

# TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

## ▶ MÓDULO II



## COMANDOS ELÉTRICOS



INEPROTEC





# INEPROTEC

INSTITUTO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE E TÉCNICO



(61) 3082- 0505 | [CONTATO@INEPROTEC.COM.BR](mailto:CONTATO@INEPROTEC.COM.BR)

[WWW.INEPROTEC.COM.BR](http://WWW.INEPROTEC.COM.BR)



Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja  
Recanto das Emas - Brasilia - DF  
CEP: 72.600-102

CNPJ nº 08.838.975/0001-03





# COMANDOS ELÉTRICOS

▶ MÓDULO II

TÉCNICO EM  
**ELETROTÉCNICA**





2020 - INEPROTEC

**Diretor Pedagógico:** Edilvo de Sousa Santos

**Diagramação:** Gabriel Araújo Galvão

**Capa:** Carlos Gadelha Júnior

**Projeto Gráfico:** Agência Santa

**Elaboração:** INEPROTEC

---

**Direitos Autorais:** É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

**Atualizações:** A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outrossim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.



Todos os direitos reservados à  
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli  
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja  
Recanto das Emas CEP 72600-102 - Brasília - DF  
E-mail: contato@ineprotec.com.br  
www.ineprotec.com.br

# Sumário

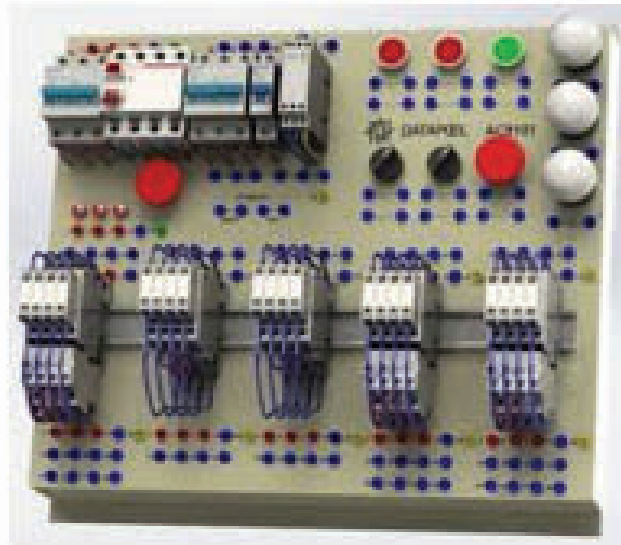
Introdução.....	07
Identificação de dispositivos utilizados em chaves magnéticas .....	07
Características de placa dos motores elétricos de indução .....	08
Modelo (MOD) .....	09
Frequência nominal (HZ) .....	09
Potência nominal (CV) .....	10
Tensão nominal (V) .....	10
Corrente nominal (A) .....	10
Velocidade nominal (RPM) .....	10
Fator de serviço (FS) .....	11
Categoria (CAT) .....	11
Classe de isolamento (ISOL) .....	12
Regime de serviço (REG) .....	12
Sistemas de ligação de motores elétricos .....	15
Dispositivos de comando e manobra para motores elétricos .....	19
Botoeira .....	19
Fabricante WEG .....	20
Contator.....	22
Corrente Alternada.....	22
Corrente Contínua .....	23
Relé de tempo .....	23
Relé de tempo para partida estrela-triângulo .....	24
Sensores de proximidade .....	25
Sensor de Proximidade Capacitivo .....	25
Sensor de Proximidade Indutivo .....	25
Sensor de Proximidade Fotoelétrico.....	26
Dispositivos de proteção para circuitos e motores elétricos.....	26

Relé bimetálico de sobrecarga.....	26
Fusível tipo “D” .....	27
Tampa.....	28
Fusível .....	28
Parafuso de ajuste .....	29
Anel de proteção .....	29
Base .....	29
Fusível tipo NH .....	30
Relé sequência de fase .....	31
Relé falta de fase .....	31
Relé de mínima e máxima tensão .....	31
Relé supervisorio .....	32
Disjuntor motor.....	32
Circuito de força.....	36
Circuito de comando .....	37
Funcionamento .....	37
Circuito de força partida direta com reversão .....	38
Circuito de comando partida direta com reversão.....	38
Funcionamento.....	39
Chave magnética para partida estrela-triângulo de motor elétrico trifásico .....	39
Circuito de força.....	41
Circuito de comando .....	41
Funcionamento.....	42
Chave magnética para partida compensadora de motor elétrico trifásico .....	44
Circuito de força .....	47
Circuito de comando .....	47
Funcionamento.....	48
Circuito de força de chave magnética para partida compensadora com reversão de rotação do motor trifásico ...	49

Chave magnética para partida série-paralela estrela de motor elétrico trifásico.....	49
Circuito de força .....	50
Circuito de comando .....	50
Funcionamento .....	50
Circuito de força .....	52
Circuito de comando .....	52
Funcionamento .....	53
Chave magnética para partidas consecutivas de motores elétricos trifásicos .....	53
Chave magnética para partida sequencial sem permanência de funcionamento dos motores elétricos .....	53
Circuito de força .....	54
Circuito de comando .....	54
Funcionamento .....	54
Chave magnética para partida sequencial com permanência de funcionamento dos motores elétricos .....	55
Circuito de força .....	55
Circuito de comando .....	56
Funcionamento .....	56
Chave magnética para frenagem por contra-corrente de motor elétrico trifásico.....	56
Circuito de força .....	57
Circuito de comando .....	57
Funcionamento.....	58
Chave magnética para frenagem por corrente retificada de motor elétrico trifásico .....	58
Circuito de força .....	59
Circuito de comando .....	60
Funcionamento .....	60
Chave magnética para moto-bomba trifásica .....	60
Circuito de força .....	61
CIRCUITO DE COMANDO .....	61
Funcionamento.....	62
Referências .....	63



## Introdução



Comandos elétricos utiliza circuitos onde os equipamentos elétricos têm a função de comandar e controlar o funcionamento de sistemas elétricos, principalmente motores elétricos. Estes tiveram início com os relés eletromecânicos, e depois evoluíram para os contatores e posteriormente nos dias atuais através dos controladores e chaves de controle eletrônico, como os conversores e inversores de frequência.

Um simples toque em um interruptor em nossa residência é um tipo de comando elétrico onde o seu funcionamento tem a ação do homem, mas temos também comando que não é necessária a intervenção do homem, como as lâmpadas da iluminação pública onde estas acendem e apagam sozinhas através do comando de uma fotocélula.

Os comandos elétricos são aplicados nas indústrias com a finalidade de controlar processos de produção. Dependendo da área de atuação da indústria pode-se trabalhar com comandos elétricos, hidráulicos e/ou pneumáticos.

Vemos que apesar da evolução tecnológica nesse ramo através de CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), conversores e inversores de frequência, que estão sendo utilizados pelas máquina industriais, ainda existe muito do "velho comandos elétricos" nestas máquinas.

Baseado na descrição acima é de suma importância um profissional da área eletroeletrônica conhecer fundamentos básicos em comandos elétricos.

Após estudo deste módulo teremos capacidade de conhecer os principais dispositivos de proteção, comando e manobra de chaves magnéticas, assim como interpretar e analisar os principais circuitos de comandos elétricos mais utilizados pelas indústrias.

## IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS UTILIZADOS EM CHAVES MAGNÉTICAS

Para realizar uma montagem e/ou instalação de um circuito de comandos elétricos de um determinado motor elétrico ou de um determinado processo de produção é necessário conhecermos

os principais dispositivos utilizados em chaves magnéticas para manobra e comando.

Conhecendo as principais características elétricas desses dispositivos, saberemos qual dispositivo é necessário para tal implementação.

Para se obter conhecimentos referentes aos principais dispositivos utilizados em chaves magnéticas é necessário atentarmos para os seguintes tópicos: Características de placa dos motores elétricos de indução; Dispositivos de manobra para motores elétricos e Dispositivos de proteção para circuitos e motores elétricos.

### CARACTERÍSTICAS DE PLACA DOS MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO

Conhecermos a placa de identificação dos motores elétricos é fundamental para sabermos os dados característicos nominais de funcionamento do motor. Os dados fornecidos pelos fabricantes são calculados e ensaiados para cada tipo de motor.

Ligar um motor não é tão simples como muitos técnicos pensam, se pararmos para analisar pode-se pensar:

- Que valor de tensão pode-se ligar um motor?
- Qual esquema de ligação correto de um motor, estrela ou triângulo?
- Pode-se ligar o motor ao tempo, sem nenhuma proteção contra chuva?

As respostas serão encontradas após análise dos dados contidos na placa de identificação do motor.

Pode-se dizer que a placa do motor é como se fosse a “identidade do motor”, por tanto os técnicos em eletroeletrônica devem procurar não só aprender as referências contidas nessa placa como tentar ao máximo conservá-la em bom estado para evitar problemas de identificação e/ou instalação do motor elétrico.

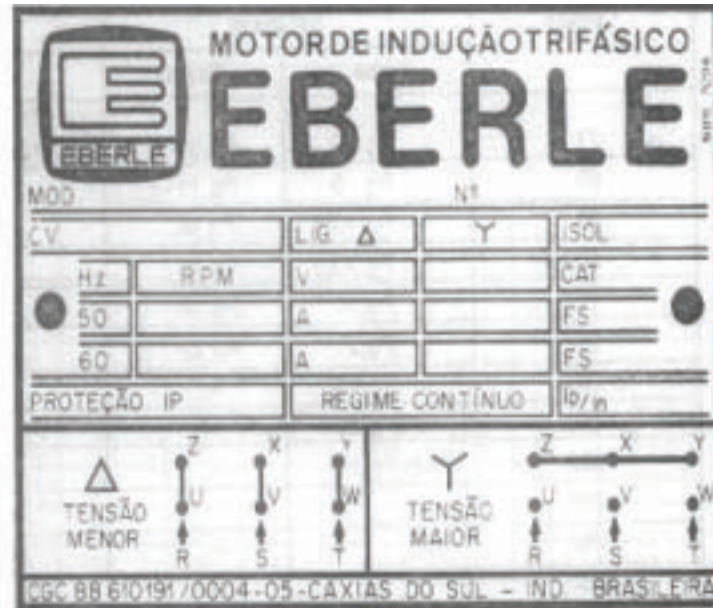
Os motores quando são construídos, estes são projetados pelos fabricantes para atender a certos valores, valores estes que podemos destacar:

1. Características nominais da rede elétrica de alimentação do motor;
2. Características da carga a qual o motor irá acionar;
3. Condições/ambientes em que o motor irá trabalhar.

Estes valores quando unidos em conjunto, tornam-se dados nominais de funcionamento do motor, representados pela placa de identificação do motor, esta é a maneira pela qual os fabricantes expressão essas informações. Esses dados sempre devem estar de forma legível ao usuário evitando assim leituras errôneas.

O material com qual é confeccionado a placa deve ser de material resistente ao ambiente de funcionamento evitando principalmente oxidação, como também deve ser fixada em parte do motor para que seja visualizada facilmente.

A norma que discrimina os dados que a placa deve apresentar é a NBR-7094. Veja a seguir figuras de placas de motores de alguns fabricantes:



A análise dos principais dados de placa veremos a seguir:

Nome do fabricante

Nome legível e em destaque da indústria fabricante do motor.

### Modelo (MOD)

Geralmente os fabricantes de motores elétricos identificam os seus modelos através de símbolos formados por letra e números. Cada um usa uma referência particular para representar o seu modelo de fabricação.

Com a referência do modelo em mãos e o nome do fabricante, pega-se a tabela desse dado fabricante e verifica-se maiores detalhes de construção do motor.

Os dados contidos nessas referências geralmente são altura, comprimento e formato da carcaça, se o motor possui flange ou não, em que posição deve ser fixado para funcionamento, entre outros.

A quantidade de dados fornecidos com referência a um determinado modelo depende de fabricante para fabricante.

### Frequência nominal (HZ)

É o valor de frequência para a qual o motor deve funcionar em regime nominal, ou seja, a qual foi projetado a funcionar.

Sabe-se que os valores padronizados de frequência a nível internacional são 50 e 60 Hz. A

frequência usada no Brasil de forma padrão é 60 Hz.

A NBR-7094 prescreve para que os motores funcionem de forma satisfatória, com uma faixa de variação de  $\pm 5\%$  da frequências nominal.

### Potência nominal (CV)

É a potência mecânica que o motor pode fornecer no eixo, dentro de suas características nominais, em regime contínuo de serviço.

O valor dessa potência está limitado pela elevação da temperatura no seu bobinado. Isto quer dizer que se o motor for levado a uma sobrecarga, e se essa sobrecarga for de valor excessivo, poderá vir a diminuir a vida útil do bobinado ou até mesmo provocar sua queima, caso o motor não tenha algum tipo de proteção contra sobrecarga.

### Tensão nominal (V)

É o valor de tensão da rede para a qual o motor foi projetado a funcionar dentro de suas características nominais.

Segundo a NBR-7094 para o motor funcionar de forma satisfatória à potência nominal, a variação de tensão deve ficar dentro de uma faixa de  $\pm 10\%$  do seu valor nominal.

### Corrente nominal (A)

É o valor de corrente elétrica que o motor absorve da rede de alimentação, quando este está sob tensão e frequências nominal e desenvolvendo potência nominal no seu eixo.

Vale informar que quanto maior a potência mecânica desenvolvida pelo motor, maior vai ser sua corrente nominal.

Quando de uma subtensão de alimentação do motor, esta passa a exigir da rede elétrica uma corrente maior para suprir a diminuição do valor de tensão, pois a potência elétrica é diretamente proporcional a tensão e a corrente e, para suprir essa diminuição de tensão e manter a potência constante a corrente exigida do motor sobe de valor. Nesse caso para que o motor não venha a danificar-se é necessário um dispositivo de proteção contra subtensão.

### Velocidade nominal (RPM)

É a velocidade que o motor apresenta quando este está fornecendo potência nominal e está sob tensão e frequências nominal.

A velocidade nominal do motor depende diretamente da velocidade síncrona e do escorregamento.

$$V_n = V_s \cdot \frac{(1 - s)}{100}$$

Onde,  $V_n$  = velocidade nominal do motor em rpm  $V_s$  = velocidade síncrona em rpm  $s$  = escorregamento em %

### Fator de serviço (FS)

É um fator multiplicador que aplicado a potência nominal do motor, indica a carga permitida que pode ser aplicada continuamente ao motor, sem aquecer de forma prejudicial ao motor.

Pode-se resumir como uma “potência de reserva” que o motor possui, onde está pode ser utilizada de forma contínua, desde que seja mantida a tensão e frequências nominal do motor.

Vale salientar que o fator de serviço não deve ser confundido como capacidade momentânea de sobrecarga, como muitos profissionais pensam.

Pegando um exemplo: tem-se um motor de 5 CV / 60 Hz / 380 V / 3~ e possui fator de serviço 1.15. Este motor pode ser usado em uma sobrecarga de até 15% de forma contínua desde que mantido 60 Hz e 380V, ou seja, o motor pode fornecer no seu eixo até 5,75CV sem aquecimento prejudicial.

### Categoria (CAT)

Referência que define os limites de conjugado máximo e de partida e de corrente de partida estipulados conforme a norma NBR-7094.

Conjugado, que também pode ser chamado de torque, é definido como a medida do esforço necessário para girar o eixo de uma máquina.

Conforme as suas características de conjugado em relação à velocidade e corrente de partida, os motores de indução trifásico com rotor gaiola são classificados em três categorias.

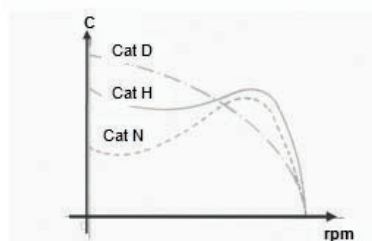
#### Estas categorias são definidas por:

**CATEGORIA N** – Motor com conjugado de partida normal, corrente de partida normal e baixo escorregamento. Referem-se a maioria dos motores encontrados no mercado e prestam-se ao acionamento de cargas normais como máquinas operatrizes e bombas.

**CATEGORIA H** – Motor com conjugado de partida alto, corrente de partida normal e baixo escorregamento. Utilizado em cargas que exigem alto conjugado na partida como carregadores, peneiras, cargas de alta inércia, transportadores, entre outros.

**CATEGORIA D** – Motor com conjugado de partida alto, corrente de partida normal e alto escorregamento (mais de 5%). Utilizado principalmente em prensas excêntricas onde a carga apresenta picos periódicos e, usados também em elevadores.

Abaixo na figura vemos o gráfico curvas conjugado x velocidades das diferentes categorias.



## Classe de isolamento (ISOL)

Define o limite de temperatura do conjunto de materiais isolantes empregados no enrolamento dos motores, que estes podem suportar continuamente sem a que sua vida útil seja diminuída.

