



EEEM "ARNULPHO MATTOS" ELETROTÉCNICA

ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

1. INTRODUÇÃO

Neste módulo iremos estudar de forma prática e objetiva, conteúdos básicos que auxiliarão na escolha, construção, instalação e manutenção de chaves de partida e seus equipamentos de acionamento e proteção. A escolha de um sistema de acionamento e proteção merece muita atenção, pois dela dependem a durabilidade do sistema e o funcionamento correto dos circuitos de motores e conseqüentemente das máquinas a serem acionadas.

2. IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO

2.1. Proteção:

- Do operador contra acidentes;
- Do motor contra:
 - Falta de fase;
 - Sobrecarga;
 - Curto-circuito;
 - Sobretensões e subtensões;
 - Ambientes quentes;
 - Danos na ventilação;
 - Queda no fornecimento de energia;
- Das instalações contra avarias causadas por pico na ligação e comutação;
- De outros equipamentos e consumidores instalados próximo ao motor;

2.2. Versatilidade:

- Ligação rápida e segura do motor;
- Utilização de comando manual ou automático com dispositivos como temporizadores, sensores, pressostatos, termostatos, chaves fim de curso, etc.
- Simplificação do sistema de operação e supervisão da instalação.

3. TERMINOLOGIA

3.1. Acionamento Manual:

Componente mecânico de acionamento de um equipamento. Exemplo: botão de comando, alavanca, etc.

3.2. Acionamento por corrente alternada (CA):

Circuito de comando alimentado por corrente alternada.

3.3. Acionamento por corrente contínua (CC):

Circuito de comando alimentado por corrente contínua.

3.4. Botão:

Designação dada a dispositivos de comando, aos quais pertencem os botões de comando de diversos tipos, que possibilitam o acionamento ou interrupção da corrente de comando. Podem ser do tipo pulsante ou travante, com contatos normalmente abertos ou normalmente fechados, ou ambos.

3.5. 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.

3.6. Botão Sinalizador:

Botoeira com botão transparente de forma tal, que se obtenha, assim como no sinalizador luminoso, uma indicação ótica dada por uma lâmpada embutida no mesmo.

3.7. Capacidade de Interrupção:

Máxima corrente que um dispositivo de manobra ou proteção (contator, disjuntor, chave seccionadora, etc) pode interromper em condições definidas.

3.8. Categoria de Emprego:

Classificação dos dispositivos de comando de cargas de acordo com as finalidades para as quais são previstos.

3.9. Chave:

Dispositivo de manobra mecânico, capaz de ligar, conduzir e interromper correntes sob condições de sobrecarga previstas e, também, de conduzir por tempo especificado, correntes sob condições anormais pré-estabelecidas, tais como as de curto-circuito. Certos tipos de chaves podem ligar mas não interromper correntes de curto-circuito.

3.10. Chave Principal:

Dispositivo que comanda o circuito principal de alimentação, ligado direto ao consumidor, passando através desse a corrente de operação.

3.11. Chave Seccionadora:

Dispositivo que na condição aberta, satisfaz as exigências de distância de isolamento especificadas.

3.12. Chave Seccionadora sob Carga:

Dispositivo que permite operar o circuito com sua carga ligada.

3.13. Circuito auxiliar ou de comando:

Circuito por onde são acionados os dispositivos de manobra. Pode ser usado para fins de medição, comando, travamento e sinalização.

3.14. Circuito principal:

Circuito formado pelas partes mais importantes, incluindo os contatos principais, destinados a conduzir a corrente de operação.

3.15. Contato:

Parte de um dispositivo de manobra, através da qual um circuito é ligado ou interrompido:

- Contato NF (Normalmente Fechado): Contato que abre, quando do estabelecimento, e fecha quando da interrupção;
- Contato NA (Normalmente Aberto): Contato que fecha, quando do estabelecimento, e abre quando da interrupção;
- Contato auxiliar:
 - Contato de chave auxiliar;
 - Contato inserido em um circuito auxiliar e operado mecanicamente pelo contator.
- Contato de selo: É um contato auxiliar do contator, que tem a finalidade de selar a alimentação da bobina do contator. Este contato é ligado em paralelo com o botão de ligação do contator.
- Contato principal:
 - Contato no circuito principal de um dispositivo de manobra;

- Contato inserido no circuito principal de um contator, previsto para conduzir na posição fechada, a corrente desse circuito.

3.16. Corrente de curto-circuito:

Designação genérica para a corrente possível de ocorrer no local de instalação de um dispositivo de manobra, quando os terminais estão curto-circuitados.

3.17. Corrente nominal:

Corrente de operação de um circuito, determinada pelas condições de emprego, em função da qual são escolhidos os diversos dispositivos.

3.18. Corrente de partida:

Corrente que o motor consome quando ligado, porém ainda em repouso (na partida ou frenagem). Seu valor médio é de seis a nove vezes a corrente nominal dos motores.

3.19. Sobrecarga:

Quando é ultrapassado o valor da corrente nominal de um equipamento elétrico. Pode ser por excesso de carga no eixo do motor ou defeito mecânico no motor ou acoplamentos.

3.20. Nível de Isolamento:

Conjunto de valores de tensão suportáveis nominais que caracterizam o isolamento de um equipamento elétrico em relação a sua capacidade de suportar solicitações dielétricas.

3.21. Partida lenta:

São partidas em que a inércia de carga é alta, provocando um tempo de partida acima de:

- 5s – partida direta;
- 10s – partida estrela-triângulo;
- 15s – partida compensadora;
- 10s – partida estrela série-paralelo.

3.22. Proteção do motor:

Proteção contra efeitos de sobrecarga e curto-circuito sobre o motor, isto é, proteção da instalação do enrolamento contra aquecimentos e esforços eletrodinâmicos inadmissíveis através de:

- Relé térmico de sobrecarga;

- Sondas térmicas;
- Fusíveis;
- Disjuntores.

3.23. Seletividade:

Operação conjunta dos dispositivos de proteção que atuam sobre os de manobra ligados em série para a interrupção escalonada de correntes anormais (por exemplo, curto-circuito). O dispositivo de proteção deve interromper a parte do circuito de força imediatamente anterior a falha. Os demais dispositivos de manobra devem permanecer ligados, a não ser que o dispositivo anterior tenha falhado e assim sucessivamente.

3.24. Vida útil mecânica:

Caracterizada pela resistência ao desgaste do equipamento, sendo determinado pelo número de manobras sem carga que o equipamento pode realizar sem defeitos mecânicos.

3.25. Grau de proteção:

As normas definem o grau de proteção dos equipamentos elétricos por meio das características IP seguida por dois algarismos:

- 1º Algarismo – Indica o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contato artificial;
- 2º Algarismo – Indica o grau de proteção contra a penetração de líquidos.

1º ALGARISMO	
0	Sem Proteção
1	Corpos estranhos de dimensões acima de 50mm
2	Corpos estranhos de dimensões acima de 12mm
3	Corpos estranhos de dimensões acima de 2,5mm
4	Corpos estranhos de dimensões acima de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulos de poeiras prejudiciais ao motor
6	Totalmente protegido contra poeira

2º ALGARISMO	
0	Sem Proteção
1	Pingos de água na vertical
2	Pingos de água até a inclinação 15° com a vertical
3	Água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical
4	Respingos de todas as direções
5	Jatos d'água de todas as direções
6	Água de vagalhões
7	Imersão temporária
8	Imersão permanente

3.25.1. Tipos Usuais de Proteção

Embora os algarismos indicativos de grau de proteção possam ser combinados de muitas maneiras, somente alguns tipos de proteção são empregados nos casos normais. São eles IP21, IP22, IP23 e IP44. Os três primeiros são motores abertos e o último é motor totalmente fechado. Para aplicações especiais mais rigorosas, são comuns também os graus de proteção IP54 (ambientes muito empoeirados) e IP55 (caso em que os motores são lavados periodicamente com mangueiras, como em fábricas de papel).

Outros graus de proteção para motores são raramente fabricados, mesmo porque, qualquer grau de proteção satisfaz plenamente os graus de proteção inferiores (algarismos mais baixos).

Assim, por exemplo, um motor IP44 substitui com vantagem os IP12, IP22 e IP23, apresentando maior segurança contra exposição acidental a poeiras e água. Isto permite padronização da produção em um único tipo que atende a todos os casos, com vantagem adicional para o comprador nos casos de ambientes menos exigentes.

4. COMPONENTES

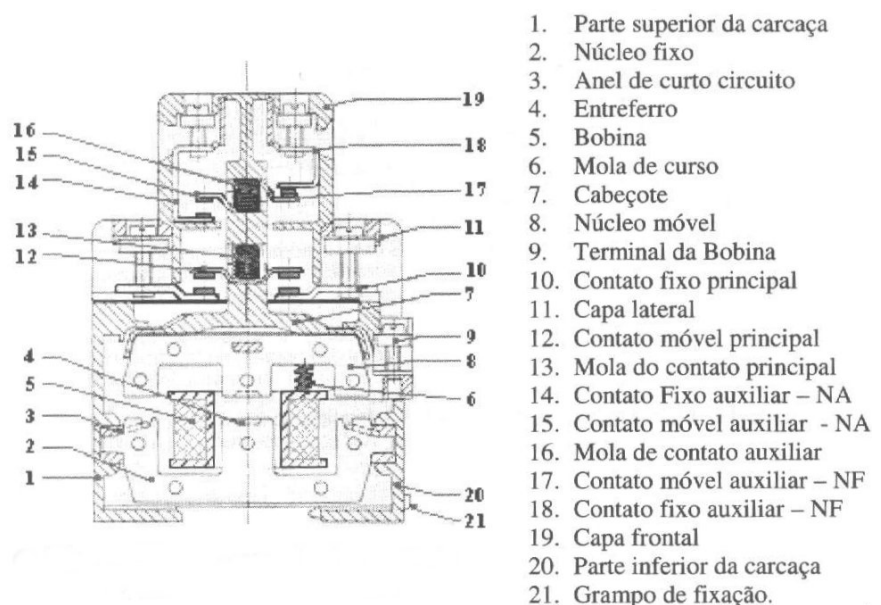
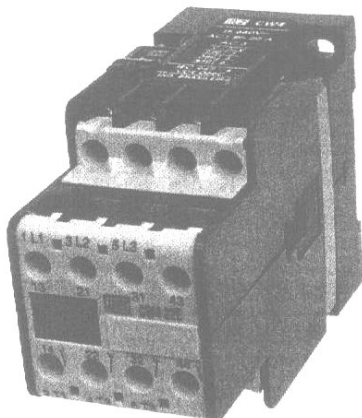
4.1. Contator

4.1.1. Definições

Chave de operação não manual, eletromagnética, que tem uma única posição de repouso e é capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, inclusive sobrecargas no funcionamento.

Os principais elementos construtivos de um contator são:

- Contatos;
- Núcleo;
- Bobina;
- Molas;
- Carcaça.



4.1.2. Contato principal

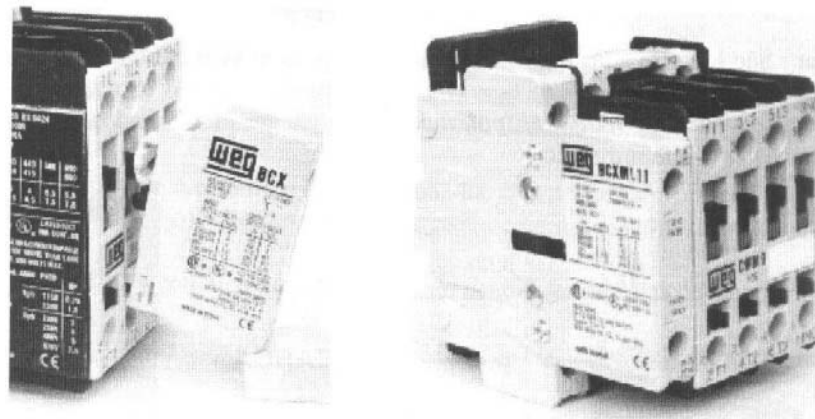
É aquele componente de ligação que, em estado fechado, conduz a corrente do circuito principal.

Os contatos principais de um contator são dimensionados com o objetivo principal de estabelecer e interromper correntes de motores, podendo ainda, acionar cargas resistivas, capacitivas e outras.

4.1.3. Contatos auxiliares

São dimensionados para a comutação de circuitos auxiliares para comando, sinalização e intertravamento elétrico, entre outras aplicações.

O formato dos contatos auxiliares está de acordo com a função: normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF), podendo ser ainda adiantados ou retardados, dependendo da linha e modelo do contator utilizado.



4.1.4. Sistema de Acionamento

O acionamento dos contadores WEG pode ser realizado com corrente alternada (CA) ou contínua (CC), por serem dotados de sistemas específicos (bobina, núcleo) para cada tipo de corrente.

4.1.4.1. Acionamento CA

O campo magnético é produzido através da bobina, atraindo a parte móvel dos contatos, fazendo assim a movimentação dos contatos principais e auxiliares.

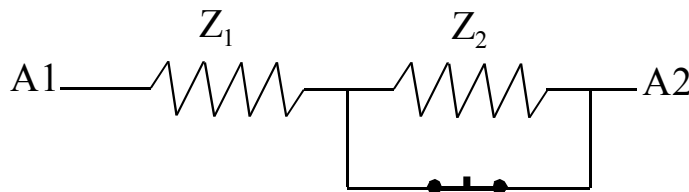
Para este sistema de acionamento, existem os anéis de curto-circuito, que situam-se sobre o núcleo fixo do contator e evitam o ruído devido à passagem da corrente alternada por zero.

Um entreferro reduz a remanência após a interrupção da tensão de comando e evita o “colamento” do núcleo. Após a desenergização da bobina de acionamento, o retorno dos contatos

principais (bem como dos auxiliares) para a posição original de repouso, é garantido através de molas (de compressão).

