

SUMÁRIO

Introdução.....	3
Circuito elétrico.....	3
Tensão elétrica.....	3
Corrente elétrica.....	4
Resistência elétrica.....	4
Potencia elétrica.....	5
Perdas de energia nos condutores.....	4
Dimensionamento de condutores.....	5
Diagrama esquemático.....	8
Diagrama unifilar e multifilar.....	9
Dispositivos de comandos proteção e sinalização	12
Chaves.....	12
Botoeiras	13
Chave seccionadoras.....	15
Chave magnética ou contator magnético.....	17
Associação de chaves.....	21
Série.....	21
Paralelo.....	21
Sinalização	22
Proteção	23
Fusíveis	23
Relé térmico	25
Disjuntor.....	28
Relés	29
Sistemas simples de comandos.....	33
Sensor.....	35
Intertravamento.....	38
Motores elétricos	40
Motor de corrente continua.....	41
Motor de corrente alternada.....	42
Motores universais.....	44
Acionamento e proteção de motores.....	44
Ligação de motores trifásicos.....	45
Ligação em estrela e triangulo.....	45
Partida direta.....	47
Partida estrela/triangulo.....	49
Partida compensadora.....	50

Partida serie paralela.....	53
Chave soft start.....	60
Inversores de freqüência.....	62
Diagramas de ligações:	
• Partida direta	
• Partida direta com reversão	
• Partida direta com freio com corrente CC.	
• Partida direta com reversão e frenagem com corrente CC.	
• Partida direta com frenagem com contra corrente.	
• Partida estrela/triangulo	
• Partida estrela/triangulo com reversão	
• Chave compensadora	
• Chave compensadora com reversão	
• Chave para motor dahlander com reversão .	
Referencias bibliográficas.....	68

Introdução

Comandos elétricos são dispositivos elétricos ou eletrônicos usados para acionar motores elétricos, como também outros equipamentos elétricos. São compostos de uma variedade de peças e elementos como contadores, botões temporizadores, relés térmicos e fusíveis.

Uma grande parte das máquinas em oficinas e na indústria é acionada por motores elétricos. Para manejar essas máquinas são necessários dispositivos que permitem um controle sobre motores elétricos. Esses dispositivos de controle são, nos casos mais simples, interruptores, também chamados chaves manuais.

Para motores de maior potência e para máquinas complexas usam-se comandos elétricos, automáticos, e muitas vezes sofisticados.

Os comandos elétricos permitem um controle sobre o funcionamento das máquinas, evitando, ao mesmo tempo, manejo inadequado pelo usuário e, além disso, dispõe de mecanismos de proteção para a máquina e para o usuário. Melhoram o conforto para manejar máquinas, usando simples botões. Permitem também controle remoto das máquinas.

Comandos elétricos eliminam a comutação manual de linhas de alimentação de motores e cargas de alta potência por meio de interruptores de grandes dimensões.

Circuito Elétrico

O circuito elétrico mais simples é composto por um gerador (ou fonte), por um receptor (ou carga do circuito) e pelos condutores que os interligam.

Funcionamento do Gerador

O gerador elétrico recebe energia externa (mecânica, química ou luminosa) e energiza eletricamente as cargas de seu interior à medida que as forças se deslocam todas em direção a um de seus terminais (ou pólos do gerador). Tal movimento continua até o limite da capacidade de energização do gerador, quando então o movimento cessa.

Tensão elétrica

Um dos terminais fica então eletricamente energizado em relação ao outro terminal.

A energia entregue à cada unidade de carga elétrica (joule por coulomb) é medida em **volt -V-** e é chamada de **tensão** ou **voltagem** - simbolizada por **E** (para os geradores) e **U** (para os circuitos). Às vezes a tensão é simbolizada por **V**. A tensão é também denominada *diferença de potencial elétrico* - **ddp**-

Se um circuito elétrico externo interliga os terminais do gerador, a energia das cargas elétricas dos terminais do gerador se propaga para as cargas elétricas desse circuito que,

energizadas, põe-se em movimento através do circuito. Pelo fato de colocar as cargas em movimento a tensão do gerador é chamada também *força eletromotriz (fem)*.

Corrente elétrica

À medida que se movem, as cargas transferem ao circuito receptor a energia que receberam no gerador. No receptor essa energia é transformada em outra forma de energia.

O citado movimento é a **corrente** elétrica, e sua intensidade, também chamada *amperagem* (quantidade de cargas que passam por segundo; coulombs por segundo) -simbolizada por **I** -, é medida em **ampère- A**.

A movimentação das cargas é tanto *maior* quanto mais energia recebem. Ou seja **quanto maior for a tensão aplicada maior é a corrente**.

Resistência elétrica

A constituição física do circuito de corrente facilita ou dificulta o movimento das cargas.

Se os elétrons de valência dos átomos que compõem o circuito estão muito presos ao átomos então o circuito apresenta grande dificuldade à movimentação das cargas.

Quanto maior for a quantidade de energia necessária para por em movimento as cargas elétricas do circuito, maior é a chamada resistência elétrica de tal circuito.

A movimentação das cargas é portanto **menor**, **quanto maior for a dificuldade** ou **resistência - R-** imposta pelo circuito à passagem das cargas.

Para se conseguir a movimentação das cargas é necessária diferença de potencial de valor tanto maior quanto maior for a movimentação desejada e também quanto maior for a resistência do circuito:

$$U=RI$$

Tal equação denomina-se lei de Ohm.

A razão entre tensão e corrente tem como unidade o **ohm - Ω** -

A equação mostrada pode é claro ser reescrita :

$$I=V / R$$

Ou

$$R=V / I$$

A energia elétrica no receptor pode ser calculada por:

onde E é a energia em joules

V a tensão em volts

I a corrente em ampères

t o tempo em segundos.

R é a resistência em ohms, Ω .

$$E=V \times I \times t$$

Potência Elétrica

A velocidade de transferência ou conversão da energia elétrica por unidade de tempo, - a energia por segundo - é denominada potência elétrica

A potência elétrica -**P**- é medida em watts - **W**- e pode ser calculada pelo produto da tensão (V) pela corrente (I).

$$P=V \times I$$

Obs.: Tal fórmula é válida para circuitos onde as variações da tensão provocam proporcionais e simultânea variação da corrente. Alguns circuitos chamados reativos não apresentam tal simultaneidade e para tais circuitos a fórmula acima não pode ser aplicada.

Cada receptor tem a função de converter a energia elétrica em um determinado tipo de energia. Por exemplo:

motor elétrico	-> mecânica
lâmpada	-> luminosa
bateria em recarga	-> química
resistores	-> térmica

Como não se podem construir condutores práticos com *materiais supercondutores* (resistência zero) já que isso além de caro necessita de temperatura muito baixa menor que 150 graus celcius negativos, todos os circuitos elétricos apresentam resistência não só no receptor (seria o ideal) como também nos condutores e até no gerador.

As cargas perdem energia para transpor a resistência do circuito. Essa energia é convertida em energia térmica, que produz aquecimento.

O efeito de aquecimento produzido pela passagem da corrente na resistência se chama efeito joule.

O efeito joule é útil nos resistores de aquecimento, mas é muito inconveniente em todos os outros dispositivos.

A energia convertida por efeito joule pode ser calculada por

$$E=RI^2t$$

Perda de energia nos condutores

Nos condutores é totalmente indesejável que haja o efeito joule, que se reflete em seu aquecimento e em diminuição da tensão disponível para o receptor. Para reduzir ao máximo a perda de energia, a resistência dos condutores que ligam o gerador ao receptor deve ser a menor possível o que significa que a área de secção transversal deve ser a maior possível.

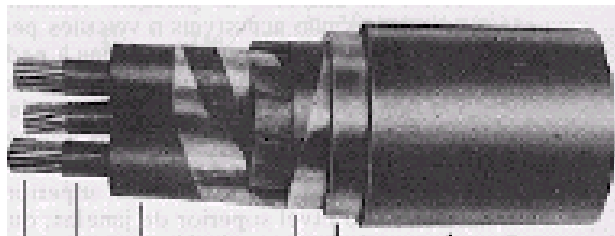
A área de secção transversal (bitola) mínima é calculada em função de dois parâmetros: capacidade de corrente e queda de tensão admissível.

A bitola escolhida para o condutor deverá ser tanto maior quanto maior for a corrente e a distância entre o gerador e o receptor

A escolha da bitola do condutor é denominada **dimensionamento do condutor**.

Dimensionamento de condutores

O dimensionamento do condutor que servirá a uma instalação deve em primeiro lugar levar em consideração a corrente que deve conduzir; em segundo lugar a queda de tensão admissível no circuito.



Os fabricantes de condutores fornecem tabelas com os condutores fabricados identificados pelas suas bitolas e capacidades correspondentes em ampères.

- ♦ Pela capacidade de corrente basta procurar na tabela qual bitola suporta a corrente da carga.

A tabela a baixo mostra a capacidade de corrente de fios Pirelli de cobre isolados com pvc, quando instalados unidos à temperatura ambiente de 50°C. Outras condições determinam outros valores de capacidade e devem ser procurados em tabelas dos fabricantes.

Secção nominal mm ²	Capacidade de corrente Ampères	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados
1.0	13.5	12
1,5	17,5	15.5
2.5	24	21
4	32	28
6	41	36
10	57	50
16	76	68
25	101	89
35	125	111
50	151	134
70	192	171
95	232	207
120	269	239
150	309	272
185	353	310
240	415	364
300	473	419
400	566	502
500	651	578

- ♦ Pela queda de tensão pode-se usar a fórmula a seguir, que fornece a bitola em função da queda de tensão, da corrente e da distância com as fórmulas distintas para sistema monofásico ou CC e para o sistema trifásico:

Para sistema monofásico ou CC:

$$S = \frac{2 \times I \times l}{56 \times u}$$

Onde S é a bitola em mm²

I a corrente em ampères

u=queda de tensão absoluta em volts

l= distância ao gerador em metros

Para sistema trifásico:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times I \times l}{56 \times u}$$

Deverá ser escolhida a maior entre as bitolas conseguidas por cada método.

Ex.1: Deseja-se alimentar um circuito de iluminação de 6kW (potência elétrica), tensão de 220V, fator de potência 0,8, que se encontra a 200m do gerador. Qual deve ser o condutor para essa função? Considere uma queda admissível de 3%.

R: A corrente no sistema monofásico é calculada por:

$$I = \frac{P}{V \times \eta \times \cos \varphi}$$

$$I = \frac{6000}{220 \times 0,8} = 34,09A$$

Onde

I é a corrente em ampères

P é a potência em watts

V a tensão em volts

η o rendimento e

cosφ é o fator de potência

- ♦ Pelo critério da capacidade de corrente, usando a tabela, o condutor deve ser o de 6mm²
- ♦ Pelo critério de queda de tensão tem-se:

$$S = \frac{2 \times 34,09 \times 200}{56 \times 220 \times 0,03} = 36,9 \text{ mm}^2$$

O condutor deve ser então o de **50mm²**. Aceitando-se uma queda de tensão um pouco maior poderia ser usado nesse caso o condutor de 35mm², que está muito próximo do valor calculado.

Ex2.: Necessita-se escolher o condutor para alimentar um motor trifásico de 30cv, 440V, rendimento 84%, fator de potência 0,85, que dista 80 metros do gerador. Admite-se uma queda de 5%

Solução.

A corrente de um motor trifásico pode ser calculada pela mesma fórmula usada no ex.1, desde que se transforme a potência de cv para watts (multiplicando o valor em cv por 736) e multiplicando a tensão por $\sqrt{3}$.

Outra opção é usar a fórmula já modificada, dada a seguir, para usar com a potência em cv e na qual já se encontra o fator $\sqrt{3}$ para a tensão no denominador.

$$I = \frac{736 \times P_n}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \phi}$$

Onde P_n é a potência em cv

Substituindo os valores tem-se:

$$I = \frac{736 \times 30}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,85 \times 0,84} = 40,57A$$

- ♦ Pelo critério da capacidade de corrente, usando a tabela, o fio deve ser o de **10mm²**.
- ♦ Pela queda de tensão:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 40,57 \times 80}{56 \times 440 \times 0,05} = 4,56mm^2$$

O condutor escolhido deve ser então o de **10mm²**.

Ex. 3: Escolha o condutor para ligar um motor trifásico de 100cv, 440V, rendimento 88%, fator de potência 0,82, que dista 80 metros do gerador. Admite-se uma queda de 5%

Solução

$$I = \frac{736 \times P_n}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{736 \times 100}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,88 \times 0,82} = 133,8A$$

- ♦ Pelo critério da capacidade de corrente, usando a tabela, o condutor deve ser o de **70mm²**.
- ♦ Pela queda de tensão:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 133,8 \times 80}{56 \times 440 \times 0,05} = 15,05 \text{mm}^2$$

O condutor escolhido deve ser então o de **70mm²**

Exercício

- 1) Um motor trifásico é instalado a 45m do gerador, e admite-se uma queda de 4% nos condutores de sua instalação.

Na placa do motor encontram-se $P_n=50\text{cv}$; $V_n=440/760$; $\eta=0,9$; $\cos\phi=0,85$

Dimensione os condutores.

- 2) Na placa de um motor trifásico encontram-se os seguintes dados: $P_n=20\text{cv}$; $V_n=220/380$; $\eta=0,9$; $\cos\phi=0,85$.

Dimensione os condutores para a instalação do motor a 120m do gerador, admitida queda de tensão de 6%

Diagramas esquemáticos

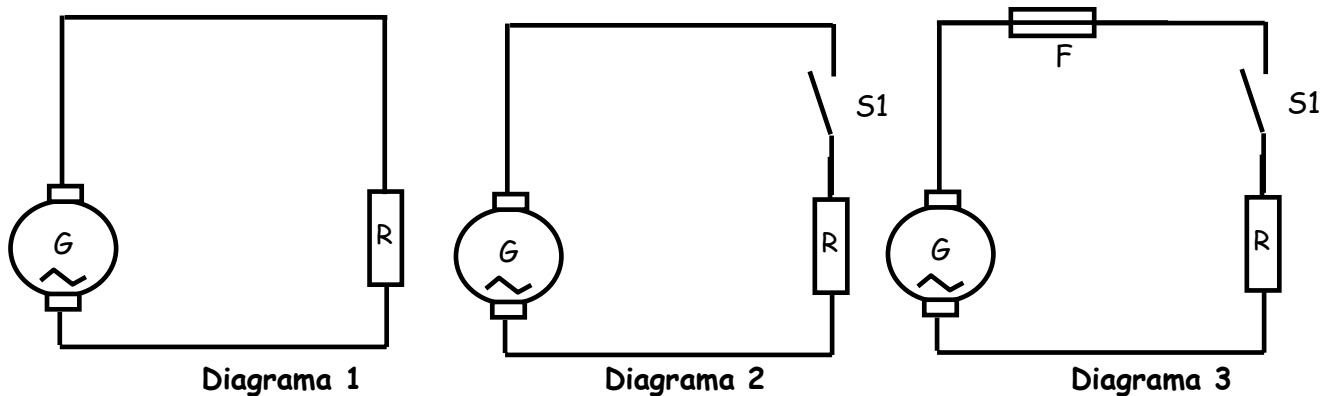
Nos diagramas a seguir vêm-se circuitos simples, onde o gerador está identificado por G, o receptor por R e os condutores são as linhas que os interligam.

A maioria dos circuitos reais não se resume apenas nos componentes do diagrama 1, pois há a necessidade de se dispor de um dispositivo para ligar e desligar o circuito, e isso é conseguido pela adição de uma chave (contato elétrico) em série com o receptor, como se vê no diagrama 2. A chave está identificada por S1

Valores excessivos de corrente provocam aquecimento também excessivo, que pode determinar a destruição tanto do gerador quanto do receptor e condutores. Por isso, para evitar que

a corrente atinja valores excessivos, coloca-se, também em série, um elemento que interrompa rápida e automaticamente a corrente caso esta ultrapasse muito o valor estimado como normal para o circuito.

O elemento mais simples para esta função é o fusível e é representado no circuito 3 e identificado por (F).



A utilização de chaves e outros dispositivos que permitem ligar e desligar cargas elétricas, nos momentos adequados para que essas cargas desempenhem suas funções se denomina comando elétrico.

Além de poder ligar e desligar, é de suma importância proteger e sinalizar o estado de funcionamento das cargas.

Os principais dispositivos utilizados no comando, proteção e sinalização elétricos são vistos a seguir.

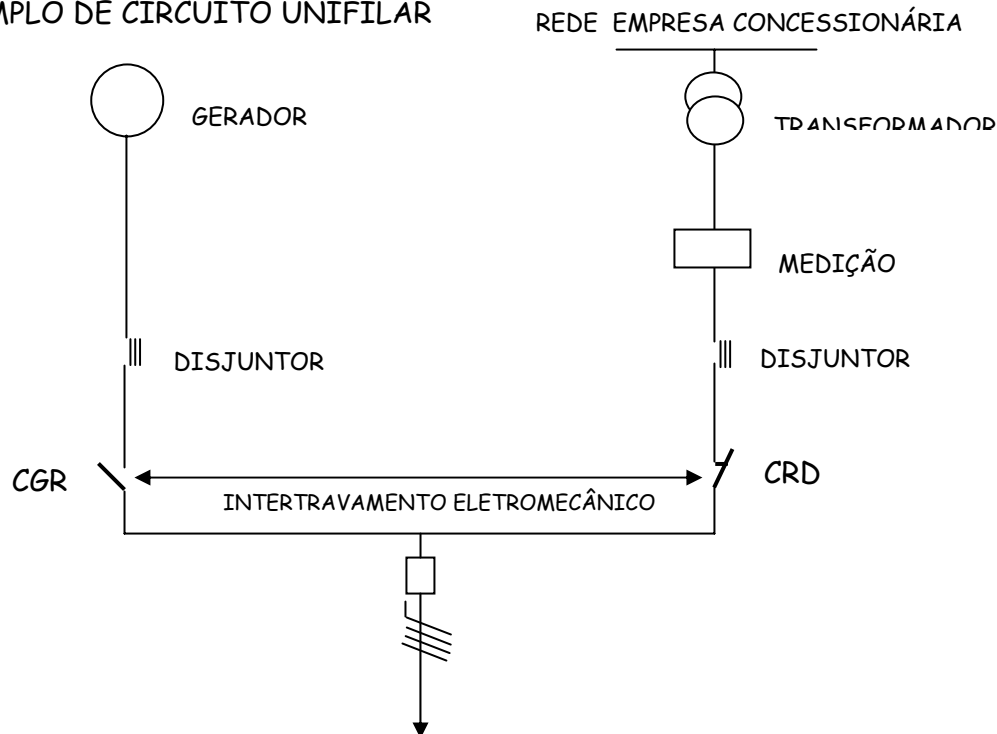
DIAGRAMAS UNIFILARES E MULTIFILARES

Os diagramas elétricos podem ser feitos de acordo como o modelo unifilar ou multifilar conforme seu objetivo.

Unifilar > Objetiva mostrar as interligações entre equipamentos sem minúcias quanto aos pontos de conexão existentes nesses equipamentos.

No exemplo abaixo, no gerador há apenas uma linha quando na realidade há pelo menos cinco.
No transformador há duas linhas quando na realidade há oito.

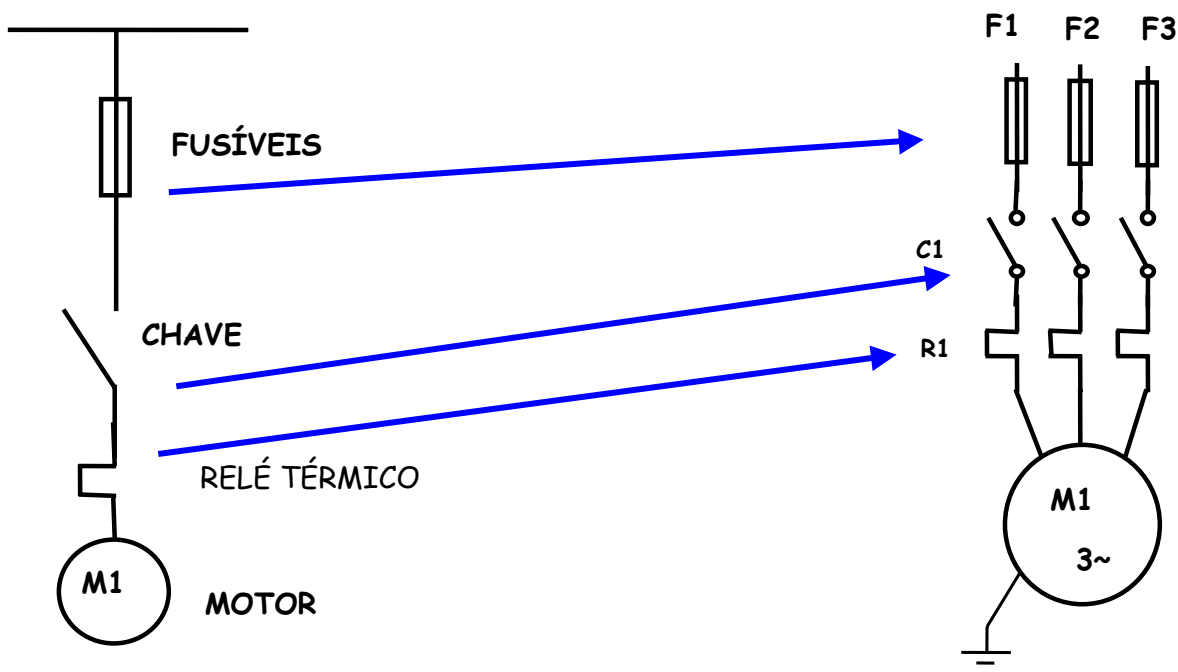
EXEMPLO DE CIRCUITO UNIFILAR



Multifilar > Objetiva mostrar todos os condutores existentes em uma instalação.