Pela norma brasileira os limites de elevação de temperatura ( $\Delta t$ ) segue conforme tabela abaixo:

COMPOSIÇÃO DA TEMPERATURA EM FUNÇÃO DA CLASSE DE ISOLAMENTO						
Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Elevação de temperatura ( $\Delta t$ )	°C	60	75	80	100	125
Diferença entre o ponto mais quente e a carcaça	°C	5	5	10	15	15
Temperatura máxima suportada pelo isolamento	°C	105	120	130	155	180

Vale salientar que a vida útil de um motor depende de forma fundamental da isolação de seu bobinado. A isolação do motor pode ser afetada por ambientes corrosivos, pela umidade, vibrações constantes, porém vale salientar que o fator determinante é realmente a temperatura de operação que os materiais isolantes trabalham. Para se ter uma ideia, ultrapassar em 10°C a temperatura da isolação, segundo informações técnicas a vida útil do motor fica reduzida a sua metade.



## Regime de serviço (REG)

Indica a forma como o motor irá trabalhar de acordo com a necessidade da carga, isto é, quando este está em funcionamento abrangendo os intervalos a vazio, em repouso e desenergizado, bem como as suas durações e a sua sequência no tempo.

Geralmente os motores são projetados pelos fabricantes para operarem em regime contínuo.

A norma brasileira prescreve uma tabela para escolha do regime de trabalho do motor,

porém isso não quer dizer caso haja necessidade de algum motor com regime especial diferente da padronização não o obtenha. Será um motor de regime especial e conseqüentemente será mais caro que os de regime padronizado por norma.

A tabela a seguir os tipos de regime, o seu código e suas respectivas características.

TIPO DE REGIME	CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS DO REGIME EM RELAÇÃO À CARGA
Regime contínuo	S1	Funcionamento a carga constante, de duração suficiente para que alcance o equilíbrio térmico.
Regime de tempo limitado	S2	Funcionamento a carga constante, durante um certo tempo, inferior ao necessário para atingir o equilíbrio térmico.
Regime intermitente periódico	S3	Sequência de ciclos idênticos, cada qual incluindo um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se atinja o equilíbrio térmico durante um ciclo de regime e no qual a corrente de partida não afeta de modo significativo a elevação de temperatura.
Regime intermitente periódico com partidas	S4	Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curto, para que se atinja o equilíbrio térmico.
Regime intermitente periódico com frenagem por contracorrente	S5	Sequência de ciclos de regime idêntico, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica rápida e um período de repouso sendo tais períodos curtos para que se atinja o equilíbrio térmico.
Regime de funcionamento contínuo com carga intermitente	S6	Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e de um período de funcionamento vazio, não existindo o período de repouso.
Regime de funcionamento contínuo com frenagem por contracorrente	S7	Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, de um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem elétrica, não existindo o período de repouso.
Regime de funcionamento contínuo com mudança periódico na relação carga/velocidade do motor	S8	Sequência de ciclos de regime idênticos, cada ciclo consistindo de um período de partida e um período de funcionamento a carga constante, correspondendo a uma velocidade de rotação pré-determinada, seguidos de um mais período de funcionamento a outras cargas constantes, correspondentes a diferentes velocidades de rotação. Não existe o período de repouso.

Grau de proteção (IP) As carcaças dos motores elétricos são construídas de acordo com a necessidade de utilização, de modo a atender a proteção contra a penetração de corpos sólidos e líquidos prejudiciais ao motor.

O grau de proteção define justamente esse índice de proteção, definido pela norma brasileira NBR-6146. Esse índice/grau de proteção é representado pelas características IP seguidas por dois algarismos.

O 1º algarismo indica o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contatos acidentais de pessoas. Vejamos tabela a seguir:

Primeiro algarismo	
Algarismo	Indicação
0	Sem proteção
1	Proteção contra corpos estranhos sólidos acima de 50mm
2	Proteção contra corpos estranhos sólidos acima de 12mm
3	Proteção contra corpos estranhos sólidos acima de 2,5mm
4	Proteção contra corpos estranhos sólidos acima de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulo de poeiras nocivas ao motor
6	Totalmente protegido contra poeira

O 2º algarismo indica o grau de proteção contra a penetração de água no interior do motor. Vejamos tabela a seguir:

Segundo algarismo	
Algarismo	Indicação
0	Sem proteção
1	Proteção contra pingos de água na vertical
2	Proteção contra pingos de água até a inclinação de 15º com a vertical
3	Proteção contra água de chuva até a inclinação de 60º com a vertical
4	Proteção contra respingos de todas as direções
5	Proteção contra jatos de água de todas as direções
6	Proteção contra vagalhões
7	Proteção contra imersão temporária
8	Proteção contra imersão permanente



Pode-se combinar de diferentes maneiras os algarismos citados anteriormente, mas geralmente as combinações aplicadas na prática veremos na tabela que vem a seguir:

TABELA – GRAUS DE PROTEÇÃO			
Motor	1º algarismo		2º algarismo
Classe de proteção	Proteção contra contato	Proteção contra corpos sólidos	Proteção contra água
IP 11	Toque acidental com a mão	Corpos sólidos com dimensões acima de 50mm	Pingos de água na vertical
IP 12			Pingos de água até uma inclinação de 15º com a vertical
IP 13			Água de chuva com inclinação de até 60º com a vertical
IP 21	Toque com os dedos	Corpos sólidos com dimensões acima de 12mm	Pingos de água na vertical
IP 22			Pingos de água até uma inclinação de 15º com a vertical
IP 23			Água de chuva até uma inclinação de 60º com a vertical
IP 44	Toque com ferramentas	Corpos sólidos com dimensões acima de 1mm	Respingos de todas as direções
IP 54	Proteção completa contra choques	Proteção contra acúmulo de poeira nociva ao motor	Respingos de todas as direções
IP 55			Jatos de água de todas as direções

## SISTEMAS DE LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

Os tipos de ligações realizadas no enrolamento de motores elétricos são basicamente duas, a ligação triângulo ou a estrela.

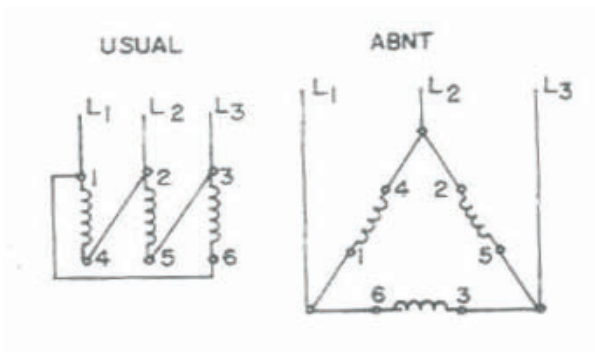
Os motores trifásicos mais utilizados em indústrias possuem geralmente 6 ou 12 terminais. Os motores que apresentam 6 terminais possuem normalmente 2 tensões nominais de placa para sua alimentação. Os que apresentam 12 terminais já possuem 4 tensões nominais de placa para alimentação.

É importante observar que a 1ª tensão apresentada na placa do motor, é a tensão máxima de trabalho para o qual o enrolamento do motor foi fabricado a suportar, ou seja, se um motor apresenta uma tensão de placa 220/380V, isto representa que o motor pode ser ligado nas duas tensões e que a tensão de

220V (que é a 1ª tensão de placa) é a tensão máxima que o enrolamento do motor suporta, caso o enrolamento seja energizado por uma tensão de valor maior, provavelmente o motor poderá a vir a danificar-se caso não haja alguma proteção elétrica.

Ligação de motor 3Ø ~ com tensão de placa 220/380V de 6 terminais:

A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 220V - 3Ø ~ deve ser feita em triângulo (  $\Delta$  ). Sabemos que na ligação triângulo a  $E_F = E_L$  (a tensão de fase é igual a tensão de linha), logo a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha e, como a tensão de linha é 220V, teremos sobre as bobinas 220V que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a funcionar. Veja figura a seguir:



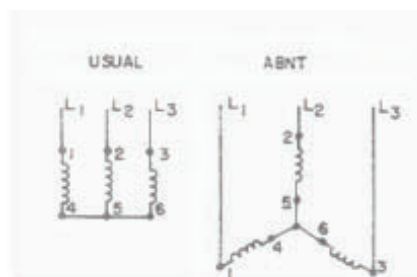
Logo para ligarmos o motor em triângulo teremos que realizar as seguintes interligações entre os terminais:

L1 - 1 - 6

L2 - 2 - 4

L3 - 3 - 5

A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 380V - 3Ø ~ deve ser feita em estrela ( Y ), pois a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha dividida por 1,73 (constante do sistema trifásico) e, como a tensão de linha é 380V, logo sobre as bobinas ficará aproximadamente 220V ( $380V \div 1,73 = \pm 220V$ ) que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a suportar. Veja figura a seguir:

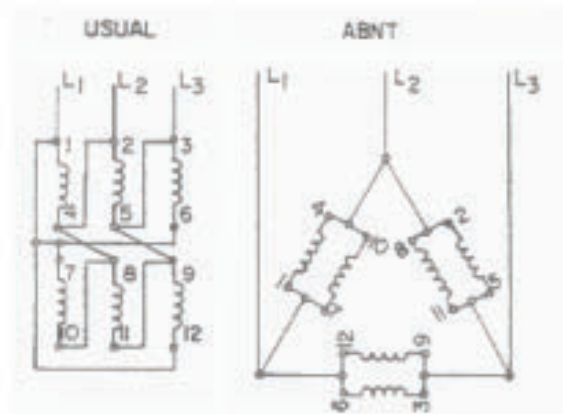


Logo para ligarmos o motor em estrela teremos que realizar as seguintes interligações entre os terminais:

- L1 - 1
- L2 - 2
- L3 - 3
- 4 - 5 - 6

Ligação de motor 3 $\emptyset$  ~ com tensão de placa 220/380/440/760V de 12 terminais:

A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 220V - 3 $\emptyset$  ~ deve ser feita em triângulo paralelo ( $\Delta \Delta$ ), pois a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha e, como a tensão de linha é 220V e as bobinas do enrolamento estão ligadas em paralelo (cargas ligadas em paralelo as tensões sobre estas são iguais), logo sobre estas teremos também 220V que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a suportar. Veja figura a seguir:

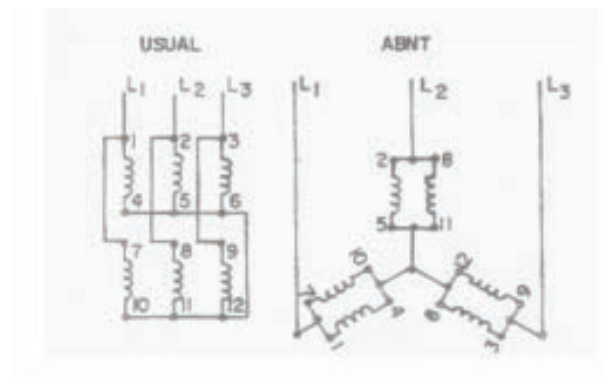


Logo para ligarmos o motor em triângulo paralelo teremos que realizar as seguintes interligações entre os terminais:

- L1 - 1 - 6 - 7 - 12
- L2 - 2 - 4 - 8 - 10
- L3 - 3 - 5 - 9 - 11

A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 380V - 3 $\emptyset$  ~ deve ser feita em estrela paralela (Y Y), pois a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha dividida por 1,73 (constante do sistema trifásico) e, como a tensão de linha é 380V e as bobinas do enrolamento estão ligadas em paralelo (cargas ligadas em paralelo as tensões sobre estas são iguais), logo sobre as bobinas ficará aproximadamente 220V (380V

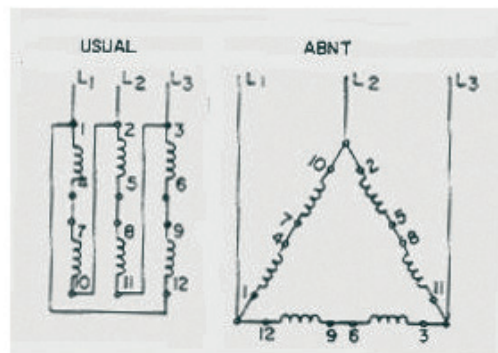
÷ 1,73 = ± 220V) que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a suportar. Veja figura a seguir:



Logo para ligarmos o motor em estrela paralelo teremos que realizar as seguintes interligações entre os terminais:

- L1 - 1 - 7
- L2 - 2 - 8
- L3 - 3 - 9
- 4 - 5 - 6 - 10 - 11 - 12

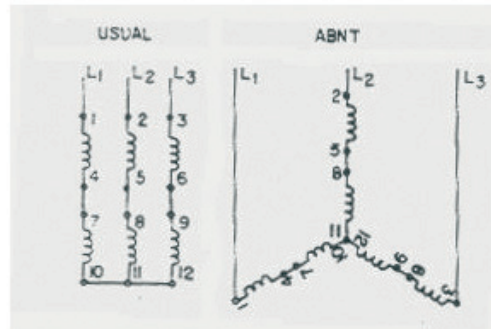
A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 440V - 3Ø ~ deve ser feita em triângulo série (Δ), pois a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha e, como a tensão de linha é 440V e as bobinas do enrolamento estão ligadas em série (cargas ligadas em série a tensão sobre estas se divide), logo sobre as bobinas teremos 220V (220V + 220v = 440V) que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a suportar. Veja figura a seguir:



Logo para ligarmos o motor em triângulo série teremos que realizar as seguintes interligações entre os terminais:

- L1 - 1 - 12
- L2 - 2 - 10
- L3 - 3 - 11
- 4 - 7
- 5 - 8
- 9 - 6

A ligação dos terminais do motor para uma rede de alimentação cuja tensão é de 760V - 3Ø ~ deve ser feita em estrela série (Y), pois a tensão que ficará sobre as bobinas é igual a tensão de linha dividida por 1,73 (constante do sistema trifásico) e, como a tensão de linha é 760V e as bobinas do enrolamento estão ligadas em série (cargas ligadas em série a tensão sobre estas se divide), logo sobre as bobinas ficará aproximadamente 220V ( $760V \div 1,73 = \pm 440V \blacktriangleright 220V + 220V = 440V$ ) que é tensão para qual o enrolamento foi projetado a suportar. Veja figura a seguir:



Logo para ligarmos o motor em estrela série teremos que realizar as seguinte interligações entre os terminais:

- L1 - 1 4 ----- 7
- 5 ----- 8
- 6 ----- 9
  
- L2 - 2
- L3 - 3
- 10 - 11 - 12

## DISPOSITIVOS DE COMANDO E MANOBRA PARA MOTORES ELÉTRICOS

Vários são os tipos de dispositivos usados em montagens e instalações de chaves magnéticas para partidas de motores elétricos. Estes podem ser de manobra, comando, acionamento, conexão e sensoriamento.

Conhecer e identificar os dispositivos de manobra e comando e, saber em que tipo de carga a ser aplicados, torna-se importante e é necessário o profissional da área eletroeletrônica absorver o máximo de informações sobre o citado conteúdo.

A seguir veremos os principais dispositivos utilizados para manobra, comando e proteção em montagens e instalações de chaves magnéticas para partidas de motores elétricos trifásicos.

### Botoeira

Dispositivo de comando onde sua função principal é ligar ou desligar a chave magnética. Geralmente estas são compostas de duas partes:

- Botão para botoeira ou cabeçote;
- Bloco de contatos.

Os tipos de botões ou cabeçotes são vários dependendo da aplicação, veremos a seguir os principais tipos de botões utilizados em circuitos de comandos elétricos:

**Botão normal:** botão utilizado em comandos elétricos em geral, é de longo curso evitando assim possibilidade de manobra acidental. Pode ser iluminado ou não.

### Fabricante WEG

**Botão saliente:** botão que torna mais rápido o acionamento, mas pode oferecer manobra acidental. Pode ser iluminado ou não.



**Botão soco ou cogumelo:** botão próprio para utilização em situações de emergência. Alguns modelos possuem trava e pode ser iluminado ou não.



**Comutador de posições ou seletores:** dispositivo seletor que mantém-se em uma posição fixa, que pode ser “ligado” ou “desligado”. Estes podem ter manopla curta ou longa e também pode ser iluminado ou não.



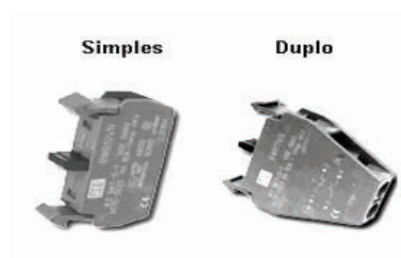
Comutador ou seletor com chave: dispositivo seletor com a finalidade para comando de circuitos onde a segurança é necessária ou onde somente quando a manobra deve ser realizada por pessoa autorizada.