4.1.4.2. Acionamento CC

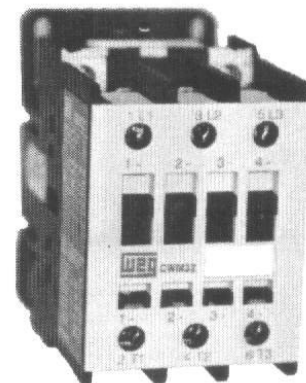
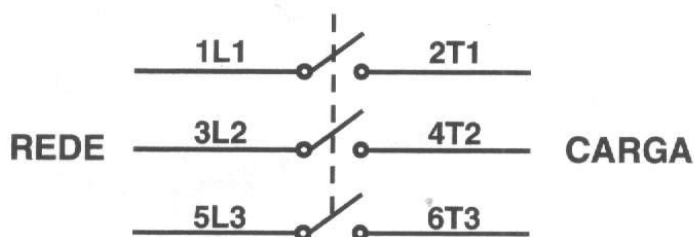
Este sistema de acionamento difere do “CA” na constituição do circuito magnético, devido a ausência dos anéis de curto circuito, além de possuir uma bobina de enrolamento com derivação (uma parte para atracamento e outra para manutenção), sendo inserido no circuito desta um contato “NF” retardado na abertura, que curto-circuita parte do enrolamento durante a etapa de atracamento. O enrolamento com derivação tem função de reduzir a potência absorvida pela bobina após o fechamento do contator, evitando com isto o sobreaquecimento ou a queima da bobina. O núcleo é maciço, pois sendo corrente constante, o fluxo magnético também será. Com isto, não haverá força eletromotriz no núcleo e, portanto, não existirá circulação de corrente parasita, não sendo necessário a utilização de núcleo laminado.



4.1.1. *Nomenclatura de contatos*

A identificação de terminais de contadores e relés associados tem por finalidade fornecer informações a respeito da função de cada terminal ou sua localização com respeito a outros terminais ou para outras aplicações:

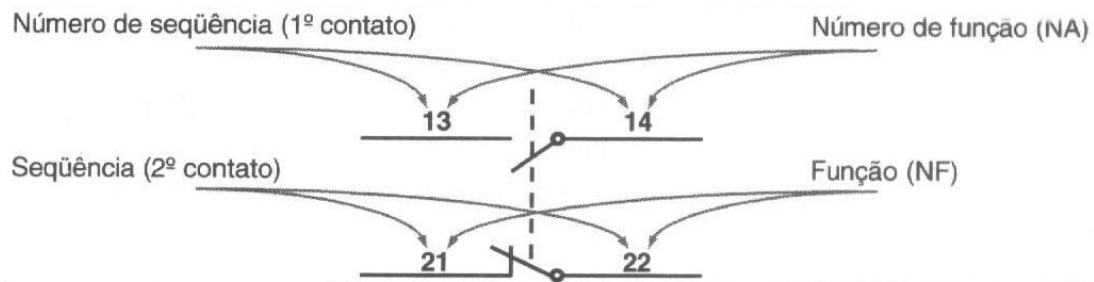
- **Bobinas:** São identificadas de forma alfanumérica com A₁ e A₂.
- **Terminais do circuito principal (força):** São identificados por números unitários e por um sistema alfanumérico.



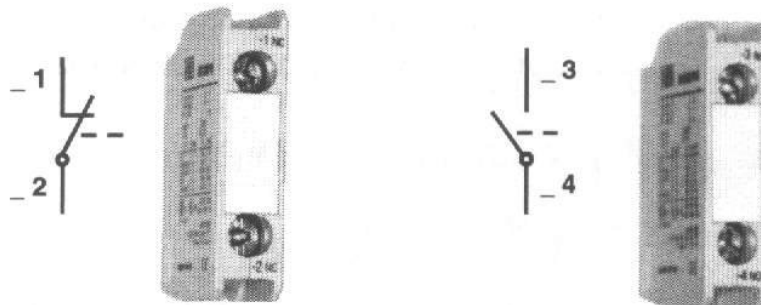
Os terminais 1L1, 3L2 e 5L3 voltam-se para a rede (fonte) e os terminais 2T1, 4T2 e 6T3 para a carga.

- **Terminais de contatos auxiliares:** Os terminais dos circuitos auxiliares devem ser marcados nos diagramas, através de figura com dois números, a saber:
 - a unidade representa a função do contato;
 - a dezena representa a seqüência de numeração.

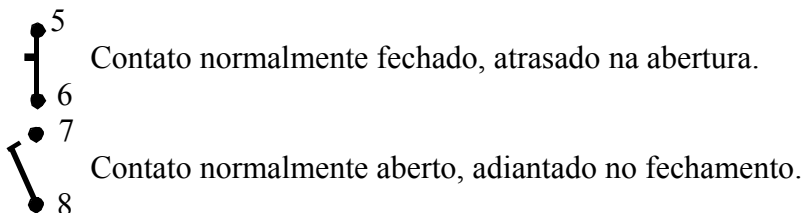
O exemplo abaixo ilustra este sistema de marcação:



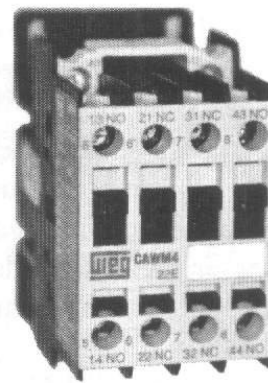
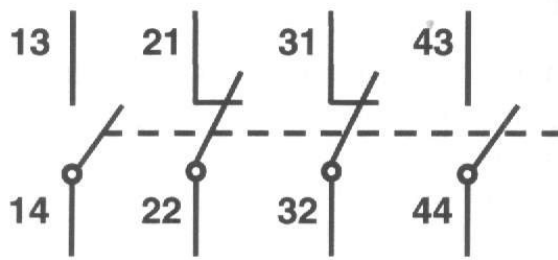
- **Número de função:** Os números de função 1,2 são próprios de contatos normalmente fechados e 3,4 próprios de contatos normalmente abertos.



Os traços antes dos números indicam a seqüência. Os números de função 5,6 são próprios de contatos NF retardados na abertura, enquanto os números de função 7,8 são próprios de contatos NA adiantados no fechamento.



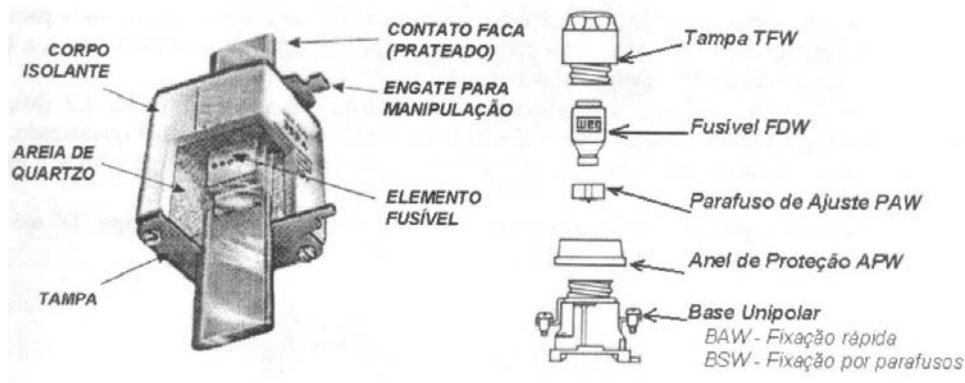
- **Número de seqüência:** Os terminais pertencentes a um mesmo elemento de contato devem ser marcado com o mesmo número de seqüência. Logo, todos os contatos de mesma função devem ter número de seqüência diferentes.



4.2. 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).



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.

4.2.1. Fusíveis de força (tipo D ou NH)

São dispositivos de proteção que quando usados em circuitos alimentadores de motores, protegem-nos contra correntes de curto-circuito e de forma seletiva (em combinação com relés) contra sobrecargas de longa duração.

4.2.1.1. Classificação

Os fusíveis podem ser classificados de acordo com diversos critérios. Destes critérios os mais usados são:

- a) Tensão de alimentação: alta tensão ou baixa tensão;
- b) Características de interrupção: ultra-rápidos ou retardados.

Os fusíveis usados na proteção de circuitos de motores são da classe funcional (gL), indicando que são fusíveis com função de “proteção geral”. A característica de interrupção destes fusíveis é de efeito retardado (gG), pois os motores (cargas indutivas) no instante de partida, solicitam uma corrente diversas vezes superior à nominal e que deve ser “tolerada”.

Caso fossem utilizados fusíveis com características de interrupção “ultra-rápida” estes fundiriam (queimariam), em função da corrente de partida do motor, o que não estaria de acordo com a função do fusível, pois a corrente de partida não representa nenhuma condição anormal.

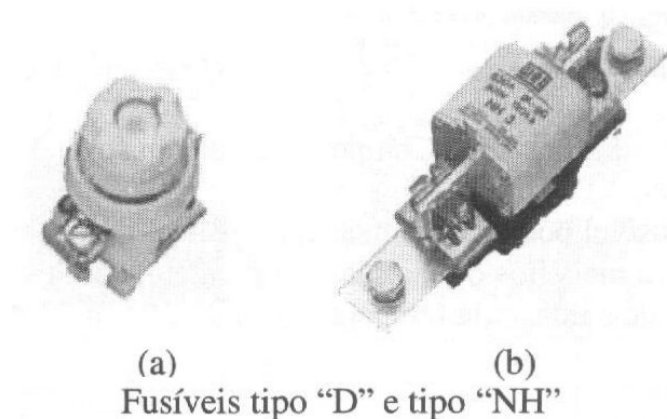
- c) Forma construtiva dos Fusíveis retardados:

Classificam-se basicamente em fusíveis tipo “D” e do tipo “NH”.

Os fusíveis do tipo “D” (Diametral ou Diazed) são recomendados para uso tanto residencial quanto industrial. São produzidos para correntes normalizadas de 2 a 63A, capacidade de ruptura de 50kA e tensão máxima de 500V.

Os fusíveis do tipo “NH” (alta capacidade, baixa tensão) são recomendados para uso industrial e devem ser manuseados apenas por pessoal qualificado. São fabricados para correntes normalizadas de 4 a 630A, capacidade de ruptura de 120kA e tensão máxima de 500V.

Na prática (por questões econômicas), costuma-se utilizar fusíveis do tipo “D” até 63A e acima deste valor fusíveis do tipo “NH”.



4.3. Disjuntor

O disjuntor é um dispositivo eletromecânico que, além de executar a mesma função do fusível, age como dispositivo de manobra. Nessas condições, pode substituir as chaves com fusíveis, protegendo e desligando circuitos.

Seu funcionamento pode ser térmico, magnético ou uma combinação de ambos, dependendo do tipo. A ação térmica difere da do fusível, sendo análoga à de um termostato. O calor gerado pela passagem de uma sobrecorrente faz com que um elemento se mova e solte um mecanismo de travamento, abrindo os contatos e, por conseguinte, o circuito. A ação magnética exercida por uma bobina de núcleo móvel faz o papel do fusível; com a passagem de uma elevada corrente, as forças magnéticas agem sobre o núcleo da bobina que, movendo-se, solta o mecanismo de travamento. Ambas as ações, térmica e magnética, são tanto mais rápidas quanto maior a corrente que a originou.

Neste ponto é bom lembrar a diferença entre sobrecarga e curto-circuito:

Sobrecarga: é uma corrente elétrica acima da capacidade de condução dos fios e cabos, diminuindo a vida útil desses componentes. Uma sobrecarga pode provocar um aquecimento, danificando a isolação dos fios.

Curto-circuito: é uma corrente elétrica muito superior a capacidade de condução dos fios e cabos. Se o disjuntor não atuar instantaneamente, coloca em risco pessoas e o patrimônio, que poderão até mesmo provocar incêndios.

Os disjuntores são caracterizados pela corrente nominal, pela tensão nominal e pela capacidade de ruptura. Podem ser definidos, de acordo com a sua aplicação, em:

- Disjuntor para manobra e proteção de motores;
- Disjuntor para manobra e proteção de circuitos de distribuição e de entrada industrial, comercial ou residencial.

Aqueles utilizados para manobra e proteção de motores devem admitir a partida e a manobra de motores (dependendo do motor e da carga a ser acionada, este valor pode ser de 6 a 8 vezes a corrente nominal durante o tempo de partida), assim como ter a capacidade de ligar e interromper correntes de sobrecarga e de curto-circuito.

4.3.1. Disjuntor-Motor

O disjuntor-motor oferece a proteção adequada em aplicações industriais onde se requer um equipamento compacto e de grande desempenho. Ele segue as normas técnicas no que diz respeito a manobra e proteção de motores.



O disjuntor-motor tem como principais características:

- Sensibilidade contra falta de fase e compensação de temperatura;
- Possibilidade de elevação da capacidade de interrupção através de módulos;
- Admite montagem sobre trilho DIN de 35mm ou fixação por parafusos para todas as faixas de ajuste.

4.4. Protetores térmicos (sondas térmicas) para motores elétricos

Protegem os motores diretamente contra elevações de temperaturas acima das especificações. Normalmente aplicados em motores:

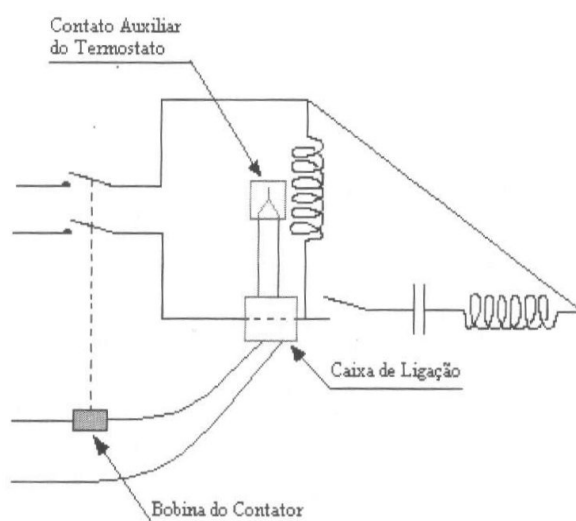
- À prova de explosão (sem ventilador);
- Com frequência de manobras elevadas;
- Com tempo de partida muito elevado (partida lenta);
- Em ambientes quentes.

São determinados em função da classe de isolamento dos motores.

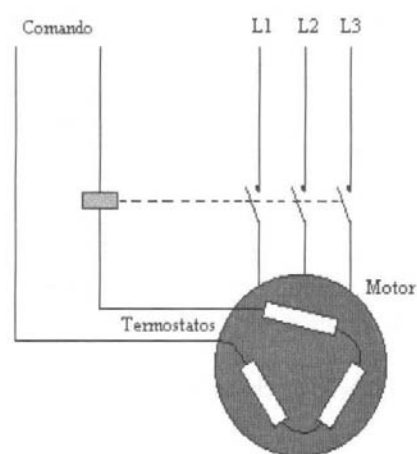
4.4.1. Termostatos

Seu princípio de funcionamento baseia-se na deformação de lâminas bimetálicas com o calor. Possuem contatos auxiliares NF que se abrem quando o elemento atinge determinada temperatura (por exemplo classe de isolamento de motores).