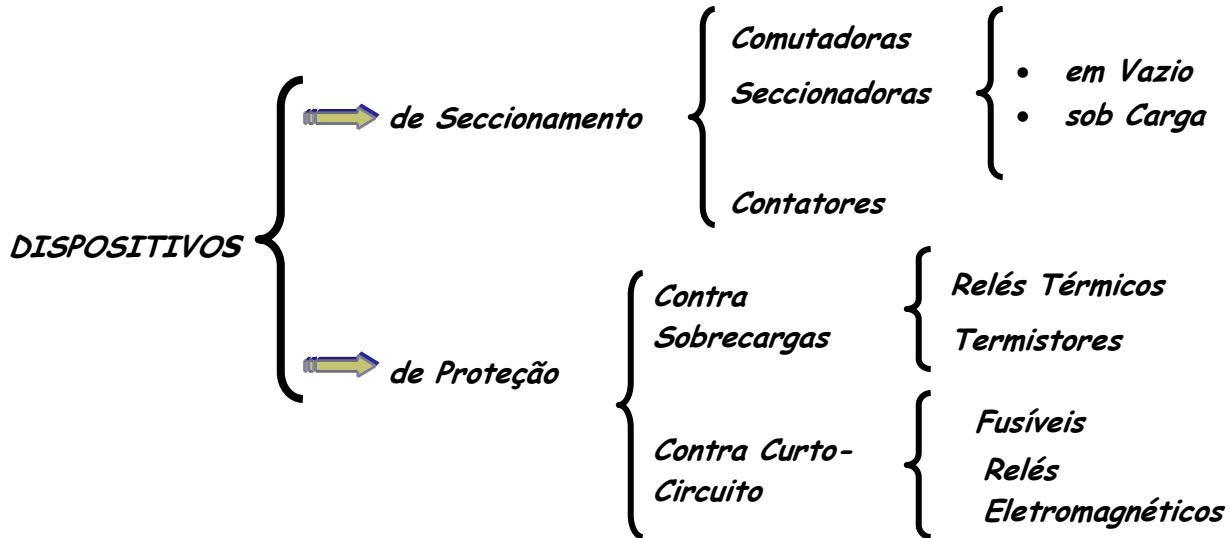
No circuito da próxima página há um circuito unifilar e seu correspondente circuito multifilar

RAMAL DISTRIBUIDOR



DISPOSITIVOS DE COMANDO, PROTEÇÃO E SINALIZAÇÃO

Comando



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

O contato tem dois terminais: um deve ser ligado à fonte (ou gerador) e outro ligado à carga (ou receptor). É feito 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 os contatos**. 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 por 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.

Botoeiras

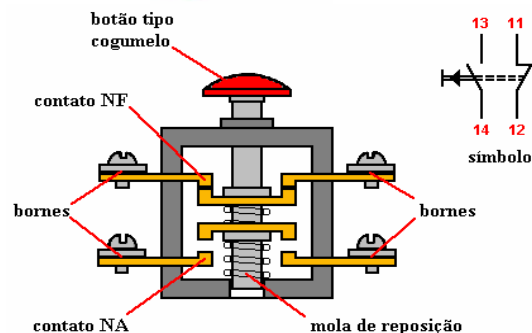
As botoeiras são chaves elétricas acionadas manualmente que apresentam, geralmente, um contato aberto e outro fechado. De acordo com o tipo de sinal a ser enviado ao comando elétrico, as botoeiras são caracterizadas como pulsadores ou com trava.

As botoeiras pulsadores invertem seus contatos mediante o acionamento de um botão e, devido à ação de uma mola, retornam à posição inicial quando cessa o acionamento.

Essa botoeira possui um contato aberto, um contato fechado, sendo acionado por um botão pulsador liso e reposicionada por mola. Enquanto o botão não for acionado, os contatos 11 e 12 permanecem fechados, permitindo a passagem da corrente elétrica, ao mesmo tempo em que os contatos 13 e 14 se mantêm abertos, interrompendo a passagem da corrente. Quando o botão é acionado, os contatos se invertem de forma que o fechado abre e o aberto fecha. Soltando-se o botão, os contatos voltam à posição inicial pela ação da mola de retorno.







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).



BOTÃO PULSADOR TIPO COGUMELO

IDENTIFICAÇÃO DE BOTÕES SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199

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



PULSADOR

SELETORES
COM CHAVE

EMERGÊNCIA

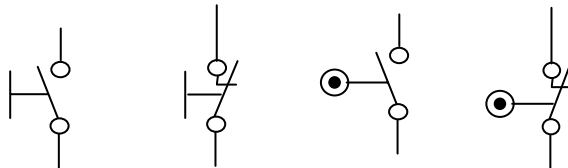


SINALEIROS

SELETORES
LUMINOSOSPULSADORES
LUMINOSOSMANIPULADORES
(Joystick)SELETORES KNOB
CURTO OU LONGO

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.

Chave seccionadora

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:

- ♦ 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 auxiliados 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.

Chave magnética ou contator magnético

É formada basicamente por um eletroímã e um conjunto de chaves operado pelo fluxo magnético do eletroímã quando energizado.

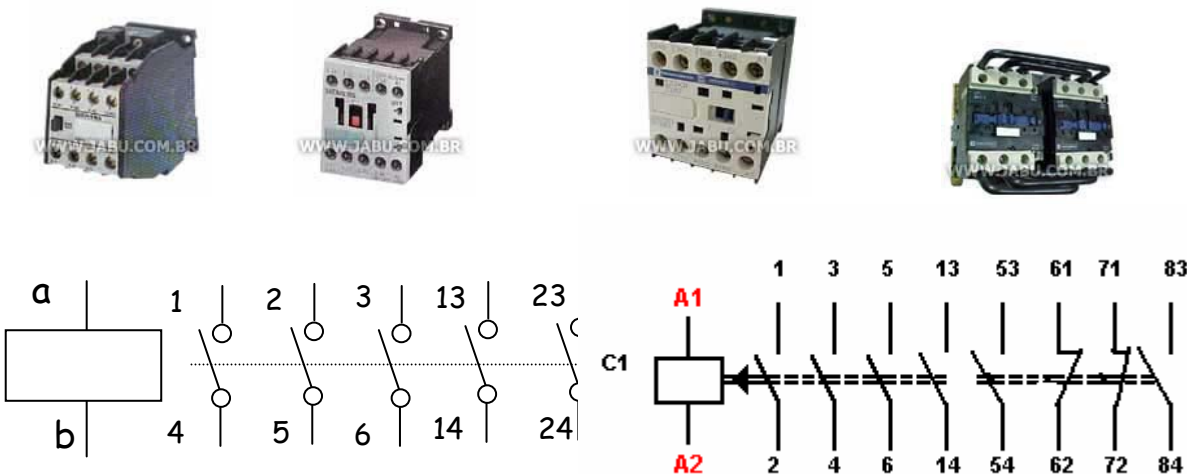
A seguir vê-se o símbolo de uma chave magnética com a identificação típica das chaves: os terminais do eletroímã são identificados por letras, em geral **a1** e **a2** ou **a** e **b**, e os terminais das chaves são identificados com numeração.

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.

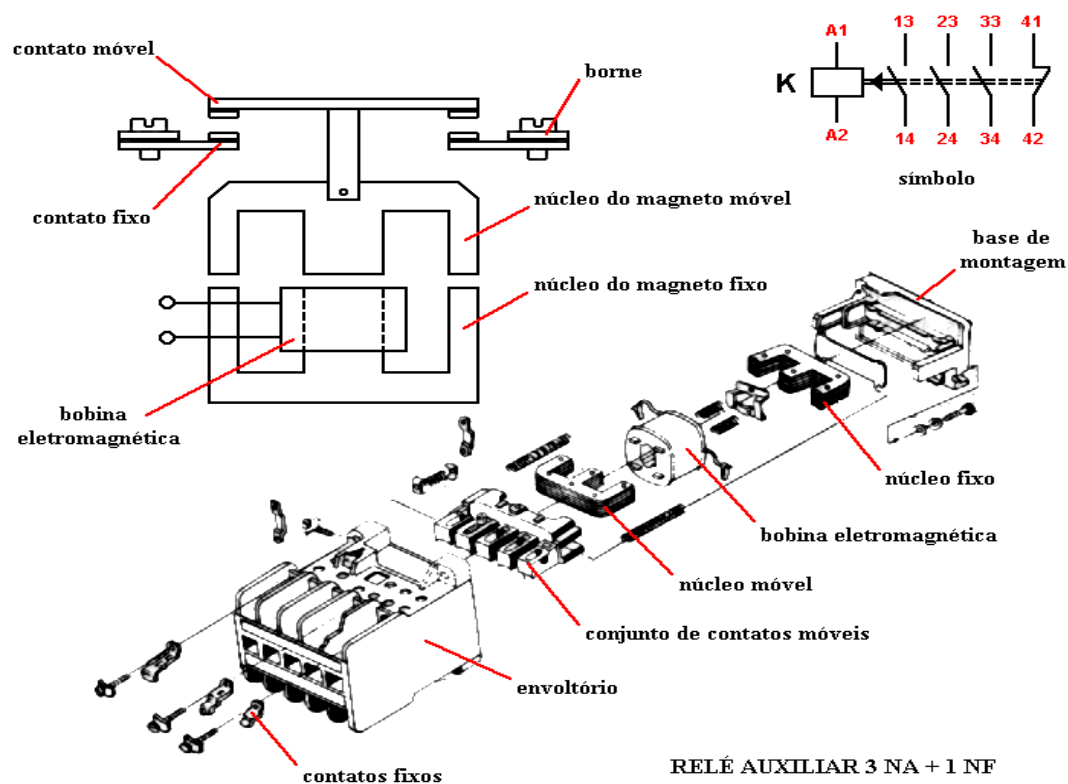
A identificação das auxiliares se faz com dezenas de final 3 e 4 para as NA e com 1 e 2 para as do tipo NF. Essas numerações podem aparecer identificando terminais de contatos mesmo que não sejam operados por chave magnética e sim por botão ou rolete por exemplo.



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

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 voltaico 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.



Chave magnética de potência e chave magnética auxiliar

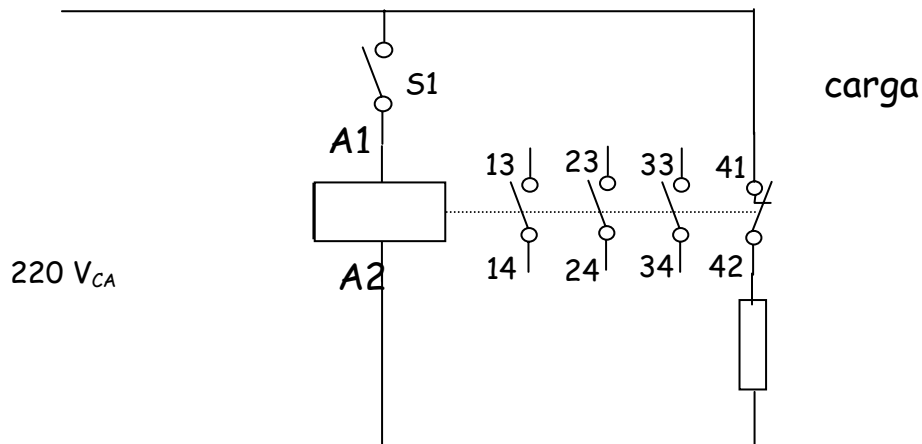
Algumas chaves magnéticas são construídas apenas com contatos de alta potência, quando então se denominam chaves (ou contatores) de **potência**. Há também chaves magnéticas que só possuem chaves auxiliares sendo por isso chamadas de chaves (ou contatores) **auxiliares**.

O contator tem diversas aplicações, entre elas:

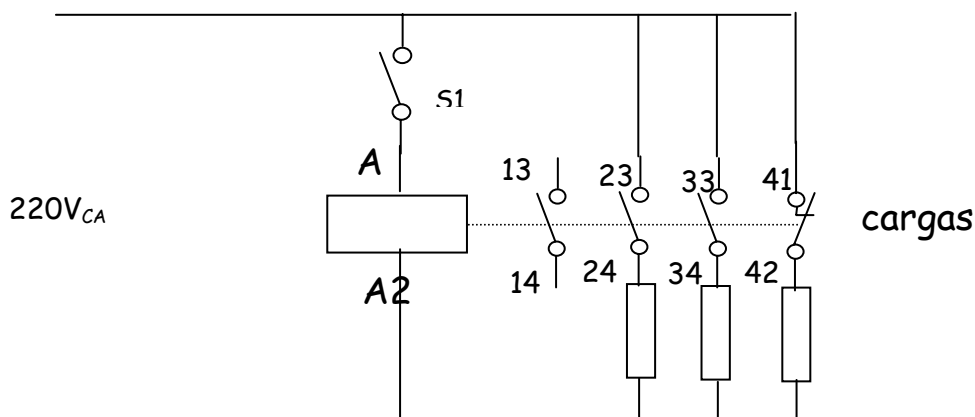
- Inversão de lógica: usa-se uma chave ou contato NF acionado pelo contator para acionar uma carga e isso provoca uma inversão na lógica de funcionamento da chave ou contato que comanda o eletroímã do contator.

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.

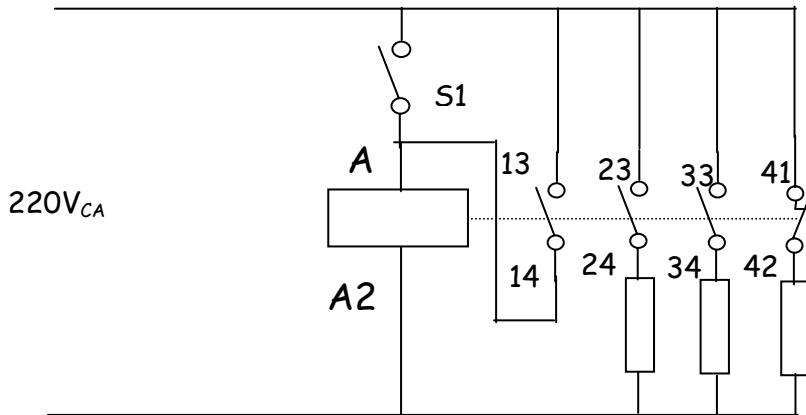
Caso a chave 1 fosse NF a carga ficaria acionada como se a chave fosse NA, ligando-se e desligando-se juntamente com a mesma.



- Multiplicação de contatos: com uma única chave pode-se acionar o contator, 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.

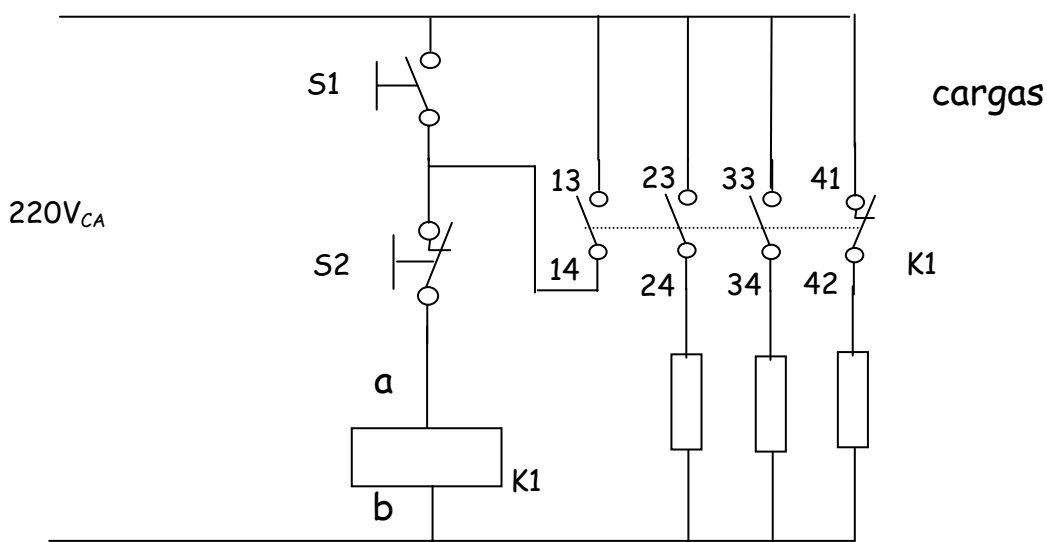


- Ampliação (indireta) da capacidade de corrente de um contato: A corrente do eletroímã é muito menor que a corrente comandada pelos seus contatos, por isso é possível acionar o eletroímã por um contato que só suporta 1A e através dos seus contatos acionar uma carga de 80A, por exemplo.
- Memorização 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.



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.

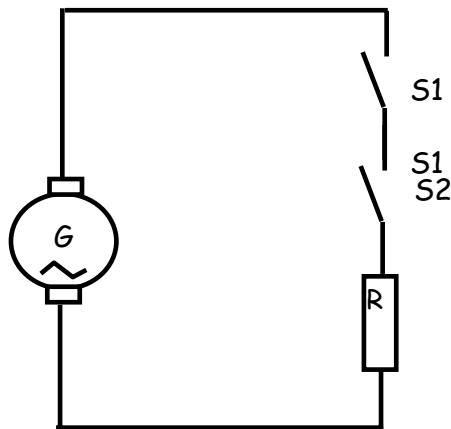


Associações de chaves

Série

Associadas em série entre si as chaves só permitem o acionamento da carga ligada a elas (em série, é claro) se todas estiverem fechadas.

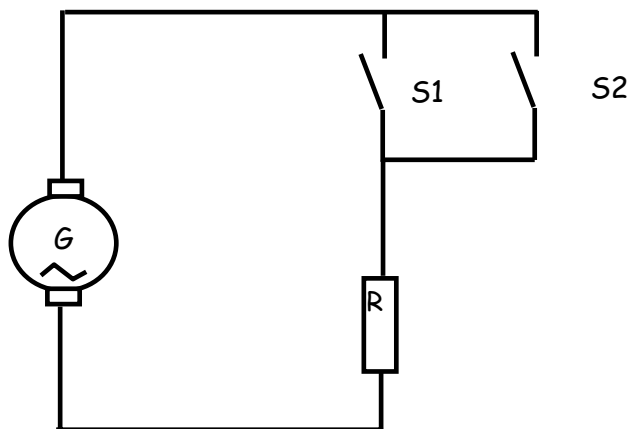
"A carga só se ligará se todas as chaves estiverem fechadas", executando uma lógica chamada *lógica E*.



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.

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

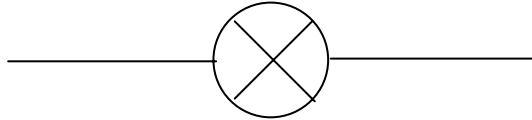


Sinalização





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.

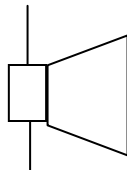
Símbolo



IDENTIFICAÇÃO DE SINALEIROS SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199

Cores	Significado	Aplicações Típicas
	λ Condições anormais, perigo ou alarme.	λ Temperatura excede os limites de segurança λ Aviso de paralisação (ex.: sobrecarga)
	λ Atenção, cuidado.	λ O valor de uma grandeza aproxima-se de seu limite
	λ Condição de serviço segura.	λ Indicação de que a máquina está pronta para operar.
	λ Circuitos sob tensão, funcionamento normal	λ Máquina em movimento.
	λ Informações especiais, exceto as acima	λ Sinalização de comando remoto. λ Sinalização de preparação da máquina.

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.



símbolo

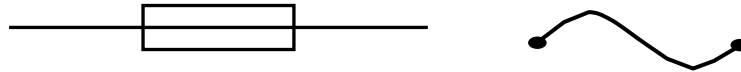
sinalizador sonoro

Proteção

Os dispositivos de proteção objetivam proteger os equipamentos e condutores de uma instalação dos danos de uma corrente de alto valor e de grande duração.

Fusíveis

Símbolos



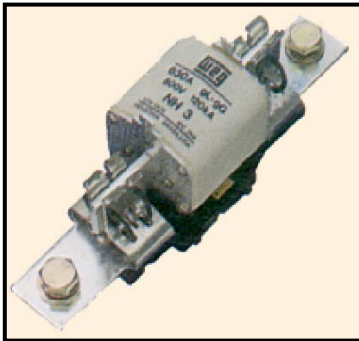
Os fusíveis são dispositivos de proteção contra curto-circuito (e contra sobre-carga caso não seja usado relé para este fim) de utilização única: após sua atuação devem ser descartados.

São compostos por: elemento fusível, corpo, terminais e dispositivo de indicação da atuação do fusível.

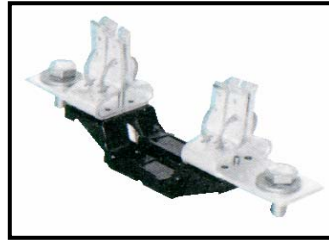
- Elemento fusível: é um fio ou fita de metal com constituição e dimensões calculadas para entrar em fusão (daí o nome fusível) quando atravessado por corrente elétrica de determinado valor.
- Corpo: São feitos de material isolante (porcelana no caso dos industriais, mas existem também de papelão de vidro e de plástico) . Serve para sustentar o elemento fusível e os terminais. No corpo há a indicação de sua corrente de atuação da tensão em que pode funcionar e do seu tipo se rápido ou retardado. Dentro do corpo dos fusíveis usados em instalações industriais existe uma espécie de areia que tem por função extinguir a chama proveniente da fusão do elemento fusível.
- Terminais: São feitos de metal com robustez bastante para que não sofrer com a corrente que flui pelo fusível . Fazem o contato do elemento fusível com o porta fusível. O porta fusível é um compartimento que fica fixo no circuito e serve de encaixe para o fusível.
- A indicação pode ser feita pela transparência do corpo, que permite ao operador ver o elemento partido, ou por um pequeno botão (em geral vermelho) que se solta do corpo em caso de atuação.

Os fusíveis de acordo com seu formato e forma de conexão podem ser :

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

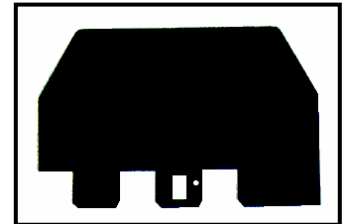


COMPOSIÇÃO



TAMANHOS

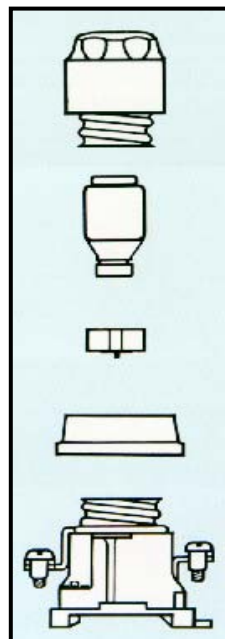
- (NH0 0de 2 a 160ª
- (NH1 1de 50 a 250A
- (NH2 2de 125 a 400A
- (NH3 3de 315 a 630A



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.

COMPOSIÇÃO

- (Tampa
- (Fusíveis
- (Parafuso de Ajuste
- (Anel de Proteção
- (Base Unipolar



Capa de Proteção



Chave para parafuso de Ajuste

Velocidade

O fusível interrompe o circuito quando houver correntes maiores que 160% da sua corrente nominal. O tempo de atuação diminui a medida em que aumenta o valor relativo da sobrecarga. Assim uma sobrecarga de 190% da corrente nominal será interrompida mais rapidamente que uma de 170%.