Para cada cor do botão exige uma aplicação definida, é o que chamamos de código de cores aplicado aos botões. A seguir veremos uma tabela aplicada as cores dos botões:

CÓDIGO DE CORES	APLICAÇÃO PARA BOTÕES
Vermelho	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para desligar</li> <li>- Desliga emergência</li> </ul>
Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partida normal</li> <li>- Por em marcha</li> </ul>
Preto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partida normal</li> <li>- Ligar</li> </ul>
Amarelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partida de retrocesso fora das condições normais</li> <li>- Partida de um movimento para evitar condições de perigo</li> </ul>
Branco	- Para qualquer função para a qual as outras cores não tem validade
Azul	- Para qualquer função para a qual as outras cores não tem validade

Os blocos de contatos possuem contatos "NA" chamados de fechadores e/ou contatos "NF" chamados de abridores. O número de contatos depende da aplicação e do modelo dos fabricantes. Geralmente esses contatos podem ser simples ou duplos.



## CONTATOR

O contator é um dispositivo de manobra eletromecânico, cujo acionamento é feito magneticamente através de uma bobina, permitindo acionar grandes intensidades de corrente (circuito de força/potência), auxiliado por um circuito de intensidade de corrente baixa (circuito auxiliar/comando).

Entre as várias partes que compõem o contator pode-se destacar a carcaça, parte que alojar todos os componentes, a bobina, que gera o campo magnético e faz a atração do núcleo móvel, o núcleo magnético, composto pelo núcleo fixo e móvel responsável pelo deslocamento abertura e fechamento dos contatos e o jogo de contatos formado por contatos "NF" (normalmente fechado) e por contatos "NA" (normalmente aberto).

Quando da energização da bobina do contator os contatos "NF" abrem-se e os contatos "NA" fecham-se, permanecendo neste estágio enquanto o a bobina do contator estiver energizado. Voltando ao seu estágio inicial, ou seja, fechando-se e abrindo-se respectivamente somente após desenergização do contator.

Vários são os modelos fornecidos pelos fabricantes, mas dependendo da finalidade, estes podem ser praticamente definidos em dois grandes grupos:

- Contatores de potência
- Contatores auxiliares

Quanto ao tipo de corrente de acionamento do contator, esta pode ser alternada ou contínua e, o valor de tensão depende do modelo e do fabricante.

A seguir veremos duas tabelas onde estas mostrarão as categorias de utilização dos contatores com relação ao tipo de carga a ser acionada:

### Corrente Alternada

	AC-1	Cargas resistivas ou fracamente indutivas; fornos de resistência.
	AC-2	Partida de motores com rotor bobinado com interrupção na partida e na corrente nominal.
Contator de Potência	AC-3	Partida de motores com rotor em curto-circuito com interrupção na corrente nominal.
	AC-4	Partida de motores com reversão e serviço intermitente.
Contator Auxiliar	AC-11	Manobra de circuitos auxiliares.
	AC-15	



## Corrente Contínua

Contator de Potência	DC-1	Cargas resistivas ou fracamente indutivas; fornos de resistência.
	DC-2	Partida de motores de derivação com interrupção de corrente nominal.
	DC-3	Partida de motores de derivação com reversão e serviço intermitente.
	DC-4	Partida de motores série com interrupção de corrente nominal.
	DC-5	Partida de motores série com reversão e serviço intermitente.

Contatores de potência são dimensionados a suportarem correntes de intensidades geralmente altas requeridas pelas cargas a serem acionadas. Estes contatores possuem contatos que serão ligados ao circuito de força da chave magnética, os quais são chamados de contatos de principais ou de potência. Possuem também contatos que serão ligados ao circuito de comando, os quais são chamados de contatos auxiliares ou de comando. O número de contatos auxiliares depende do modelo e do fabricante.

A seguir ver-se alguns tipos de contatores de potência:



Contatores auxiliares são utilizados somente em circuitos de comandos e quando é necessário a utilização de um número de contatos auxiliares superior aos existentes no contator de potência. Possuem somente contatos auxiliares, não possuindo contatos de potência. O número de contatos auxiliares depende do modelo e do fabricante.

## RELÉ DE TEMPO

Relé de tempo é um dispositivo de acionamento temporizado, geralmente utilizado para controle de tempos de curta duração.

Quanto ao tipo de acionamento deste, pode ser eletrônico ou pneumático. O de acionamento eletrônico pode-se considerar mais preciso com relação ao ajuste de tempo e partidas consecutivas do que o pneumático, face os resquícios de ar que ficam dentro deste temporizador

após várias partidas consecutivas, tirando assim sua precisão.

Com relação ao funcionamento este dispositivo pode ser:

**Relé de tempo com retardo na energização:** este tipo de relé após ser alimentado/energizado somente comuta seus contatos decorrido o tempo pré-ajustado no seu dial. Seus contatos continuam comutados até o relé ser desalimentado/desenergizado.

É aplicado principalmente em sequenciamento de comandos, interrupções e chaves compensadoras.

**Relé de tempo com retardo na desenergização:** este tipo de relé tem seu funcionamento praticamente inverso com relação ao citado anteriormente. Quando este é alimentado/energizado, automaticamente comuta seus contatos, ou seja, o(s) seu(s) contato(s) "NA" fecham-se e os "NF" abrem-se. Estes continuam comutados enquanto o relé estiver sendo alimentado. Quando este é desalimentado/desenergizado começa a contar o tempo pré-ajustado no seu dial e, depois de decorrido o tempo os seus contatos voltam ao estado inicial ou de repouso, ou seja, os contatos "NA" voltam a se abrirem e os "NF" voltam a se fecharem.

Aplicado também em sequenciamento de comando e interrupções.

A seguir ver-se alguns modelos de relé de tempo:



### Relé de tempo para partida estrela-triângulo

Dispositivo de temporização utilizado especialmente em partidas estrela triângulo. Possui dois contatos comutadores, um estrela e outro triângulo, os quais realizam a comutação da ligação estrela para a ligação triângulo do motor. O seu funcionamento é o seguinte: depois de decorrido o tempo de comutação pré-ajustado, o contato estrela comuta desligando o centro de estrela do motor através da chave magnética e somente após decorrido aproximadamente 30 a 40ms é que o contato de triângulo muda de posição ligando o motor em triângulo. A finalidade desse retardo na comutação de um estágio para o outro é para evitar curto-circuito na chave magnética no momento de transição da ligação estrela para triângulo. Veja modelo a seguir:



## SENSORES DE PROXIMIDADE

Os sensores são dispositivos de comando bastante utilizados em chaves magnéticas de máquinas industriais e, atuam pela aproximação de um objeto sem nenhum contato físico ou mecânico.

Estes apresentam um funcionamento silencioso, sem choques ou vibrações internas. Face não apresentarem contatos mecânicos, possuem durante sua vida útil um ponto constante de acionamento.

Quanto a sua utilização, estes são empregados principalmente nas seguintes situações:

- Inexistência de força de acionamento disponível;
- Necessidade de alta frequência de acionamento;
- Necessidade de longa vida útil;
- O ambiente contém grande quantidade de poeiras.

Os principais tipos de sensores de proximidade empregados são os capacitivos, indutivos e fotoelétricos.

### Sensor de Proximidade Capacitivo:

Esses tipos de sensores atuam pela aproximação de líquidos, granulados ou corpos metálicos a sua superfície ativa.

Sua constituição interna em nível de circuito eletrônico é formada basicamente por um circuito oscilador (capacitor/bobina), que ao aproximar uma substância – seja líquida, granulados, vidros ou metais – na sua superfície ativa, altera-se sua capacitância face a variação das características de seu dielétrico. Esta variação atua no seu circuito eletrônico fazendo com que este atue no circuito elétrico que está inserido. Veja modelos a seguir:



### Sensor de Proximidade Indutivo

Os sensores indutivos atuam somente pela aproximação de algum metal a sua superfície ativa, alterando assim as suas características indutivas.

O seu circuito eletrônico interno também é basicamente constituído de um oscilador que cria um campo magnético de alta frequência, que ao aproximar algum metal da sua superfície ativa,

este provoca um aumento ou redução da indutância, provocando seu acionamento. A seguir veja alguns modelos:



### Sensor de Proximidade Fotoelétrico:

Os sensores de proximidade fotoelétricos são sensores que atuam pela interrupção de um feixe de luz, o qual incide sobre seu elemento foto-sensível.

Esses sensores são constituídos basicamente de um emissor e de um receptor, onde o emissor emite o feixe luminoso com a finalidade de ativar o elemento foto-sensível e, este dispositivo dependendo do tipo pode apresentar luz visível ou infravermelha. Já o receptor possui um circuito eletrônico que quando houver a interrupção do feixe de luz, este é acionado. Veja a seguir alguns modelos:



## DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO PARA CIRCUITOS E MOTORES ELÉTRICOS

A proteção contra defeitos e/ou falhas elétricas em circuitos é fundamental para evitar perdas humanas e/ou materiais.

Quem trabalha na área eletroeletrônica sabe a importância dos dispositivos que asseguram a proteção contra essas falhas, conhecer estes dispositivos, saber sua atuação e a que tipo de falha e/ou defeito protegem, torna um conhecimento fundamental e necessário para quem trabalha nessa área.

Veremos a seguir os principais dispositivos de proteção utilizados em montagens e instalações de chaves magnéticas para partida de motores elétricos trifásicos.

### Relé bimetálico de sobrecarga

Relé bimetálico de sobrecarga é um dispositivo de segurança que protege o motor contra sobrecarga, protege também contra falta de fase, principalmente se o motor estiver funcionando a

carga nominal.

O princípio de funcionamento baseia-se na dilatação térmica dos metais. Duas lâminas de coeficiente de dilatação térmica são ligadas através de solda, sob pressão ou eletroliticamente. Quando aquecidas estas se dilatam diferentemente.

As lâminas se curvam e esta curvatura é usada para comutar a posição de um contato "NF" conhecido como "interruptor do relé térmico de sobrecarga". A abertura deste contato, que é ligado ao circuito de comando, faz com que a chave magnética desligue e pare o motor que está ligada a esta. Também neste tipo de relé, geralmente vem um contato "NA" que é utilizado para sinalização sonora ou visual indicando anomalia no motor.

Após resfriamento dessas lâminas o relé permite um rearme manual ou automático dependendo da posição do botão de rearme. Este também possui um dial no qual pode-se ajustar a corrente que provocará a atuação do relé.

Geralmente o relé deve ser ajustado para a corrente nominal da carga a ser protegida, por exemplo, um motor.

A seguir ver-se alguns modelos de relés térmicos de sobrecarga:



### Fusível tipo "D"

Dispositivo de segurança que quando usado em circuitos alimentadores de motores, protege estes contra curto-circuito e também contra sobrecargas de longa duração.

O fusível tipo "D" é um dos elementos que compõe a segurança tipo "D".

A segurança tipo "D" é composta basicamente de cinco elementos:

A tampa, o fusível, o parafuso de ajuste, o anel de proteção e a base.

Veja figura a seguir:



## Tampa

Elemento dotado de um visor que permite a inspeção visual das condições do fusível (se este está com o elo fusível inteiro ou não). Permite também a troca do fusível com o circuito sob tensão. Vale salientar que não se deve trocar fusível com a carga em funcionamento, face a corrente presente no circuito e que esta provoca arco elétrico que dependendo da intensidade da corrente este arco pode provocar sérios acidentes ao técnico profissional.



## Fusível

Elemento que internamente possui um elo fusível (o qual se funde com a corrente de curto-circuito) imerso em uma areia especial de quartzo de fina granulação, com a finalidade de diminuir o arco voltaico evitando assim uma provável explosão no caso da queima do fusível. Esse fusível geralmente é fabricado em uma faixa que vai de 2A até 100A.



Na parte de baixo do fusível existe um indicador (espoleta) que indica a queima do elo fusível. Quando esta queima a espoleta saca fora e fica no visor da tampa. O indicador ou “espoleta” é distinguido por cor, para cada capacidade de amperagem existe uma cor padrão para a “espoleta”.

A seguir veremos uma tabela onde mostra a cor correspondente a cada amperagem do fusível:

Capacidade do fusível	Código de cor da espoleta
2A	Rosa
4A	Marrom
6A	Verde
10A	Vermelha
16A	Cinza
20A	Azul
25A	Amarela
35A	Preta
50A	Branca
63A	Cobre
80A	Prata
100A	Vermelha

Existem dois tipos de fusíveis quanto à forma de atuação, o fusível de ação retardada e o de ação rápida.

Os fusíveis de ação retardada suportam os aumentos súbitos da corrente de partida dos motores elétricos. Essa ação retardada é conseguida com o aumento da massa do elemento condutor no ponto de ruptura do elo fusível.

Este tipo de fusível é utilizado em cargas indutivas.

Os fusíveis de ação rápida são utilizados em circuitos onde não ocorre uma variação considerável de corrente entre o momento de partida e o de regime normal de trabalho. É utilizado em cargas resistivas e circuitos eletrônicos de máquinas.

### Parafuso de ajuste

Elemento construído de acordo com a corrente nominal do fusível, não permitindo a montagem de fusíveis de maior corrente que a permitida. Realiza o contato elétrico entre o fusível e a base. Os parafusos de ajustes vêm também padronizados por um código de cor e, obedece à mesma tabela do código de cor da espoleta do fusível.



### Anel de proteção

Elemento que tem como finalidade básica isolar a rosca metálica da base, evitando prováveis choques elétricos acidentais durante trocas de fusíveis.



### Base

Elemento onde sustenta e reúne todos os outros elementos da segurança. Estas podem ser abertas ou fechadas quanto a proteção e quanto a fixação pode ser a parafusos ou de fixação rápida através de suporte.



Para colocar e retirar o parafuso de ajuste usa-se um acessório chamado de chave para parafuso de ajuste de fusível tipo "D". Veja figura a seguir:



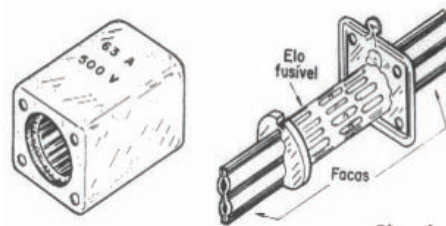
### Fusível tipo NH

Tem a mesma finalidade do fusível tipo "D", proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas de longa duração com relação ao motor elétrico. A diferença deste está com relação a sua capacidade de condução de corrente elétrica, o fusível NH é fabricado desde 6A até 1600A, uma gama bem maior que o do fusível tipo "D".

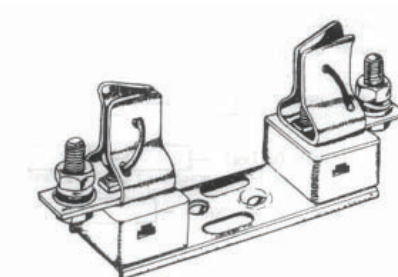
Este fusível é composto basicamente de dois elementos, o próprio fusível NH e a base. Veja figura a seguir:



O fusível NH é composto pelo corpo de porcelana, onde fica gravadas as características elétricas do fusível, pelo elo fusível, componente fabricado de ligas especiais que se funde ao ser percorrido pela corrente de curto-circuito ou sobrecarga de longa duração, pelas facas, que são fabricadas geralmente de cobre e fazem o contato de fechamento e abertura do circuito e pelo dispositivo indicador (espoleta), que desprende-se quando da ruptura do ele fusível (quando o fusível queima-se). Veja figuras a seguir:



A base do fusível NH é o elemento que sustenta o fusível e possui garras apropriadas para fixação deste. Veja figura a seguir:





Para retirar e colocar o fusível NH de sua base, usa-se um acessório chamado “punho” ou chave “saca fusível NH”. Veja figura a seguir:



### Relé sequência de fase

Dispositivo de proteção que monitora e protege o motor trifásico contra inversão de fases que possam vir acontecer no sistema elétrico de alimentação. Aplicado especialmente em máquinas que não podem ocorrer inversão de rotação em seus motores, face danificar-se de forma irreversível.