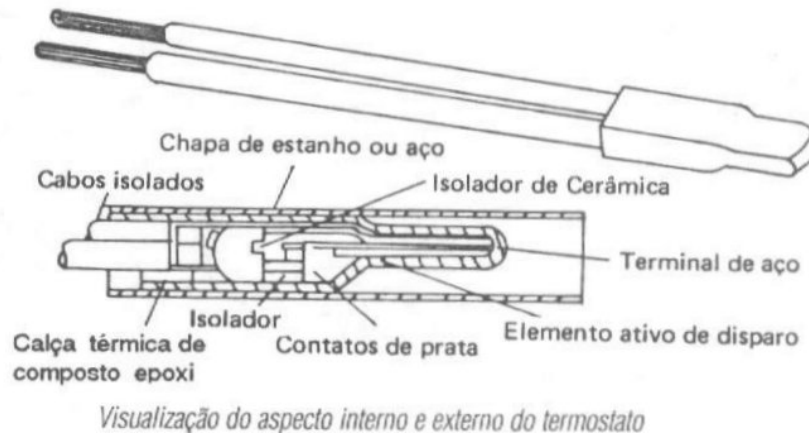
Os termostatos são colocados entre as espiras, nas cabeças de bobina do motor, sempre do lado oposto ao ventilador. São ligados em série com a bobina do contator principal.



Esquema genérico de ligação de termostatos em motores monofásicos



Esquema genérico de ligação de termostatos em motores trifásicos



Para temperaturas acima da classe de isolamento do motor, os termostatos desligam a bobina do contator que alimenta o motor. O religamento será possível tão logo o motor retorne à temperatura inicial.

Em motores trifásicos utiliza-se um termostato por fase, podendo ser utilizado dois termostatos por fase para operar em alarme e desligamento. Neste caso, os termostatos de alarme deverão ser apropriados para atuação de temperatura prevista do motor e os termostatos de desligamento deverão atuar na temperatura da classe de isolamento do motor.

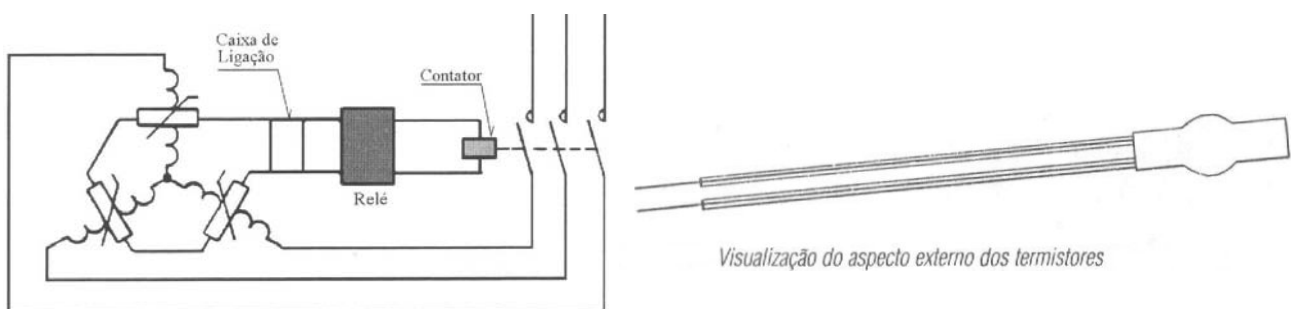
4.4.2. Termistores –PTC

São dispositivos feitos de material semicondutor que, para um determinado valor de temperatura sofrem uma variação brusca no valor da sua resistência.

A utilização de PTC's exige a instalação de um relé externo, que recebe o sinal das sondas, atuando com base nele, interrompendo a alimentação dos contadores.

O PTC (positive temperature coeficient) é um termistor cuja resistência aumenta bruscamente para um valor bem definido de temperatura.

A instalação dos PTC's é feita entre as espiras, nas cabeças de bobinas do motor, sempre do lado oposto ao ventilador. Normalmente utiliza-se um PTC por fase, sendo estes estão ligados em série.



Desenho esquemático de ligação de termistores em motores trifásicos

Para temperaturas acima da classe de isolamento do motor, o PTC através de sua variação brusca de resistência, sensibiliza o relé que desliga a bobina do contator, protegendo assim o motor.

O religamento do motor será possível tão logo o enrolamento volte à temperatura normal. Esta temperatura está 5°C abaixo da temperatura nominal de atuação.

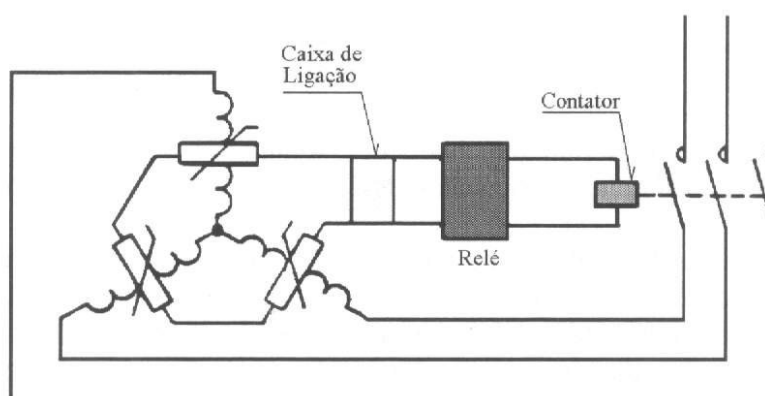
Podem ser ligados vários PTC em série, de modo que a soma de suas resistências a frio não ultrapasse 550Ω (aproximadamente 6 PTC's).

Caso seja desejável um comando de alarme antes que o motor atinja a temperatura limite, deve-se utilizar dois protetores por fase. O primeiro deles dimensionado para a temperatura de alarme, que deve ser abaixo da classe de isolamento do motor. O segundo deverá ser dimensionado para atuar quando a temperatura alcançar o valor máximo permitido pela classe de isolamento do motor.

4.4.3. Termoresistências –PT100

São elementos que tem sua operação baseada na característica de variação linear de resistência com a temperatura intrínseca a alguns materiais. Os elementos mais utilizados nesta área são a platina e o níquel, que possuem uma resistência de 100Ω a 0°C e o cobre com 10Ω a 0°C.

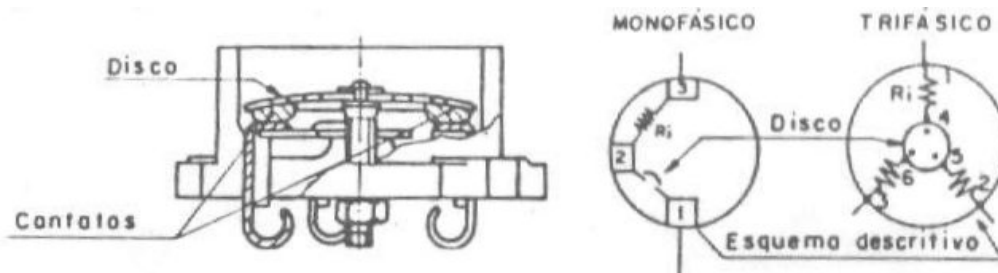
Esses elementos possuem resistência calibrada que varia linearmente com a temperatura, possibilitando um acompanhamento contínuo do processo de aquecimento do motor, pelo “display” do controlador. Esse sistema de proteção permite ainda a sinalização de advertência com sinais luminosos ou sonoros, antes da temperatura alcançar limites proibitivos. E por isso, o sistema de custo mais elevado, havendo a necessidade de um controlador (relé para PT100).



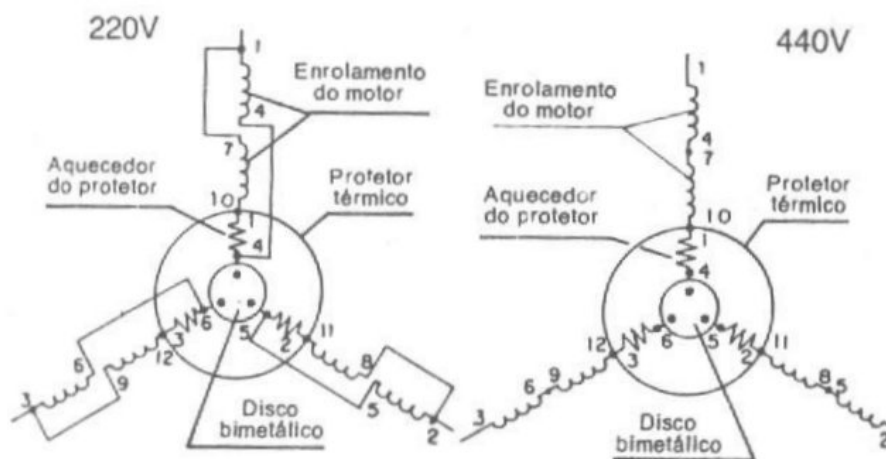
Desenho genérico de ligação de termoresistências em motores trifásicos

4.4.4. Protetores bimetálicos de disco

- Usualmente aplicados em motores monofásicos;
- Normalmente se utiliza protetores bimetálicos de disco com dois contatos NF ligados em série com a alimentação do motor;
- Instalados na tampa do motor, do lado oposto da ventilação;
- A corrente solicitada pelo motor circula pelo disco metálico aquecendo-o e quando a temperatura limite é atingida, os contatos se abrem desligando o motor. Após resfriado o bimetal, os contatos se fecham automaticamente ou ainda manualmente, dependendo do sistema de rearme escolhido. Este tipo de bimetálico tem característica de retardo para suportar a corrente de partida dos motores monofásicos;
- Especificado em função da classe de isolamento e da corrente nominal onde estiver inserido.



Visualização do aspecto interno do protetor térmico



Esquema de ligação do protetor térmico para motores trifásicos

4.5. Relés de Sobrecarga

São dispositivos baseados no princípio da dilatação de partes termoelétricas (bimetálicos). A operação de um relé está baseada nas diferentes dilatações que os metais apresentam, quando submetidos a uma variação de temperatura.

Relés de sobrecarga são usados para proteger 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.

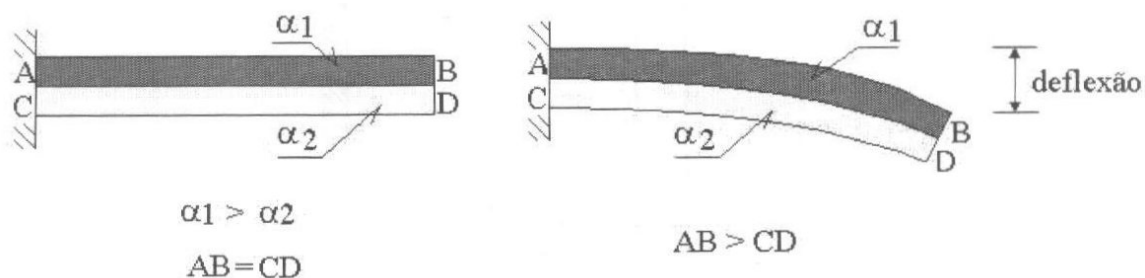
4.5.1. Circuito principal ou de potência

É composto por uma carcaça de material isolante, três bimetálicos de aquecimento, alavanca de desarme, terminais de entrada (1, 3 e 5) e terminais de saída (2, 4 e 6).

4.5.2. Circuito auxiliar ou de comando

Consiste basicamente dos contatos auxiliares (NA e NF) por onde circula a corrente de comando, botão de regulagem, botão de rearme (reset), botão de seleção (manual e automático) e bimetálico de compensação de temperatura (dá ao relé condições de operar na faixa de -20°C a 50°C sem modificação da curva de desarme).

Com a circulação da corrente nominal do motor (para o qual o relé está regulado), os bimetálicos curvam-se. Isto porque o bimetálico é uma liga de dois materiais com coeficientes de dilatação diferentes. A curvatura do bimetálico se dá para o lado do material de menor coeficiente.



α = coeficiente de dilatação linear

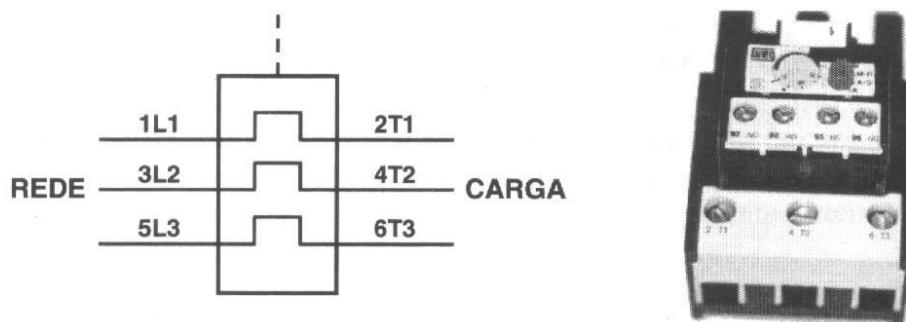
Quando a corrente que está circulando é a nominal do motor, a curvatura dos bimetálicos ocorre, mas não é suficiente para o desarme.

No caso de uma sobrecarga, os bimetálicos apresentarão uma curvatura maior. Com isso ocorrerá o deslocamento da alavanca de desarme. Este deslocamento é transferido ao circuito auxiliar, provocando, mecanicamente, o desarme do mesmo. A temperatura ambiente não afeta a atuação do relé, pois o bimetálico de compensação sofrerá o mesmo deslocamento, mantendo assim a relação inicialmente definida.

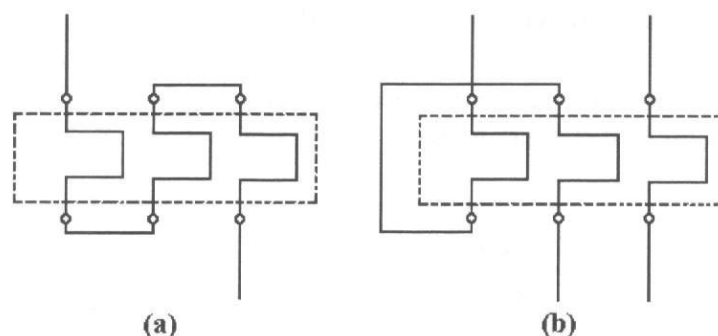
O relé permite que seu ponto de atuação, ou seja, a curvatura das lâminas, e o conseqüente desligamento, possa ser ajustado manualmente. Isto possibilita ajustar o valor de corrente que provocará a atuação do relé.

4.5.3. Terminais do relé de sobrecarga

Os terminais do circuito principal dos relés de sobrecarga são marcados da mesma forma que os terminais de potência dos contatores.