Correntes de até 120% do valor nominal não atuam o fusível.

A velocidade de ação dos fusíveis varia conforme sua aplicação:

- **Rápidos:** Estes tipos são os que têm atuação mais rápida..
- **Retardados:** Fusíveis para circuitos de motores elétricos e de capacitores normalmente são mais lentos pois há a necessidade de não se romper durante os picos de corrente existente durante alguns instantes após sua ligação. Na partida dos motores há corrente de até oito vezes o valor nominal, porém caso a corrente seja muito maior que oito vezes a normal o fusível passa a agir tão rápido quanto um de ação rápida. A escolha do fusível se faz pela corrente, pela tensão e pelo tipo de circuito (se sujeito a grandes variações de corrente, ou não).

Relé térmico

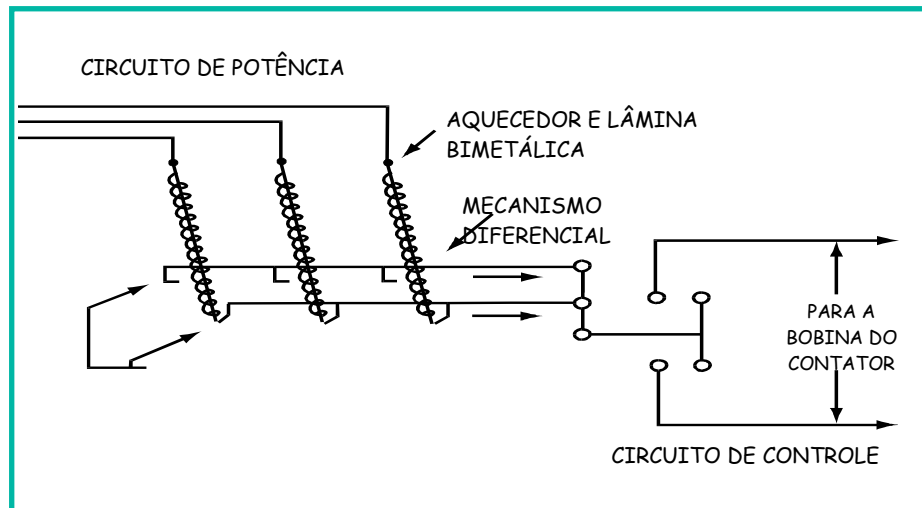
Definição - Dispositivo de proteção e eventual comando a distância, cuja operação é produzida pelo movimento relativo de elementos mecânicos (termo-pares), sob a ação de determinados valores de correntes de entrada.

Relés térmicos não protegem a linha de alimentação contra curto-circuito, conseqüentemente, é necessário empregar ainda fusíveis como proteção contra curto-circuito.

O relé térmico é intercalado nas fases do motor para detectar a intensidade de corrente solicitada pelo motor. As correntes do motor atravessam os três elementos térmicos dentro do relé que aquecer demais, devido à corrente, os elementos térmicos atuam num contato auxiliar para sinalizar a sobrecarga do motor. Isto significa que um relé térmico deve sempre trabalhar em conjunto com um contator ou um comando elétrico, para realizar a função.

Um relé térmico, uma vez disparado, voltará à posição de repouso automaticamente, quando essa opção for selecionada, ou manualmente. Para controle remoto de relés térmicos, há

dispositivos que permitem rearmamento e desligamento à distância, proporcionando assim conforto de uso.

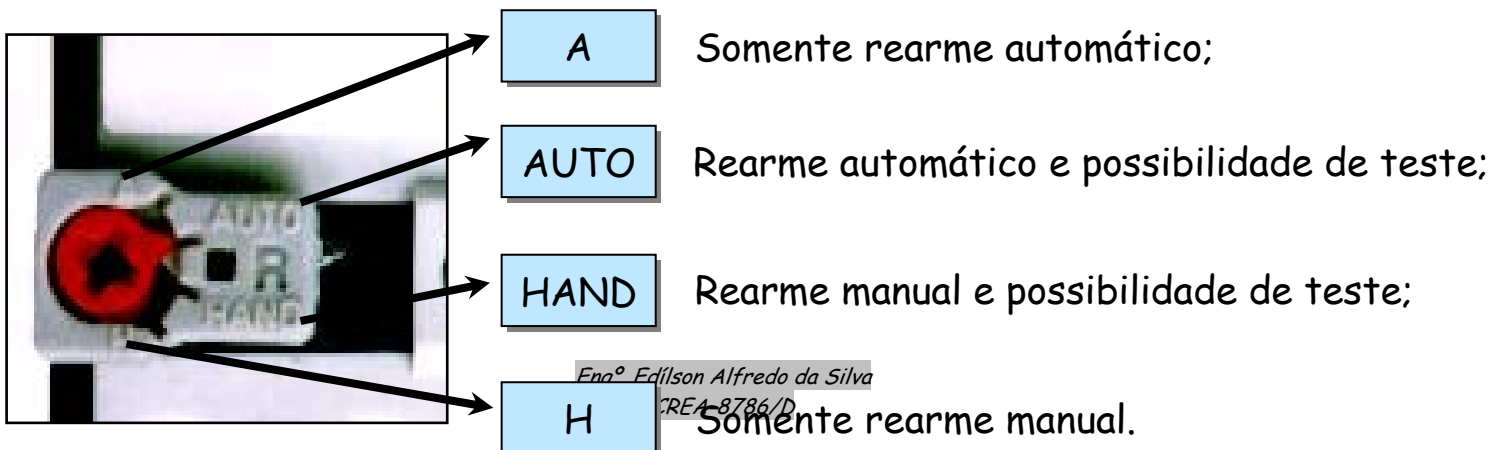


Sobrecarga Balanceada

Os fabricantes de contadores oferecem geralmente relés térmicos que encaixam mecanicamente nos contadores por eles fabricados. Nesse caso, as três entradas do relé térmico estão ligadas automaticamente aos três primeiros contatos de carga do contator. Esse é o tipo comum de conexão entre os dois. Mas existem ainda dispositivos para permitir a montagem do relé térmico separadamente do contator, facilitando assim a realização de comandos elétricos mais complexos.

Nos relés térmicos, há um meio para ajustar os elementos, conforme a corrente nominal (I_N) do motor supervisionado. Cada tipo de relé cobre apenas uma determinada faixa de corrente. Por isso, cada fabricante fornece uma variedade de relés de proteção. O ajuste da corrente nos relés deve ser feito conforme fórmula.

$$I_{PM} = 1,15 \text{ ATÉ } 1,25 \cdot I_N$$



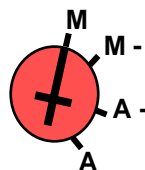
Sendo: I_N : a corrente nominal do motor;

I_{PM} : a corrente de ajuste no relé térmico.

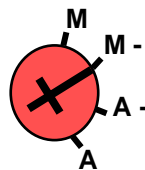


Em caso de motores com um fator de serviço indicado de igual ou superior a 115% ou motores com elevação de temperatura admissível de 40°C, o ajuste pode ser de até 125% da corrente nominal ($1,25 \cdot I_N$). Nos demais casos, os relés térmicos devem ser ajustados em 115% da corrente nominal ($1,15 \cdot I_N$).

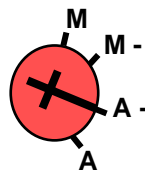
TECLA MULTIFUNÇÃO - PROGRAMAÇÃO RW 107D, 207D E 307D



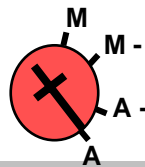
Somente rearme manual.



Rearme manual e
desligamento pelo botão.



Rearme automático e
desligamento pelo botão.



Somente rearme automático.

Disjuntores

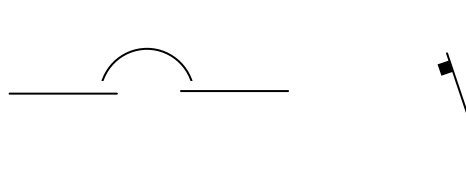
São também usados na proteção contra altas correntes com a vantagem de poderem ser religados várias vezes. O número de vezes é determinado pelo fabricante, mas é sempre da ordem de milhares.

Os grandes disjuntores são desligados através de relés que podem por sua vez atuar por diversas grandezas físicas como por exemplo tensão, corrente ou temperatura.

Como a potência comandada é muito grande os processos de ligar e desligar devem ser precisos, e isso é conseguido, nos disjuntores de alta potência, por uma forte mola que é tensionada por um motor elétrico, e no momento de retornar à sua posição de repouso se descarrega no mecanismo de fechamento ou de abertura do disjuntor, fazendo com estes sejam muito rápidos.

Em circuitos de baixa potência o termo disjuntor normalmente se refere a uma chave com desligamento automático quando a corrente se eleva acima do valor nominal de funcionamento. O desligamento pode se dar pelo efeito térmico que é o mais lento, ou magnético que é o mais rápido

Símbolos



UNIPOLAR



BIPOLAR



TRIPOLAR



DISJUNTOR
MOTOR



DISJUNTOR
MOTOR



DISJUNTOR
MOTOR

Relés

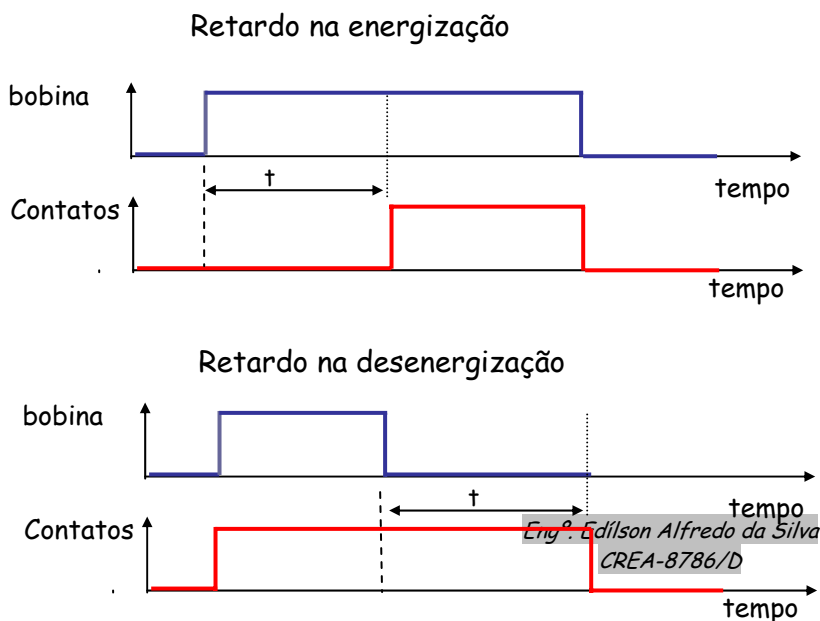
Embora esta seja também a denominação de pequenas chaves magnéticas (de uso por exemplo em automóveis), quando se tratam de circuitos de comandos elétricos industriais os relés são dispositivos de proteção que através de seus contatos atuam o comando de chaves magnéticas de potência, sendo atuados por diversas variáveis físicas, conforme seu tipo.

Os relés apresentam algumas características comuns às chaves magnéticas e outras específicas. Em comum apresentam terminais de energização e terminais de chaves ou contatos internos. Porém não basta energizar o relé para que este atue em suas chaves. A atuação de suas chaves depende de alguma grandeza física, conforme seu tipo.

- Relé de tempo ou temporizador

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

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





Relé de tempo de vários tipos e fabricantes.

♦ Relé de sobrecorrente

Por terminais apropriados se faz fluir por este relé a corrente da carga que se pretende proteger e quando a corrente assume um valor superior ao selecionado, o relé atua seus contatos. No tipo mais simples chamado *térmico*, a corrente flui por elementos que se aquecem e o aquecimento atua em um par bimetálico, cuja torção promove a atuação das chaves. São três os elementos pelos quais flui a corrente monitorada, um para cada fase, e mesmo que haja sobrecorrente em uma só das fases o relé age da mesma forma.

As chaves atuadas retornam ao repouso assim que a corrente volta ao normal, mas podem se manter atuadas desde que a função de rearme manual esteja selecionada.

Outro tipo de relé, para maiores valores de corrente, funciona associado a um transformador de corrente (tc).

O ajuste do valor de corrente é feito em botão presente no painel do relé.

♦ Relé de sobretensão e de subtensão

Caso a tensão que alimenta ou ativa o relé se torne maior (no caso do relé de sobretensão) ou menor (relé de subtensão) que o valor selecionado o relé atua suas chaves. Há um relé que atua tanto no caso de subtensão quanto no caso de sobretensão. No painel do relé se encontra o botão de ajuste do valor de tensão.

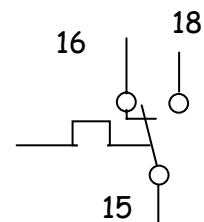
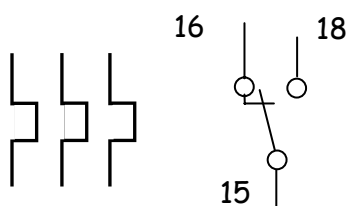
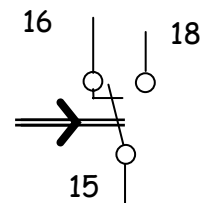
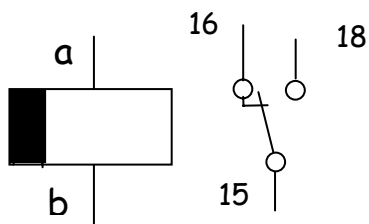
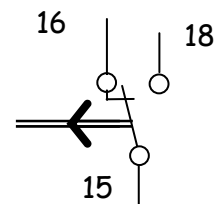
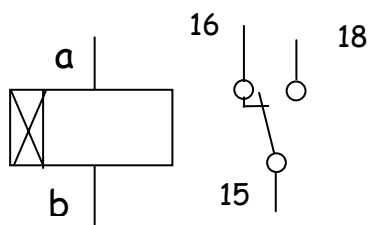
♦ Relé de falta de fase

Destinado a proteger circuitos trifásicos, principalmente motores, contra os danos provenientes da permanência da alimentação com falta de fase, este relé atua suas chaves caso falte alguma fase.

Símbolos dos relés

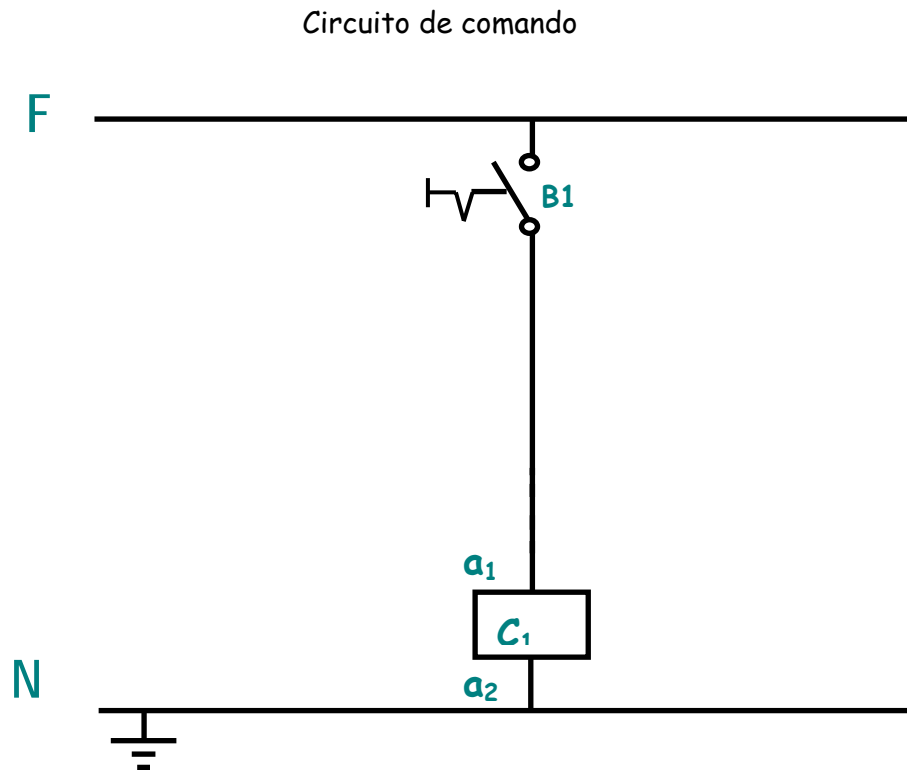
Alguns relés têm simbologia própria como é o caso dos temporizadores e dos de sobre corrente térmicos.

As chaves desses relés quando separadas de seu atuador também têm símbolos específicos.

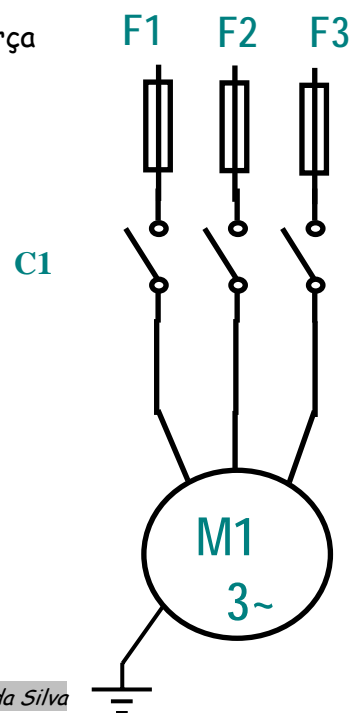


Sistemas simples de comandos

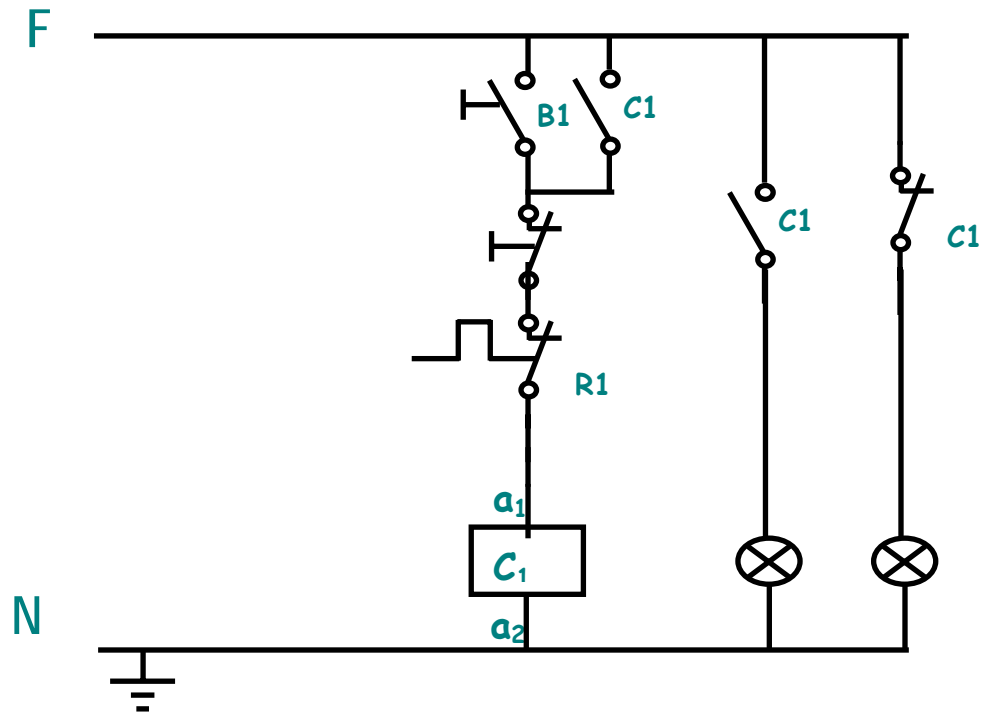
Comando de motor trifásico com botão de retenção mecânica



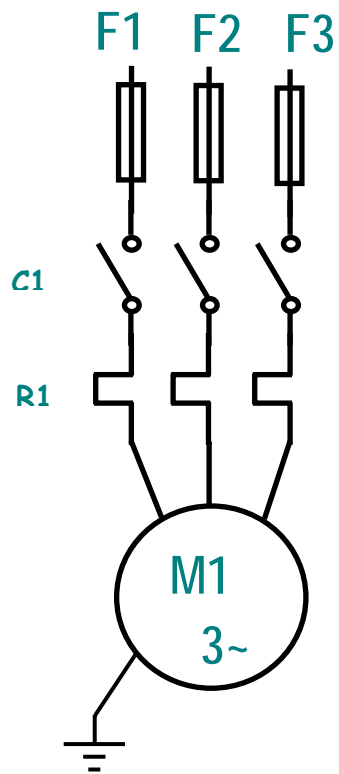
Circuito de força



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

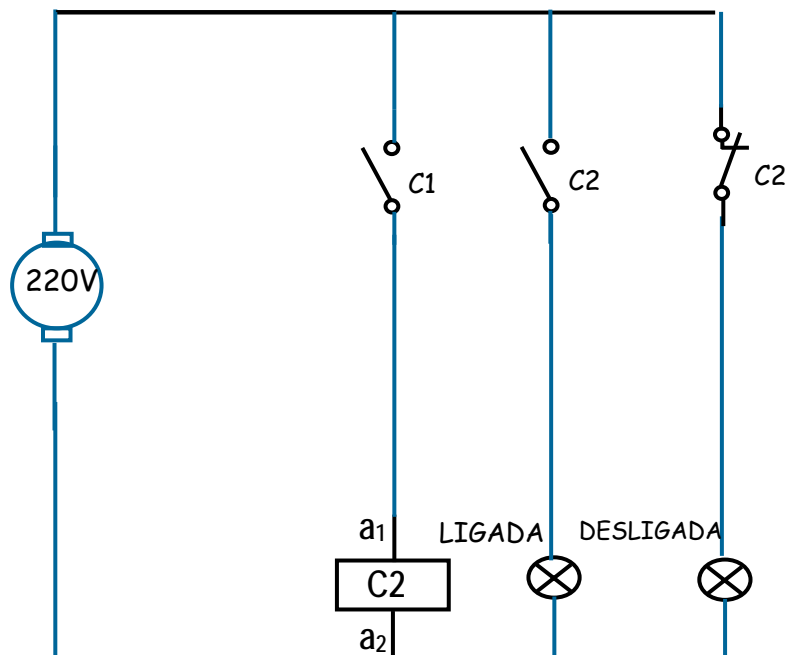
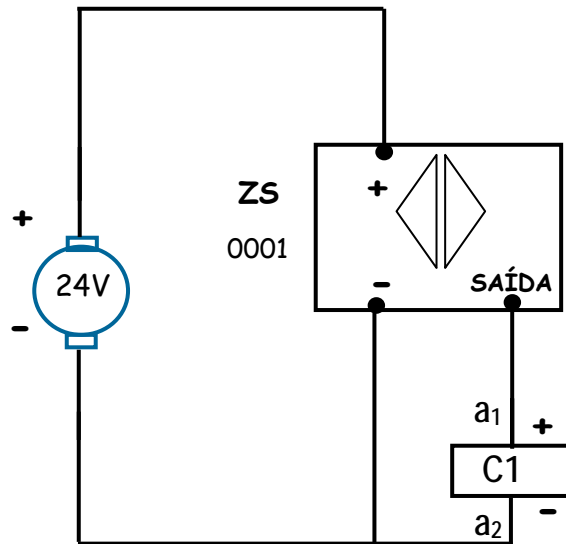


Circuito de força



Sensor

C1 é uma chave magnética com bobina de 24Vcc e poderá acionar cargas de tensão alternada como a bobina de outra chave magnética por exemplo, através da qual pode-se por exemplo acionar um motor de indução.