Veja modelo a seguir:



### Relé falta de fase

Dispositivo de proteção que monitora e protege o motor trifásico contra falta de fase do sistema elétrico. Normalmente é fornecido com um tempo de retardado de aproximadamente 5s para desligamento, evitando assim que venha a operar desnecessariamente no momento de partida do motor, que devido sua alta corrente de partida, pode provocar na rede quedas de tensão maiores que a programada no dispositivo para atuação. Veja modelo a seguir:

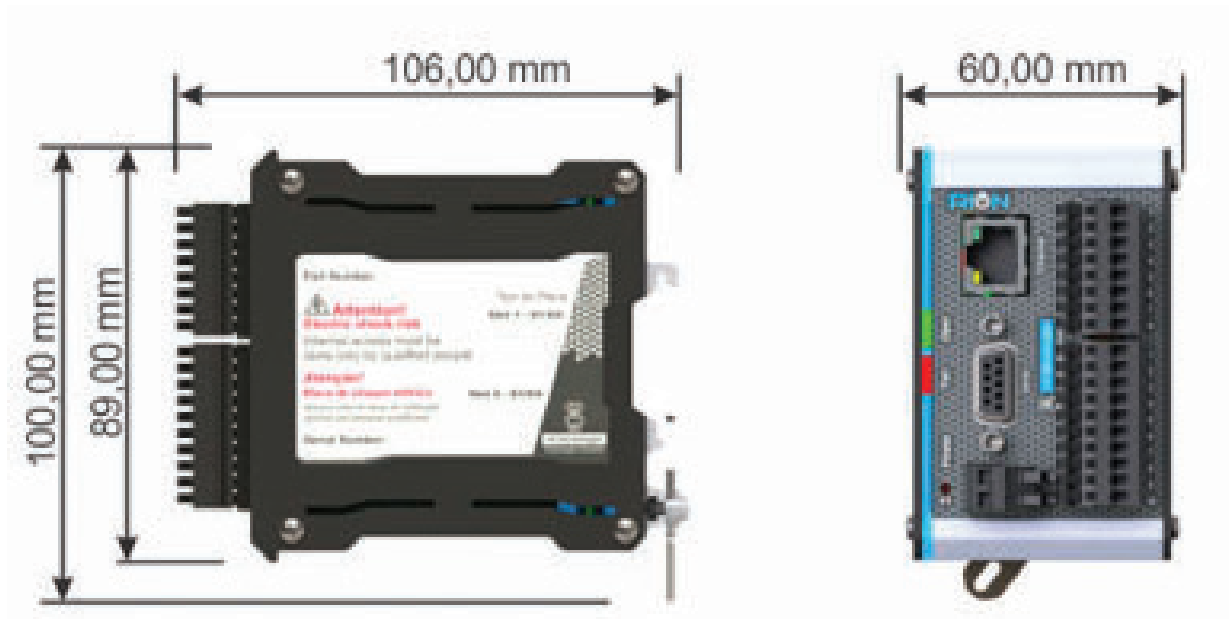
### Relé de mínima e máxima tensão

Dispositivo de proteção utilizado na supervisão de redes de alimentação de motores elétrico. Quando da variação de tensão da rede além dos limites préfixados, este atua e protege a carga. Possui dois diais no qual regula-se o valor mínimo e máximo permitido para variação de tensão. Veja modelo a seguir:



## Relé supervisorío

Dispositivo de proteção que supervisiona e protege o motor elétrico contra sub e sobretensão, inversão de fase e falta de fase ao mesmo tempo. Veja modelo a seguir:



## Disjuntor motor


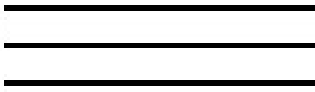


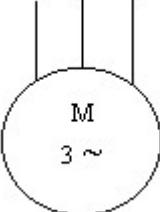

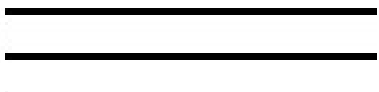


Dispositivo de proteção tripolar que protege o motor contra curtos-circuitos e sobrecargas. Este tipo de disjuntor diferencia-se dos outros modelos tripolares, por possuir dial de ajuste de corrente de sobrecarga e, como acessórios alguns modelos dependendo do fabricante podem ter contatos auxiliares e bobina de subtensão.

Veja modelos a seguir:



A seguir veremos as ilustrações simbólicas multifilar dos principais dispositivos usados em montagens e instalações de chaves magnéticas para partida de motores elétricos trifásicos.

DISPOSITIVOS	SIMBOLOGIAS
Botoeira abridora (NF)	
Botoeira fechadora (NA)	
Botoeira dupla (1NF + 1NA)	
Contator tripolar/potência	
Contator auxiliar	
Relé térmico de sobrecarga	
Bobina de contator	
Contato abridor (NF)	
Contato fechador (NA)	

Sinalizador visual	
Aterramento	
Linha alimentação trifásica	<b>R</b>  <b>S</b> <b>T</b>
Relé de tempo com retardo na energização	
Relé de tempo com retardo na desenergização	
Motor trifásico	
Sinalizador visual	
Aterramento	
Linha alimentação trifásica	<b>R</b>  <b>S</b> <b>T</b>
Relé de tempo com retardo na energização	
Relé de tempo com retardo na desenergização	

Interpretação de circuitos de chaves magnéticas vários são os circuitos de comandos elétricos para chaves magnéticas, iremos nos deter aos mais utilizados pelas indústrias para partidas de motores elétricos trifásicos em máquinas industriais.

Saber interpretar um circuito de comandos elétricos, como funciona, qual a finalidade de tal circuito, torna esse conhecimento imprescindível ao técnico da área eletroeletrônica.

Para obtermos esse conhecimento iremos atentar para as seguintes chaves magnéticas para partida de motores elétricos de indução trifásico: Partida direta, estrela-triângulo, série-paralela, compensadora, partida consecutiva, comutação polar para motor Dahlander, frenagem por contracorrente e corrente retificada, moto-bomba trifásica.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

A partida de um motor trifásico tipo gaiola deve ser direta (a plena tensão), sempre que possível por meio de um dispositivo de manobra geralmente um contator.

Na indústria, a partida direta é um dos métodos mais utilizados nas partidas dos motores elétricos.

Porém este método de partida exige da rede elétrica uma corrente muito elevada, podendo chegar de 5 a 8 vezes o valor da corrente nominal do motor, o que pode ocasionar quedas de tensão na rede de alimentação, vindo a prejudicar o funcionamento de alguns equipamentos eletrônicos mais sensíveis.

Geralmente no caso da instalação de baixa tensão as concessionárias exigem que motor com potência até 5CV para partida direta.

O método de partida direta de motor exige da rede elétrica uma corrente muito elevada, podendo chegar de 5 a 8 vezes o valor da corrente nominal do motor, pois o mesmo é ligado diretamente a rede de alimentação sendo alimentado com tensão nominal.

Podemos relacionar a seguir as vantagens e desvantagens deste método:

### VANTAGENS:

- Alto conjugado de partida;
- Aceleração rápida;
- O motor pode partir com carga;
- Simplicidade no aparato da partida (chave magnética).

### DESVANTAGENS:

- Alta corrente na partida (5 a 8 vezes a corrente nominal);
- Stress elétrico e mecânico;
- Sobredimensionamento dos condutores.

Geralmente no caso da instalação de baixa tensão as concessionárias exigem que motor com potência até 5CV para partida direta.

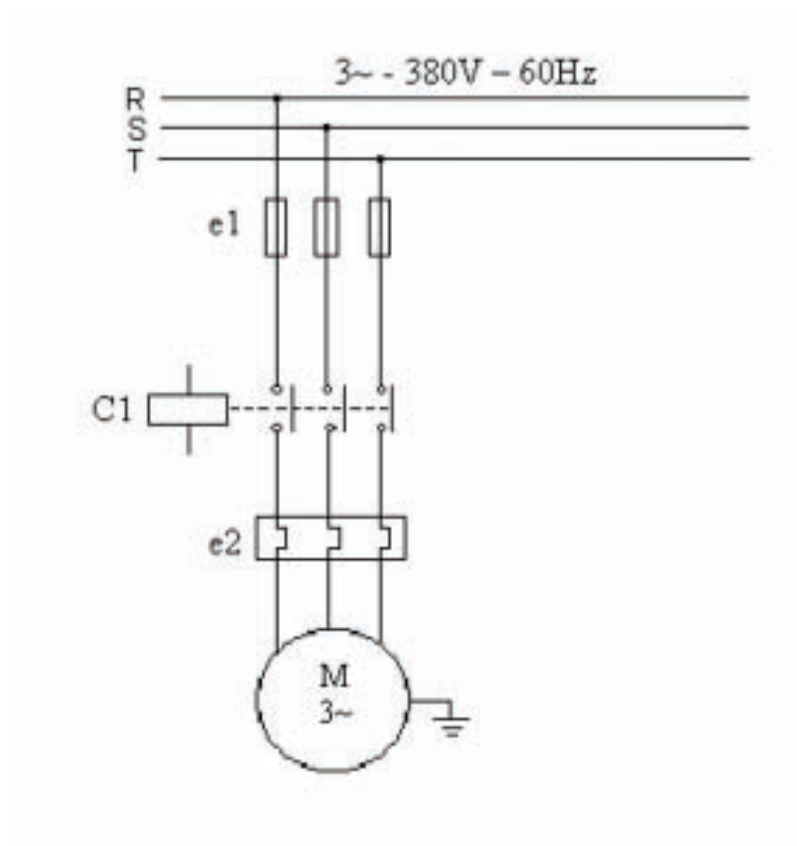
Os esquemas de ligações são importantes, face através destes poder-se realizar uma análise e interpretação de um circuito elétrico.

É importante que saibamos interpretar o funcionamento, o tipo e as características elétricas de uma chave magnética. Para isso usa dois tipos de circuitos: o circuito de força ou principal e o circuito de comando ou auxiliar. Estes dois tipos de circuitos são empregados em qualquer tipo de chave magnética para partida de motores elétricos.

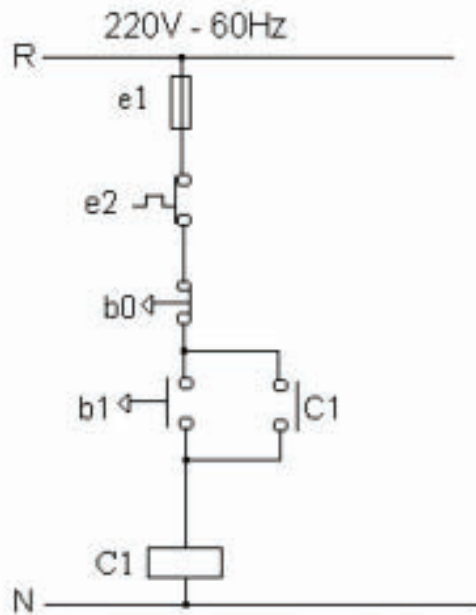
Como já foi comentado, no circuito de força estão alocados os elementos que interferem diretamente na alimentação do motor, ou seja, elementos pelos quais circula a corrente de alimentação do motor. Já o circuito de comando, estão alocados os elementos que atuam indiretamente na abertura e fechamento do circuito de alimentação do motor, quer em condições normais ou anormais de funcionamento.

Veremos a seguir os esquemas do circuito de força e comando sem reversão:

### CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



## Funcionamento

**Ligar**

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando a bobina do contator C1. Nesse momento todos os contatos NA fecham-se e todos os contatos NF abrem-se simultaneamente do contator. Os contatos de força fecham-se e alimentam o motor dando partida a este.

O contato auxiliar de C1 (NA) em paralelo com a botoeira b1 também se fecha com a finalidade de reter a bobina de C1 em funcionamento após despressionada a botoeira b1. Este contato é denominado de contato de “selo” ou “retenção”, pois é ele quem mantém a bobina de C1 energizada após despressionarmos a botoeira liga b1.

**Desligar**

Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se e a bobina do contator é desalimentada voltando os contatos ao estado de “repouso”, isto é, todos os contatos NA voltam a abrir e os NF voltam a fechar, conseqüentemente desalimentando o motor.

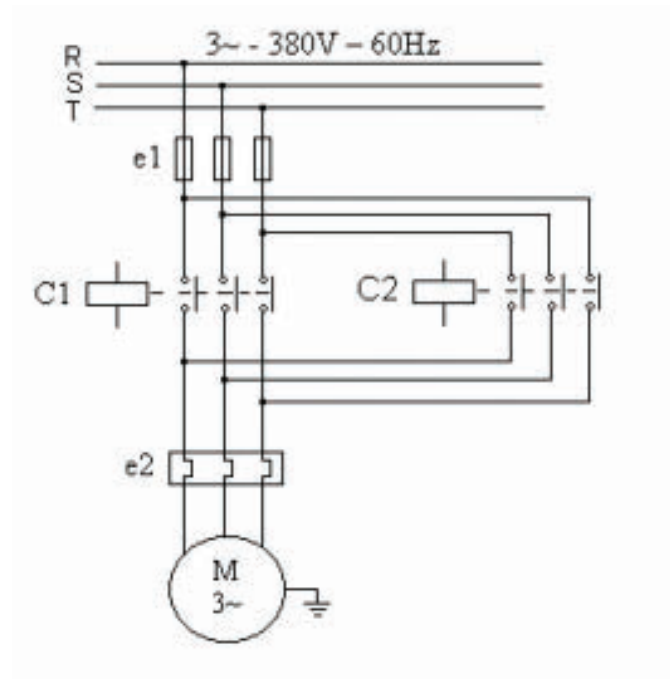
**OBSERVAÇÃO:** Observe no circuito de força que os elementos bimetálicos do relé de sobrecarga estão inseridos, é através destes que a corrente de alimentação do motor passa, ou seja, caso passe sobre estes alguma corrente de valor acima da ajustada, esses se curvam e mecanicamente fecha o contato NA e abre o NF (conhecido como “interruptor do relé térmico”).

O contato NF está inserido no circuito de comando e é ele quem desliga a chave magnética por anomalia de sobrecarga, pois este interromperá a corrente que alimenta a bobina do contator.

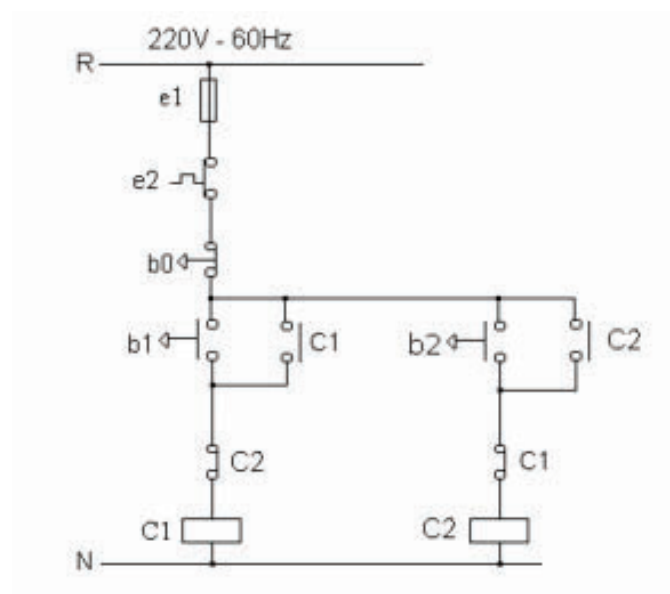
O fusível de comando é de menor capacidade que os fusíveis de força, haja vista que este geralmente protege somente as bobinas dos contatores e relés.

A partida direta também pode ser utilizada com reversão do sentido de rotação do motor elétrico, veja circuitos a seguir:

### CIRCUITO DE FORÇA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO



### CIRCUITO DE COMANDO PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO





## Funcionamento

### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando a bobina do contator C1. Nesse momento todos os contatos NA's fecham-se e todos os contatos NF's abrem-se simultaneamente desse contator. Os contatos de força fecham-se e alimentam o motor dando partida a este em um determinado sentido - horário ou anti-horário.

O contato auxiliar de C1 (NA) em paralelo com a botoeira b1 também se fecha com a finalidade de reter a bobina de C1 em funcionamento após despressionada a botoeira b1. Como já sabemos este contato é denominado de contato de "selo" ou "retenção", pois é ele quem mantém a bobina de C1 energizada após despressionarmos a botoeira liga b1.

O contato auxiliar de C1 em série com a bobina do contator C2 abre-se intertravando eletricamente o contator C2, ou seja, o contator C2 não energizará enquanto C1 estiver em funcionamento. A finalidade desse intertravamento é evitar curto circuito, pois se ambos contadores energizarem ao mesmo tempo haverá um curto circuito trifásico.

Para inverter o sentido de rotação do motor, pressiona-se a botoeira b0, que desliga o contator C1 conseqüentemente o motor. Após o motor parar pressiona-se a botoeira b2 que energizará o contator C2 e este inverterá 2 (duas) fases na entrada da alimentação do motor, fazendo-o inverter de sentido de rotação. Observe que este contator também intertrava o outro contator com a mesma finalidade de segurança.

OBS: Este circuito que acabamos de ver quanto a sua funcionalidade é conhecido como circuito de reversão simples, pois o mesmo só permite a reversão da rotação do motor se pressionarmos a botoeira b0 "desliga". Existe outro tipo de circuito chamado de reversão instantânea onde para inverter a rotação do motor não necessariamente precisa pressionar a botoeira b0, para isso basta inserir um contato NF das botoeiras b1 e b2 em série com os contatos NF's de C2 e C1 respectivamente no circuito de comando da chave.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

A partida estrela-triângulo é utilizada para amenizar quedas de tensões na rede de alimentação, reduzindo a corrente de partida dos motores de indução elétricos C.A trifásicos.