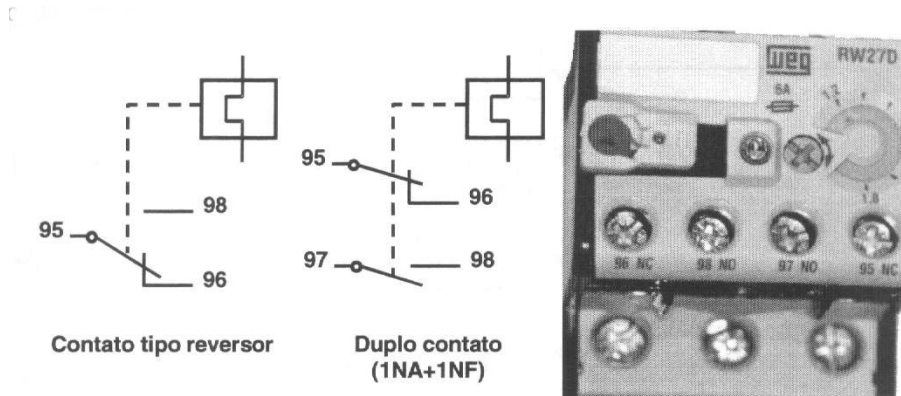
Os relés tripolares também podem ser utilizados para proteção de cargas monofásicas e bifásicas, ligando-os como se estivessem carregados para carga trifásica:



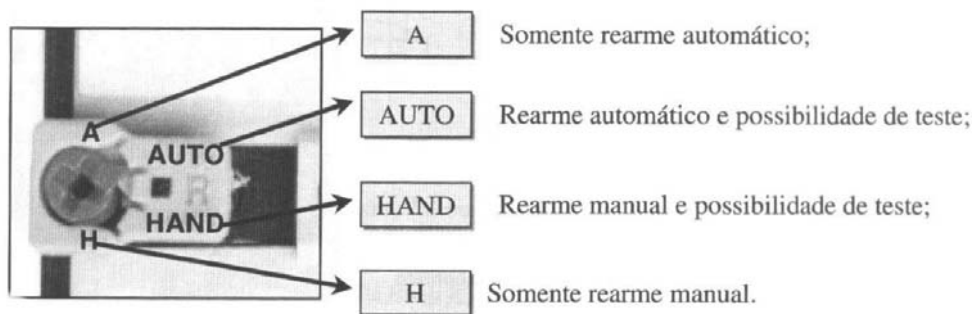
Relé térmico de sobrecarga tripolar para serviço Monofásico (a) ou Bifásico (b)

Os terminais dos circuitos auxiliares do relé são marcados da mesma forma que os de contadores, com funções específicas, conforme exemplos a seguir.

O número de seqüência deve ser o 9 e, se uma segunda seqüência existir, será identificada com o zero.



4.5.4. Tecla multifunção



4.6. 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.

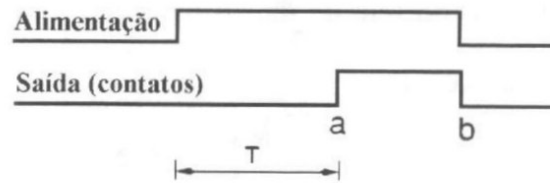
4.6.1. Relés de tempo com retardo na energização

Aplicados no sequenciamento de comandos e interrupções, painéis de comando e chaves compensadoras.

4.6.1.1. Eletrônico

O relé comuta seus contatos de saída, após transcorrido o tempo selecionado na escala, sendo o início da temporização dado quando da energização dos terminais de alimentação A1 e A2. Pode possuir um ou dois contatos reversores.

Diagrama de funcionamento



- a – instante da comutação;
- b – retorno ao repouso;
- T – temporização selecionada.

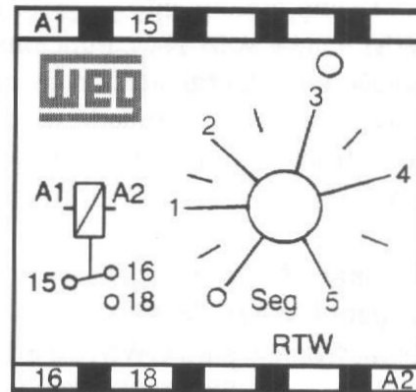


Diagrama de ligação

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

4.6.1.1. Bloco temporizador pneumático

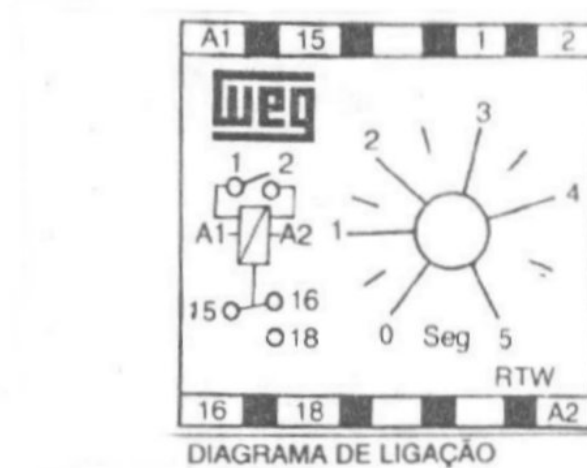
Usado diretamente na parte frontal dos contatores. Funciona como temporizador com retardo na energização e desenergização, possuindo uma faixa de ajuste de 0,1 a 30 segundos. Tem a possibilidade de combinação com blocos de contatos auxiliares frontais e laterais.

4.6.2. Relés de tempo com retardo na desenergização

Diferencia-se do anterior pela existência dos terminais de acesso ao comando de pulso (1,2); comando este executado por contatos externos ao relé (contatos auxiliares de contatores, botões pulsadores, etc.) que cumprem função de ponte entre dois pontos do circuito eletrônico. É importante salientar que por se tratarem de bornes de acesso ao circuito eletrônico, os terminais 1 e 2 jamais poderão receber qualquer sinal externo de tensão, sob o risco de se danificar. Os terminais A1 e A2 devem ficar energizados durante todo o ciclo de funcionamento do relé. São utilizados em sequenciamento de comando e interrupção e painéis de comando.

4.6.2.1. Funcionamento

Quando fechado o contato que executa a conexão entre os bornes 1 e 2, os contatos de saída comutam e somente após a abertura do contato que mantém a conexão entre os bornes 1 e 2 é que inicia a temporização, sendo que após transcorrida a mesma, os contatos de saída retornam a posição de repouso.



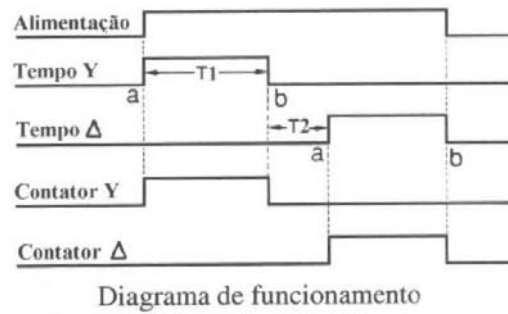
- A1 - A2 - alimentação
- 1 - 2 - comando
- 15 - contato comum
- 16 - contato NF
- 18 - contato NA

4.6.3. Relé de tempo estrela-triângulo

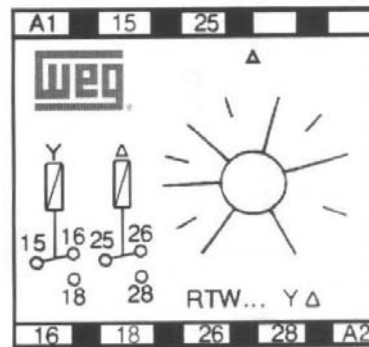
Especialmente fabricado para utilização em chaves de partida estrela-triângulo. Este relé possui dois contatos reversores e dois circuitos de temporização em separado, sendo um de tempo variável para controle do contator que executa a conexão estrela, e outro, com tempo pré-estabelecido e fixo (100ms)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

4.6.3.1. 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).



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



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

4.7. Relé de seqüência de fase

Devido ao seu baixo custo e simplicidade de aplicação, é o elemento ideal para monitoração e controle de seqüência de fase em sistemas trifásicos, com uso na proteção de motores trifásicos, painéis de comando, acionamento CA, detectando qualquer inversão na seqüência de fases R, S, T.

No caso de inversão de fases, o contato de saída não comuta, bloqueando desta forma comando do sistema no qual se encontra inserido.

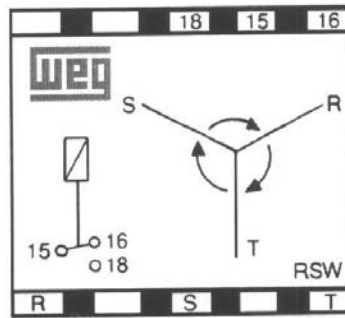


Figura 4.35 – Diagrama de ligação

- RST – alimentação/monitoração;
- 15 – contato comum;
- 16 – contato NF;
- 18 – contato NA.

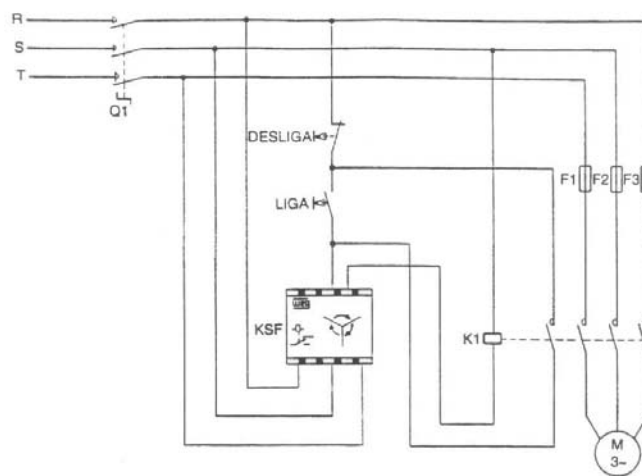


Diagrama de aplicação

4.8. Relé de proteção PTC

Este relé é utilizado para proteção térmica de motores que utilizam sondas tipo PTC como sensor, podendo ser aplicado também com outros sensores que tenham variação de resistência maior que 3500Ω , levando o contato de saída a abrir, e só ocorre o retorno à operação quando o valor resistivo do PTC diminuir para cerca de 2300Ω .

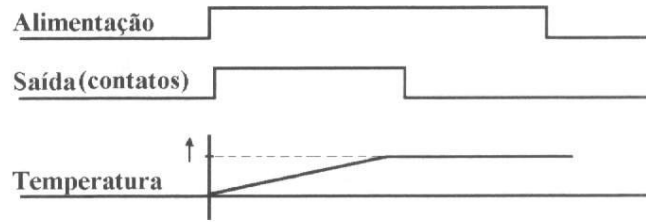


Diagrama de funcionamento

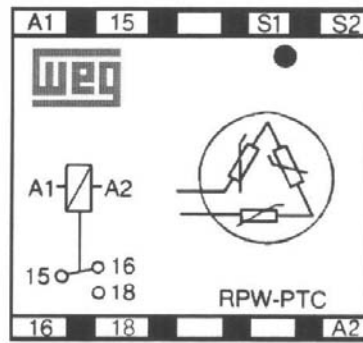


Diagrama de ligação

- A1 – A2 – alimentação;
- S1 – S2 – sensores;
- 15 – contato comum;
- 16 – contato NF;
- 18 – contato NA.

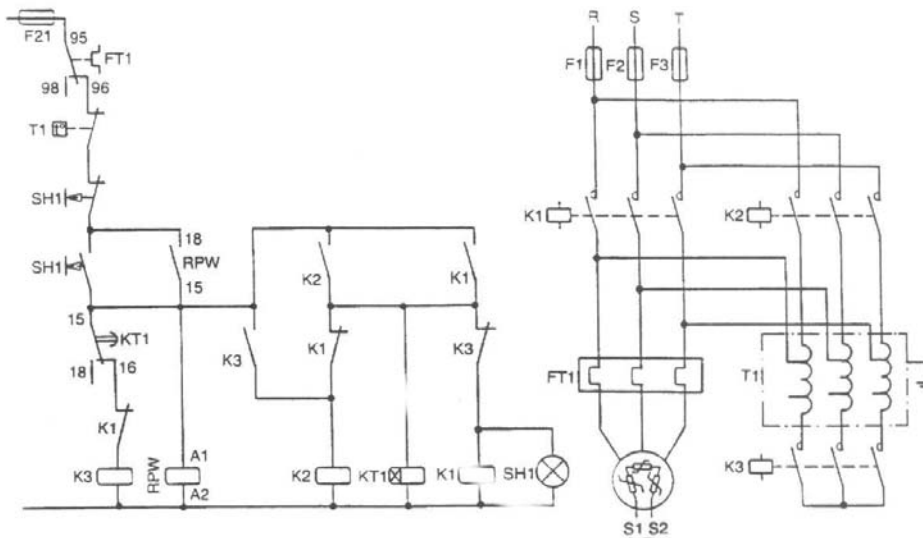


Diagrama de aplicação

4.9. Relé de falta de falta de fase

4.9.1. Com neutro na instalação

O controle de proteção contra falta de fase com neutro supervisiona redes trifásicas nas quais as fases R, S e T estão defasada entre si de 120° elétricos. Detecta a falta de uma ou mais fases e do neutro e opera o desligamento da carga quando a falta ocorre. O neutro deve ser ligado ao aparelho. Normalmente é fornecido com retardo para desligamento de até 5s para que não opere desnecessariamente durante a partida do motor que, muitas vezes, pode provocar na rede quedas de tensão maiores que a programada do aparelho para atuação. É dotado de um contato reversor.