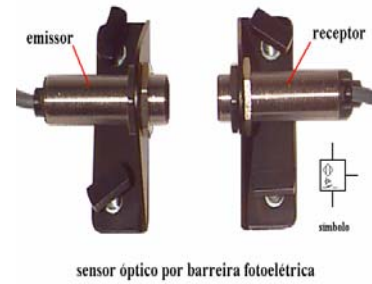




Sensor fotoelétrico

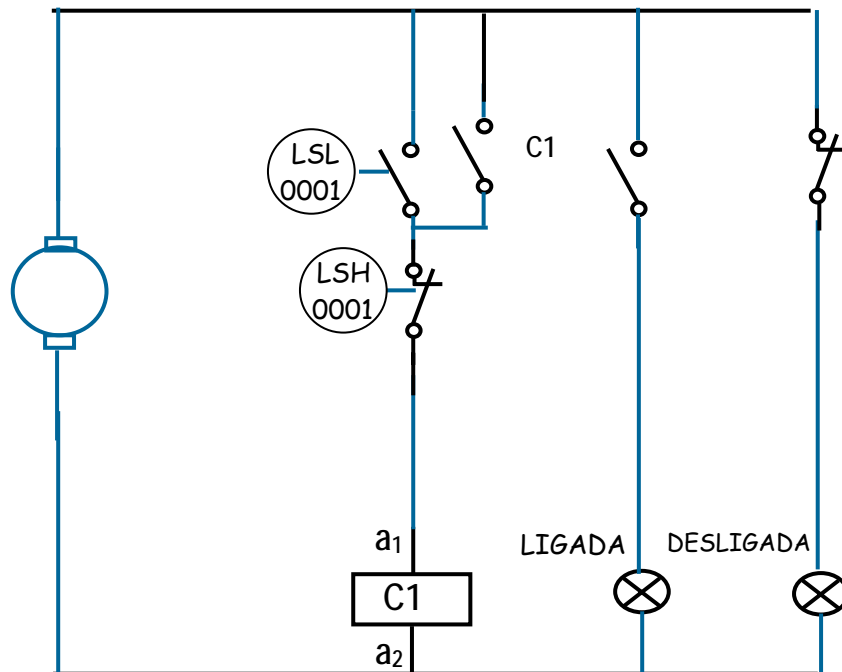


Sensor Capacitivo

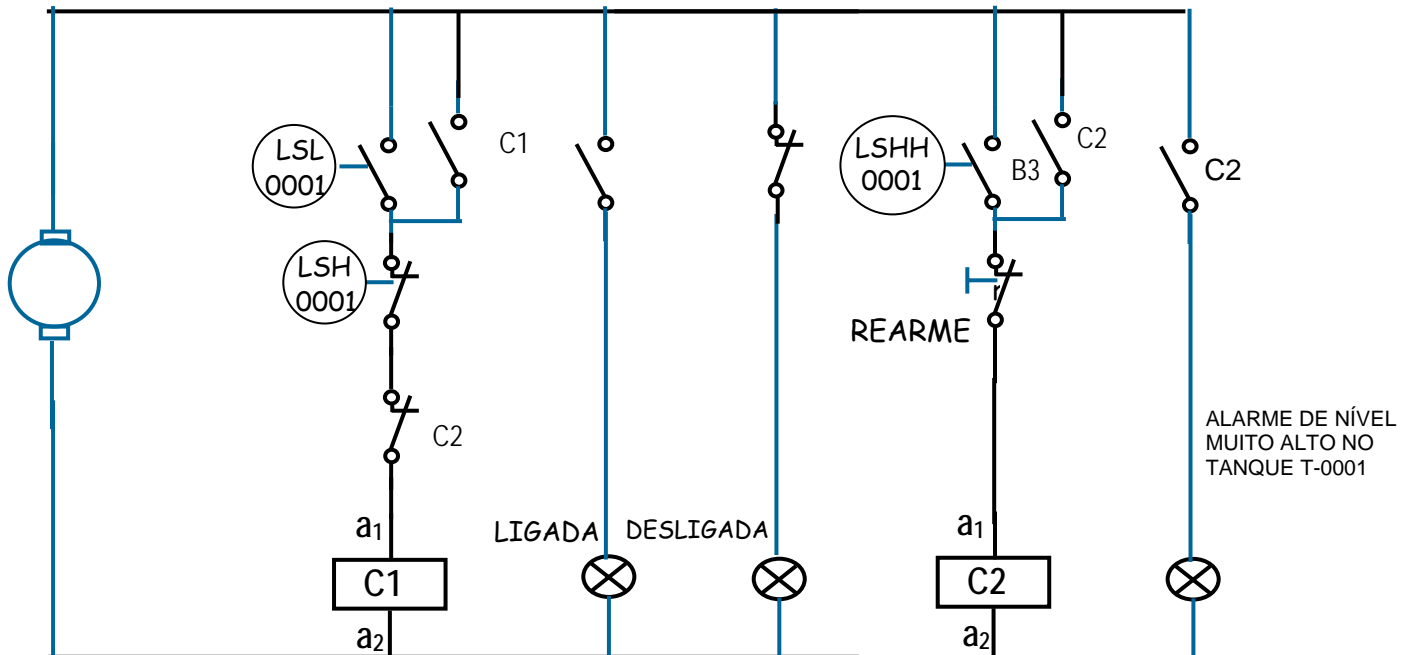


Sensor optico

Sistema de controle de nível por chaves de nível com indicação de ligada e desligada



Sistema análogo ao anterior com alarme de nível muito alto intertravado com o acionamento da bomba de modo a impedi-la de funcionar até que cesse a condição de alarme e haja reconhecimento.



INTERTRAVAMENTO

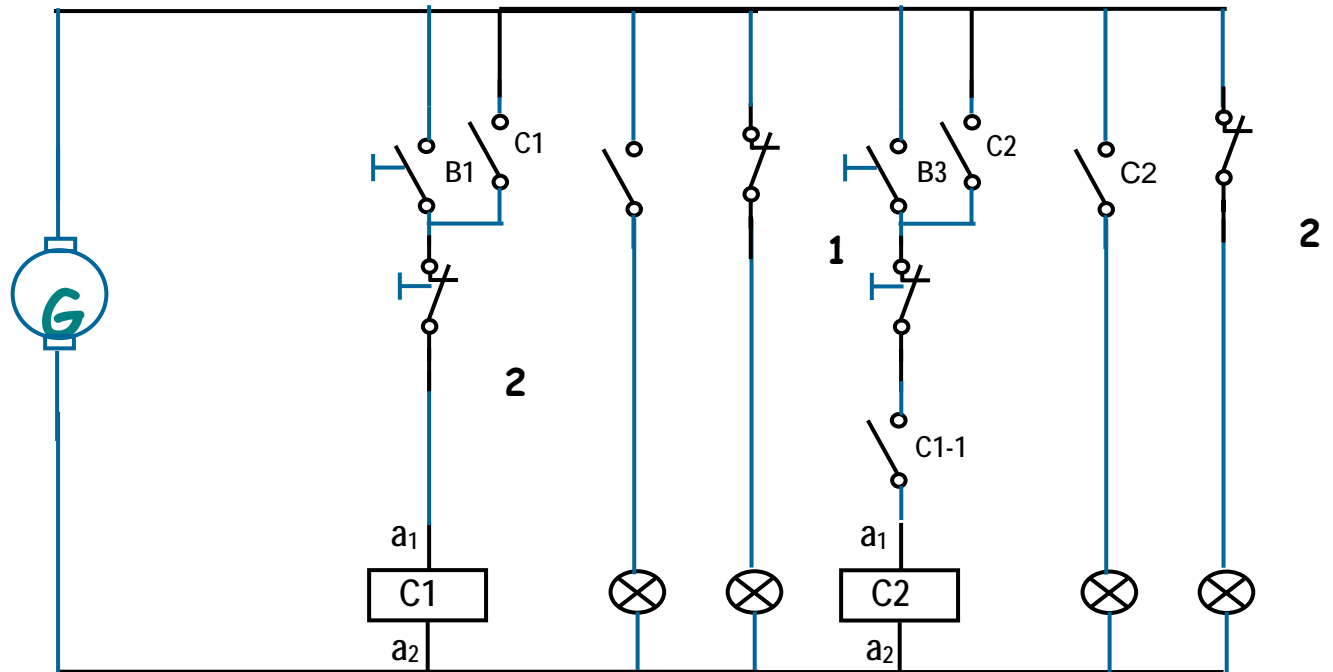
Nos meios de conhecimento de eletrotécnica o termo *intertravamento* designa a forma de interdependência entre chaves magnéticas que é visto no SISTEMA 5 visto a seguir.

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.

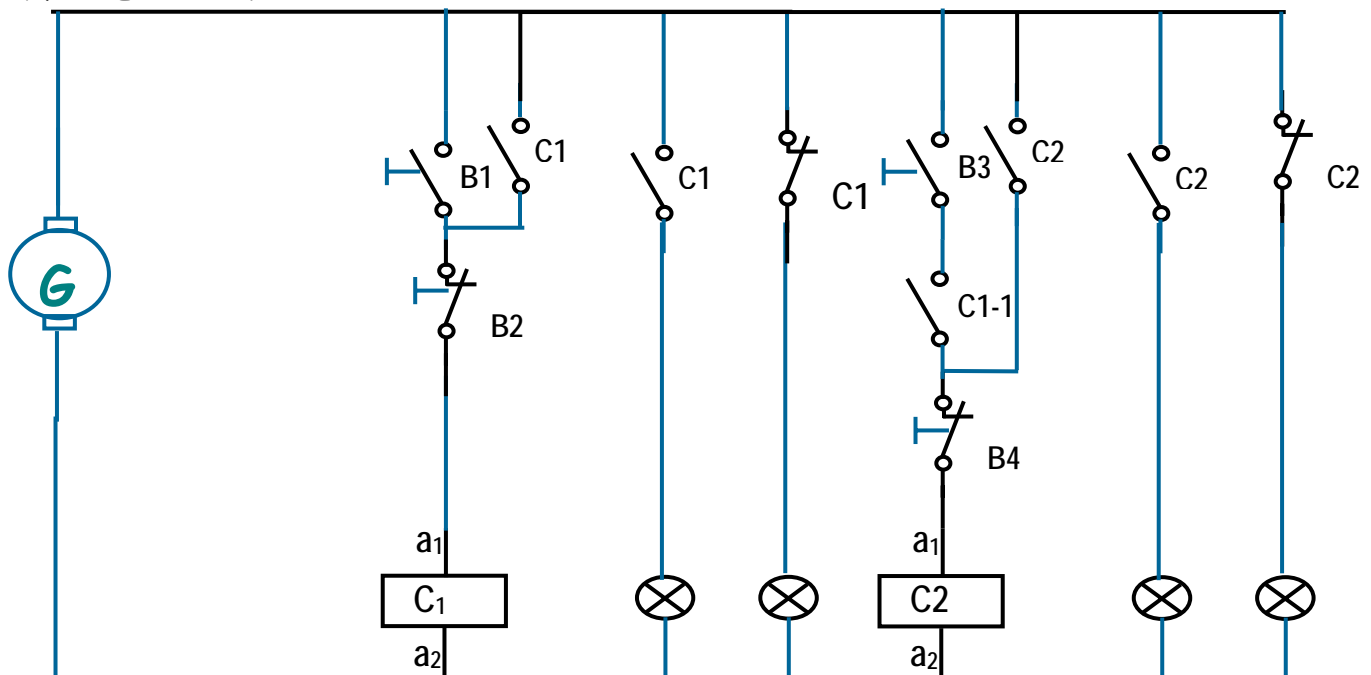
SISTEMA 1

POR AÇÃO DA CHAVE C1-1, A CHAVE MAGNÉTICA C2 SÓ PODERÁ SER LIGADA (POR B3) CASO A C1 ESTEJA LIGADA. MESMO APÓS LIGADA, A CHAVE MAGNÉTICA C2 SE DESLIGARÁ (POR AÇÃO DE C1-1) SE C1 FOR DESLIGADO (POR B2).

**SISTEMA 2**

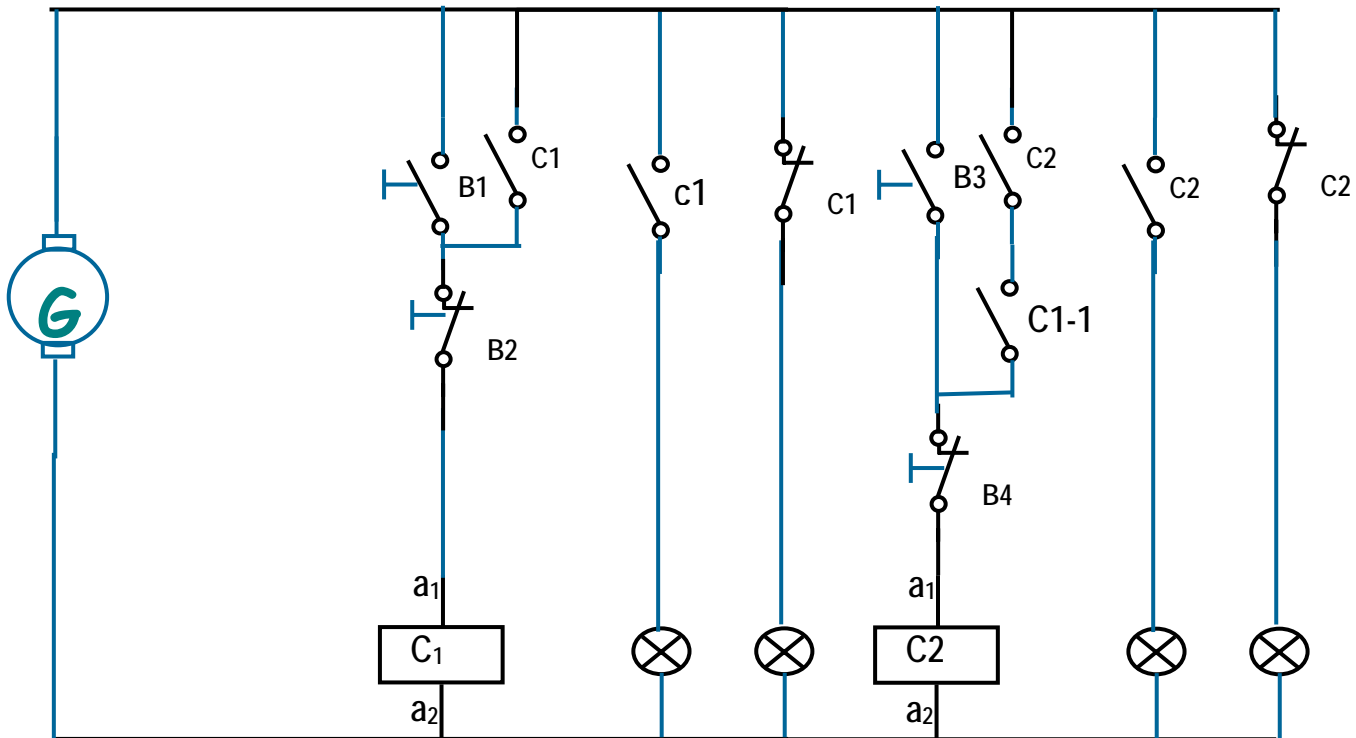
POR AÇÃO DA CHAVE C1-1, A CHAVE MAGNÉTICA C2 SÓ PODERÁ SER LIGADA CASO A C1 ETEJA LIGADA.

DEPOIS DE LIGADA, ENTRETANTO A CHAVE MAGNÉTICA C2 INDEPENDE DA CHAVE MAGNÉTICA C1.

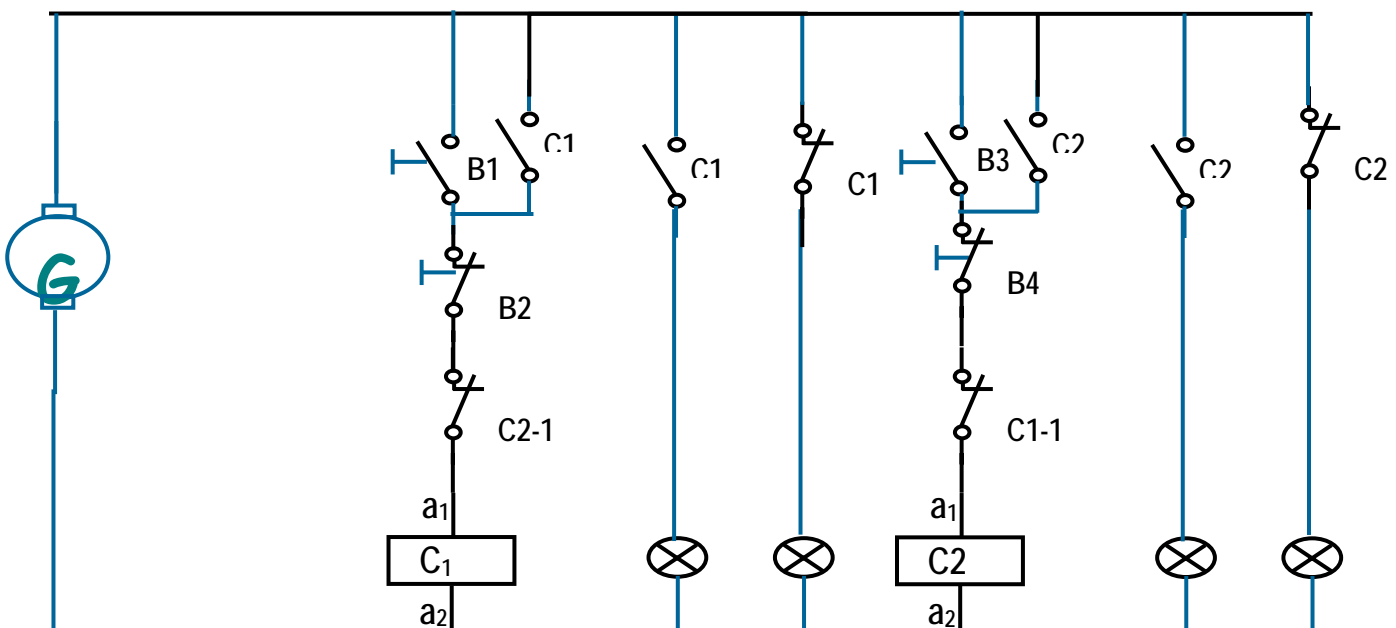


SISTEMA 3

POR AÇÃO DA CHAVE C1-1, A CHAVE MAGNÉTICA C2 SÓ PODERÁ SE MANTER LIGADA CASO A C1 ETEJA LIGADA. ENTRETANTO A CHAVE MAGNÉTICA C2 PODE (POR B3) SER LIGADA INDEPENDENTEMENTE DO ESTADO DA CHAVE MAGNÉTICA C1.

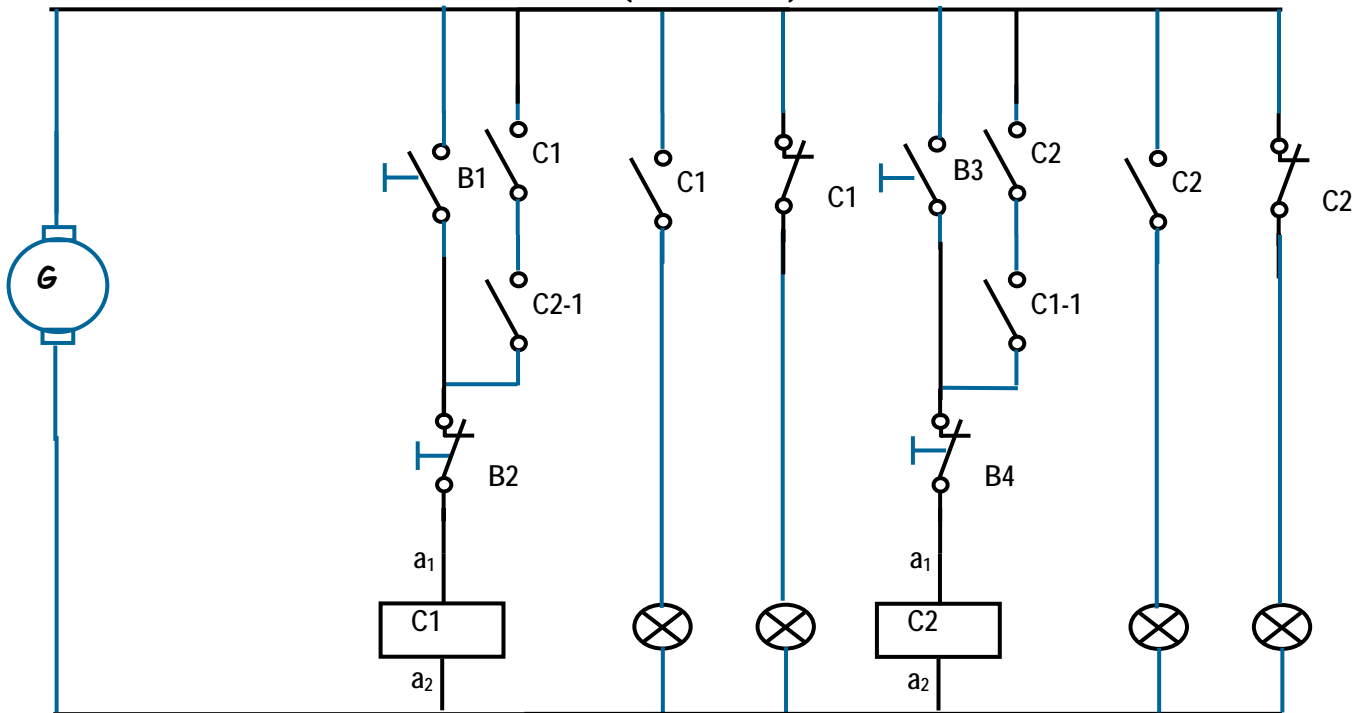
**SISTEMA 4**

POR AÇÃO DAS CHAVES C2-1 E C2-1, AS CHAVES MAGNÉTICAS SÓ PODERÃO SER LIGADAS INDIVIDUALMENTE, SENDO NECESSÁRIO QUE SE DESLIGUE (POR B2 OU B4) A QUA 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).