É um dos métodos mais utilizados para partida com tensão reduzida dos motores elétricos C.A industriais.

A partida direta de um motor de indução trifásico tipo gaiola como já se sabe exige da rede de alimentação uma corrente bastante elevada, que dependendo da potência do motor, essa pode ocasionar quedas de tensões na rede de alimentação, interferindo em equipamentos eletrônicos sensíveis.

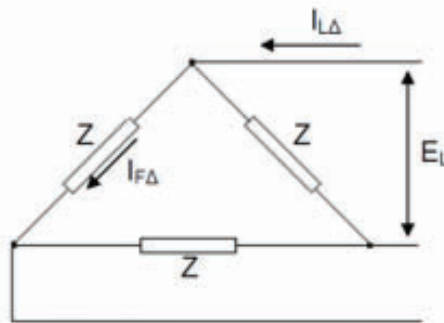
Os motores de indução trifásico que possuem no mínimo 6 terminais de acesso podem ser ligados a rede de alimentação tanto em estrela como em triângulo. Quando ligamos em estrela, a tensão de fase no enrolamento é  $1 \rightarrow 1,73$  ou aproximadamente 57,8% do valor da tensão de linha.

Logo usando uma chave magnética é possível partir o motor em estrela com pouco mais da metade de sua tensão nominal aplicada a cada bobina e logo após ligá-lo em triângulo com toda

a tensão de linha.

Nesse caso como a tensão de alimentação diminui sobre as bobinas do motor, a corrente de partida ficará reduzida a 1/3, vejamos explicação a seguir:

**Na ligação triângulo temos:**



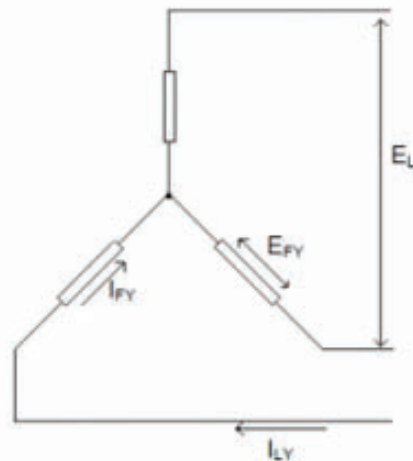
$E_L$  = Tensão de linha  
 $I_{L\Delta}$  = Corrente de linha em triângulo  
 $I_{F\Delta}$  = Corrente de fase em triângulo  
 $Z$  = Impedância (bobinado do motor)  
 $I_{P\Delta}$  = Corrente de partida em triângulo

$$I_{F\Delta} = \frac{E_L}{Z}$$

$$I_{L\Delta} = 1,73 \times I_{F\Delta}$$

$$I_{P\Delta} = \frac{I_P}{I_N} \times (1,73 \times I_{F\Delta}) = \frac{I_P}{I_N} \times 1,73 \times \frac{E_L}{Z}$$

**Na ligação estrela temos:**



$E_L$  = Tensão de linha  
 $E_{FY}$  = Tensão de fase em estrela  
 $I_{LY}$  = Corrente de linha em estrela  
 $I_{FY}$  = Corrente de fase em estrela  
 $Z$  = Impedância (bobinado do motor)  
 $I_{PY}$  = Corrente de partida em estrela

Como o conjugado de partida do motor varia com a tensão aplicada por fase, e o motor partindo em estrela, este fica reduzido à mesma proporção, ou seja, o conjugado de partida também é reduzido. Isso é indesejável, pois se motor na partida estiver sob condições severas de carga, este parta com dificuldade ou mesmo não chegue a partir como desejado. Por outro lado, se o motor arranca sem carga, como no caso de algumas máquinas-ferramentas, a redução de conjugado na

partida pode não causar sérios problemas e a partida estrelatriângulo pode torna-se vantajosa.

Pode-se fazer um comparativo entre as vantagens e desvantagens da aplicação da partida estrela-triângulo:

#### VANTAGENS:

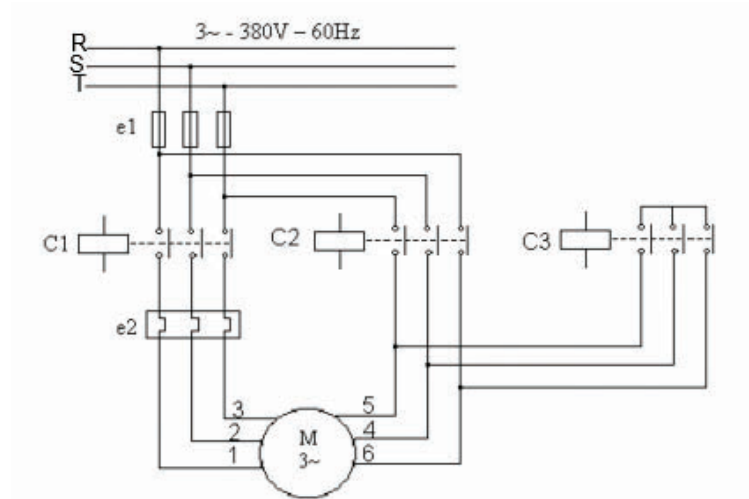
- Baixa corrente de partida;
- Reduz o stress elétrico e mecânico do motor;
- Redução de custos com cabos;
- Os componentes da chave magnética ocupam pouco espaço;
- Permite elevado número de manobras;
- Muito utilizada face ao seu baixo custo;

#### DESVANTAGENS:

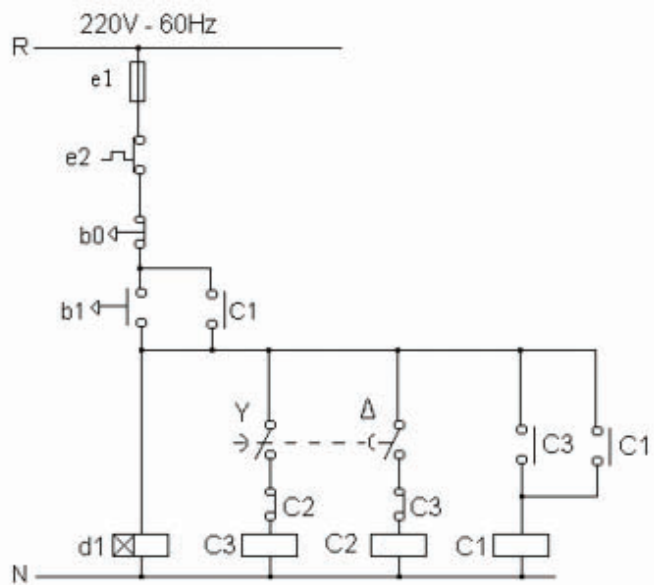
- Baixo conjugado na partida;
- Normalmente a partida deve ser sem carga;
- Aplicada somente em motores que possuam no mínimo 6 terminais;
- A tensão da rede deve coincidir com a tensão em triângulo de placa do motor;
- Ajuste preciso de tempo de comutação de estrela para triângulo (caso o motor não atinja pelo menos 90% de sua velocidade nominal, o pico de corrente na comutação de estrela para triângulo será quase como se fosse uma partida direta, o que torna prejudicial aos contatos dos contatores e não traz nenhuma vantagem para a rede elétrica).

Veremos a seguir os esquemas do circuito de força e comando:

### CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



### Funcionamento

#### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o relé de tempo estrela-triângulo, que fecha automaticamente seu contato NA "estrela" que está em série com a bobina do contator C3 energizando-o. Nesse momento os seus contatos de força fecham-se, bem como o contato de comando NA que está em série com a bobina do contator C1. O contator C1 também energiza e parte o motor em estrela reduzindo a 1/3 a corrente de partida, chama-se esse momento de regime de partida.

No circuito de força o contator C3 interliga o centro de estrela e C1 alimenta o motor. Os dois contatos NA de C1 no circuito de comando tem a finalidade de retenção, mantém d1, C3 e C1 energizados após despressionada a botoeira b1. A função do contato NF de C3 em série com a bobina de C2 e o contato NF de C2 em série com a bobina de C3, é de intertravamento elétrico, ou seja, segurança; C3 não energizará enquanto C2 estiver energizado e vice-versa. Evitando assim curto-circuito elétrico no circuito de força, haja vista que se por algum problema C2 e C3 energizarem juntos, haverá curto-circuito entre as três fases (analise o circuito de força).

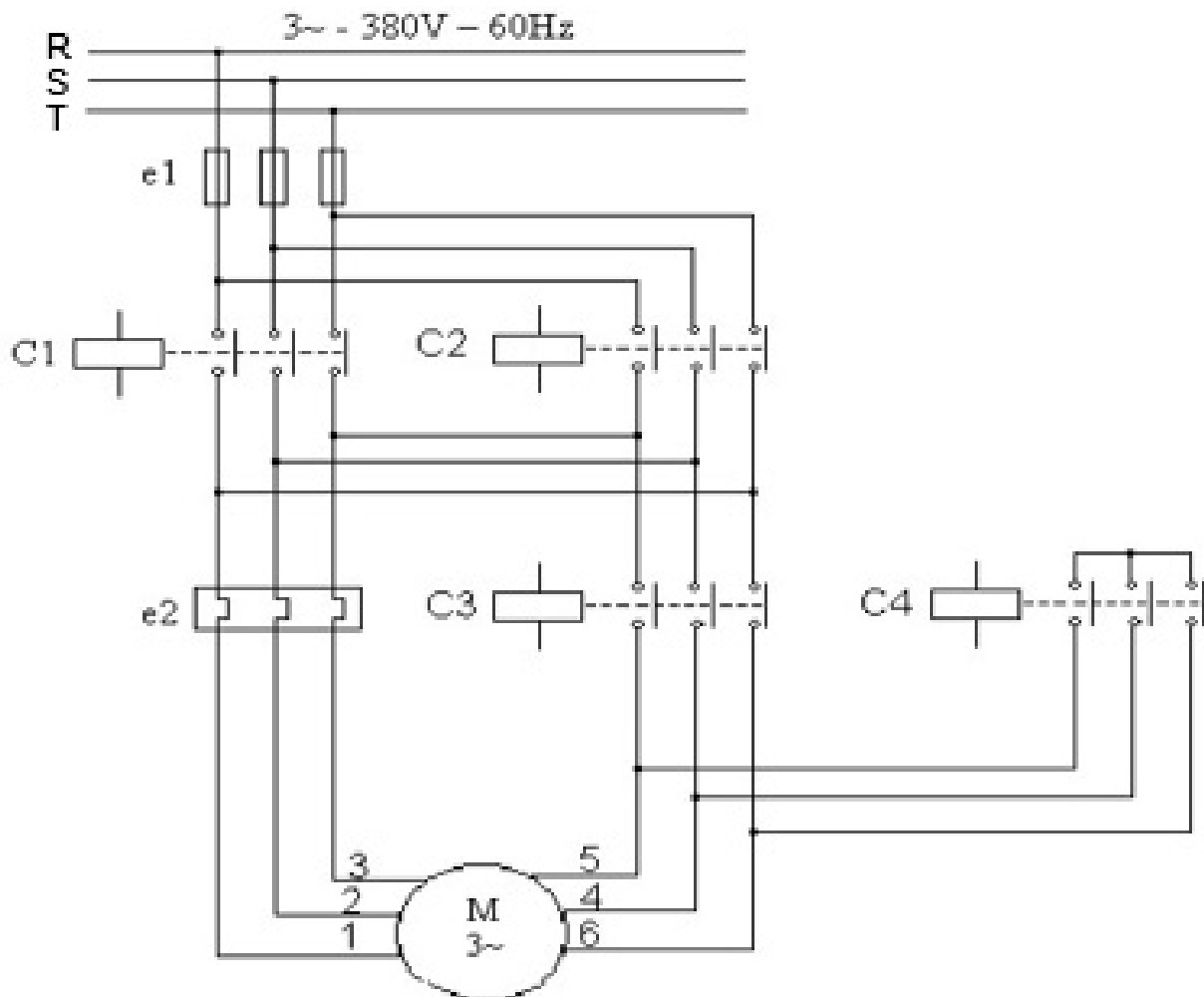
Decorrido o tempo pré-ajustado no relé, este abre seu contato "estrela" desligando C3, conseqüentemente abrindo o centro de estrela do motor no circuito de força e após decorrido aproximadamente 30 a 40ms (tempo suficiente para extinguir o arco voltaico entre os contatos de força do contator C3) fecha o contato NA "triângulo" energizando o contator C2, que interliga o motor em triângulo (R-1-6; S-2-4 e T-3-5). Desse momento em diante o motor fica alimentado com tensão nominal e desenvolvendo potência nominal, ou seja, fica em regime de trabalho.

**Desligar**

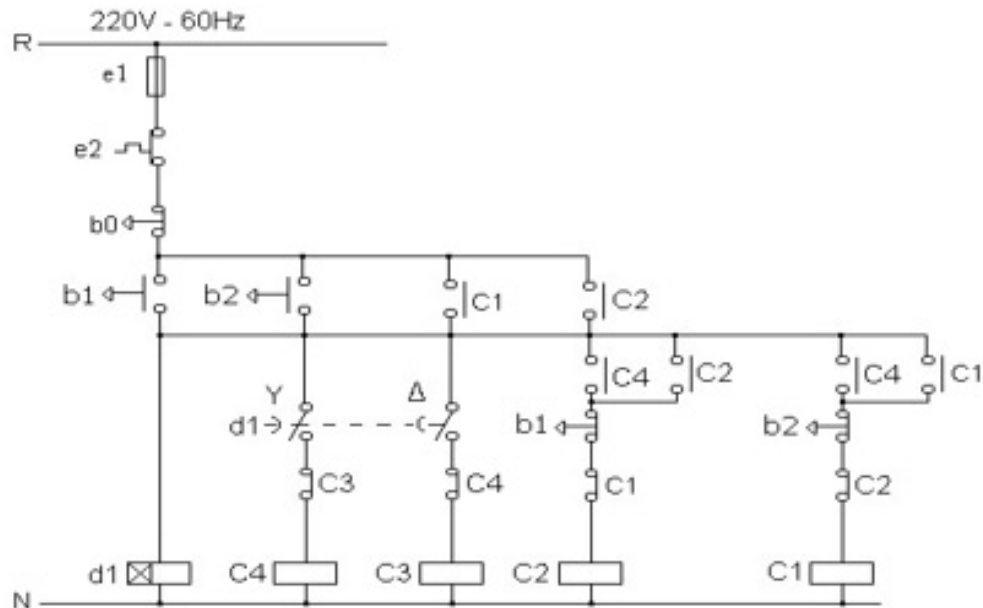
Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se e as bobinas dos contadores C1, C2 e do relé d1 são desalimentadas voltando os seus contatos ao estado de "repouso", conseqüentemente todos os contatos NA voltam a abrir e os NF voltam a fechar, desalimentando o motor.

OBSERVAÇÃO: A chave magnética para partida estrela-triângulo, apesar de menos usada, pode ser com reversão de rotação do motor. Veja circuitos a seguir:

- Circuito de força de chave magnética para partida estrela-triângulo com reversão de rotação do motor trifásico



Circuito de comando de chave magnética para partida estrela-triângulo com reversão de rotação do motor trifásico



Veja sequência de funcionamento da chave:

- 1º sentido de rotação:

Ligação Estrela – b1 → d1 → C4 → C1

Ligação Triângulo – d1 → C1 → C3

- 2º sentido de rotação:

Ligação Estrela – b2 → d1 → C4 → C2

Ligação Triângulo – d1 → C2 → C3

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADORA DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

A partida compensada automática é também outro método utilizado para amenizar quedas de tensões na rede de alimentação, reduzindo a corrente de partida dos motores de indução elétricos trifásicos.

É um método menos utilizado se comparado com a partida estrela-triângulo para partida com tensão reduzida de motores elétricos industriais.

Os motores de indução elétricos C.A nesse tipo de partida, utilizam geralmente um autotransformador com taps comerciais de 50%, 65% e 80%, com a finalidade de reduzir a corrente de partida do motor.