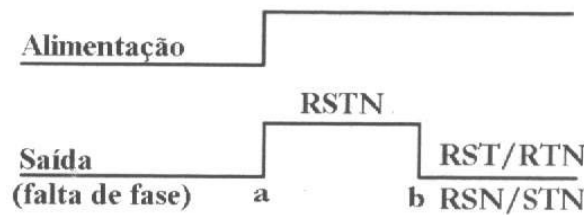


Diagrama de funcionamento

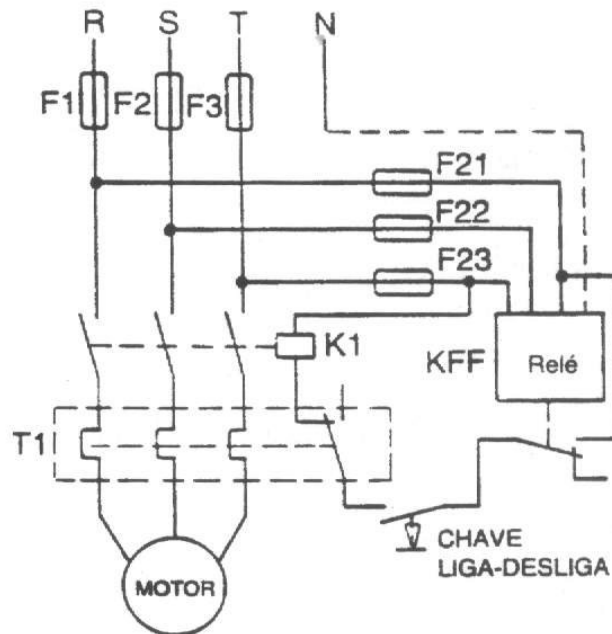


Diagrama de ligação

4.9.2. Sem neutro na instalação

Este supervisiona redes trifásicas com defasagens elétricas também de 120° e tem as demais características do anterior, porém não sendo necessária a ligação do neutro ao aparelho.

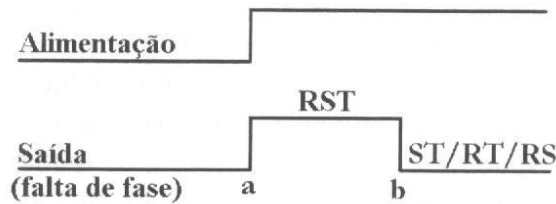


Diagrama de funcionamento

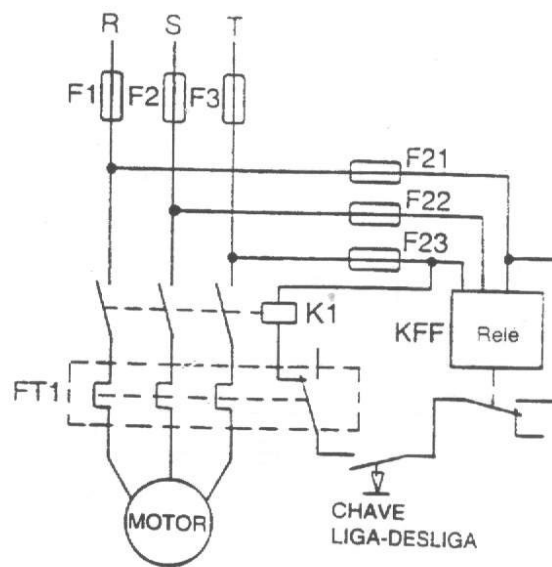


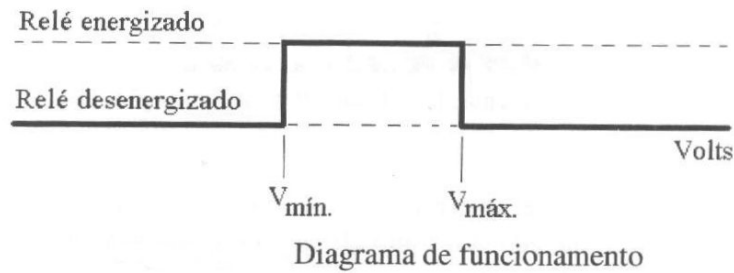
Diagrama de ligação

4.9. Relé de mínima e máxima tensão

São utilizados na supervisão de redes de alimentação monofásicas e trifásicas. Permitem o acionamento de alarme ou o desligamento de circuitos de modo a proteger equipamentos contra variação da tensão da rede além dos limites pré-fixados.

O ajuste dos valores máximos e mínimo de tensão admissíveis para o equipamento a ser protegido, pode ser feito através de dois potenciômetros independentes.

O relé de saída estará energizado para tensões de alimentação dentro da faixa ajustada e desenergizado acima ou abaixo desta. Estes relés também atuam por falta de fase sem neutro e também podem ser dotados de retardos no desligamento de até 5s para evitar que ocorram desligamentos dos sistemas durante o tempo de partida no caso de instalação de motores de grandes potências.



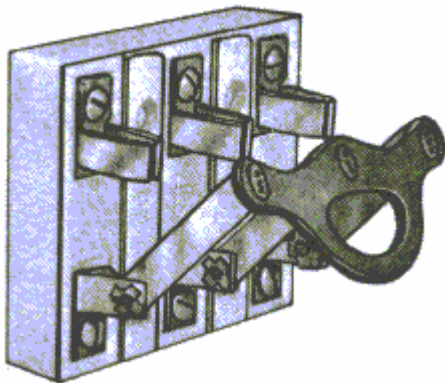
5. CHAVES DE PARTIDA

5.1. Partida direta

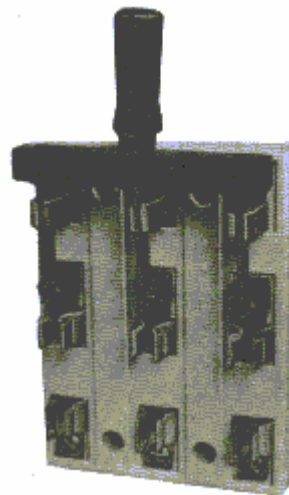
É o método mais simples, em que não são empregados dispositivos especiais de acionamento. A chave de comando direto existe em grande número de modelos e diversas capacidades de corrente, onde as principais são:

- chave tipo faca;
- interruptor simples;
- chave rotativa tipo tambor;
- chave simples para montagem em quadros, o contactor.

CHAVE FACA SEM FUSÍVEL



CHAVE FACA COM FUSÍVEL



Os motores somente podem partir diretamente desde que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- a corrente nominal da rede é tão elevada que a corrente de partida do motor não é relevante;
- a corrente de partida do motor é de baixo valor porque sua potência é pequena;
- a partida do motor é feita sem ou com mínima carga, o que reduz a corrente de partida.

Nas concessionárias de fornecimento de energia elétrica permite-se partida direta de motores trifásicos até 5 CV em 220V e de 7,5CV em 380V.

5.2. Partida através de chave estrela-triângulo

Consiste na alimentação do motor com redução de tensão nas bobinas durante a partida. Na partida as bobinas do motor recebem 58% ($1/\sqrt{3}$) da tensão que deveriam receber. A chave estrela-triângulo é um dispositivo que liga as três fases do motor em estrela durante a partida até uma rotação próxima da nominal (90%), quando comuta a ligação para triângulo. Isto significa que a tensão por fase na ligação estrela será $\sqrt{3}$ vezes menor que a tensão de alimentação, conseqüentemente, a corrente de linha na partida será $\sqrt{3}$ vezes menor, assim como o seu conjugado motor. É fundamental para esta chave de partida que o motor tenha possibilidade de ligação em dupla tensão, (220/380V, 380/660 V, 440/760V) e que a menor tensão coincida com a tensão de linha da rede e os motores tenham no mínimo 6 terminais.

Vantagens:

- é muito utilizada, devido ao seu custo reduzido;
- não tem limites quanto ao seu número de manobras;
- os componentes ocupam pouco espaço;
- a corrente de partida fica reduzida para aproximadamente 1/3 da nominal.

Desvantagens:

- a chave só pode ser aplicada em motores com no mínimo seis terminais acessíveis;
- a tensão de linha da rede deve coincidir com a tensão da ligação triângulo do motor;
- reduzindo a corrente de partida em 1/3 reduz-se também o momento de partida em 1/3;
- se o motor não atingir 90% da velocidade nominal no momento da troca de ligação, o pico de corrente na comutação será quase como se fosse uma partida direta.

5.3. Partida através de chave compensadora

Este sistema consiste na utilização de um autotransformador, ligado em série com as bobinas, que reduz a corrente absorvida da linha devido a redução de tensão, onde a corrente sofre uma redução proporcional a queda de tensão. Este método possui um alto custo inicial, mas possibilita um melhor ajuste da corrente, cujo este ajuste é feito simplesmente mudando a tensão fornecida ao motor através dos taps ou regulador do autotransformador. Normalmente este autotransformador de partida vem equipado com taps ou bornes de 65% e 80%. A redução da corrente de partida depende do Tap em que estiver ligado o autotransformador. Esta chave pode ser usada para motores que partem com carga, onde o conjugado resistente de partida da carga deve ser inferior à metade do conjugado de partida do motor e o motor que vai utilizar a partida compensadora pode ser de tensão única, com apenas três terminais. Normalmente, este tipo de partida é empregado em motores de potência elevada, acionando cargas com alto índice de atrito tais como britadores, máquinas acionadas por correias, calandras e semelhantes.

Vantagens:

- a comutação da derivação de tensão reduzida para a tensão de suprimento não acarreta elevação da corrente, já que o autotransformador comporta-se, neste instante, semelhantemente a uma reatância que impede o crescimento da mesma;
- a variação gradativa dos taps.

Desvantagens:

- custo elevado em relação a chave Y- Δ ;
- volumosa e pesada.

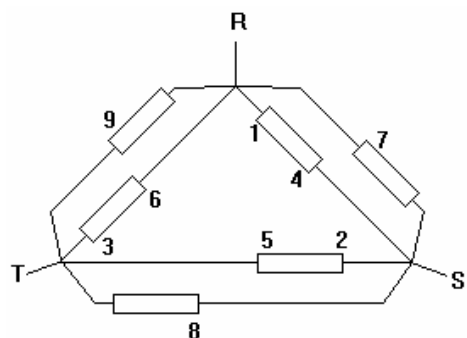
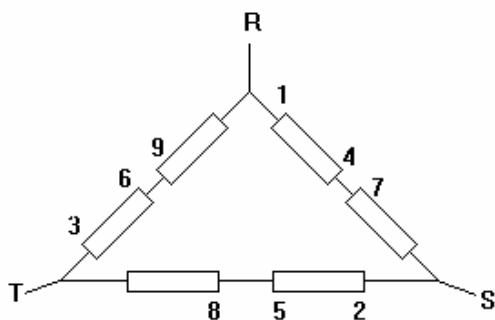
Comparativo entre a chave estrela-triângulo e a compensadora:

ESTRELA-TRIÂNGULO	COMPENSADORA
Custo menor	Custo maior
Menores dimensões	Tipo de chave com maiores dimensões
Deve partir praticamente a vazio	Admite partidas com carga, pois pode variar o tap conforme exigência da carga, como ex. as partidas longas
A corrente de partida é reduzida para 33%	A corrente de partida é reduzida para 64% no tap de 80% e 42% no tap de 65%

5.4. Partida através de chave série-paralela

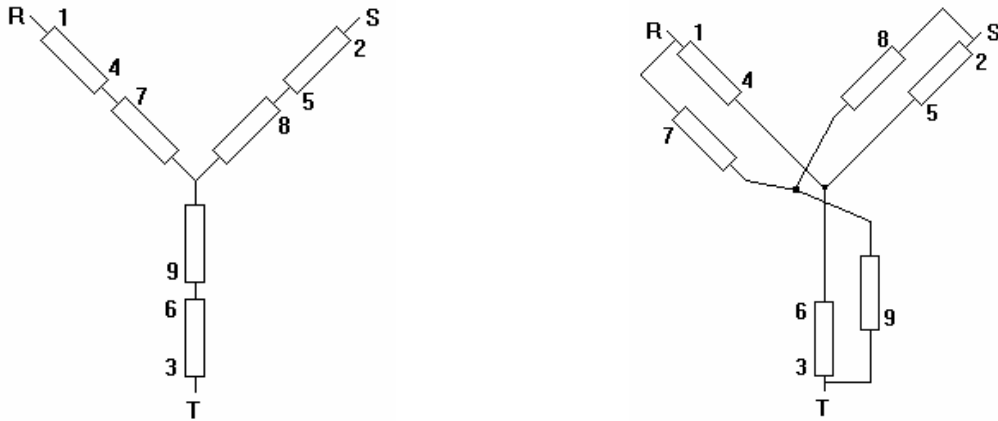
Este sistema permite o motor partir com tensão reduzida em suas bobinas, proporcionando uma redução de corrente para 25% do seu valor para partida direta. Ela é apropriada para cargas com partida necessariamente em vazio, pois o conjugado de partida fica reduzido a 1/4 de seu valor para tensão nominal, sendo utilizada para motores de 4 tensões e no mínimo 9 terminais, sendo dividida em dois tipos:

a - Triângulo série-paralelo - (Δ - $\Delta\Delta$) - chave de partida própria para motor com a execução dos enrolamentos em 220/380/440/660 ou 220/440, onde a tensão da rede, nesta especificação, deve ser necessariamente 220 V. Na partida executa-se a ligação triângulo série (Δ), apto a receber 440 V e aplica-se a tensão de 220 V. Após a partida o motor deve ser ligado em triângulo paralelo ($\Delta\Delta$) assim as bobinas passam a receber tensão nominal de 220 V.



b - Estrela série-paralelo (Y-YY) - chave de partida própria para motor com execução dos

enrolamentos em 220/380/440/760 ou 380/760, onde a tensão da rede, nesta especificação, deve ser necessariamente 380 volts. Na partida executa-se a ligação estrela série, apto a receber 760 volts e aplica-se tensão de estrela-paralelo 380 volts. Após a partida o motor deve ser ligado em estrela paralelo (YY), assim as bobinas passam a receber a tensão nominal. Os desenhos a seguir mostram os dois momentos de funcionamento deste sistema:



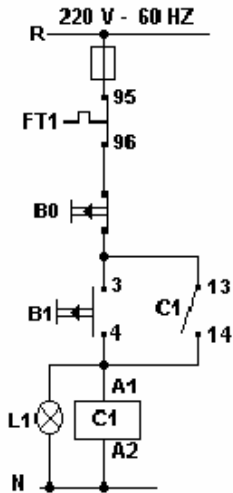
O quadro a seguir mostra as chaves que podem ser utilizadas para a respectiva execução de enrolamento, número de cabos e tensão da rede:

MOTOR			TIPO DE CHAVE DE PARTIDA				
Execução dos enrolamentos	Número de cabos	Tensão de linha	Direta	Estrela - Triângulo	Compensadora	Triângulo Série-Paralelo	Estrela Série-Paralelo
220	3	220	X		X		
380	3	380	X		X		
440	3	440	X		X		
220/380	6	220	X	X	X		
		380	X		X		
220/440	6	220	X		X	X	
		440	X		X		
380/660	6	380	X	X	X		
380/760	6	380	X		X		X
440/760	6	440	X	X	X		
220/380/440/660	9/12	220	X	X	X	X	
		380	X	X	X		
		440	X		X		
220/380/440/760	9/12	220	X	X	X		
		380	X		X		X
		440	X	X	X		

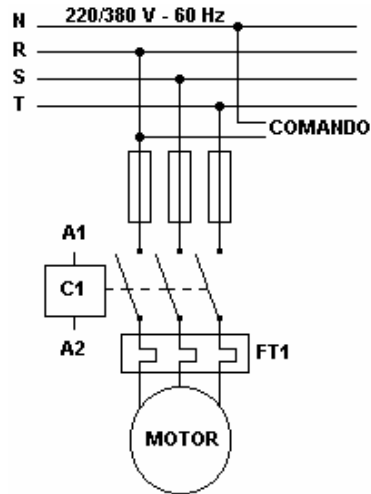
A seguir estão relacionados e desenhados alguns sistemas ou chaves de partida para motores elétricos, com o circuito funcional de comando e o circuito multifilar de força.