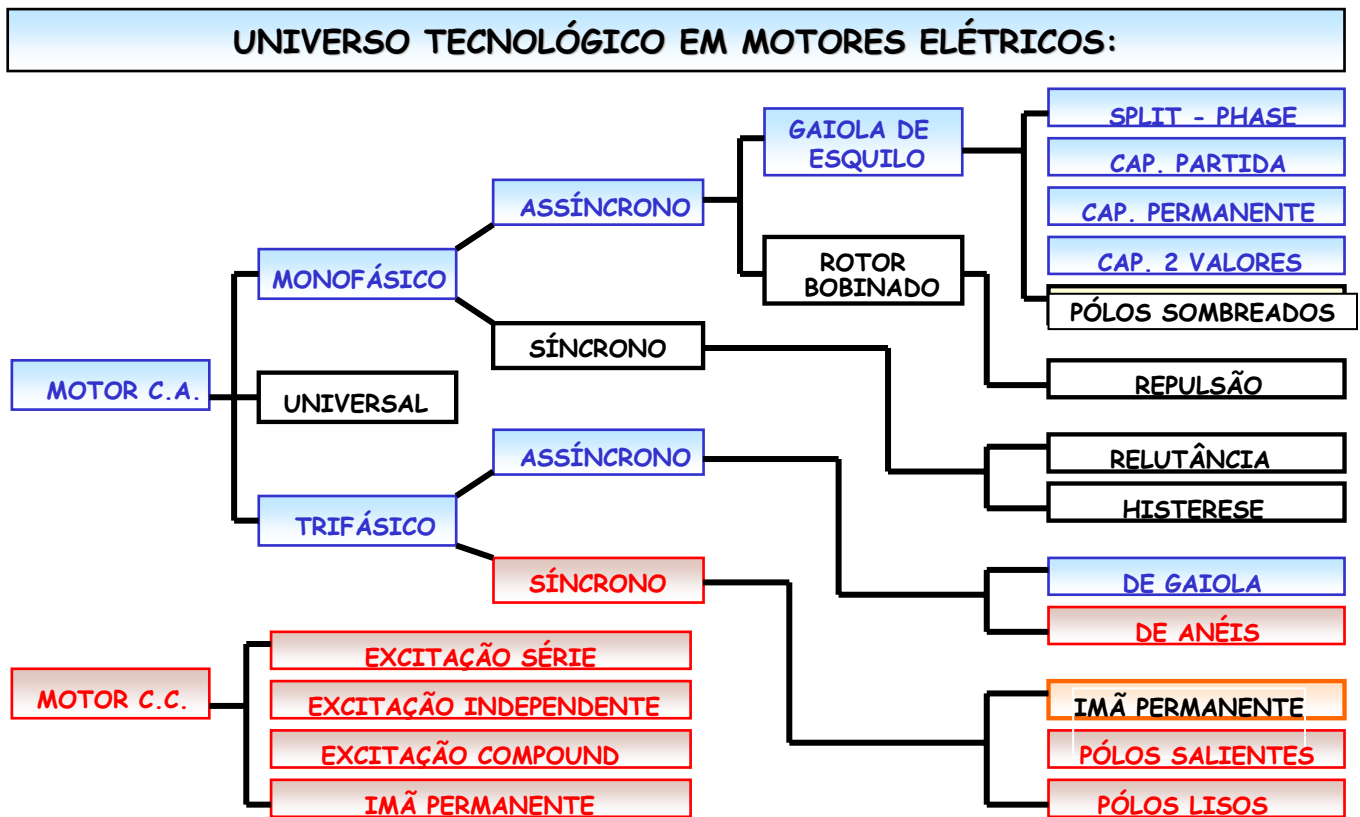


Motores elétricos

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.

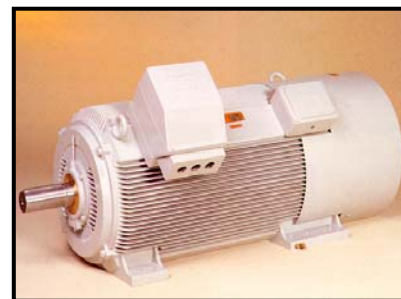


I

1-3

1. Motores de corrente contínua

São fabricados em modelos com e sem escovas.



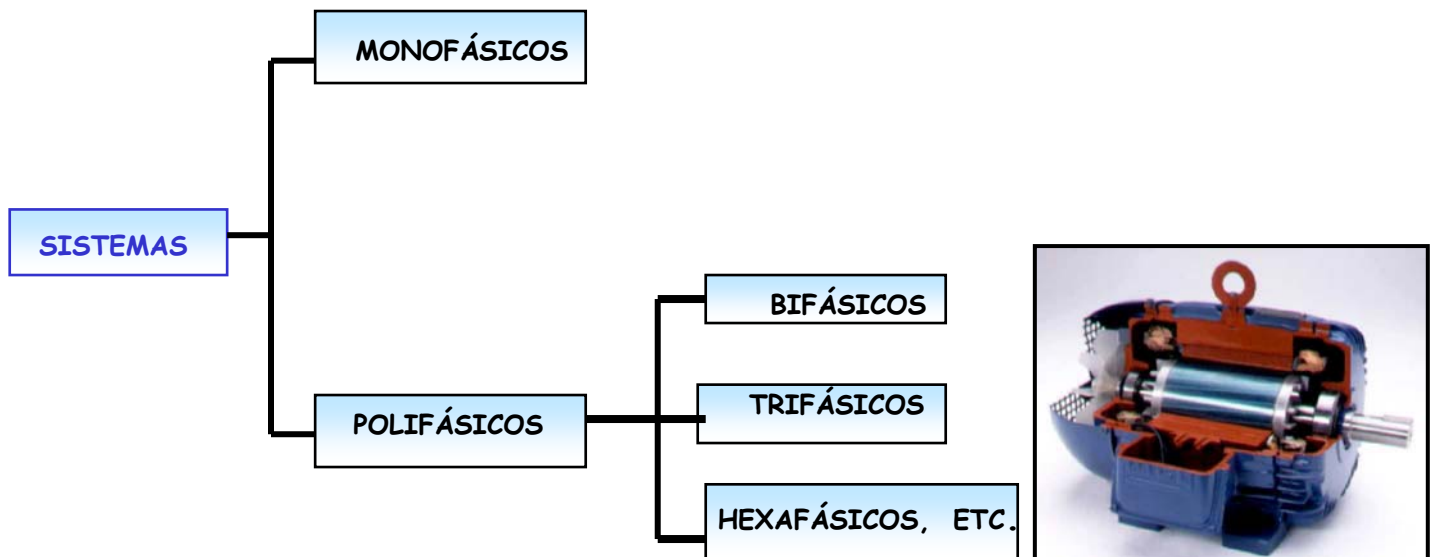
1.1. Os motores de corrente contínua sem escovas podem ser simples, de dois terminais, ou mais complexos de vários terminais, denominados "motores de passos".

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

1.1.2. 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.

2. Motores de corrente alternada



2.1. 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.

2.2. Quanto ao sincronismo podem ser *síncronos* e *assíncronos*

2.2.1. 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 .

2.2.2. 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.

2.2.2.1. 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).

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

2.3.1. 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.

2.3.2. 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.

3. Motores universais

3.3. 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.

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

3.5. 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.

3.6. 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.

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:

Estrela - Triângulo

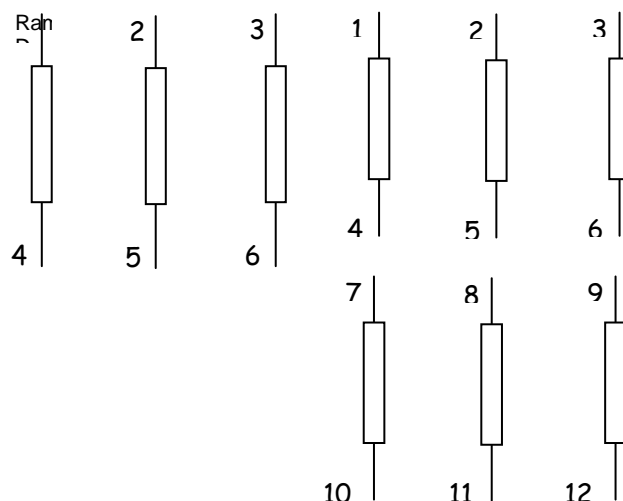
- Segunda tensão $\sqrt{3}$ vezes maior que a primeira;
- Tensões: 220/380 V, 380/660 V, 440/760 V
- Cabos: 6 (seis)

Tripla Tensão Nominal

- Tensões: 220/380/440/760 V
- Cabos: 12 (doze)

Série - Paralela

- Cada fase é dividida em 2 partes;
- Segunda tensão é o dobro da primeira;
- Tensões: 220/440 V e 230/460 V
- Cabos: 9 (nove)



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 (ou y) ou triângulo (ou 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)

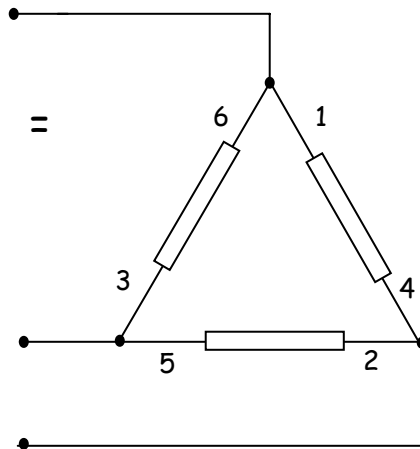
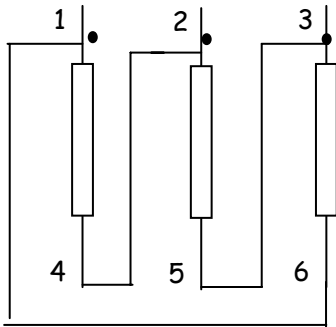
Observe-se que em paralelo as tensões são as mesmas do motor de 6 terminais e em série as tensões são dobradas.

Ligação de motores de 6 terminais

Terminais de alimentação: 1, 2 e 3

Ligação em triângulo

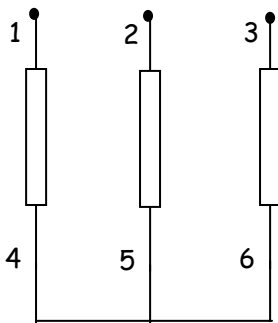
220V



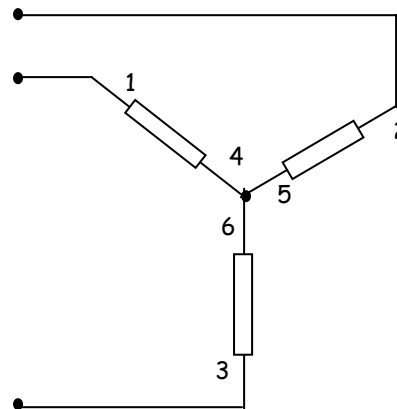
WEG ALTO <i>Plus</i> RENDIMENTO NBR7094			
~ 3 100L			
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA		HZ 60	CAT N
kW(cv)		3.7(5.0)	RPM 3500
FS 1.15	ISOL B	Δ	k
220/380 V		lp/in 9.0	IP55
13.0/7.53 A			
REG S 1	MAX AMB	ALT	m
<div> <div>220 V</div> <div> <div>6</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>L1</div> <div>L2</div> <div>L3</div> <div>Δ</div> </div> </div> <div> <div>380 V</div> <div> <div>6</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>L1</div> <div>L2</div> <div>L3</div> <div>Y</div> </div> </div>			
<div> <div>6206-ZZ</div> <div>6205-ZZ</div> </div>		A BASE DE LITIO	
34.0 Kg			
<div> <div>PNCEE</div> <div>REND.% = 87.5%</div> <div>cos φ 0.85</div> </div>		<div> <div>CE</div> </div>	

Ligação em estrela

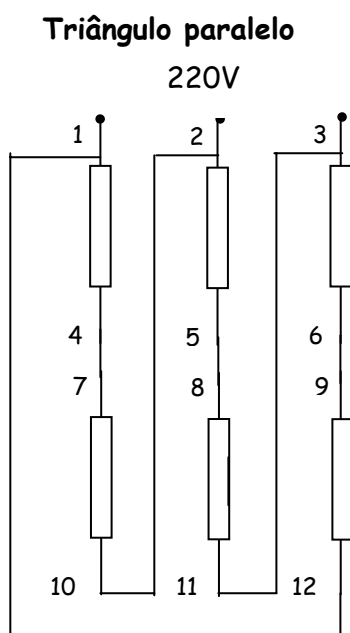
380V



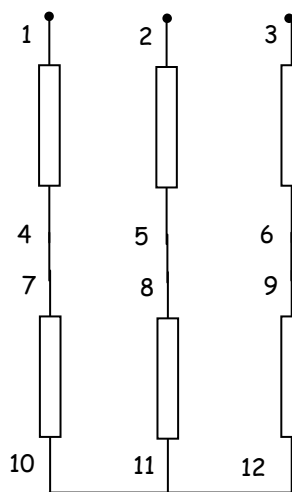
=



Ligação do motor de 12 terminais.



Estrela paralelo
380V



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.

PARTIDA DIRETA

IDEAL (do ponto de vista do motor);

Provoca:

Picos de corrente na rede;

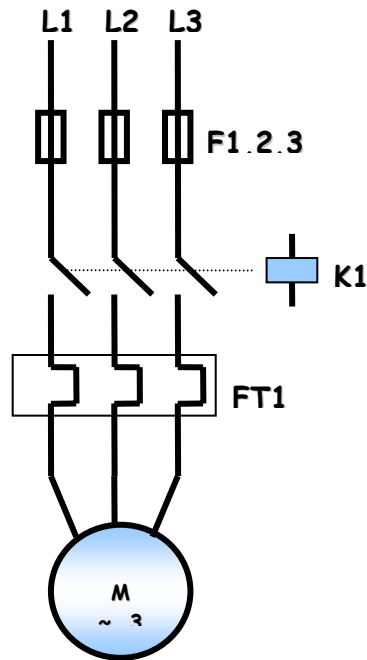
Pode provocar:

Queda de tensão na rede;

Suscita:

Restrições por parte da concessionária;

Redução da vida útil da rede (quando não dimensionada de acordo).



**DIAGRAMA
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO**

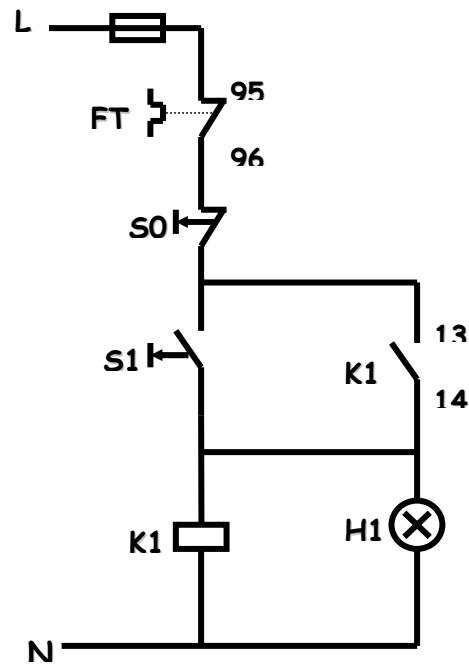
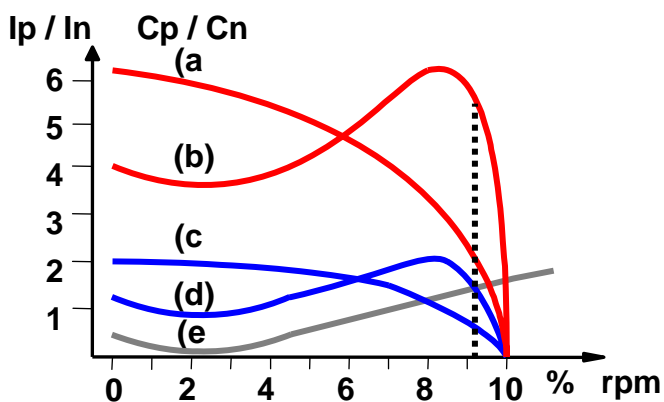


DIAGRAMA DE COMANDO

- Utilizada em aplicações cujas cargas tem conjugados baixos ou partidas a vazio
- O motor deve possuir 6 terminais;
- A corrente e o conjugado de partida ficam reduzidos a 33% ;
- Dupla tensão, sendo a segunda tensão $\sqrt{3}$ vezes a primeira; (Ex.: 220/380Volts)
- Na partida o motor é ligado em estrela até próximo da rotação nominal e, então, ocorre a comutação para a configuração triângulo.

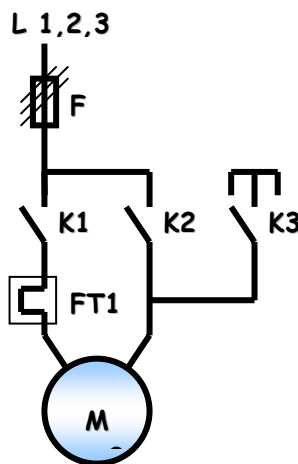


- (a) **Corrente em triângulo**
- (b) **Conjugado em triângulo**
- (c) **Corrente em estrela**
- (d) **Conjugado em estrela**
- (e) **Conjugado resistente**

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/Δ**.

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.

Dimensionar uma chave de partida estrela-triângulo para um motor de 100cv, II pólos, 380V/660V - 60Hz, com comando em 220V, $T_p = 10s$.



λ Dados do Catálogo de Motores WEG:

$$I_n (220V) = 232A$$

$$I_n (380V) = 134,31A$$

$$\frac{I_p}{I_n} = 9,3$$

λ Dimensionando os Contatores K1 e K2:

$$\frac{I_e}{I_n} \geq 0,58 \times \frac{I_p}{I_n} \quad I_e \geq 78A$$

Portando, os contatores a serem escolhidos, de acordo com o catálogo serão:

K1 CWM 80.11.220.60 + BCXMF 10

K2 CWM 80.11.220.60

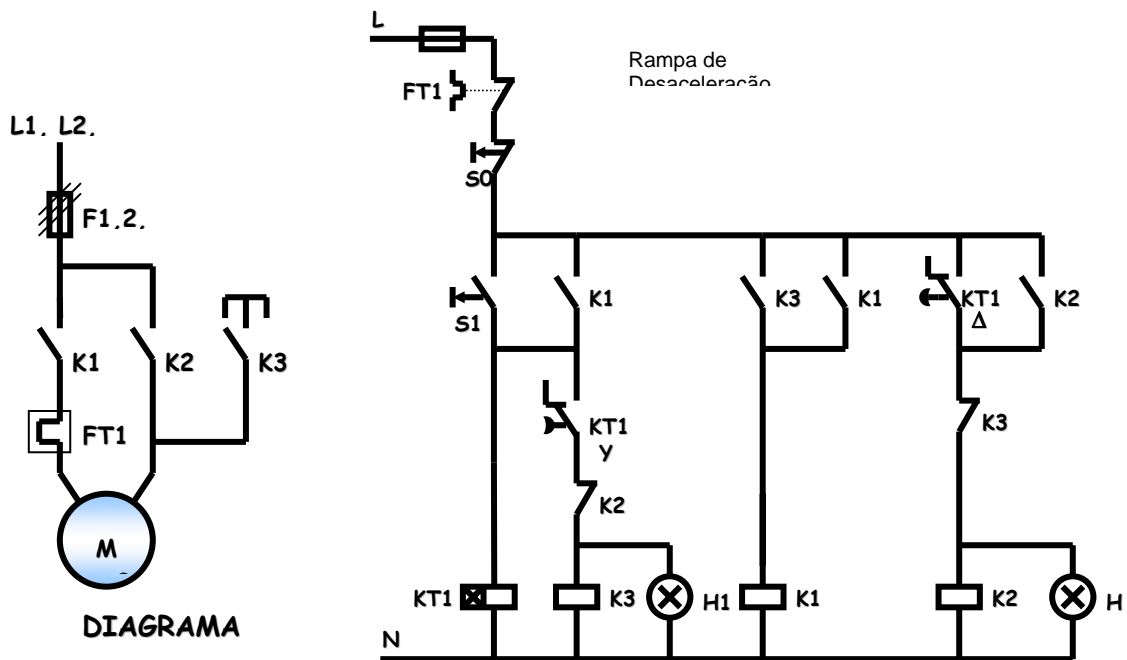
λ Dimensionando o Contator K3:

$$\frac{I_e}{I_n} \geq 0,33 \times \frac{I_p}{I_n} \quad I_e \geq 44,3A$$

Portando, o contator a ser escolhido, de acordo com o catálogo será:

K3 → CWM 50.11.220.60

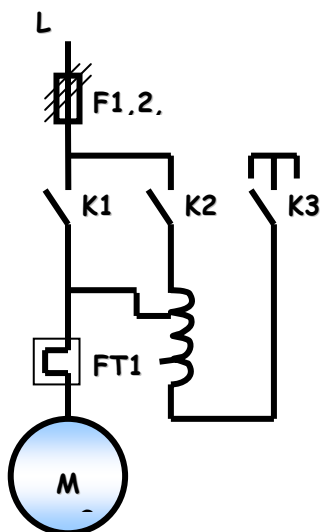
Circuito exemplo de partida em estrela triângulo



PARTIDA COM CHAVE COMPENSADORA

- Partida de motores sob carga;
- Reduz a corrente de partida (dependendo do TAP do transformador), evitando sobrecarga no circuito;
- A tensão na chave compensadora é reduzida através de auto-transformador;
- Tap's do auto-transformador: 50, 65 e 80% da tensão.

Dimensionar uma chave de partida compensadora para um motor de 30cv, VIII pólos, 220V/60Hz, com comando em 220V, tap de 80%, $T_p = 15s$.



