso					
Relê com retardo para operar					
Relê com retardo para operar e para voltar ao repouso					
Relê polarizado					
Relê com remanência					
Relê com ressonância					
Relê térmico ou bimetálico					
Relê eletromagnético de sobrecarga					
Relê eletromagnético de curto-circuito					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

CONTATOS E PEÇAS DE CONTATO COM COMANDOS DIVERSOS

Fechador (normalmente aberto)					
Abridor (normalmente fechado)					
Comutador					
Comutador sem interrupção					
Temporizado: no fechamento na abertura na abertura no fechamento					
Fechador de comando manual					
Abridor com comando por excêntrico					
Fechador com comando por bobina					
Fechador com comando por mecanismo					
Abridor com comando por pressão					
Fechador com comando por temperatura					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

ELEMENTOS DE COMANDO

Comando manual, sem indicação de sentido					
Comando por pē					
Comando por excêntrico					
Comando por meio de êmbolo (ar comprimido, p.ex.)					
Comando por energia mecânica					
Comando por motor					
Sentido de deslocamento do comando para a esquerda, cessada a força externa. Nota: Para a direita, inverter a seta.					
Comando com travamento 1 - Travado 2 - Livre					
Comando engastado					
Dispositivo temporizado com operação à direita					
Comando desacoplado no caso com acionamento manual					
Comando acoplado no caso com acionamento manual					
Fecho mecânico					
Fecho mecânico com disparador auxiliar					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

DISPOSITIVOS DE COMANDO E DE PROTEÇÃO

Tomada e plugue					
Fusível					
Fusível com indicação do lado ligado à rede após a ruptura					
Secionador-Fusível tripolar					
Lâmina ou barra de conexão, reversora					
Secionador tripolar					
Interruptor tripolar (sob carga)					
Disjuntor					
Secionador-disjuntor					
Contatos com relê térmico contatos auxiliares					
Disjuntor tripolar com relés eletromagnéticos com contatos auxiliares					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

MOTORES E GERADORES

Motor, símbolo geral					
Gerador, símbolo geral					
Motor de corrente contínua					
Gerador de corrente contínua					
Motor de corrente alternada monofásica					
Motor de corrente alternada trifásica					
Motor de indução trifásico					
Motor de indução trifásico com representação de ambas as extremidades de cada enrolamento do estator					
Gerador síncrono trifásico ligado em estrela					
Gerador síncrono trifásico de ímã permanente					
Gerador síncrono monofásico de ímã permanente					
Gerador de corrente contínua com enrolamentos de compensação e inversão polar					

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IEC
-------------	------	-----	------	-----	-----

TRANSFORMADORES

Transformador com dois enrolamentos					
Transformador com três enrolamentos					
Autotransformador					
Bobina de reatância					
Transformador de corrente					
Transformador de potencial					
Transformador de corrente capacitivo					
Transdutor com três enrolamentos, um de serviço e dois de controle					
Transformador de dois enrolamentos, com diversas derivações (taps) em um dos enrolamentos (com variação em escalões)					
Transformador de dois enrolamentos com variação contínua da tensão					
NOTA 1:		A ABNT recomenda para transformadores de rede o uso do símbolo simplificado, formado de dois círculos que se cortam, especialmente na representação unifilar. Os traços inclinados que cortam a linha vertical, indicam o número de fases.			
NOTA 2:		Simplificação análoga é normalizada para transformadores de corrente e de potencial.			