1º) Chave de partida direta de um motor trifásico.

CIRCUITO DE COMANDO



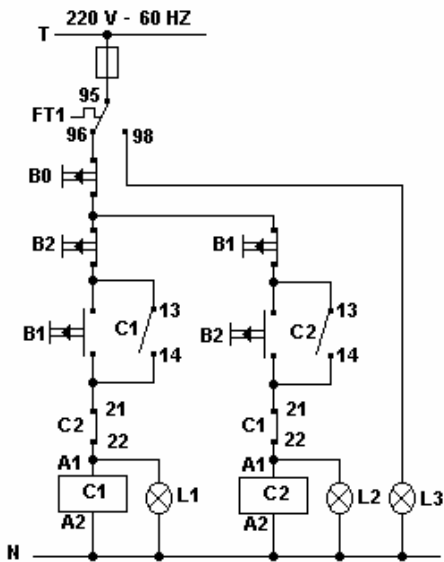
CIRCUITO DE FORÇA



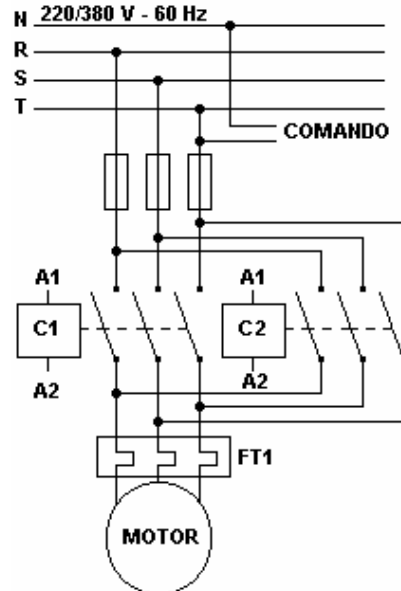
Obs.: O contato NA de C1 executa a função de retenção elétrica da contatora. A lâmpada L1 sinaliza que a bobina da contatora C1 esta energizada.

2º) Chave de partida de um motor trifásico, com reversão manual rápida.

CIRCUITO DE COMANDO

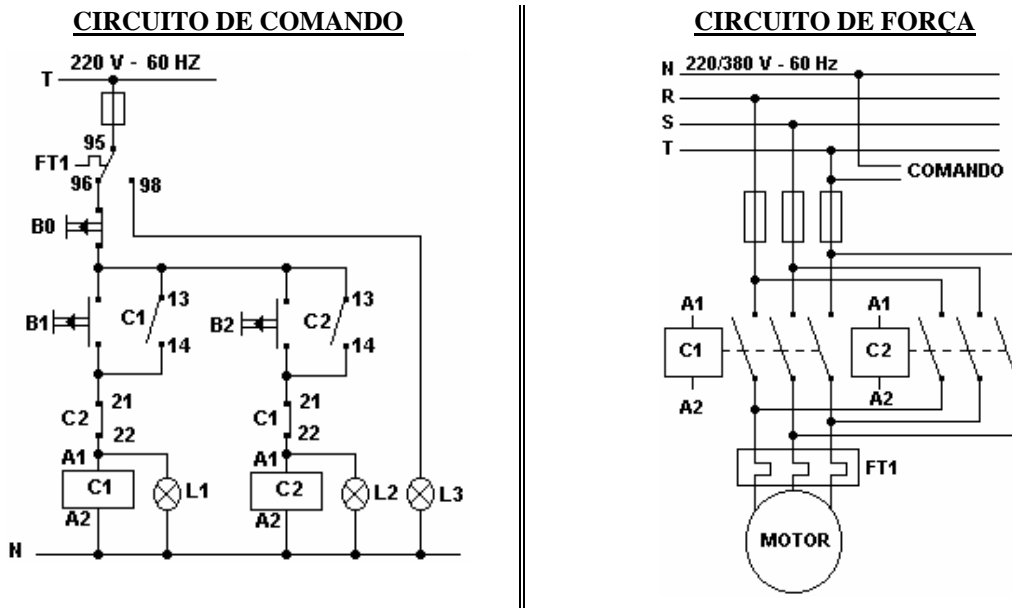


CIRCUITO DE FORÇA



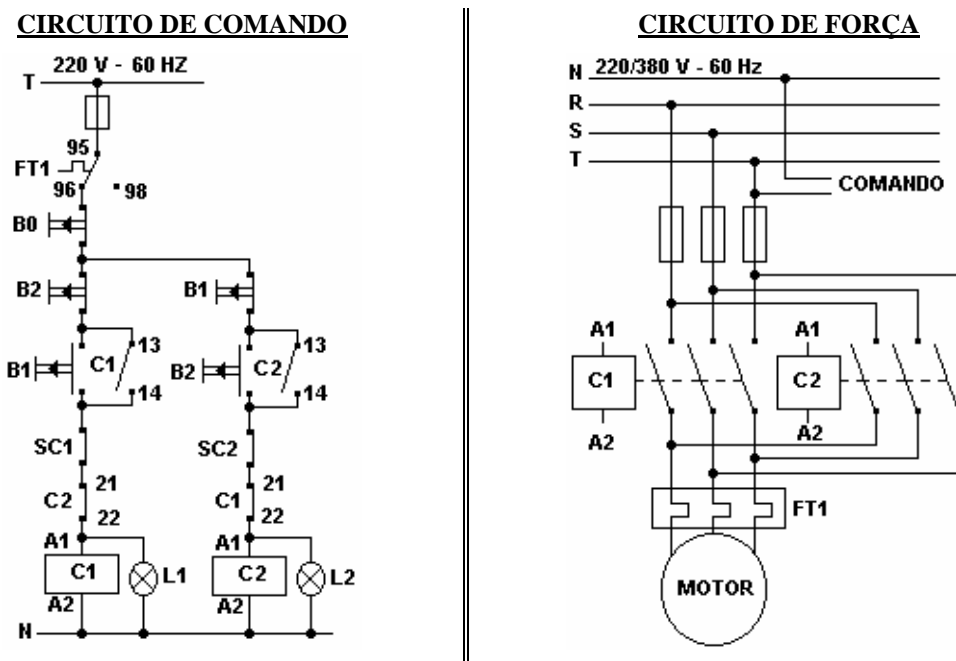
Obs.: Os contatos NA de C1 e de C2 executam a função de retenção elétrica da contatora e os contatos NF de C1 e C2 executam a função de intertravamento elétrico, além de se ter a segurança pelos botões. No lugar da lâmpada L3 podemos colocar um sistema de alarme para o relé de sobrecarga. As lâmpadas L1 e L2 sinalizam a energização das bobinas das contadoras C1 e C2 respectivamente.

3º) Chave de partida de um motor trifásico, com reversão manual lenta.



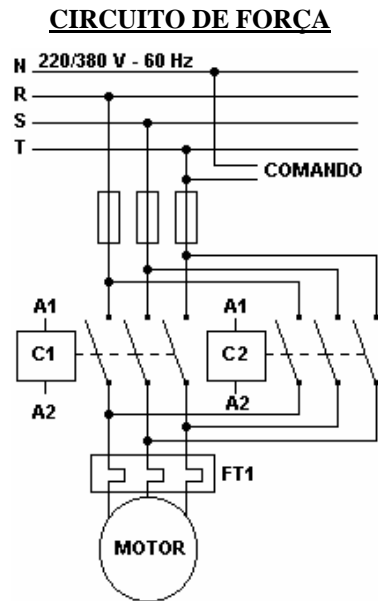
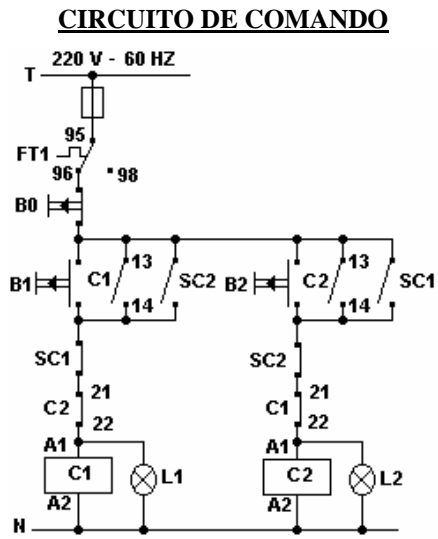
Obs.: Os contatos NA de C1 e de C2 executam a função de retenção elétrica da contatora e os contatos NF de C1 e C2 executam a função de intertravamento elétrico, além de se ter a segurança pelos botões. No lugar da lâmpada L3 podemos colocar um sistema de alarme para o relé de sobrecarga. As lâmpadas L1 e L2 sinalizam a energização das bobinas das contadoras C1 e C2 respectivamente.

4º) Chave de partida de um motor trifásico, com comando de parada por chave fim de curso e reversão manual rápida.



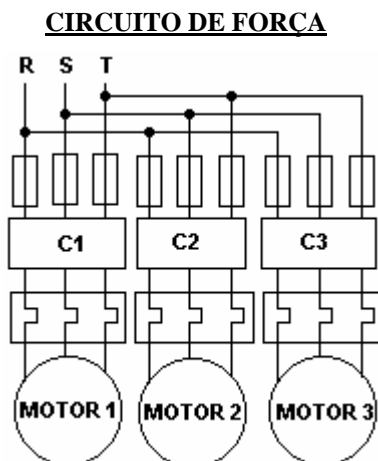
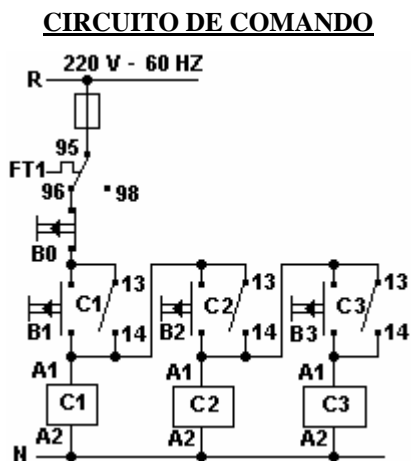
Obs.: As chaves fim de curso servem para desligar o motor.

5º) Chave de partida de um motor trifásico, com comando de reversão instantânea por chave fim de curso.



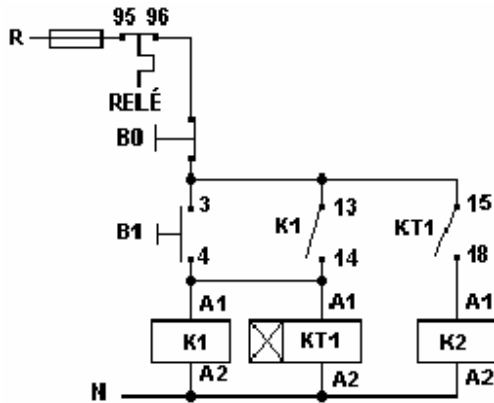
Obs.: As chaves fim de curso servem para fazer a reversão instantânea do sentido de rotação do motor.

6º) Chave de partida de vários motores trifásicos, com comando seqüencial manual lento.

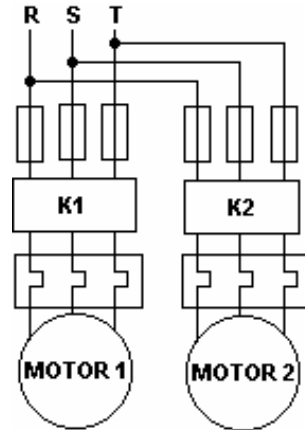


7º) Chave de partida de vários motores trifásicos, com comando seqüencial automático.

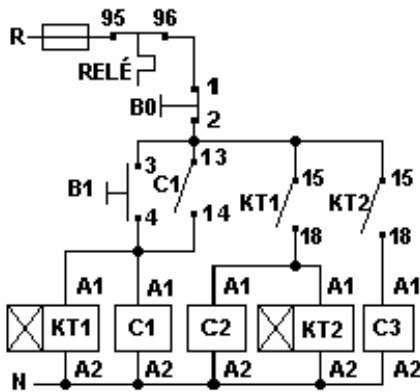
CIRCUITO DE COMANDO



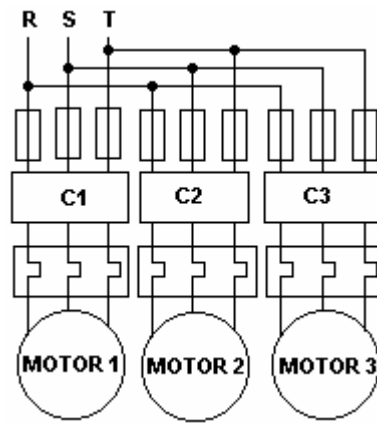
CIRCUITO DE FORÇA



CIRCUITO DE COMANDO

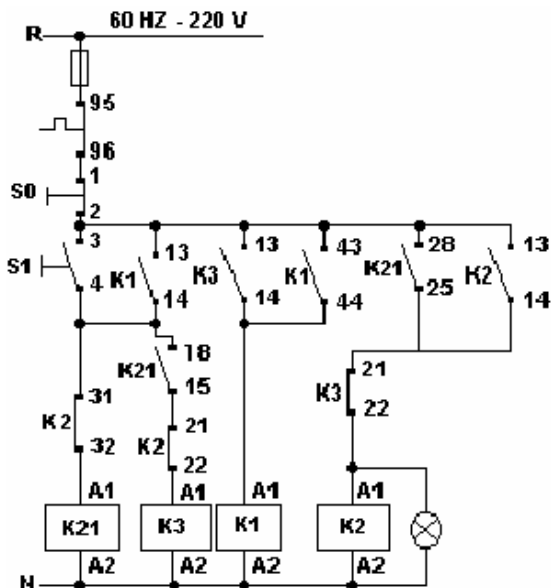


CIRCUITO DE FORÇA

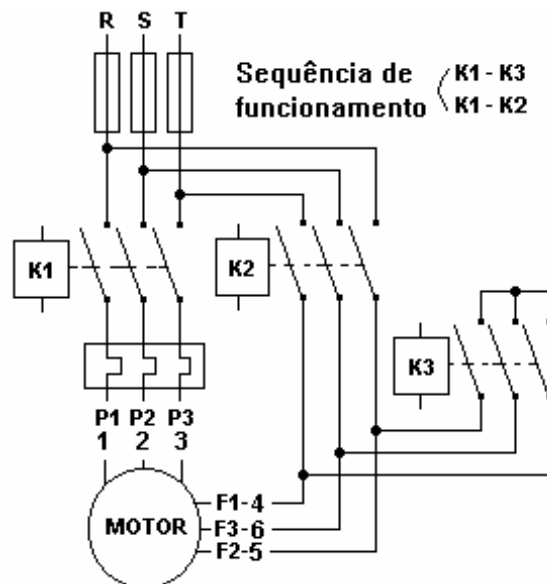


8º) Chave de partida para um motor trifásico, com sistema estrela-triângulo.