λ Dados do Catálogo de Motores WEG:

$$\frac{I_p}{I_n} = 7,6$$

$$I_p = 599A$$

λ **Dimensionando o Contator K1:**

$$I_e \geq I_n \quad I_e \geq 78,8 \text{ A}$$

Para dimensionar o contator K2, tem-se que levar em consideração o tap utilizado o qual reduzirá a tensão e a corrente do secundário do autotransformador por um fator "k" (no caso de 80%, $k = 0,8$) . Para K2, teremos:

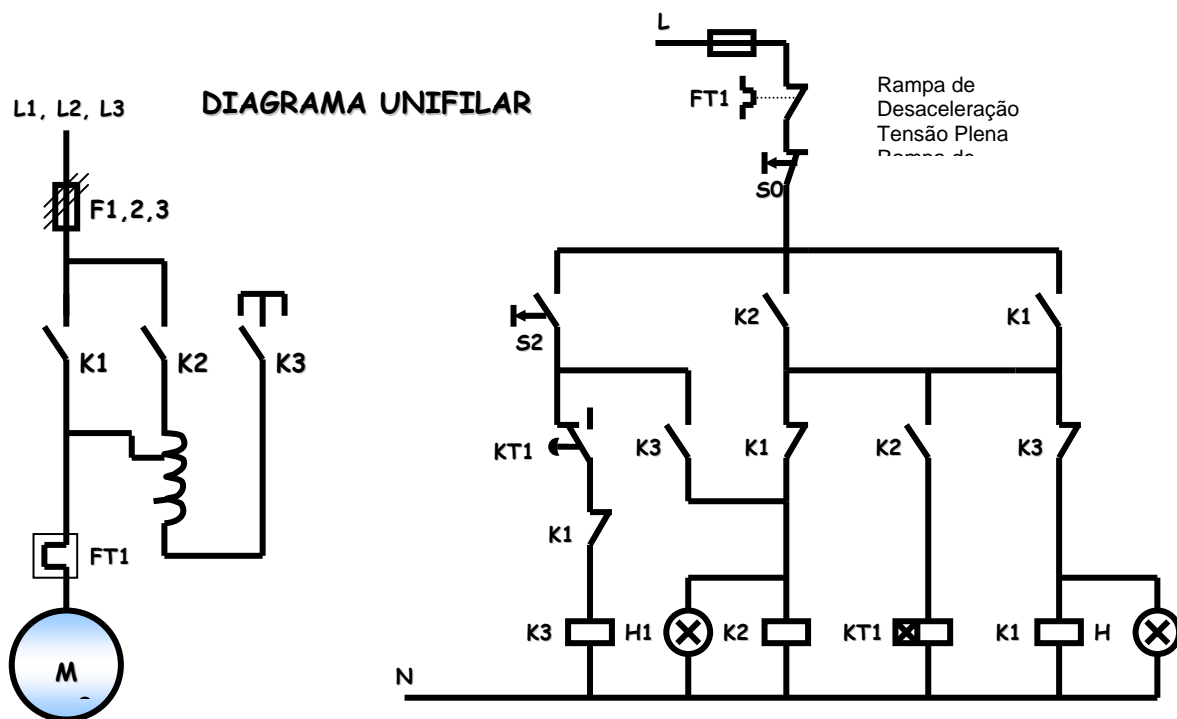
$$I_e = k2 \times I_n$$

No caso de K3, leva-se em consideração o fator " $(k - k2) \times I_n$ ", que para o tap de 80% será $0,16 \times I_n$:

$$I_e = (k - k2) \times I_n \quad I_e = 12,61 \text{ A}$$

O relé a ser escolhido deve ser escolhido pela corrente nominal do motor, ou seja:

$$I_e \geq I_n \quad I_e \geq 78,8 \text{ A}$$



PARTIDA SÉRIE-PARALELA

O motor deve possuir 9 terminais;

Dupla tensão, sendo a segunda tensão 2 vezes a primeira. Ex.:(220/440Volts);

Na partida o motor é ligado em série até próximo da rotação nominal e, então, faz-se a comutação para a configuração paralelo.

Método de partida suave;

PARTIDA ELETRÔNICA POR SOFT-STARTER

Controle apenas da tensão

(25 a 90% da tensão nominal);

Tempo de aceleração

regulável entre 1 e 240 segundos.



Chave de Partida Soft-Starter

A chave de partida estática foi projetada para partir motores elétricos trifásicos utilizados em cargas consideradas leves (exemplo: bombas centrífugas, ventiladores de pequeno porte e pequenos compressores).

A chave Soft-starter apresenta muitas vantagens em relação às chaves de partidas convencionais, se sobrepondo inclusive em relação à chave compensadora. Pois, consegue-se variar o tempo de aceleração, o tempo de desaceleração e ainda o nível de tensão na partida.

Algumas características técnicas

Tensão de Alimentação = Rede / Line 220v a 460V

Corrente de Saída = de 3 a 30 A

Tensão de Saída para o motor = de 220V a 460V

Tensão Inicial	30....80% Vn
Tempo de Aceleração	1.....20 s
Tempo de Desaceleração	Off.....20s
Número Máximo de Partidas por hora	4 (1 a cada 15 minutos)
Ciclo de Partida	3 X In durante 10 segundos)

Como ajustar a SSW-05

Ajuste da Tensão Inicial

Ajuste o valor da tensão inicial para o valor que começa a girar o motor acionado pela chave, tão logo este receba o comando de aciona.

O valor escolhido pode variar desde **30% até 80% de V_n** .

Ajuste da Rampa do Tempo de Aceleração

Ajuste o valor necessário para que o motor consiga chegar a sua rotação nominal.

O valor escolhido pode variar **de 1s até 20 s**

Ajuste do Tempo da Rampa de Desaceleração

Este ajuste deve ser aplicado apenas em desaceleração de bombas, com o objetivo de minimizar o golpe de **aríete**. Este ajuste deve ser feito para se conseguir o melhor resultado prático.

O valor escolhido pode variar desde **Off (desliga total)** até uma desaceleração temporizada de no **máximo 20 s**.

Ajuste da corrente do Motor

Este ajuste irá definir a relação de corrente da **SSW-05** e do motor acionado.

Exemplo de ajuste:

Seja a **SSW05** aplicada onde Corrente nominal da chave é de **30A**.

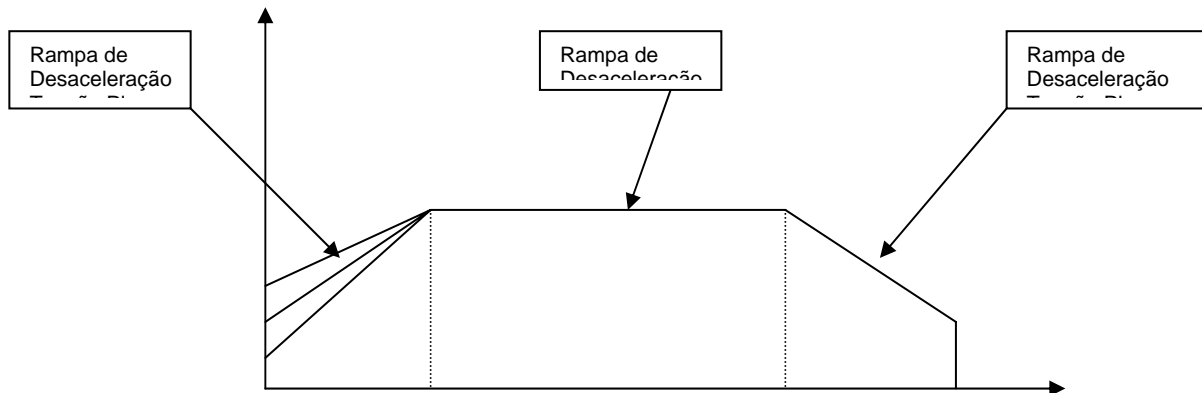
Ajuste da corrente do motor = $I_{\text{motor}}/I_{\text{ssw-05}}$

Ajuste da corrente do motor = $25 \text{ A} / 30 \text{ A}$

Ajuste da corrente do motor = $0,833 \cdot 100 = 83\%$

Portanto deve ser ajustado para 83%

Análise Gráfica



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.

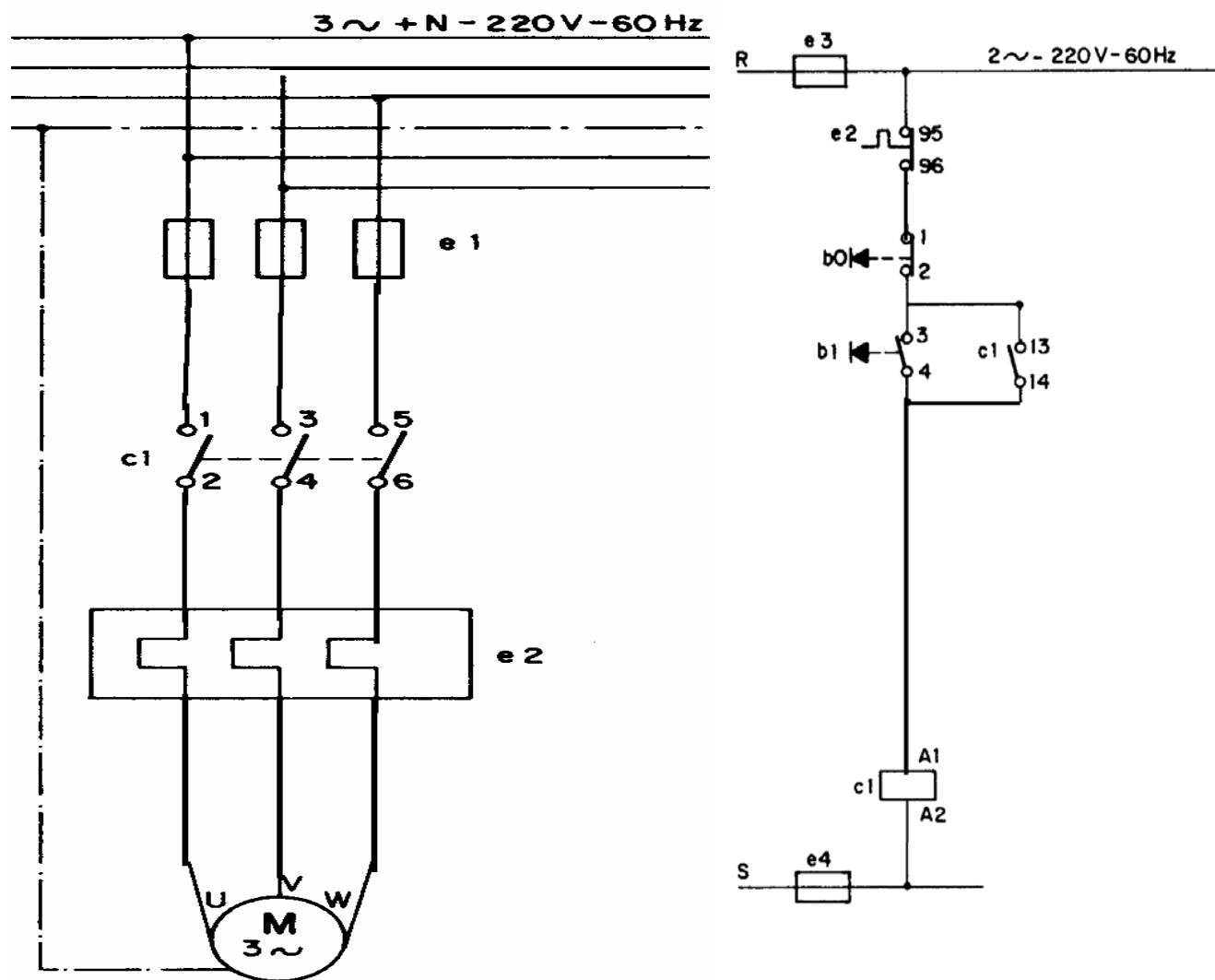
Os **inversores de frequência** modernos se baseiam em um componente eletrônico chamado IGBT, um tipo de transistor bipolar com corrente de controle de valor praticamente nulo, alta capacidade de condução da corrente principal e de alta velocidade de comutação, o que lhe garante a possibilidade de desligar 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.

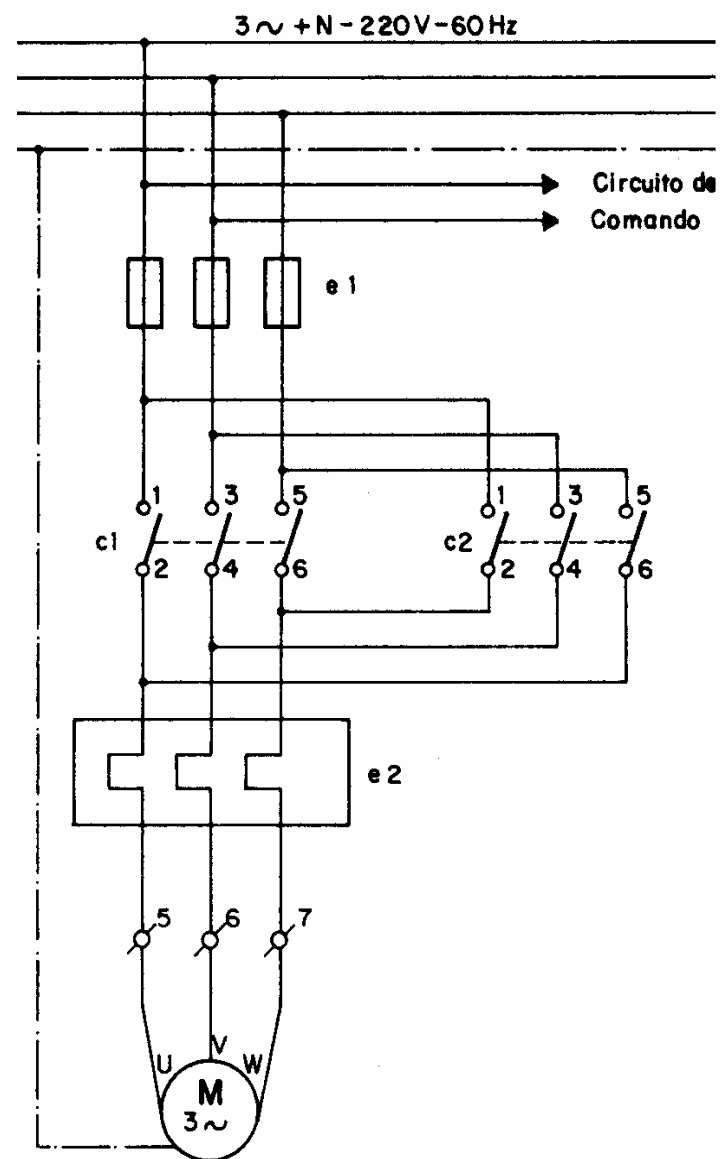
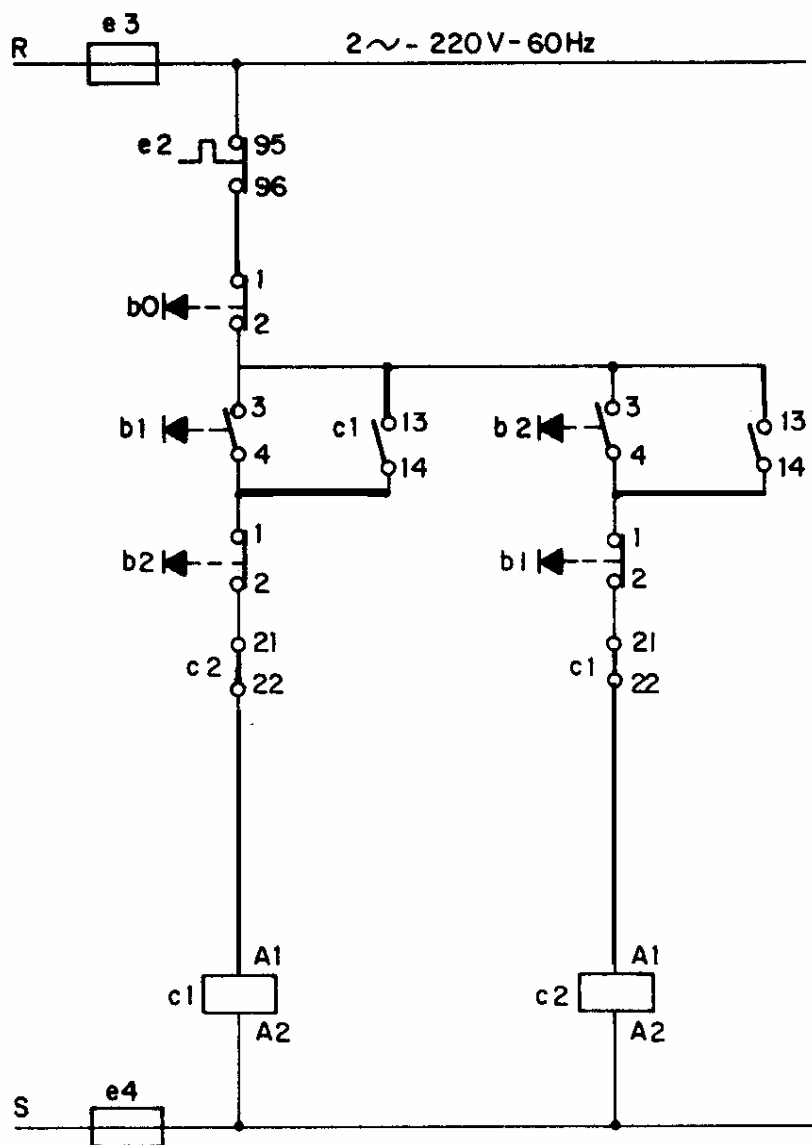
Os **inversores de frequência** alimentam o motor trifásico com três fases produzidas eletronicamente de modo que, se na alimentação trifásica do inversor faltar uma fase, o motor continua recebendo as três fases para sua alimentação. A sofisticação do inversor de frequência garante a proteção do motor 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.

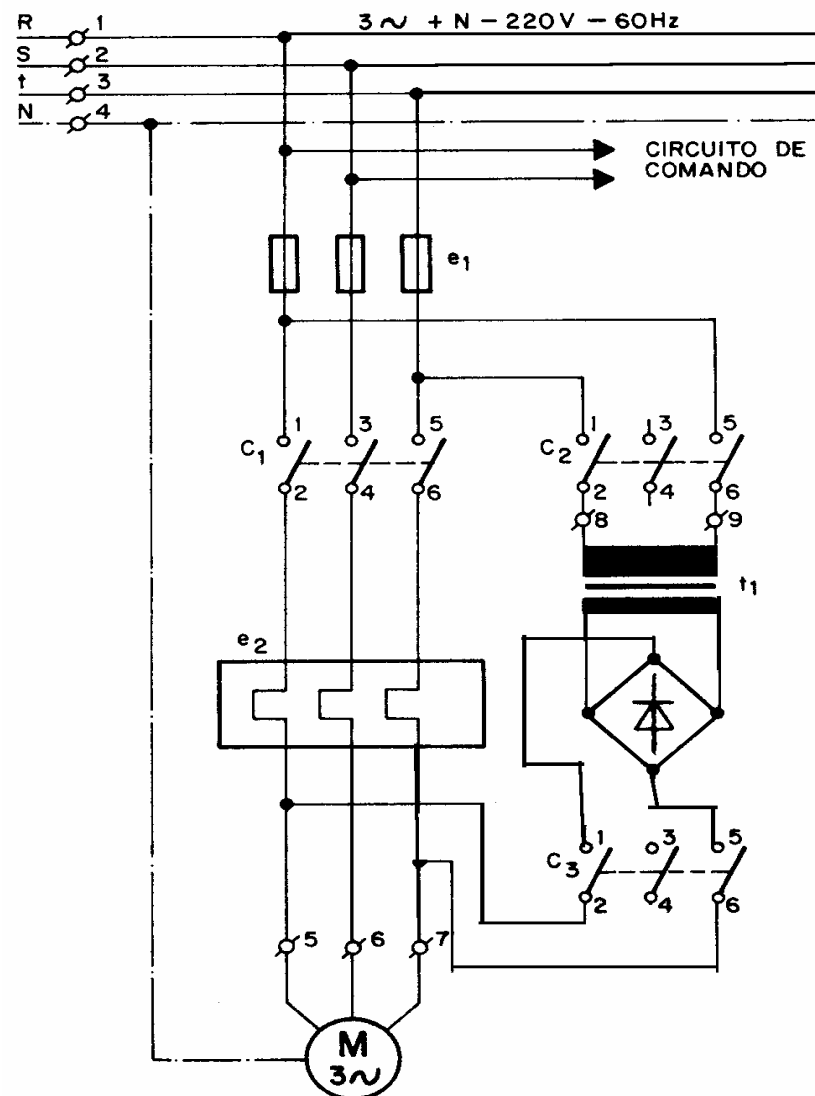
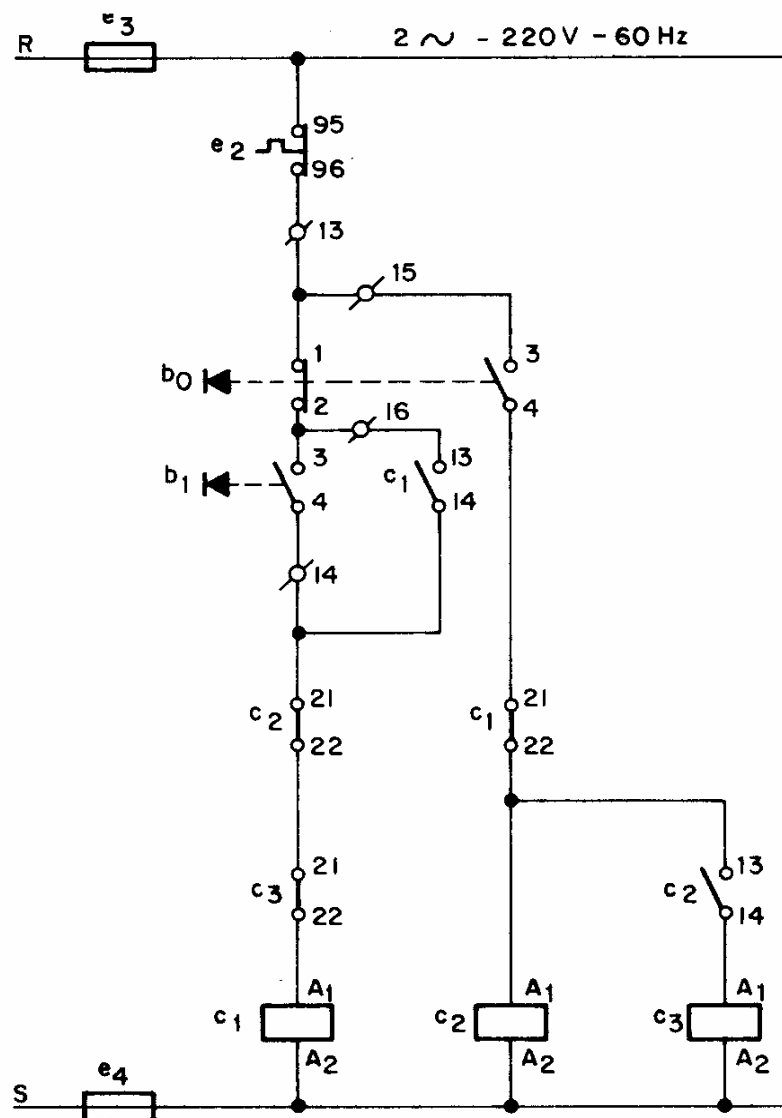
Com tais **inversores de frequência** pode-se ainda fazer o motor partir ou parar com aceleração predeterminada (mesmo com carga, pois o inversor para parar o motor não apenas tira a alimentação do motor, ele o alimenta adequadamente de modo a freá-lo).