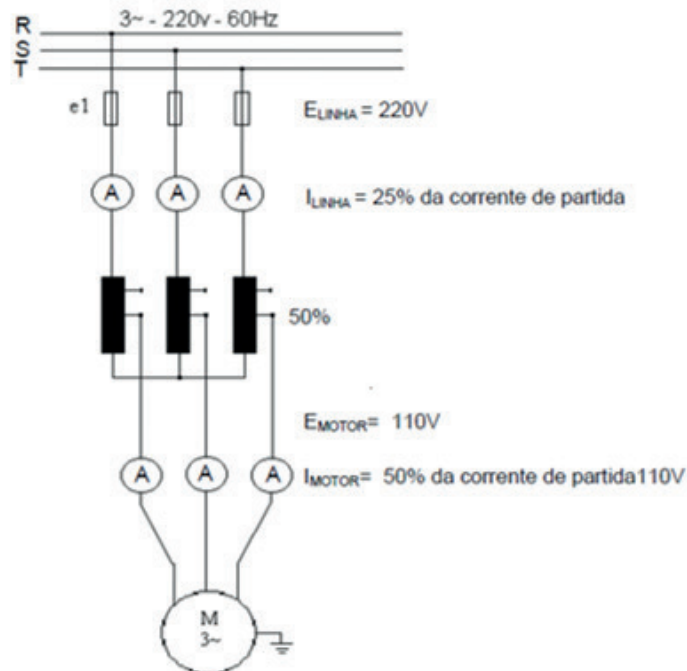
O autotransformador é usado somente durante a partida e quando o motor atinge aproximadamente 90% de sua velocidade nominal, esse é desligado e o motor é ligado diretamente a rede de alimentação, ficando alimentado com tensão nominal de funcionamento.

O autotransformador age de duas maneiras para reduzir a corrente solicitada a linha:

1. Reduz a corrente de partida do motor pela redução de tensão;
2. Pela relação de espiras do transformador, na qual a corrente de linha primária é menor que a corrente secundária exigida pelo motor.

Uma vez que a relação de espiras representa também a relação de tensões, a corrente de linha exigida na partida do motor é reduzida por tanto, pelo quadrado da relação de espiras. Para entender melhor observe exemplo a seguir:

- Um motor ligado a uma rede elétrica trifásica de 220V / 60Hz, absorve 100A da rede na partida direta de um motor, se usarmos um autotransformador com o tap de 50% para alimentar esse motor, acontecerá o seguinte:



Se o motor absorve uma corrente de 100A da rede durante a partida direta, observando a figura anterior, deduz-se que nos terminais desse motor a corrente absorvida é de apenas 50A, haja vista que o motor está sendo alimentado apenas com 50% de sua tensão nominal.

Como a tensão da linha é o dobro da tensão nos terminais do motor, conseqüentemente a corrente da linha será a metade da corrente nos terminais, ou seja, 25A.

Face a esta característica da partida compensada, pode-se concluir que a intensidade de

corrente na rede de alimentação (antes do autotransformador), fica reduzida ao percentual do valor da derivação do autotransformador ao quadrado, como pode ser observado na tabela a seguir:

COMPORTAMENTO DA CORRENTE NA CHAVE COMPENSADORA		
Tap do autotransformador	Percentual da corrente de partida nos terminais do motor	Percentual da corrente de partida nos terminais de alimentação do autotransformador
50%	50%	25%
65%	65%	42%
80%	80%	64%

O conjugado de partida do motor também é reduzido nos mesmos valores percentuais da corrente de linha, haja vista este partir com tensão reduzida. Por esse motivo, quando da utilização da chave compensadora, deve-se escolher motor com alto conjugado de partida.

Pode-se fazer um comparativo entre as vantagens e desvantagens da aplicação da partida compensada:

### VANTAGENS:

- Baixa corrente de partida;
- Reduz o estress elétrico e mecânico do motor;
- Redução de custos com cabos;
- Na passagem da tensão reduzida para a tensão nominal da rede, o motor não é desligado e o segundo pico de corrente é bem reduzido, visto que o autotransformador por um curto tempo se torna uma reatância;

É possível a variação do tap de 65% para 80% ou até 90% da tensão da rede, a fim de que o motor possa partir satisfatoriamente.

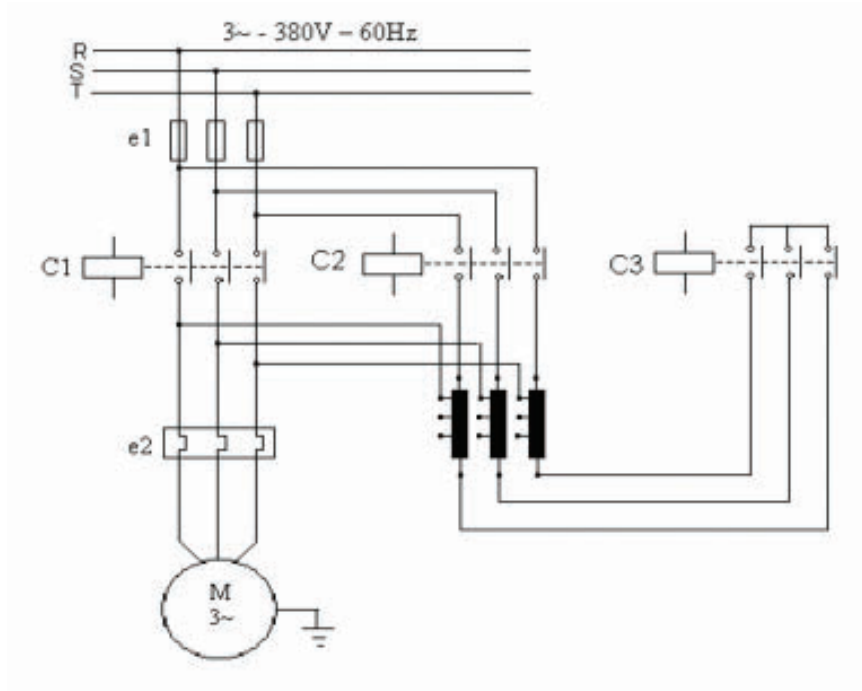
### DESVANTAGENS:

- Baixo conjugado na partida;
- Normalmente a partida deve ser sem carga ou com aproximadamente com a metade da carga;
- Limitação no número de manobras, face o autotransformador;
- Alto custo e necessita de grande espaço para montagem e pesada, face ao autotransformador.

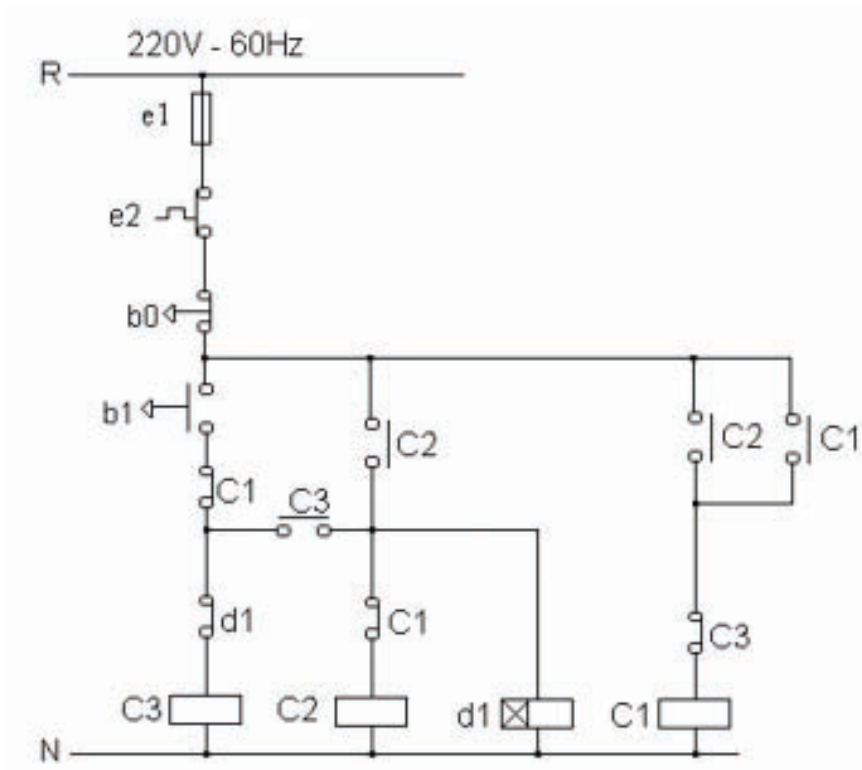


Veremos a seguir os esquemas do circuito de força e comando desta chave magnética:

### CIRCUITO DE FORÇA



### CIRCUITO DE COMANDO



## Funcionamento

### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o contator C3 e este fecha seu contato NA energizando o contator C2 e o relé de tempo d1. O contato NF de C3 em série com a bobina do contator C1 abre-se intertravando eletricamente C1. Os dois contatos NA de C2 fecham-se, o primeiro selando/retendo C3, C2 e d1 e o segundo "preparando" C1 para futura energização.

No circuito de força observa-se que C3 fechou o centro de estrela do autotransformador e C2 alimentou-o, partindo o motor de forma compensada, reduzindo a corrente de partida, ficando o motor em regime de partida nesse instante.

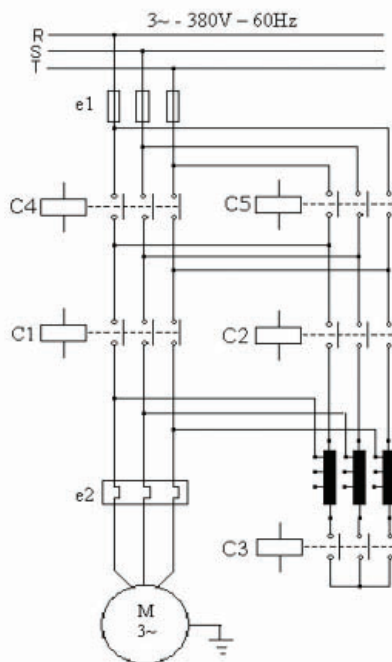
Depois de decorrido o tempo pré-ajustado no relé de tempo, este abre seu contato NF em série com C3 desligando-o. O contato de C3 em série com a bobina do contator C1 fecha-se voltando ao estado de repouso e energiza o contator C1, este fecha seu contato NA que está em paralelo com o segundo contato NA de C2 selando/retendo C1. Já o contato NF de C1 em série com a bobina de C2, abre-se e desenergiza o contator C2 e conseqüentemente o relé de tempo, ficando em funcionamento somente o contator C1.

Vê-se no circuito de força que o autotransformador é desalimentado totalmente somente após a alimentação do motor com tensão nominal através do contator C1. A partir desse momento o motor fica em regime de trabalho.

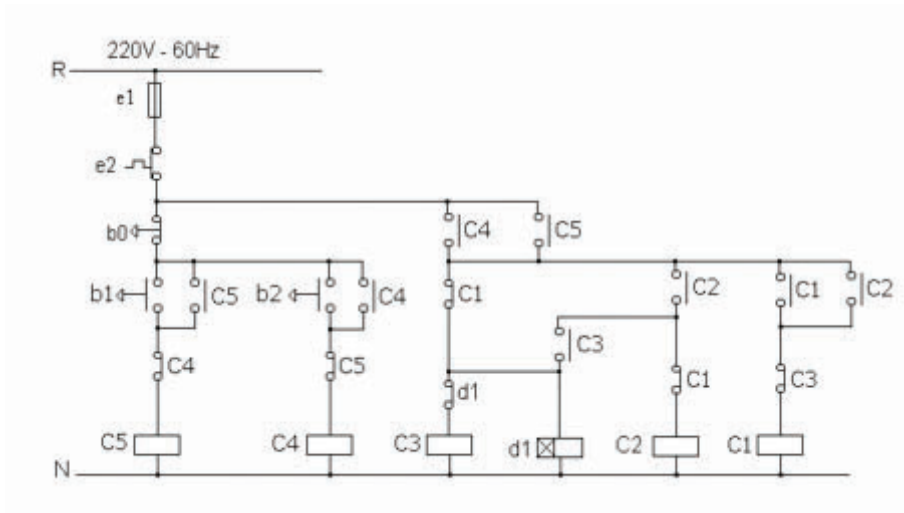
### Desligar

Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se e a bobina do contator C1 é desalimentada voltando os seus contatos ao estado de "repouso", conseqüentemente todos os contatos NA voltam a abrir e os NF voltam a fechar, desalimentando o motor.

## Circuito de força de chave magnética para partida compensadora com reversão de rotação do motor trifásico



## Circuito de comando de chave magnética para partida compensadora com reversão de rotação do motor trifásico



Veja sequência de funcionamento da chave:

1º sentido de rotação:

Partida compensada – b1 → C5 → C3 → d1 → C2

Tensão nominal – C5 → C1

2º sentido de rotação:

Partida compensada – b2 → C4 → C3 → d1 → C2

Tensão nominal – C4 → C1

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA SÉRIE-PARALELA ESTRELA DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

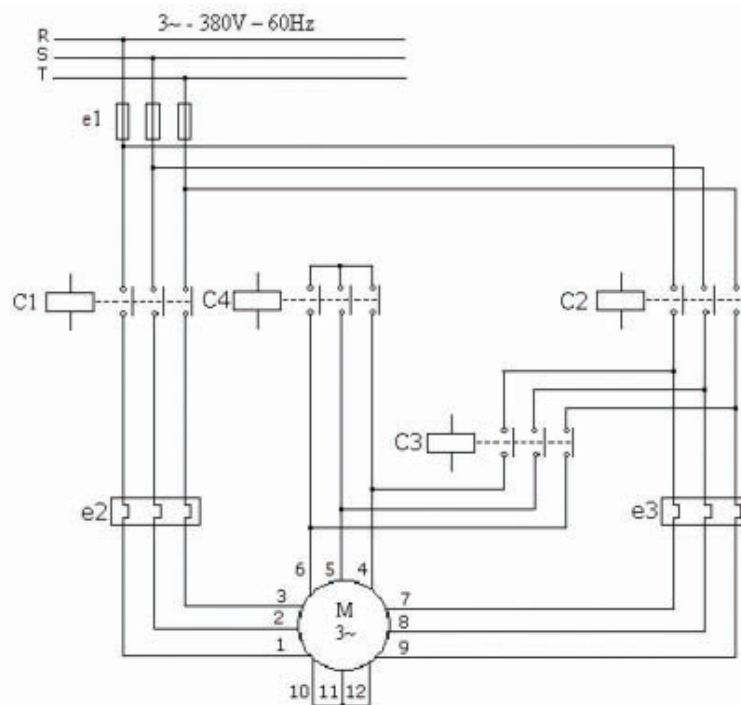
A chave magnética série-paralela estrela é utilizada com a mesma finalidade da estrela-triângulo e compensadora, onde a diferença está na aplicação no uso do tipo do motor, empregada somente em motores trifásicos que possuem 12 terminais e 4 tensões nominais de alimentação (220/380/440/760V).

Este tipo de chave deve ser utilizado onde a tensão da rede de alimentação é de 380V, pois se a tensão da rede de alimentação for 220V emprega-se outra chave magnética chamada de série-paralela triângulo.

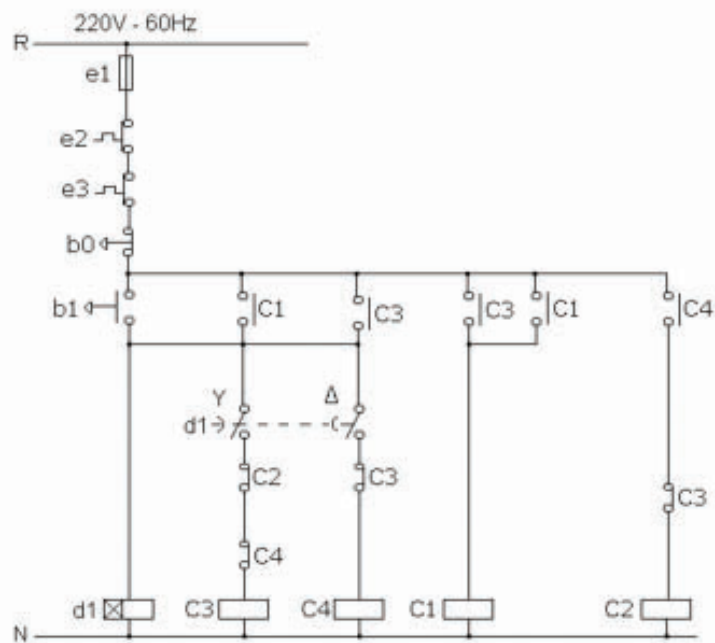
Assim como a chave estrela-triângulo a chave magnética série-paralela estrela é utilizada em máquinas onde o motor parte a vazio ou que tenha conjugado resistente baixo, como bombas centrífugas, máquinas de corte de madeira, máquinas agrícolas entre outras.

Veremos a seguir os esquemas do circuito de força e comando desta chave magnética:

## CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



### Funcionamento

#### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o relé de tempo YΔ d1, que fecha seu conta estrela NA energizando o contato

C3 o qual este abre seus dois contatos NF's intertravando eletricamente os contadores C4 e C2, fecha também seus contatos NA's selando-se e energizando o contator C1. O contator C1 fecha seu contato NA também se selando. Nesse primeiro momento estão energizados d1, C3 e C1 e o motor parte ligado em estrela-série.

No circuito de força observa-se que os contadores C1 e C3 é que fazem essa interligação, reduzindo a corrente de partida, ficando o motor em regime de partida nesse instante.