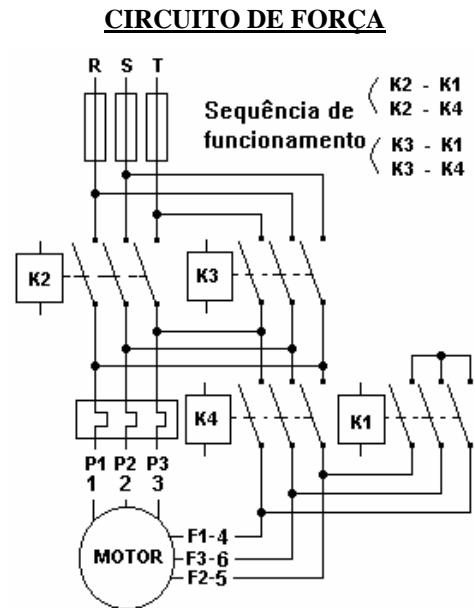
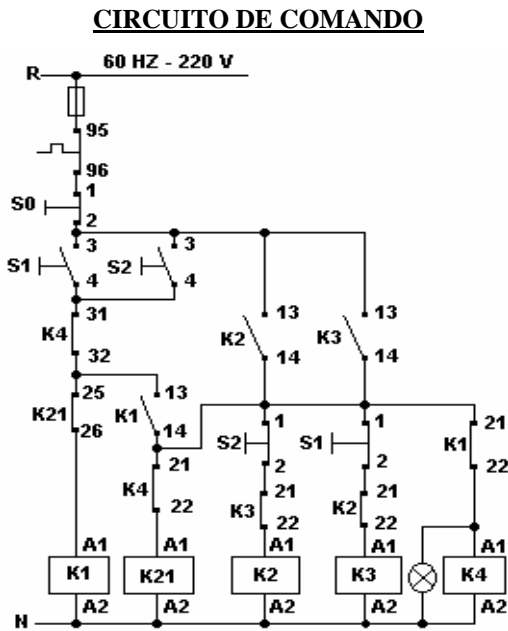
CIRCUITO DE COMANDO



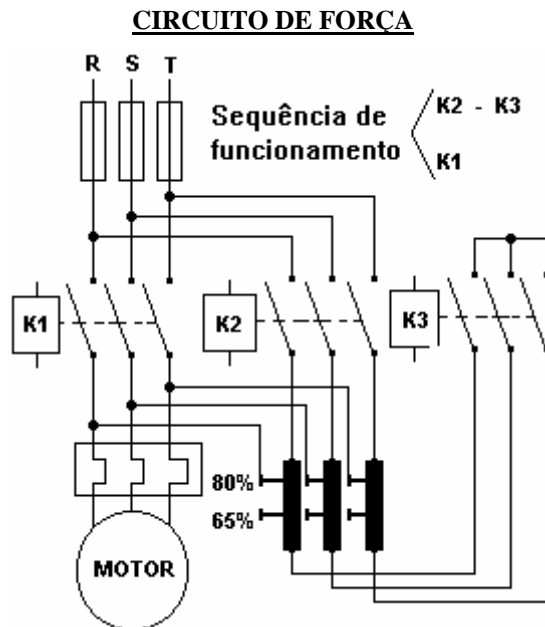
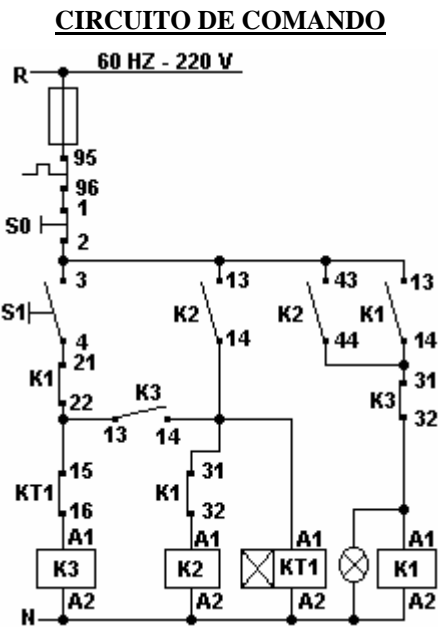
CIRCUITO DE FORÇA



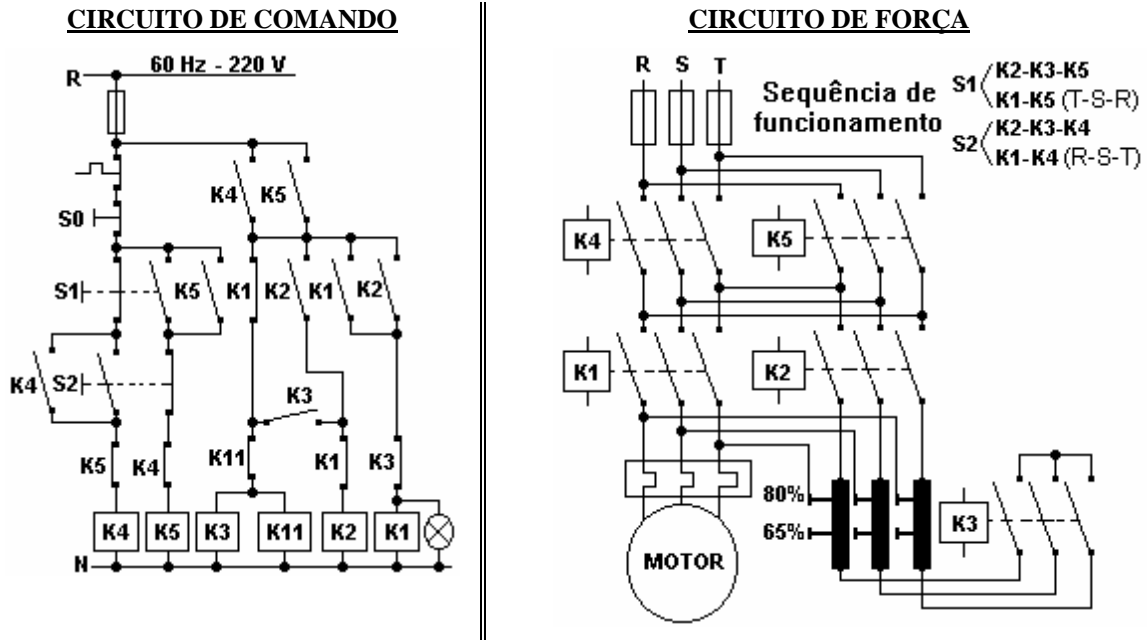
9º) Chave de partida para um motor trifásico, com sistema estrela-triângulo automática, com reversão por botões.



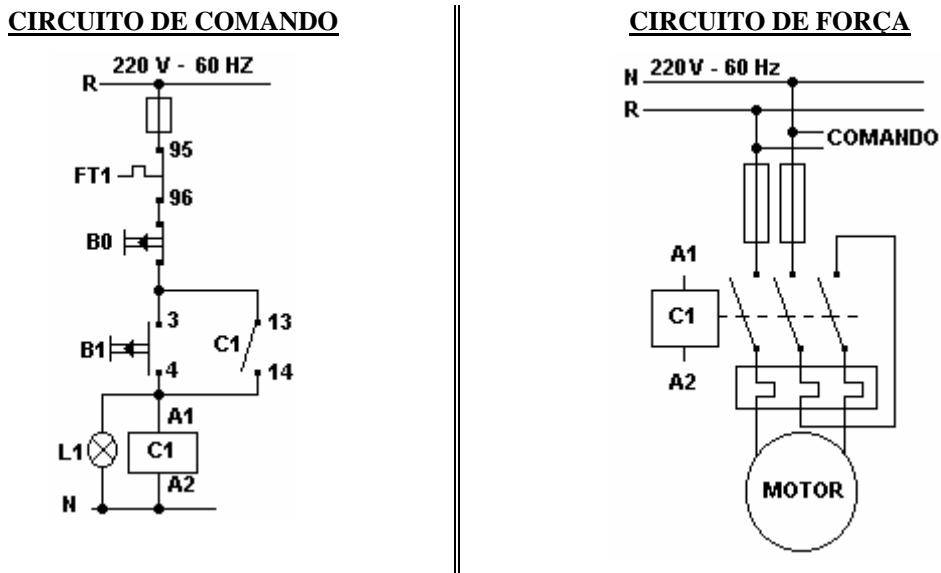
10º) Chave de partida para um motor trifásico, com sistema compensador automático.



11º) Chave de partida para um motor trifásico, com sistema compensador automático, com reversão manual rápida.



12º) Chave de partida direta para um motor monofásico.



Obs.: O retorno para a contatora após o relé é em função da vida útil da contatora.

5.5. Condições de serviço das chaves

Algumas características devem ser analisadas para colocar em serviço as chaves de partida. Vejamos:

5.5.1. Queda de tensão

É um dos principais problemas operacionais de circuitos elétricos. Conforme a NBR 5410, a queda de tensão entre a origem da instalação e os terminais do motor deve ser igual ou inferior aos valores a seguir:

5% - instalações alimentadas diretamente por ramal de BT a partir de uma rede de distribuição de distribuição.

8% - instalações alimentadas diretamente por uma subestação de transformação a partir de uma instalação de AT ou que possua fonte própria.

Obs.: em qualquer dos dois casos, a queda de tensão parcial nos circuitos terminais, isto é, da chave até o motor deve ser no máximo 2%.

NBR 7094 - esta norma descreve que o motor deve funcionar satisfatoriamente com 10% da variação de tensão, na frequência nominal.

A queda de tensão admissível pela VDE 0100 é de 5% no circuito de comando. Os componentes de comando devem obedecer as quedas de tensão mostradas no quadro a seguir:

<i>COMPONENTES</i>	<i>QUEDA DE TENSÃO</i>	<i>SOBRETENSÃO</i>
Bobinas das contadoras	15%	10%
Bobinas especiais	25%	10%
Relés eletrônicos	15%	10%
Transformadores de comando	5%	5%

Caso a queda de tensão ultrapassar os valores acima, acarretará instabilidade de comando, que provoca ricochete e arco elétrico, assim podemos afirmar que a queda de tensão excessiva é o principal causador de colamento de contatos e queima de bobinas de contadores.

Os principais causadores de queda de tensão são: corrente de partida muito elevada; partidas longas de motores; condutores e transformadores subdimensionados; linhas muito extensas.

5.5.2. Limites de temperatura

A VDE 0670 descreve que chaves de partida e CCM's deve trabalhar com limites de temperaturas ambiente entre -5°C e 40°C, mas para temperaturas fora desta faixa deve-se adotar soluções específicas como utilização de ventiladores ou aquecedores e aumento das dimensões físicas da chave.

5.5.3. Limites de altitude

Com o limite de altitude, há uma diminuição da densidade do ar, isto influi na tensão desruptiva e conseqüentemente, na tensão, corrente de serviço e na dissipação do calor. Segundo a IEC 158 a altitude máxima para a instalação, deve ser de 2000m. Já a NBR6808 limita para 1000m a altitude máxima, para a instalação e em seguida apresenta uma tabela de correção para altitudes superiores. Os valores intermediários podem ser obtidos por interpolação linear.

Fatores de Correção			
Altitude Máxima (m)	Tensão Nominal	Corrente Nominal	Elevação de Temperatura
1000	1.0	1.0	1.0
1500	0.95	0.99	0.98
3000	0.80	0.96	0.92

5.5.4. Posição de Montagem

Os painéis devem ser instalados na vertical sendo que os componentes normalmente admitem inclinações limites com a vertical. Inclinações diferentes das especificadas pelo componente causam redução da vida útil, principalmente de contatores.

5.5.5. Vibrações

Sob vibrações ou impacto violentos, os componentes da chave podem apresentar modificações em seus estados de operação, devendo ser instalado sobre superfície rígida (devem ser rigidamente chumbados a paredes).

5.5.6. Distância mínima entre componentes

A distância deve obedecer o que consta nos quadros a seguir:

- distância de isolamento entre dispositivos de controle, comando e proteção montados dentro de um painel.

Tensão Nominal (V)	Entre partes vivas de polaridades diferentes ou entre partes vivas e terra (mm)	Entre partes vivas e partes moveis metálicas externas (mm)
até 125	4	12
126 a 250	7	12
251 a 600	10	12

- distância de isolamento dos barramentos, segue o diz no quadro abaixo:

Tensão Nominal (V)	Entre partes vivas de polaridades diferentes (mm)	Entre partes vivas e terra(mm)
até 125	12	12
126 a 250	19	12
251 a 600	25	25

5.6. Instalação e manutenção das chaves de partida

A instalação e manutenção das chaves de partida deve ter alguns itens a considerar.

5.6.1. Transporte

O levantamento e transporte deve ser suave, sem choques, sob pena de danificar os componentes internos. Deve-se verificar a posição correta de transporte e armazenamento. Sempre após o transporte é necessário reapertar todas as conexões.

5.6.2. Armazenagem e longas paradas das chaves

Todas as chaves devem ser armazenadas em local seco, isento de poeira e gases corrosivos, sempre na posição vertical. Elas podem sofrer redução da resistência de isolamento quando armazenados em ambientes úmidos, principalmente em transformadores de comando e autotransformadores. Para prevenção destes problemas pode-se instalar no interior dos painéis calefadores, que são resistências desumidificadoras, com ou sem termostato, evitando-se assim que ocorra a condensação e conseqüente aparecimento de umidade. Após a armazenagem ou longas paradas deve-se tomar as seguintes providências: limpeza e secagem geral, manter boa ventilação no interior e o calor da desumidificação pode ser de fontes externas como estufas, fazer medição da resistência de isolamento que deve ser no mínimo de 0,5 megaohms para valores de até 500 volts e por último energizar o painel sem carga e verificar o seu funcionamento.