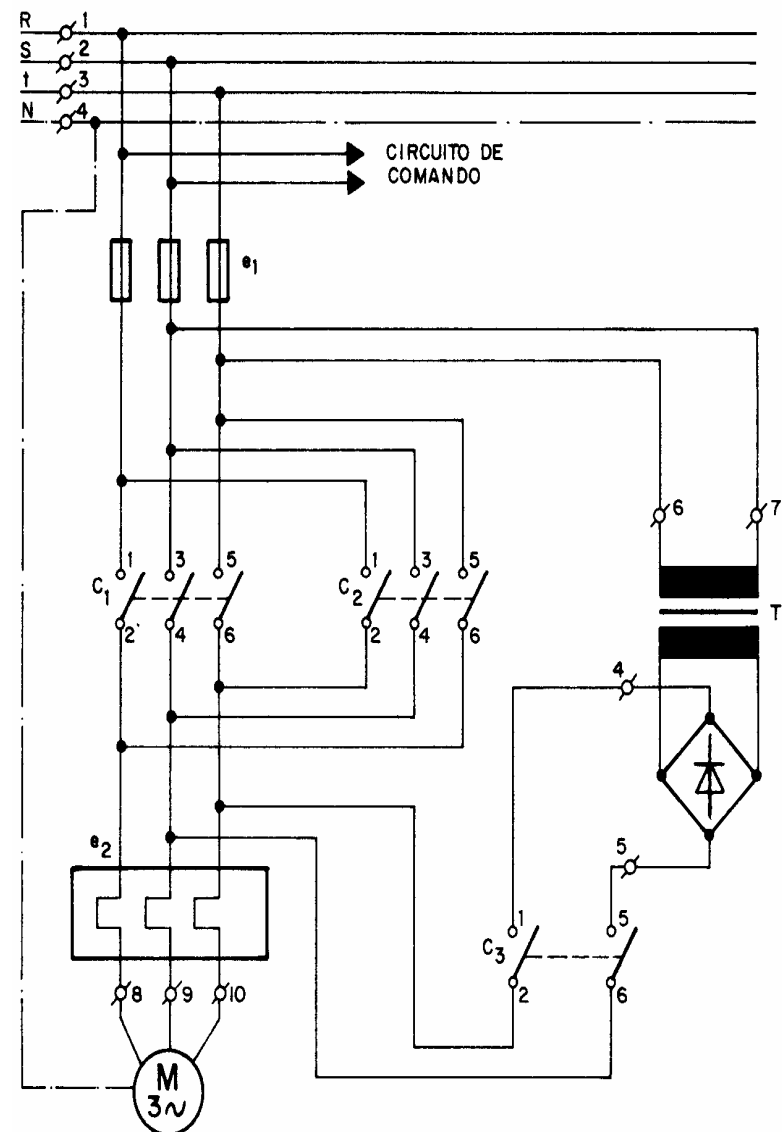
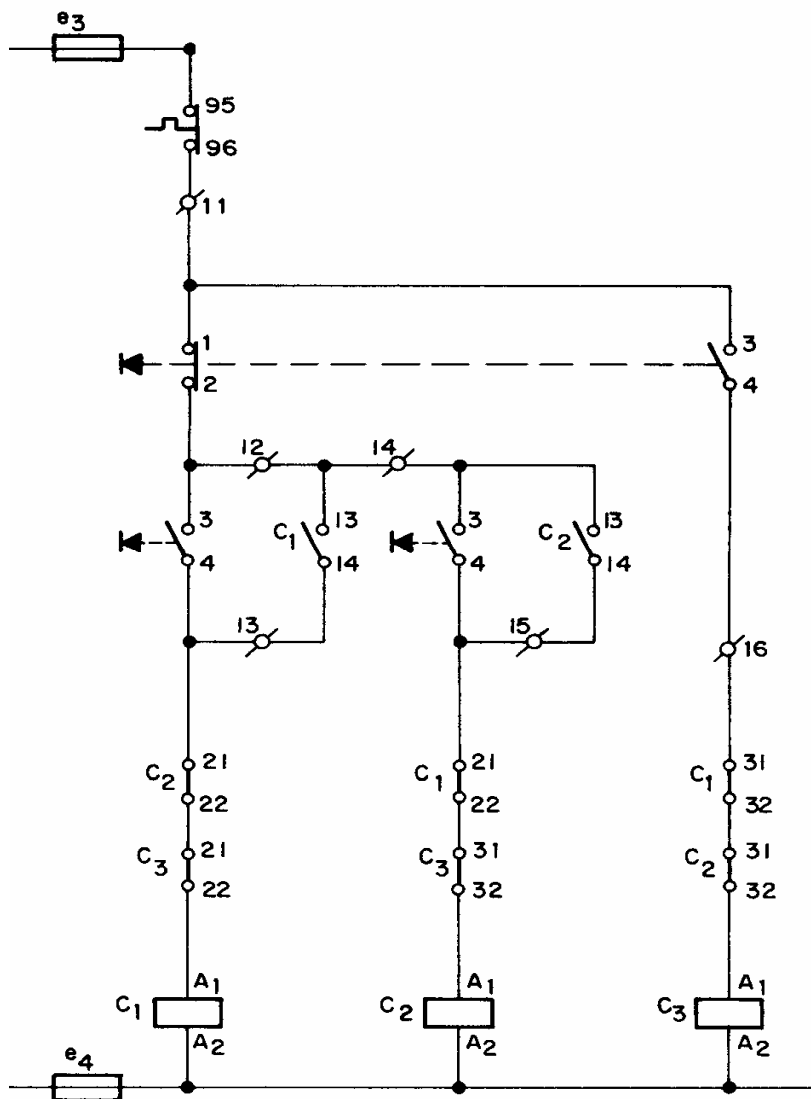
Comando para partida direta de motor elétrico trifásico



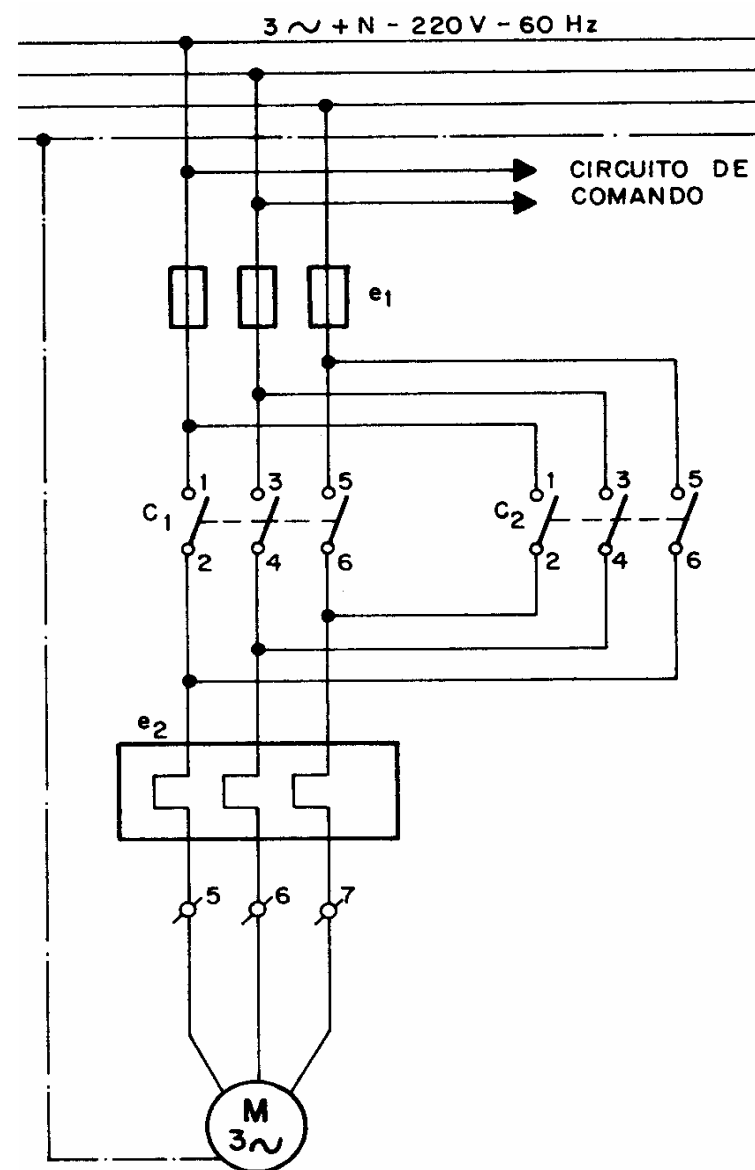
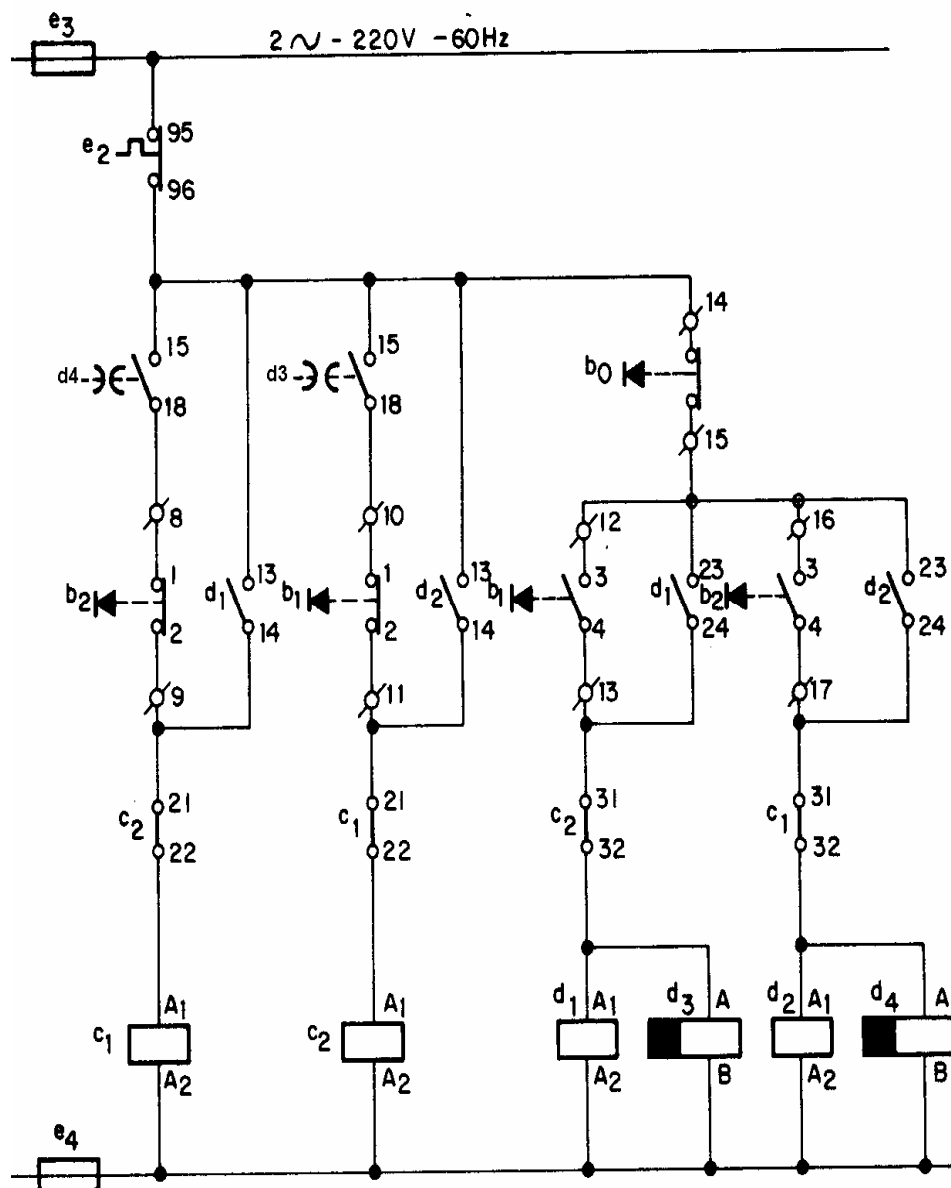
Comando para partida direta de motor elétrico trifásico, com reversão.



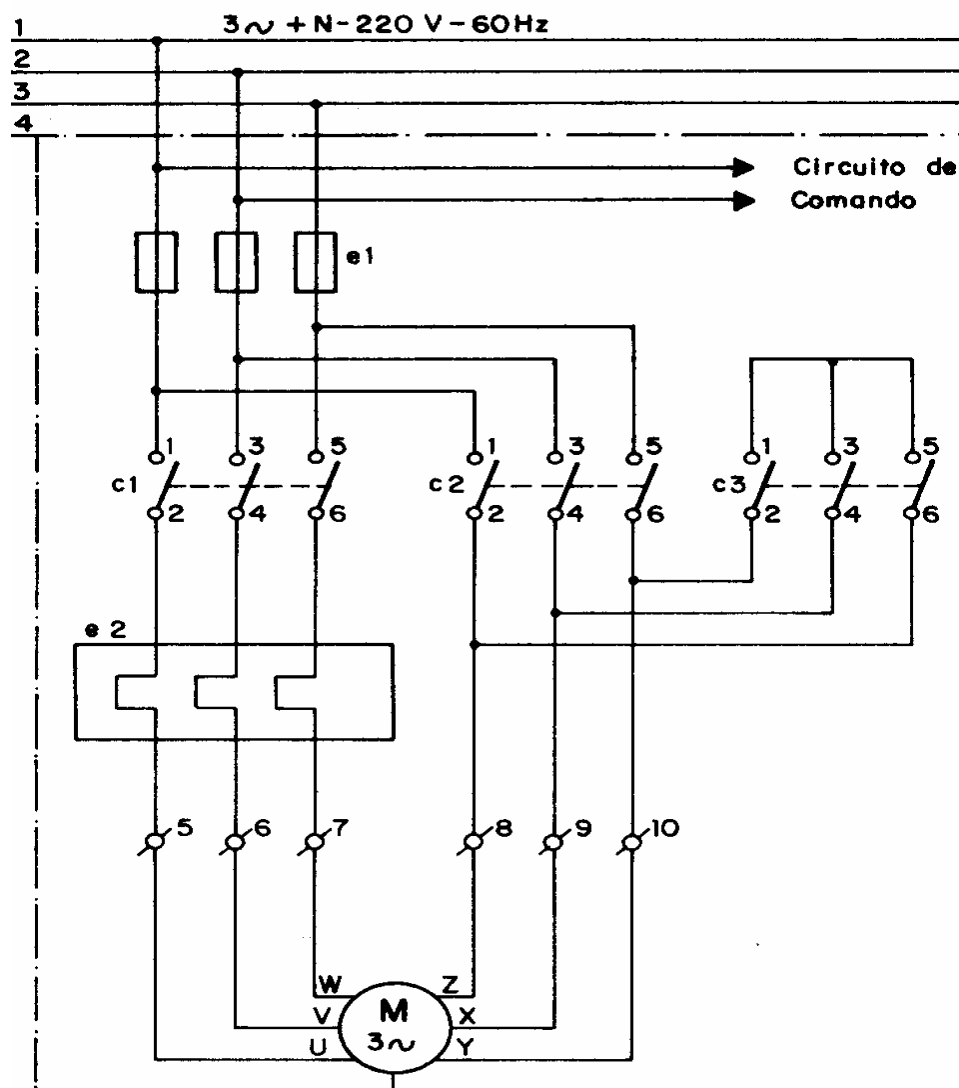
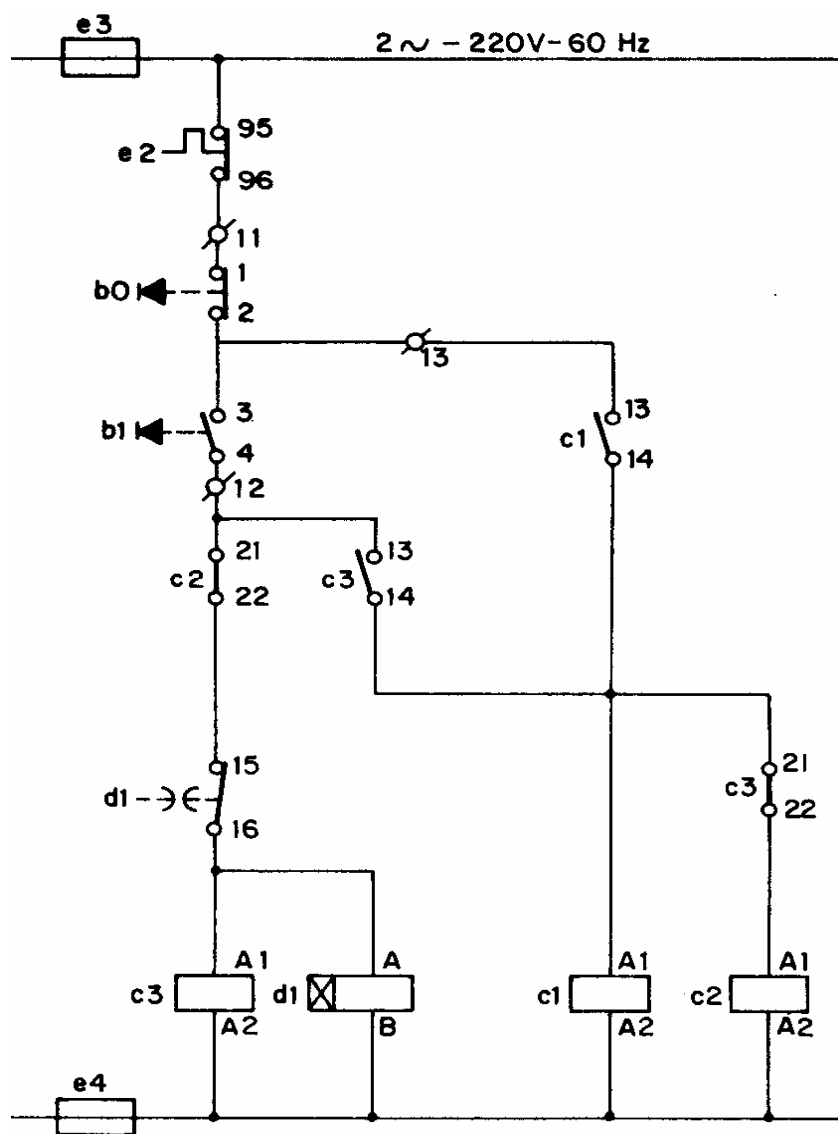
Comando para partida direta de motor elétrico trifásico com freio com corrente CC