Depois de decorrido o tempo pré-ajustado no relé de tempo d1, este abre seu contato estrela em série com C3 desligando-o. C3 ao desenergizar-se volta a fecha seus contatos NF's em série com os contadores C4 e C2. Após decorrido aproximadamente um tempo de 30 a 40ms o contato triângulo do relé de tempo d1 fecha-se e energiza o contator C4 e, este fecha seu contato NA em série com o contator C2 energizando-o. Os contadores C2 e C4 abrem seus contatos

NF's em circuito de força desfaz-se a ligação estrela-série e fecha-se a ligação estrela paralela alimentando o motor com sua tensão nominal ficando o motor em regime de trabalho.

### Desligar

Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se desligando os contadores C4, C1 e C2, conseqüentemente o relé de tempo YΔ d1, desalimentando o motor.

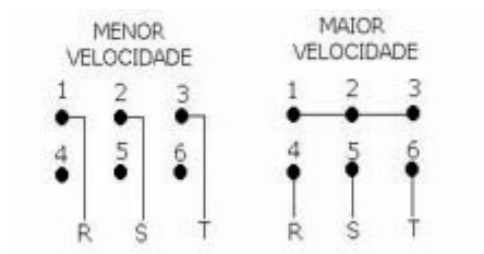
### Chave magnética de comutação polar para motor elétrico trifásico tipo Dahlander

Os motores trifásicos que possuem mais de uma velocidade são considerados motores especiais, face possuir a característica de comutação polar, ou seja, apresentam a versatilidade de possuírem números de polos diferentes face os seus tipos de ligações de placa.

Para conseguir essa característica os motores podem possuir um ou mais bobinados internamente. O motor que apresenta duas velocidades em um único bobinado é denominado motor Dahlander e, é um dos motores mais empregados em máquinas industriais que necessitam de duas velocidades.

O motor Dahlander apresenta algumas características particulares, as quais são:

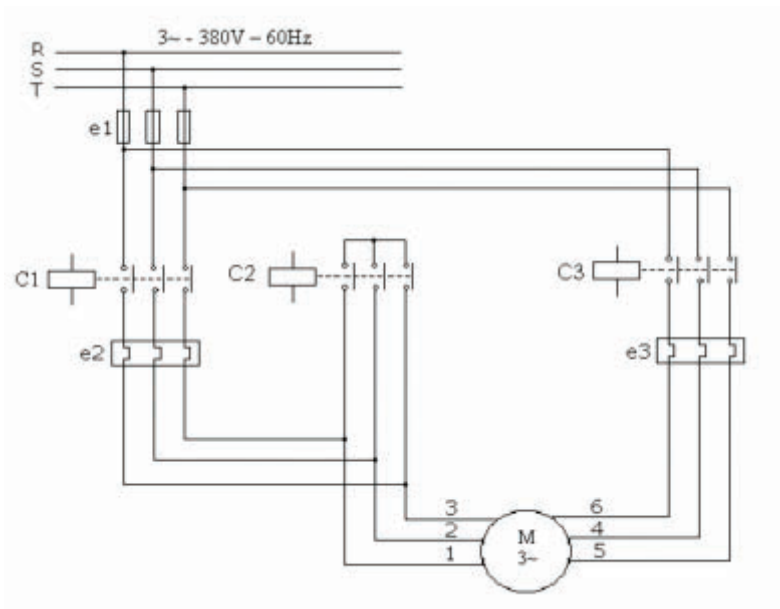
- Possui somente uma tensão nominal de alimentação;
- A maior velocidade praticamente é o dobro da baixa velocidade;
- Apresenta duas ligações especiais:



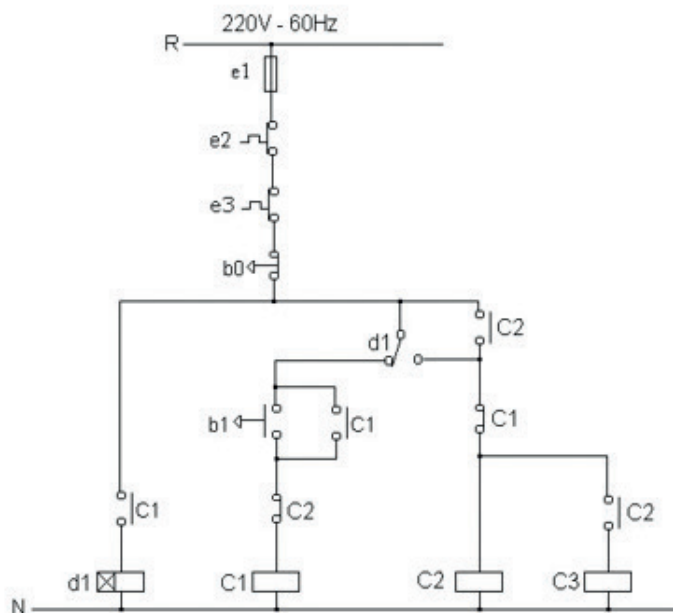
Observe acima que na baixa velocidade os terminais 4,5 e 6 do motor não são interligados com nenhum outro terminal (ficam isolados), essa ligação é característica exclusiva do motor Dahlander.

A seguir veremos os esquemas de força e comando da chave magnética de comutação polar para motor Dahlander:

### CIRCUITO DE FORÇA



### CIRCUITO DE COMANDO



## Funcionamento

### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o contator C1, este abre seu contato NF em série com os contatores C2 e C3 intertravando-os eletricamente e fecha os seus contatos NA's, um fazendo sua retenção e outro energizando o relé de tempo d1. Nesse momento no circuito de força C1 fecha seus contatos partindo o motor em baixa velocidade.

Depois de decorrido o tempo pré-ajustado no relé de tempo d1, este comuta seu contato abrindo seu contato NF desligando o contator C1 e fechando seu contato NA energizando o contator C2 e este conseqüentemente abre seu contato NF em série com o contator C1 intertravando-o e fecha um de seus contatos NA energizando o contator C3. O contato NA de C2 em paralelo com o contato de d1 retém o próprio e assim como o contator C3. No circuito de força C1 abre seus contatos e C2 e C3 fecha os seus, ligando o motor em alta velocidade, ficando este em regime de trabalho.

### Desligar

Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se desligando os contatores C2 e C3 desalimentando o motor.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDAS CONSECUTIVAS DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS

Algumas máquinas industriais possuem vários motores que servem de acionamento das mesmas. Onde cada motor tem sua função específica dentro do funcionamento geral da máquina. Dependendo da máquina os motores tem uma sequência de partida, um em relação ao outro.

O sistema de comando elétrico que faz toda essa operação sequencial de partidas e retiradas dos motores é denominada de chave magnética para partidas consecutivas de motores elétricos trifásicos.

Esse tipo de chave é muito utilizado em transportadoras de diversos estágios ou também pode ser utilizada para acionar de forma sucessiva um conjunto de máquinas de um processo industrial.

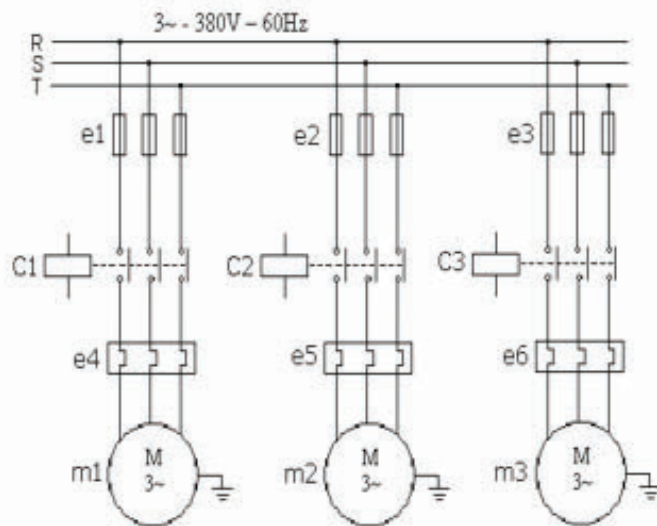
Quem dita o número de motores usados na chave é a complexidade da máquina ou do processo industrial. Geralmente dois ou mais motores.

As chaves magnéticas para partidas consecutivas de motores quanto ao seu funcionamento, podem ser do tipo sequencial com ou sem permanência dos motores em funcionamento. Veremos a seguir os dois tipos mais utilizados:

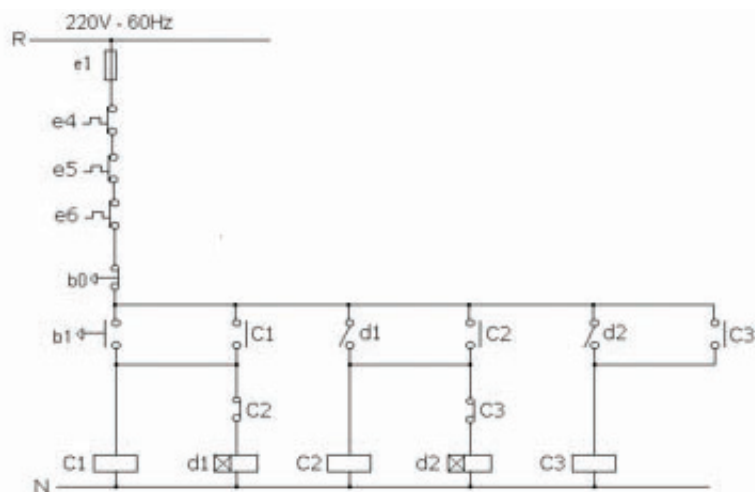
## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA SEQUENCIAL SEM PERMANÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES ELÉTRICOS

O funcionamento dessa chave faz com que o primeiro motor entre em funcionamento e quando os segundo entrar em funcionamento o primeiro é desligado e assim sucessivamente, ficando em funcionamento apenas o último motor.

## CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



### Funcionamento

#### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o contator C1 e o relé de tempo d1, o contato NA de C1 em paralelo com a botoeira b1 fecha-se e os retém em funcionamento. Os contatos de força do contator C1 fecham-se e liga o primeiro motor.

O relé de tempo d1 conta seu tempo e fecha seu contato NA energizando o contator C2 e o relé de tempo d2. Quando C2 é energizado este abre seu contato NF em série com a bobina do contator C1 e o desenergiza, conseqüentemente d1 também sai de funcionamento, enquanto fecha



seu contato NA se selando. C2 fecha seus contatos de força e parte o segundo motor enquanto o primeiro sai de funcionamento.

Agora quem atua é o relé de tempo d2, este fecha seu contato NA energizando o contator C3. O contato NF de C3 em série com a bobina do contator C2 abre e o desenergiza. Já o contato NA de C3 fecha-se retendo-o em funcionamento. Nesse momento os contatos de força de C3 fecham-se e liga o terceiro motor enquanto o segundo para, ficando somente o terceiro motor em regime de funcionamento.

### Desligar

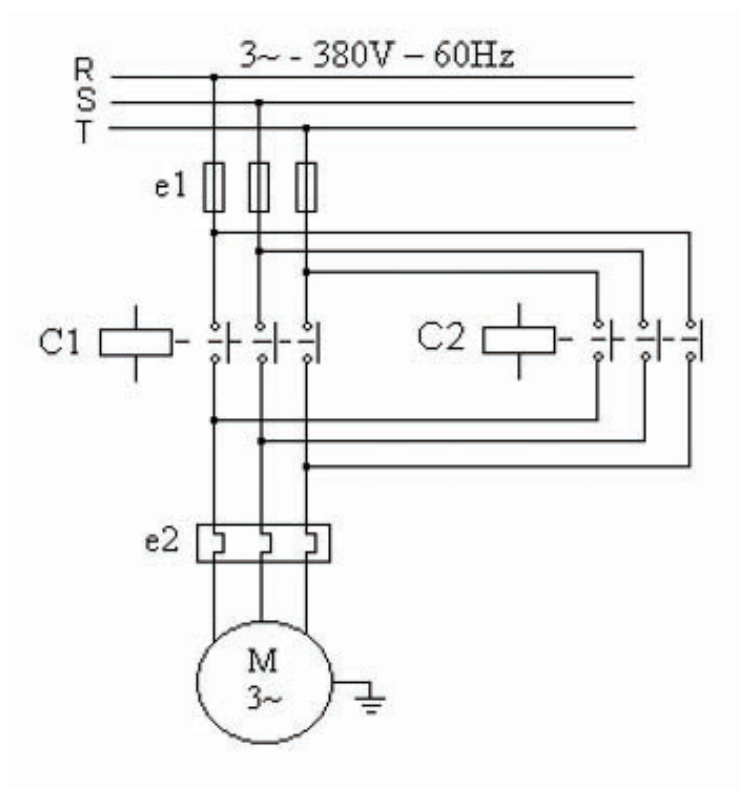
Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se desligando o contator C3 desalimentando o motor.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA SEQUENCIAL COM PERMANÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES ELÉTRICOS

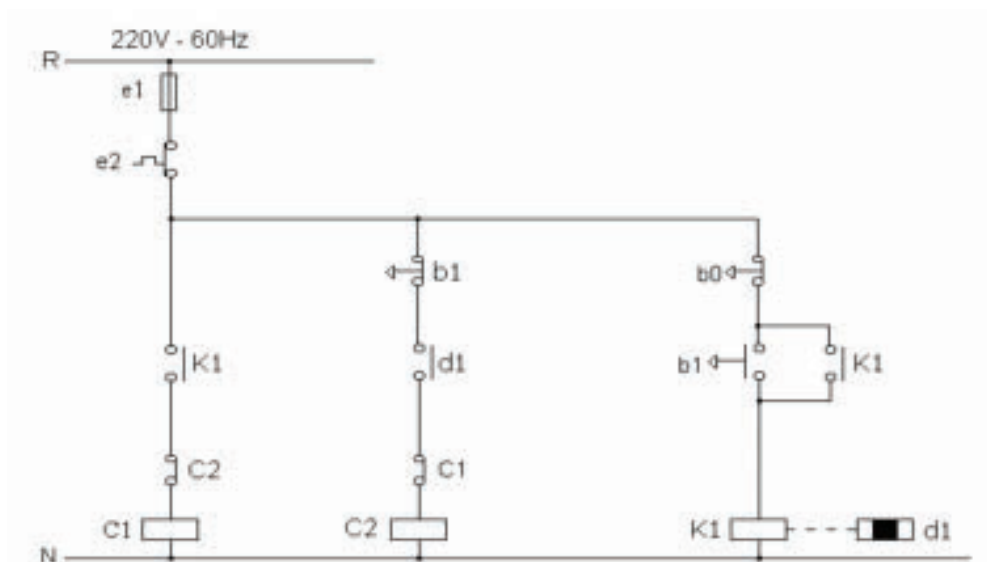
O funcionamento dessa chave faz com que o primeiro motor entre em funcionamento, após um determinado tempo entra o segundo e, novamente decorrido mais um tempo entra o terceiro motor e ambos ficam em permanência de funcionamento.

Veja a seguir os circuitos de força e comando:

### CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



### Funcionamento

#### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o contator C1 e o relé de tempo d1, o contato NA de C1 em paralelo com a botoeira b1 fecha-se e os retém em funcionamento. Os contatos de força do contator C1 fecham-se e liga o primeiro motor.

O relé de tempo d1 conta seu tempo e fecha seu contato NA energizando o contator C2 e o relé de tempo d2. Quando C2 é energizado este abre seu contato NF em série com a bobina do relé de tempo d1 e o desenergiza, enquanto fecha seu contato NA selando. C2 fecha seus contatos de força e parte o segundo motor, ficando nesse momento dois motores em funcionamento.

Agora quem atua é o relé de tempo d2, este fecha seu contato NA energizando o contator C3. O contato NF de C3 em série com a bobina do relé de tempo d2 abre e o desenergiza. Já o contato NA de C3 fecha-se retendo-o em funcionamento. Nesse momento os contatos de força de C3 fecham-se e liga o terceiro motor, ficando os três motores em funcionamento.

#### Desligar

Para parar os motores em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se desligando o contadores C1, C2 e C3 desalimentando o motor.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA FRENAGEM POR CONTRA-CORRENTE DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

Algumas máquinas industriais precisam que seus motores parem - frenem - imediatamente, face a sua aplicação, não podendo pararem por inércia.

Vários são os sistemas de frenagem de motores elétricos C.A. Pode-se destacar a frenagem por corrente retificada, por contra-corrente e por disco de fricção.

Este tipo de frenagem que veremos é também chamado de frenagem por inversão de fases, pois após o motor ter sido desenergizado, o motor é novamente energizado, só que agora com duas fases invertidas em relação a sua alimentação inicial.