5.6.3. Recomendações para a primeira partida de motores

Na primeira utilização devemos ter os seguintes itens:

- remover de todo o equipamento travas e proteção que venham no transporte, verificar se o motor gira livremente;
- verificar se o motor esta corretamente fixado e seus elementos de acoplamento estão corretamente montados e alinhados;

- certifique-se de que a tensão e a frequência estão de acordo com o indicado na placa de identificação;
- observar se as ligações estão de acordo com a placa, se todos parafusos e porcas estão devidamente apertados;
- verificar o aterramento, o sentido de rotação e fazer a medição de isolamento do motor.

5.6.4. Aterramento

Todas as instalações devem ser aterradas, é providencial que se aterre as seguintes partes de uma instalação: neutro da instalação, carcaça metálica de motores, autotransformadores, transformadores de comando e medição, capacitores e as estruturas da chave (painel);

5.6.5. Conexões elétricas

As conexões devem proporcionar um bom contato para que sejam evitados aquecimentos, perdas de energia e instabilidade no circuito de comando.

5.7. Manutenção em chaves de partida

Ela pode ser preventiva ou corretiva.

Preventiva: toda a instalação deve ser periodicamente verificada por pessoas qualificadas, devendo o intervalo entre as verificações ser compatível com a importância da instalação. Deve ser dada especial atenção aos seguintes pontos:

- o estado dos condutores e suas ligações;
- verificar se os eletrodutos estão corretamente conectados ao painel, protegendo mecanicamente os cabos;
- nunca lixar ou limar os contatos e sim substituí-los;
- verificar se as entradas e saídas de cabos estão vedadas, evitando a entrada de pequenos animais;
- o ajuste dos dispositivos de proteção e a correta utilização dos fusíveis;
- o valor da resistência de isolamento em relação a terra;
- toda a instalação ou parte que pareça perigosa deve ser imediatamente desenergizada e só recolocada em serviço após reparação satisfatória.

Corretiva: na manutenção corretiva, toda falha ou anomalia constatada no equipamento elétrico ou em seu funcionamento, deve ser comunicada a um elemento qualificado para fins de reparação. Isto deve ser feito principalmente quando os dispositivos de proteção contra as sobrecorrentes ou contra os choques elétricos atuarem sem causa conhecida.

Substituição de fusíveis de força - aqui ocorre a manutenção corretiva e no caso de motores trifásicos, em caso de queima de um dos fusíveis de uma das três fases devido a corrente de curto-circuito, é recomendado a substituição dos outros dois, pois sem dúvida estes outros dois sofreram um processo de envelhecimento precoce e terão, necessariamente, alteradas as suas características funcionais, o que pode vir a comprometer seriamente a segurança da instalação. Para substituição dos fusíveis de comando valem as mesmas considerações.

Substituição de contatos de contadores - aqui também ocorre a manutenção corretiva, onde esta prática é comum apenas para contatos de força, já que o desgaste dos contatos auxiliares é considerado desprezível. Os contatos de força devem ser substituídos quando o seu desgaste for superior a 2/3 da espessura inicial e devemos substituir os três contatos simultaneamente. Sempre que ocorrer esta troca é muito importante verificar o estado da câmara de extinção de arco.

Ajuste em relés de sobrecarga e de tempo - os relés mais utilizados em chaves de partida são estes dois. Para que o relé de sobrecarga ofereça uma proteção eficaz contra falta de fase é necessário que seja ajustado para corrente de trabalho, que é medida no funcionamento e não para a corrente nominal que tem na placa do motor. O relé de tempo deve ser ajustado para o tempo de partida, que é o tempo necessário para o motor atingir no mínimo 90% da rotação síncrona.

Para determinação do tempo de partida, teoricamente ele é calculado em função do conjugado e inércia da carga e do motor. Na prática este tempo é cronometrado, onde através de um tacômetro verifica-se quando o motor atingir 90% da rotação nominal é o momento ideal para comutação. Se não tivermos um tacômetro, a partida pode ser observada com um alicate amperímetro, onde o motor estará apto a comutar quando a corrente atingir valores em torno da nominal.

6. PROBLEMAS OPERACIONAIS, CAUSAS E CORREÇÃO

CONTATOR NÃO LIGA

DEFEITO 1: CIRCUITO INTERROMPIDO

- Queima do fusível:

Situação: Ocorre a queima do fusível de comando ou de força do circuito.

Causa: Um curto ou sobrecarga no circuito.

Orientação: Trocar o fusível após a localização da falha ocorrida.

- Atuação do relé de sobrecarga:

Situação: O relé desarma.

Causa: Sobrecarga no circuito.

Orientação: Inspeccionar o circuito em busca da possível falha. Rearmar o relé, Após seu resfriamento.

- Circuito de controle aberto:

Situação: O contator não consegue atracar.

Causa: Cabos partidos ou perda de conexão.

Orientação: Seguir o diagrama do circuito, eliminar a descontinuidade.

DEFEITO2: BOBINA QUEIMADA

- Sub-tensão:

Situação: A bobina queima sofrendo perceptível dilatação do conjunto bobinado. O corpo de bobina deforma-se (dilatação dos cantos), impedindo o encaixe normal de núcleo e corpo de bobina.

Causa: Tensões inferiores a $0,8 \times U_c$, causadas por oscilações na rede: sobrecargas, fins de linha, problemas de distribuição.

Orientação: Garantir estabilidade na tensão de alimentação: $0,8 < U_c < 1,1$.

- Sobre-tensão:

Situação: Ocorre o escurecimento do isolante e leves deformações no corpo de bobina.

Causa: Tensões acima de $1,1 \times U_c$, causadas por oscilações na rede.

Orientação: Garantir estabilidade na tensão de alimentação: $0,8 < U_c < 1,1$.

- Surto de tensão:

Situação: Ocorre o rompimento de uma ou mais espiras de bobina.

Causa: Descargas atmosféricas.

Orientação: Avaliar proteção contra descargas atmosféricas.

DEFEITO 3: CONTATOS DE FORÇA DANIFICADOS (QUEIMADOS)

- Sub-tensão:

Situação: A permanência de sub-tensões no contator pode provocar a queima de seus contatos de força, juntamente ou não com o cabeçote.

Causa: Tensões inferiores a $0,8 \times U_c$, causadas por oscilações na rede; Sobrecargas, fins de linha, problemas de distribuição.

Orientação: Manter a tensão de alimentação estável.

- Erro de dimensionamento:

Situação: Ocorre a queima e/ou o desgaste dos contatos de força do contator.

Causa: O mal dimensionamento do regime de operação do contator, definido pela categoria de emprego: AC-1, AC-3, AC-4. O número de manobras/hora do contator está acima do limite.

Orientação: Redimensionar o contator para seu regime correto de operação, conforme ciclo de carga (aplicação).

- Falta de fase:

Situação: Ocorre a queima de dois pares de contatos de força.

Causa: Não possui proteção contra falta de fase.

Orientação: Em acionamentos de motores utilizar sempre relés térmicos de sobrecarga. Em aplicações mais críticas relé eletrônico de falta de fase.

- Má conexão:

Situação: Ocorre a queima de um ou mais terminais do contator.

Causa: Parafusos mal apertados, com torque abaixo do especificado ou a utilização de cabos de secção incorreta. Terminais mal crimpados ou prensados.

Orientação: Manutenções preventivas, com o simples reaperto dos terminais, evitam este problema. Garantir correta crimpagem / prensagem do terminal.

CONTATOR NÃO DESLIGA:

- Curto- circuito:

Situação: Contatos colados (fundidos) ou destruídos prematuramente.

Causa: Erros de ligação ou projeto, falhas na instalação ou carga, corpos estranhos no painel, ou ainda mal dimensionamento de proteção.

Orientação: Dimensionar adequadamente os equipamentos de proteção contra curto-circuito.

- Fim da Vida útil:

Situação: Os contatos de força soldam-se impedindo a abertura do circuito, ou se não adequadamente protegido ocorre a destruição das fases.

Causa: Este problema é consequência das pastilhas de prata dos contatos.

Orientação: As pastilhas de prata entram em estado crítico, quando seu volume é reduzido a 25% do inicial. É, então, recomendável sua troca.

- Comando distante do circuito de força:

Situação: Após o desligamento do comando, o contator permanece fechado ou sofre um atraso na sua abertura.

Causa: O dispositivo de comando encontra-se longe do contator.

Orientação: Usar o comando mais próximo do circuito de força. Outra solução é o uso de contadores CC, ou ainda a conexão de um resistor em paralelo com a bobina do contator.

- Repique de contatos:

Situação: Ocorre a queima dos contatos de força do componente ou, em casos piores, colamento de contato.

Causa: Repique do sinal de comando (repetidos fechamentos/aberturas) do contator.

Orientação: Garantir um bom sinal de comando (uso de chaves de estado único). Em partidas estrela-triângulo, certificar-se de uma correta comutação nos contatos (tempo adequado). Verificar o dimensionamento conforme aplicação e regime de aplicação.

ABERTURA INADVERTIDA DO CONTATOR:

- Quedas de tensão/transientes:

Situação: o contator desliga involuntariamente.

Causa: quedas de tensão que excedem os limites normalizados, devido a problemas na rede ou a partidas de grandes motores (cargas pesadas).

Orientação: reapertar os terminais periodicamente com torque especificado no folheto de instruções do relé.

RUÍDO NO CONTATOR:

- Corpo estranho no contator:

Situação: O contator trabalha com o ruído anormal.

Causa: A presença de sujeira, ferrugem, limalha, anel de curto-circuito quebrado ou qualquer outro corpo estranho no núcleo.

Orientação: Limpar, remover corpos estranhos do interior do contator.

- Variação na tensão do contator:

Situação: O contator trabalha com ruído normal.

Causa: Ajuste incorreto da tensão ou frequência de trabalho. Tensão de controle instável.

Orientação: Manter estável a tensão de comando.

RELÉS TÉRMICOS DE SOBRECARGA:

DEFEITO 1: INTERRUPÇÃO DO CIRCUITO DE FORÇA:

- Curto Circuito:

Situação: Interrupção da tira de aquecimento do bimetal. Em alguns casos, pode ocorrer a danificação do conjunto bimetálico, ou ainda, em situações mais graves: Total destruição do relé.

Causas: Erros de ligação ou projeto, falhas na instalação ou carga, corpos estranhos no painel ou ainda dispositivos de proteção mal dimensionados.

Orientação: Dimensionar adequadamente os equipamentos de proteção contra curto-circuito.

DEFEITO 2: QUEIMA DOS CONTATOS DE FORÇA:

- Má conexão:

Situação: Danificação dos terminais de força do relé.

Causa: Parafusos mal apertados, com torque abaixo do especificado, ou conexões mau feitas.

Orientação: Reapertar os terminais periodicamente, com torque especificado no folheto de instruções do relé.

DEFEITO 4: MÁ COMUTAÇÃO DOS CONTATOS AUXILIARES:

- Curto-circuito:

Situação: a comutação e/ou continuidade no circuito auxiliar encontra-se em condições anormais.

Causa: erros de ligação ou projeto, falhas na instalação ou carga, corpos estranhos no painel ou ainda mau dimensionamento dos dispositivos de proteção.

Orientação: dimensionar adequadamente os equipamentos de proteção contra curto-circuito.

CAPACITORES:

DEFEITO 1: EXPANSÃO DE GOLA:

• **Sobretensão:**

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: aplicação de tensão acima do limite de:

- 1,1 . Un por mais de 8hs contínuas a cada 24hs;
- 1,15 . Un por mais de 30min a cada 24hs;
- 1,2 . Un por mais de 5min;
- 1,3 . Un por mais de 1min.

Orientação: respeitar as especificações das tensões máximas e seus tempos determinados e sobredimensionar os capacitores em caso de redes muito oscilantes.

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: reenergização do capacitor antes do seu tempo de descarga.

Orientação: respeitar tempo mínimo de descarga do capacitor:

- MCW e BCW = 30s UCW-T = 3min

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: não utilização de resistores de descargas no capacitor.

Orientação: utilizar resistores de descarga. Recomenda-se o uso de resistores com descarga para 30s.

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: excesso de harmônicas na rede.

Orientação: eliminar as harmônicas da rede.

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: fator de potência unitário.

Orientação: corrigir o FP para valores compreendidos entre 0,92 e 0,98.
evitar o uso de capacitores fixos para correção do FP.

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: repique (abre-fecha cíclico) do sinal de comando do capacitor.

Orientação: uso de controladores de correção de FP confiáveis.
verificação da instalação (continuidade do circuito).

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: subtensão no circuito de comando.

Orientação: estabilização da tensão do comando.

- Sobrecorrente:

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: corrente de energização superiores a $100 \times I_n$.

Orientação: uso de resistências em série com o capacitor ou indutores anti-surto.

Se não for possível, dividir a correção em estágios.

Situação: expansão da gola do capacitor.

Causa: descargas atmosféricas.

Orientação: utilizar pára-raios para proteção e aterramento de carcaças. Conforme norma, pára-raios industriais devem ter resistência de terra de até 10Ω .

DEFEITO 2: SUPERAQUECIMENTO DOS CONDUTORES DE ALIMENTAÇÃO:

Situação: os cabos de ligação do banco aquecem demasiadamente.

Causa: subdimensionamento dos cabos; sobrecorrentes harmônicas; má conexão / crimpagem dos terminais.

Orientação: redimensionar cabos de alimentação; eliminar as harmônicas da rede; realização de uma boa crimpagem dos terminais.

DEFEITO 3: EXPLOÇÃO DA CÉLULA CAPACITIVA:

Situação: o capacitor explode.

Causa: descargas atmosféricas.

Orientação: utilizar pára-raios e aterramento de carcaças.

EFEITO 4: VAZAMENTO DE RESINA:

- Má conexão:

Situação: ocorrem vazamentos de resina.

Causa: má crimpagem dos terminais; subdimensionamento dos cabos de alimentação.

Orientação: uso dos terminais de boa qualidade, realização de uma boa crimpagem dos terminais; redimensionar os cabos de alimentação.

- Elevação de temperatura:

Situação: ocorrem vazamentos de resina.

Causa: temperatura ambiente do capacitor superior a 50°C .

Orientação: manter a temperatura ambiente até no máximo 50°C .