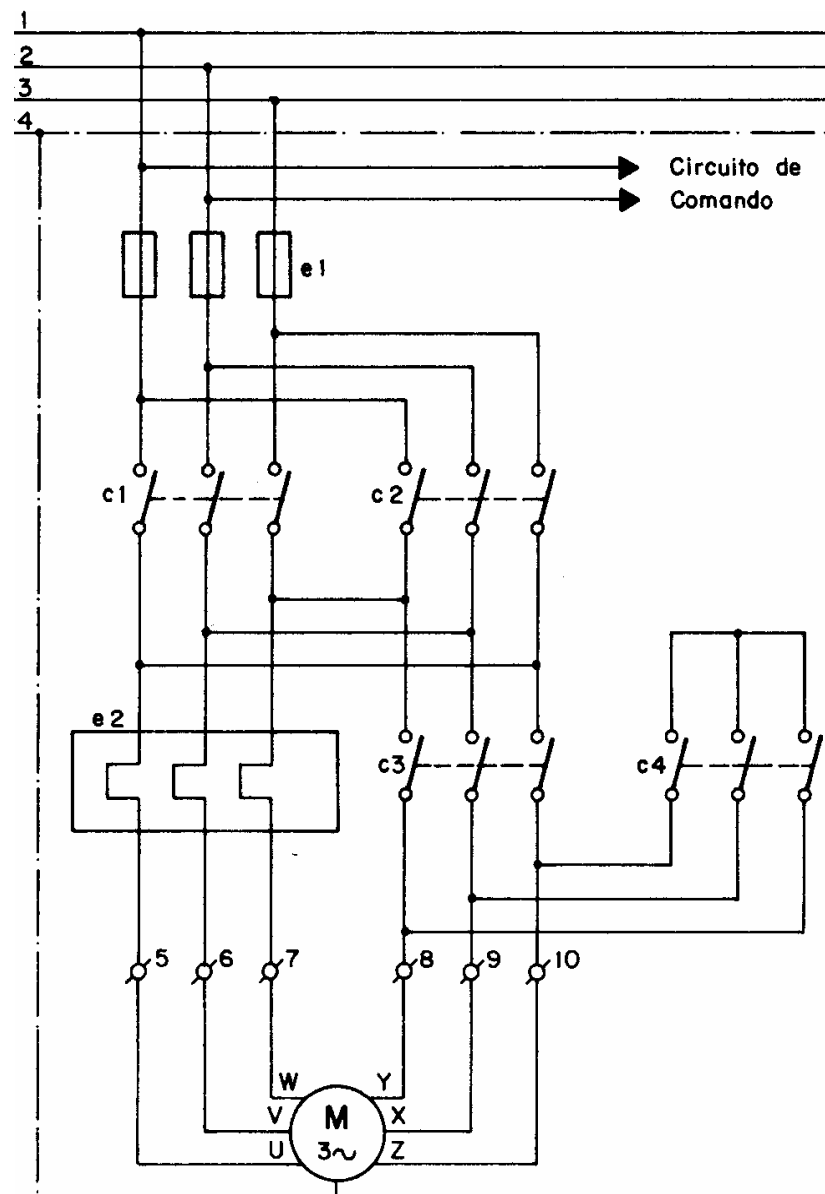
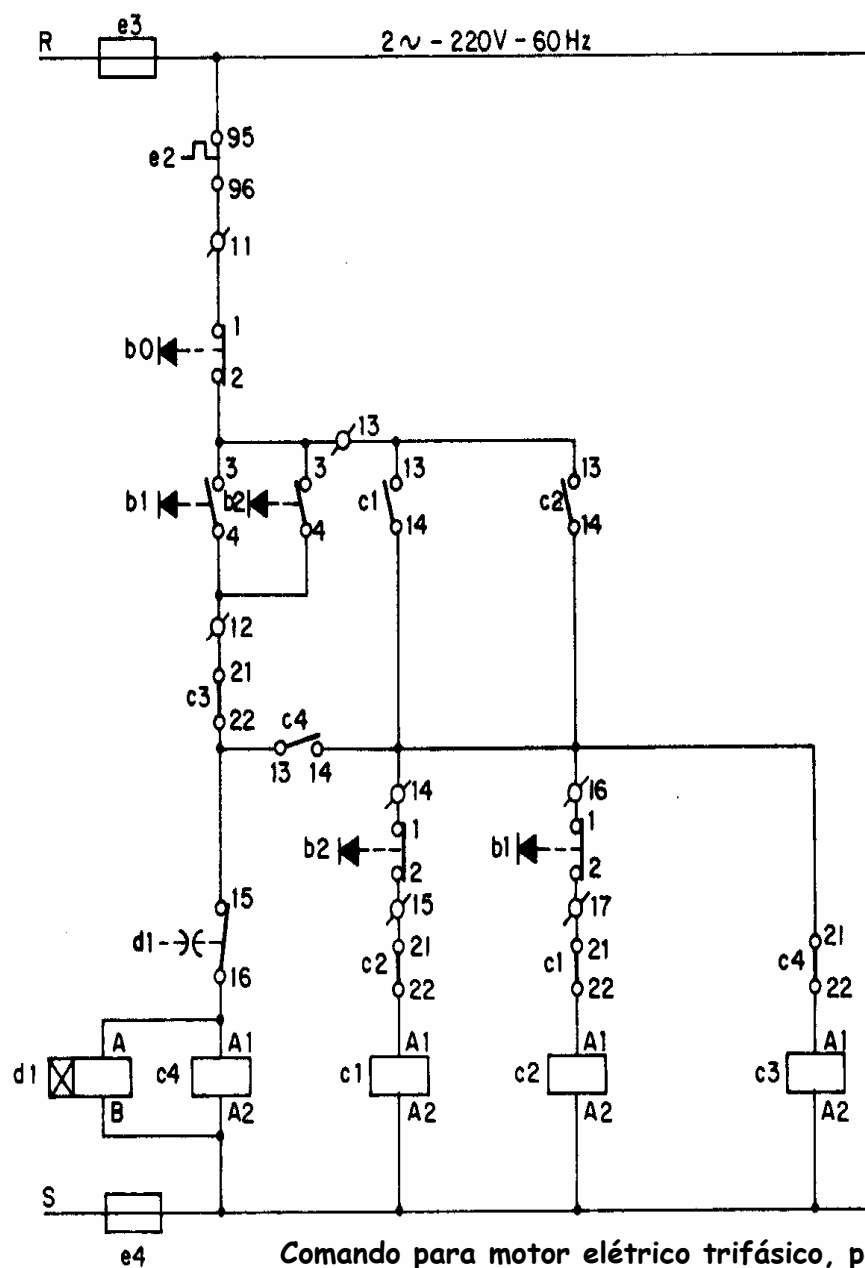
Comando elétrico para partida direta com reversão e frenagem por corrente contínua



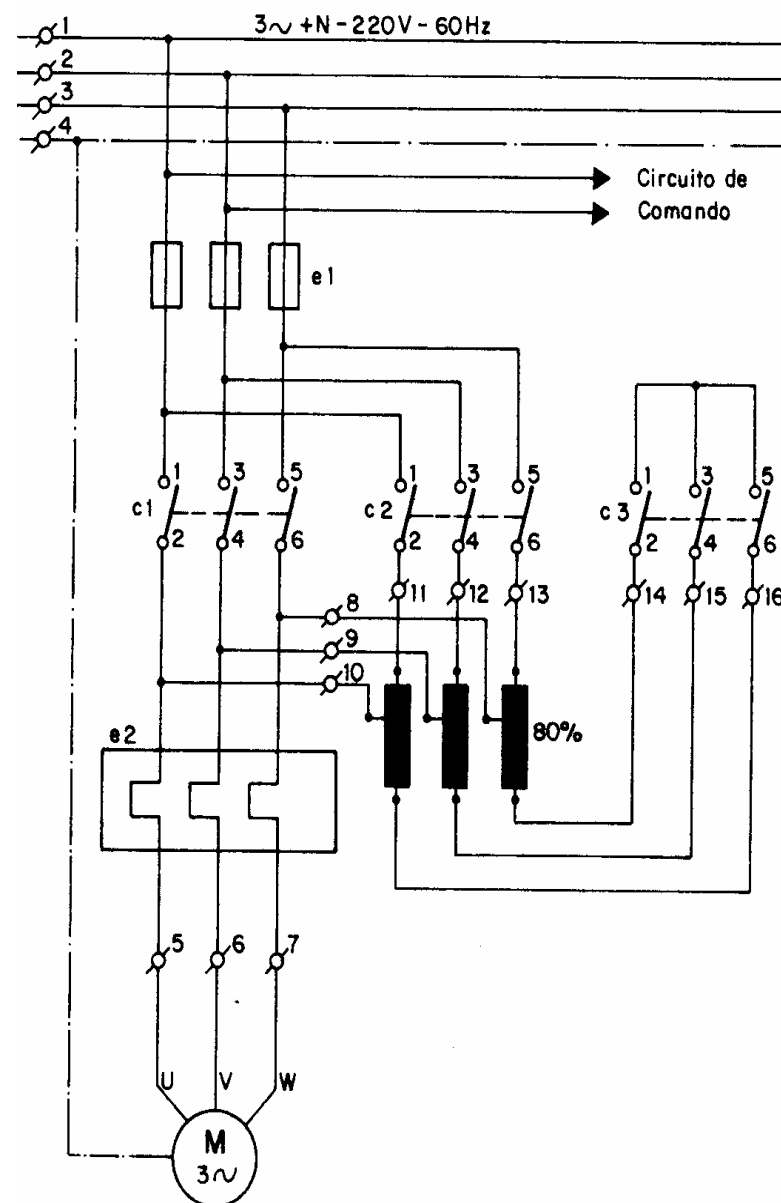
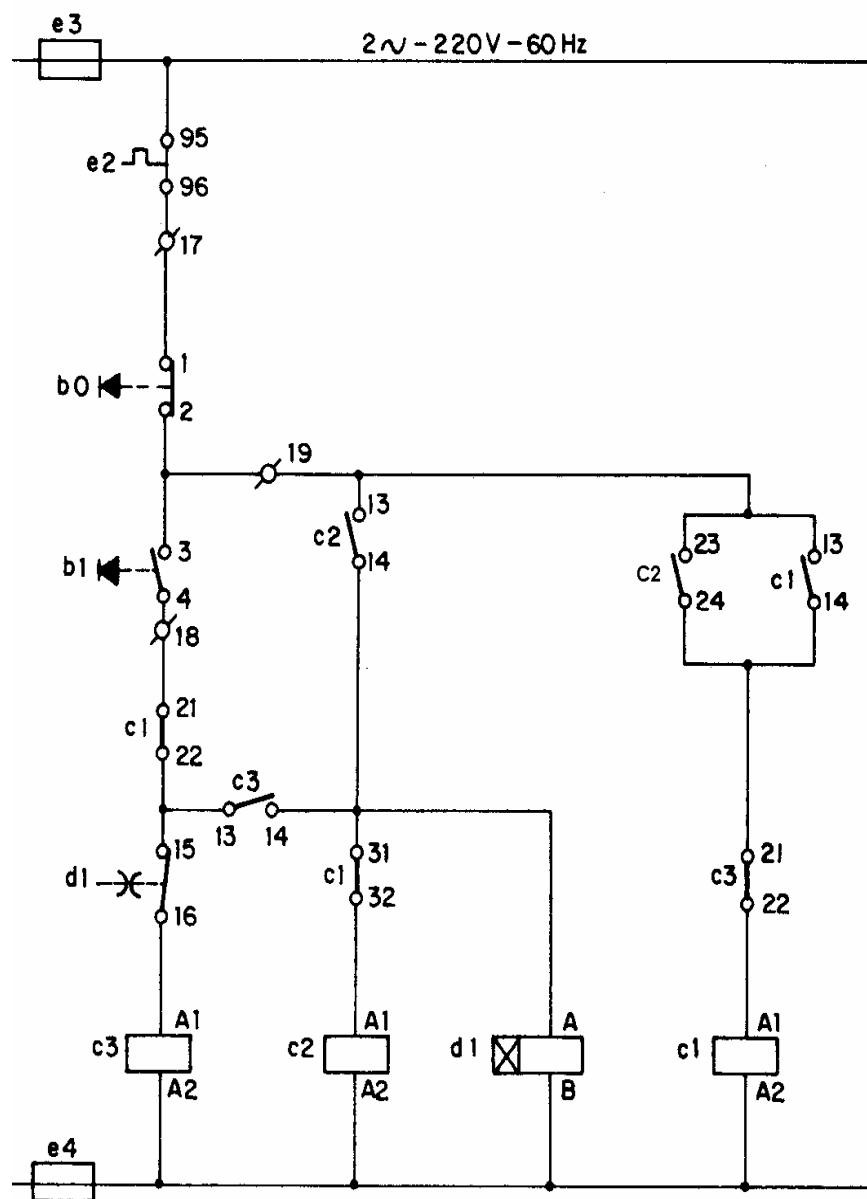
Comando para partida direta de motor elétrico trifásico, com frenagem por contra corrente.



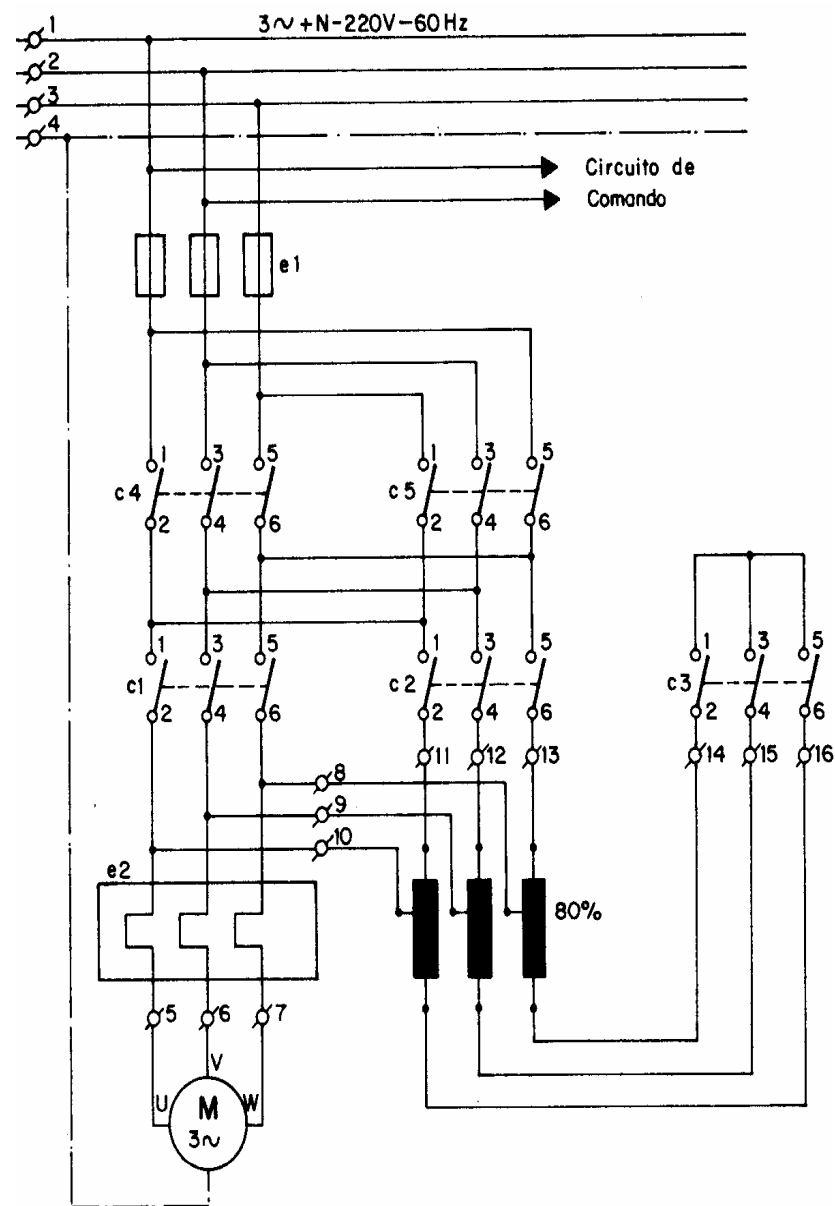
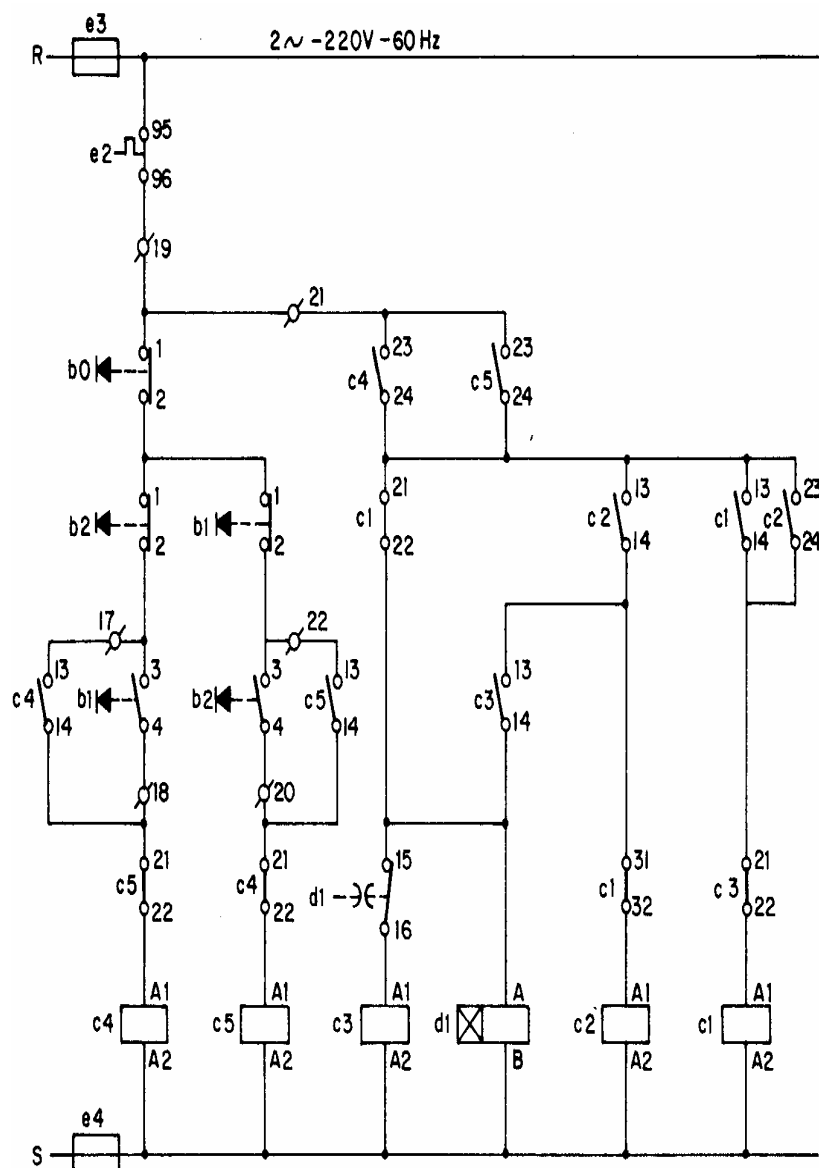
Comando para motor elétrico trifásico, com partida estrela triângulo.



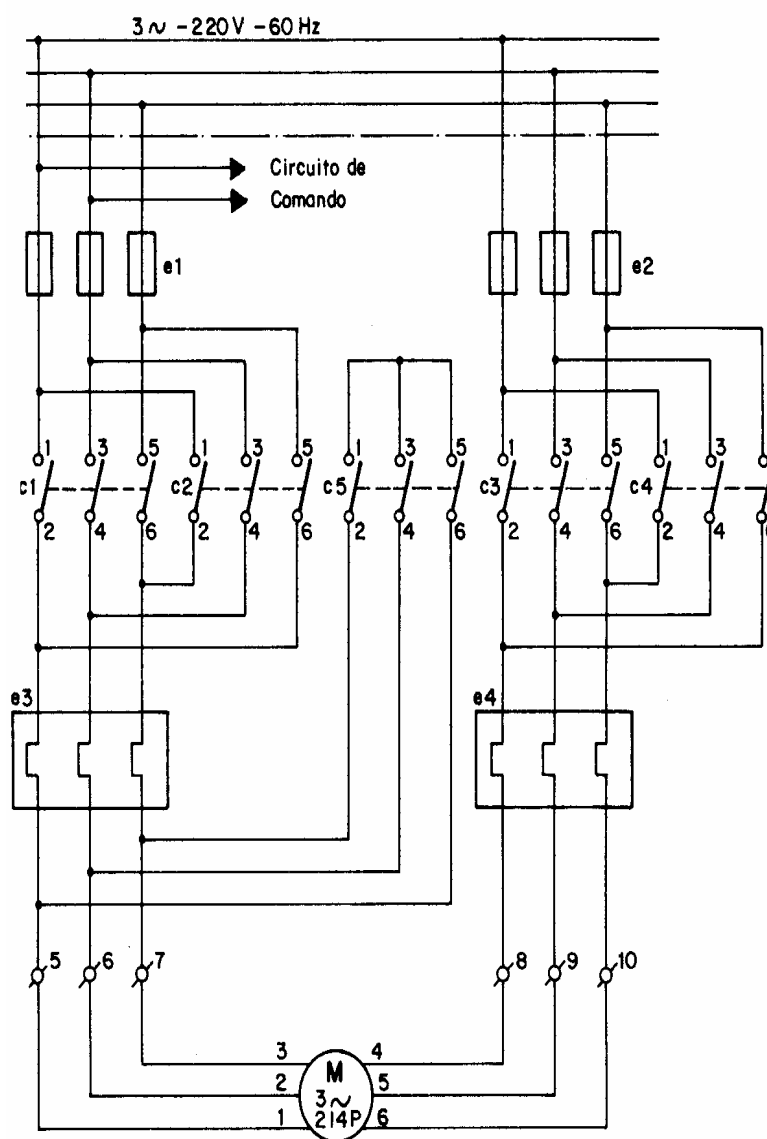
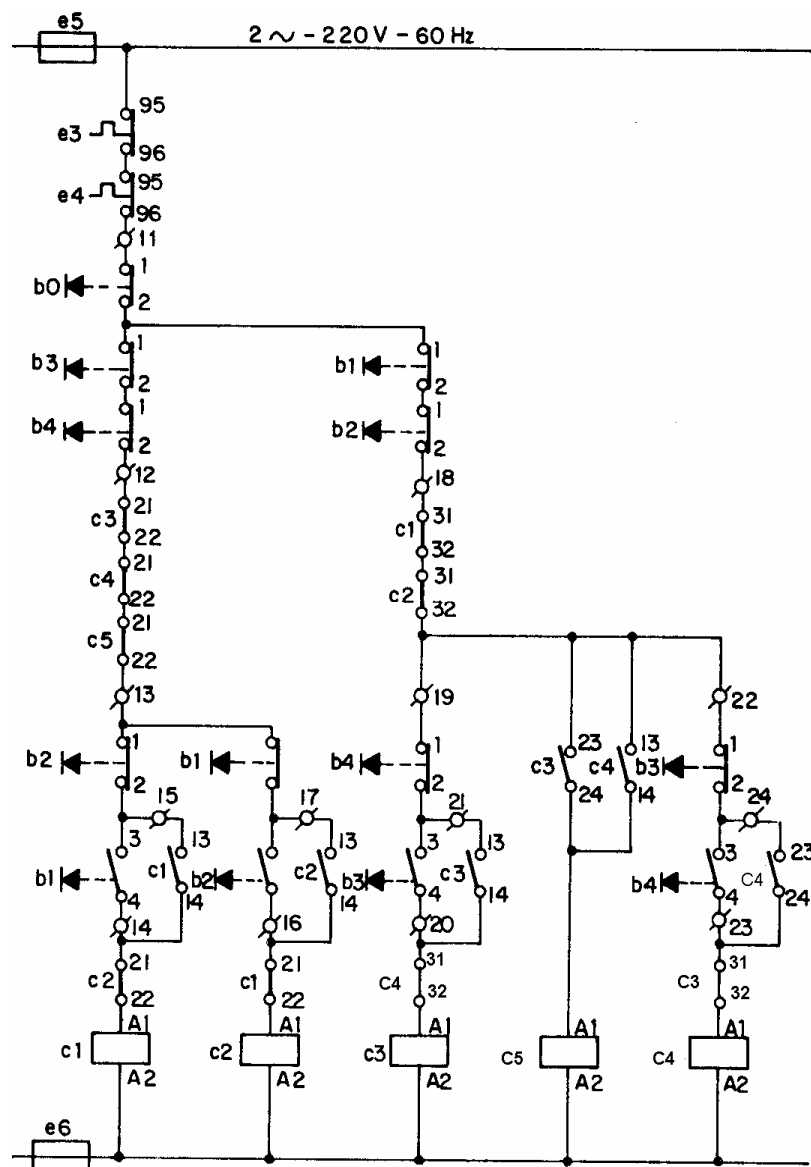
Comando para motor elétrico trifásico, partida estrela triangulo com reversão.



Comando para motor elétrico trifásico, com partida compensada por autotransformador



Comando para motor elétrico trifásico, com partida compensada por autotransformador e reversão.



Comando para motor elétrico trifásico, tipo dahlander, partida direta com reversão.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Norma Baixa Tensão REDE CEMAT.
2. Manual de Instalações Elétrica CESP / PIRELLI / PROCOBRE.
3. Informativo de Tabelas de Dimensionamento PIRELLI.
4. Instalações Elétricas Prediais - CARVALIN, GERALDO.
5. Comandos Elétricos - SACTES.
6. Manuais WEG.