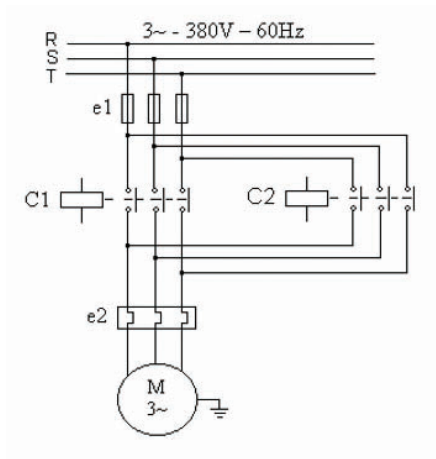
O tempo de inversão de fases deve ser o suficiente apenas para frear o motor e evitar que o mesmo gire em sentido contrário.

Esse tipo de frenagem deve ser utilizado preferencialmente em motores de pequena potência, em face da alta corrente exigida no momento da inversão de fases no motor.

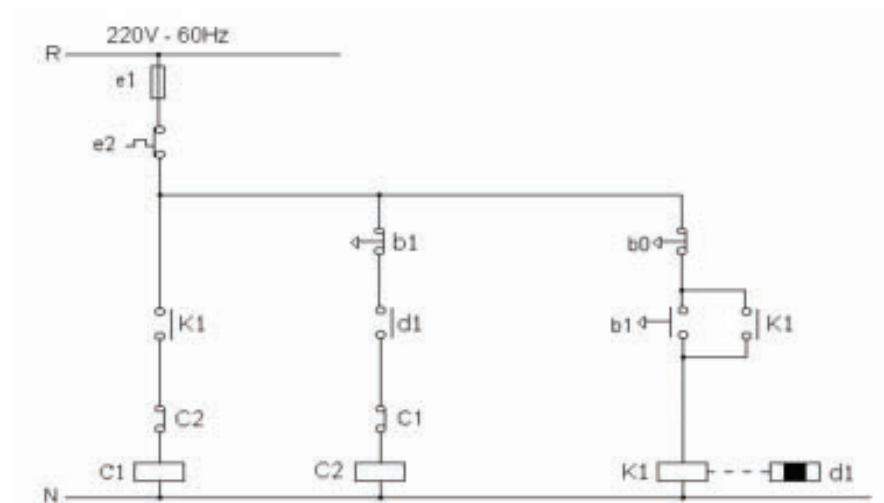
O relé de tempo utilizado nessa chave magnética será do tipo com retardo na desenergização, podendo ser eletrônico ou pneumático.

Veremos a seguir os circuitos de força e comando dessa chave magnética:

### CIRCUITO DE FORÇA



### CIRCUITO DE COMANDO



## Funcionamento

### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NF abre-se intertravando o contator C2 e seu contato NA fecha-se energizando o contator auxiliar K1 e o relé de tempo d1, o contato NA de K1 em paralelo com a botoeira b1 fecha-se e os retém em funcionamento, assim como o relé de tempo d1. Já seu outro contato NA fecha-se e energiza o contato C1 e o contato NF em série com o contator C2 abre-se intertravando-os. Os contatos de força do contator C1 fecham-se e liga o motor.

### Frenar o motor

Para parar o motor em condições normais, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se desligando o relé de tempo d1 e os contadores K1 e C1 desalimentando o motor. O contato NF de C1 fecha-se novamente energizando o contator C2. A partir desse momento o relé de tempo d1 entra na contagem do tempo pré-ajustado fazendo com que o motor seja frenado por contra-corrente e abre seu contato NA desenergizando o contator C2. O motor é frenado parando instantaneamente.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA FRENAGEM POR CORRENTE RETIFICADA DE MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO

Como já sabemos existem situações de operações ou de manobra de uma máquina, onde é necessário a utilização de um sistema de frenagem para o motor elétrico parar instantaneamente.

Neste tópico abordaremos o sistema de frenagem por corrente retificada, pois é um dos sistemas muito utilizado nas máquinas industriais, para frenagem de seus motores elétricos.

Nesse sistema de frenagem, o enrolamento do motor é submetido a uma tensão contínua, a qual não produz campo girante. Como a tensão contínua não produz campo girante e sim um "campo fixo", o circuito do rotor interage com esse "campo fixo", frenando o rotor, conseqüentemente parando o motor.

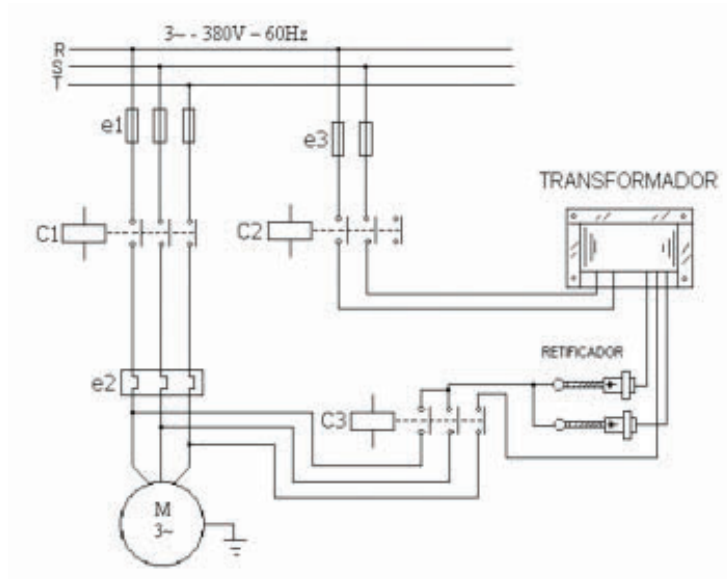
Na prática é "como se o enrolamento do motor funcionasse como um eletroimã (campo fixo) que atua sobre o rotor".

Como o rotor já está girando e o campo magnético também, isso torna a velocidade relativa entre ambos menor, fazendo com que a tensão induzida nas barras do rotor seja menor, conseqüentemente a corrente de frenagem é menor que a corrente de partida do motor.

A injeção de contínua ocorre somente e logo após a interrupção da alimentação da corrente alternada. Assim que o motor frenar é cortada a injeção de corrente contínua.

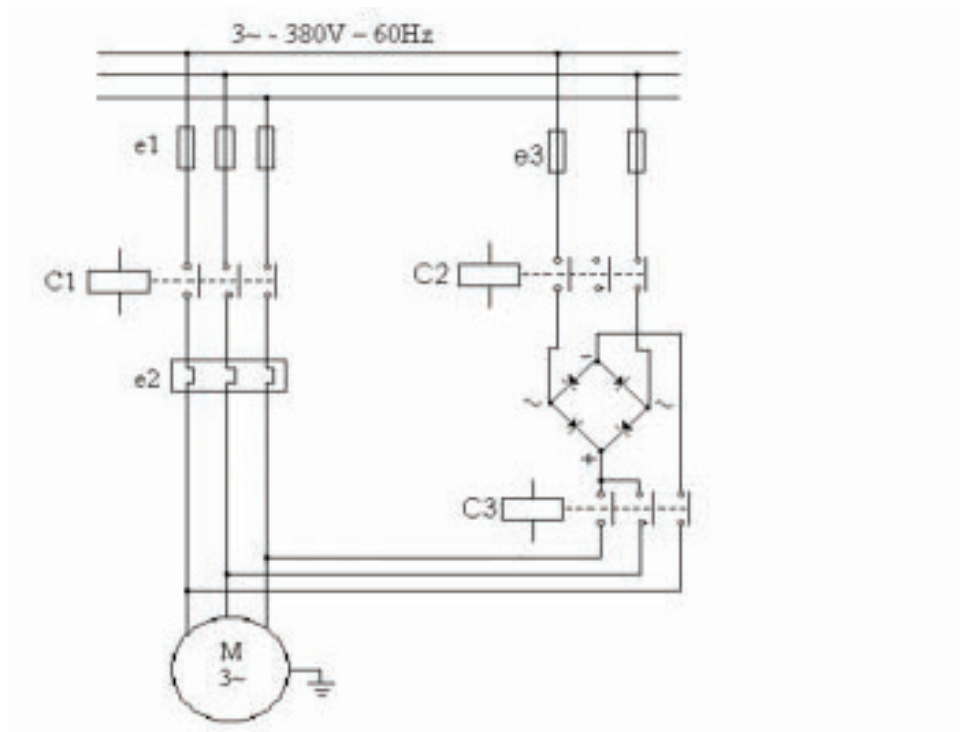
Geralmente o dispositivo utilizado nesse tipo de sistema de frenagem, para realizar a retificação da corrente alternada é uma ponte retificadora, constituída de diodos de silício.

A alimentação do circuito de frenagem pode ser ligado diretamente a rede de alimentação do motor ou através de um transformador redutor de tensão dependendo do sistema de parada da máquina.

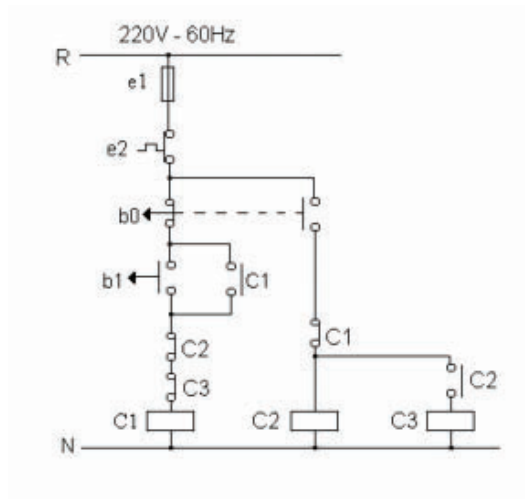


Veremos a seguir os esquemas do circuito de força e comando da chave magnética:

### CIRCUITO DE FORÇA



## CIRCUITO DE COMANDO



### Funcionamento

#### Ligar

Estando os bornes RST energizados, pressiona-se a botoeira liga b1, o seu contato NA fecha-se energizando o contator C1, este fecha seu contato NA retendo C1 em funcionamento e abre seu contato NF em série com as bobinas do contator C2 e C3, intertravando-os eletricamente. O motor é alimentado normalmente com tensão alternada e fica em regime de trabalho.

#### Frenar o motor

Para frear o motor, pressiona-se a botoeira desliga b0, o seu contato NF abre-se e a bobina do contator C1 é desenergizada, desalimentando o motor da tensão alternada, e fecha seu contato NA alimentando a bobina do contator C2, que fecha seu contato NA em série com a bobina de C3, energizando assim também C3. O contator C2 alimenta o circuito retificador e C3 injeta tensão C.C no motor. Assim que o motor frena, despressiona-se a botoeira b0 para cortar a alimentação do circuito de frenagem, pois observe que no circuito de comando não possui retenção dos contatores C2 e C3.

## CHAVE MAGNÉTICA PARA MOTO-BOMBA TRIFÁSICA

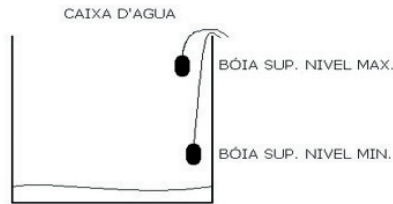
A maioria das indústrias possuem caixas d'água e, para controlar o nível da água destas, utiliza-se chaves magnéticas para comandar a moto-bomba.

Alguns circuitos de comando usam 2 bóias para controlar o nível da água, mas o correto e mais seguro é utilizar 3 bóias para tal controle, uma de nível inferior e duas de nível superior. A bóia de nível inferior fica instalada na cisterna ou poço e, as de nível superior ficam instaladas na caixa d'água.

As bóias geralmente utilizadas nesse controle são do tipo flutuante de contato de mercúrio. Internamente dentro destas existe uma ampola de vidro com mercúrio dentro, dependendo da posição da bóia o contato pode ficar aberto ou fechado.

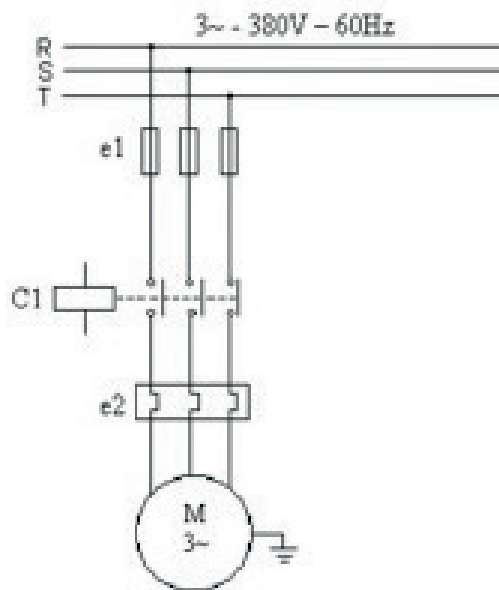
A bóia de nível inferior quando está na posição vertical (cisterna sem água) o seu contato fica normalmente aberto e, quando está na posição horizontal (cisterna com água) o seu contato fica normalmente fechado. Já a bóia de nível superior tem funcionamento contrário, quando está na posição vertical (caixa d'água sem água) seu contato fica normalmente fechado e, quando está na posição horizontal (caixa d'água com água) seu contato fica normalmente aberto.

Veja logo abaixo configuração das posições das bóias superiores na caixa d'água:

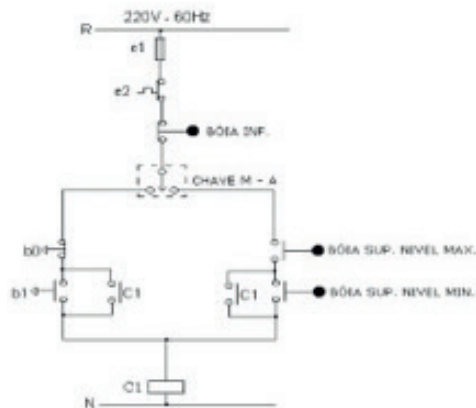


Veremos a seguir os circuitos de força e comando desta chave magnética:

### CIRCUITO DE FORÇA



### CIRCUITO DE COMANDO



## Funcionamento

### Ligar

Estando os bornes RST energizados, coloca-se a chave manual-automático na posição automático para que o controle de entrada e saída da moto-bomba fique através das bóias. Tendo água na cisterna o contato da bóia inferior fecha-se dando condição da moto-bomba funcionar. A finalidade dessa bóia é de segurança para a moto-bomba, pois a maioria das bombas hidráulicas possuem um “selo” internamente que não pode funcionar sem água, em face da falta d’água este “selo” pode vir a ressecar e danificar-se provocando vazamentos de água na bomba.

Supondo que tenha água na caixa, está no seu nível máximo, os contatos das bóias superiores - mínimo e máximo - estarão abertos e a moto-bomba não entra em funcionamento. Usando-se a água da caixa o nível baixo e quando chegar no nível mínimo as duas bóias superiores fecham seus contatos energizando o contator C1, este fecha seus contatos no circuito de força partindo a moto-bomba. Observe que os dois contatos NA no circuito de comando fecham-se, um em paralelo com a botoeira liga b1, mas não interfere no circuito, pois a chave manual-automático está na posição automático. O outro contato NA está em paralelo com a bóia superior nível mínimo com a finalidade de não desligar a moto-bomba quando a água começar a subir de nível na caixa e a bóia superior de nível mínimo ficar na posição horizontal.

Com a moto-bomba funcionando o nível da água começa a subir na caixa e a bóia de nível superior é a primeira a ficar na posição horizontal abrindo seu contato, mas o contator C1 continua energizado face o contato de retenção está fechado, conseqüentemente a moto-bomba continua funcionando e o nível da água subindo na caixa, até encostar na bóia superior de nível máximo e está abrir seu contato desenergizando o contator C1 e conseqüentemente parando a moto-bomba, pois a caixa d’água nesse momento encontra-se cheia.



## Referências

EBERLE. Manual de motores elétricos. Rio Grande do Sul: s.d. 65 p. Centro de Formação Profissional Waldyr Diogo de Siqueira. Instalação elétrica industrial. Fortaleza: 1997.

Instalação de motor trifásico comandado por chave reversora manual. Rio de Janeiro: 1981. 71 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 5).

Instalação de motor trifásico comandado por chave estrela- triângulo manual. Rio de Janeiro: 1981. 41 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 6).

Instalação de motor trifásico comandado por chave compensadora manual. Rio de Janeiro: 1981. 51 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 7).

Montagem e instalação de chave magnética para partida direta de motor trifásico. Rio de Janeiro: 1981. 97 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 11).

Montagem e instalação de chave magnética para partida direta com reversão de motor trifásico. Rio de Janeiro: 1981. 99 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 12).

Montagem e instalação de chave magnética para partida estrela- triângulo de motor trifásico. Rio de Janeiro: 1981. 87 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 13).

Montagem e instalação de chave magnética para partida compensada de motor trifásico. Rio de Janeiro: 1981. 81 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 14).

Montagem e instalação de chave magnética para partida de motor trifásico com frenagem por corrente retificada. Rio de Janeiro: 1981. 58 p. (Módulo instrucional: Eletricista instalador industrial, 21).



**OBRIGADO**

**CONTINUE ESTUDANDO**



**INEPROTEC**