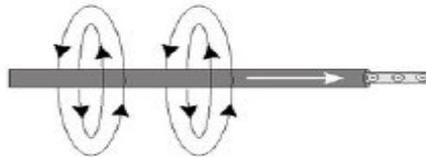


CAPÍTULO 2.1

Introdução

Eletromagnetismo

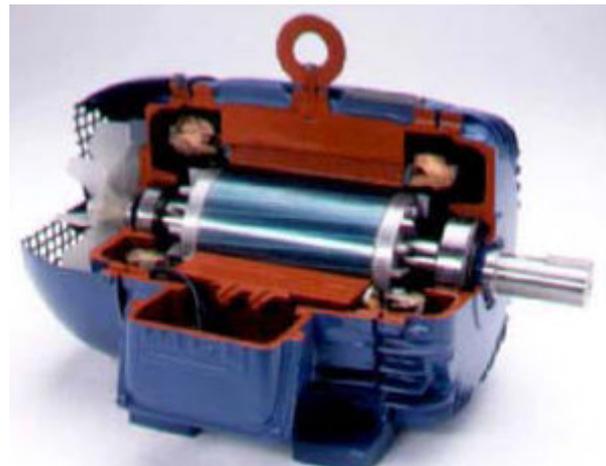
Sempre que uma corrente elétrica percorre um condutor, um campo magnético é gerado ao redor do mesmo. Os princípios do magnetismo são uma parte importante da eletricidade, pois além dos motores, eletroímãs são utilizados em vários componentes elétricos.



Motor Elétrico

É uma máquina que converte a energia elétrica e energia mecânica (movimento rotativo), possui construção simples e custo reduzido, além de ser muito versátil e não poluente. O motor elétrico tornou-se um dos mais notórios inventos do homem ao longo de seu desenvolvimento tecnológico. A finalidade básica dos motores é o acionamento de máquinas, equipamentos mecânicos, eletrodomésticos, entre outros, não menos importantes. Seu princípio de funcionamento, construção e métodos de partida, serão conhecidos ao longo desta disciplina.

- Motor de Indução
- Motor de corrente contínua
- Motores síncronos
- Servomotores
- Motores de Passo



Motor de Indução
Trifásico

Métodos de Partida

Os motores são comandados através de chaves de partida, sendo que as mais empregadas são:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Partida Direta/ Reversora;
Acionamento de pequenos motores; ➤ Partida Estrela Triângulo;
Acionamento de grandes motores sem carga; ➤ Partida Compensadora;
Acionamento de grandes motores com carga; | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Partida com Soft-Starter;
Acionamento de grandes motores com carga; ➤ Partida com Inversor de Frequência.
Acionamento de pequenos e grandes motores; |
|--|---|

CAPITULO 2.2

TIPOS DE CIRCUITO

Todas as chaves de partida mencionadas anteriormente possuem um circuito principal e um circuito de comando. O circuito principal ou de força com também é conhecido, é o responsável pela alimentação do motor, ou seja, ele é o responsável pela conexão dos terminais / fios do motor a rede elétrica. O circuito de comando, como o próprio nome diz é responsável por comandar o circuito de força, determinando quando o motor será ligado ou desligado.

Componentes das Chaves de Partida

As chaves de partida são compostas pelos seguintes dispositivos:

- Dispositivos de Proteção:
Fusível, Rele Térmico, Disjuntor Motor;
- Dispositivos de Comando:
Botão, Contator, Temporizador;
- Dispositivos de Sinalização:
Sinaleiro, Voltímetro, Amperímetro;

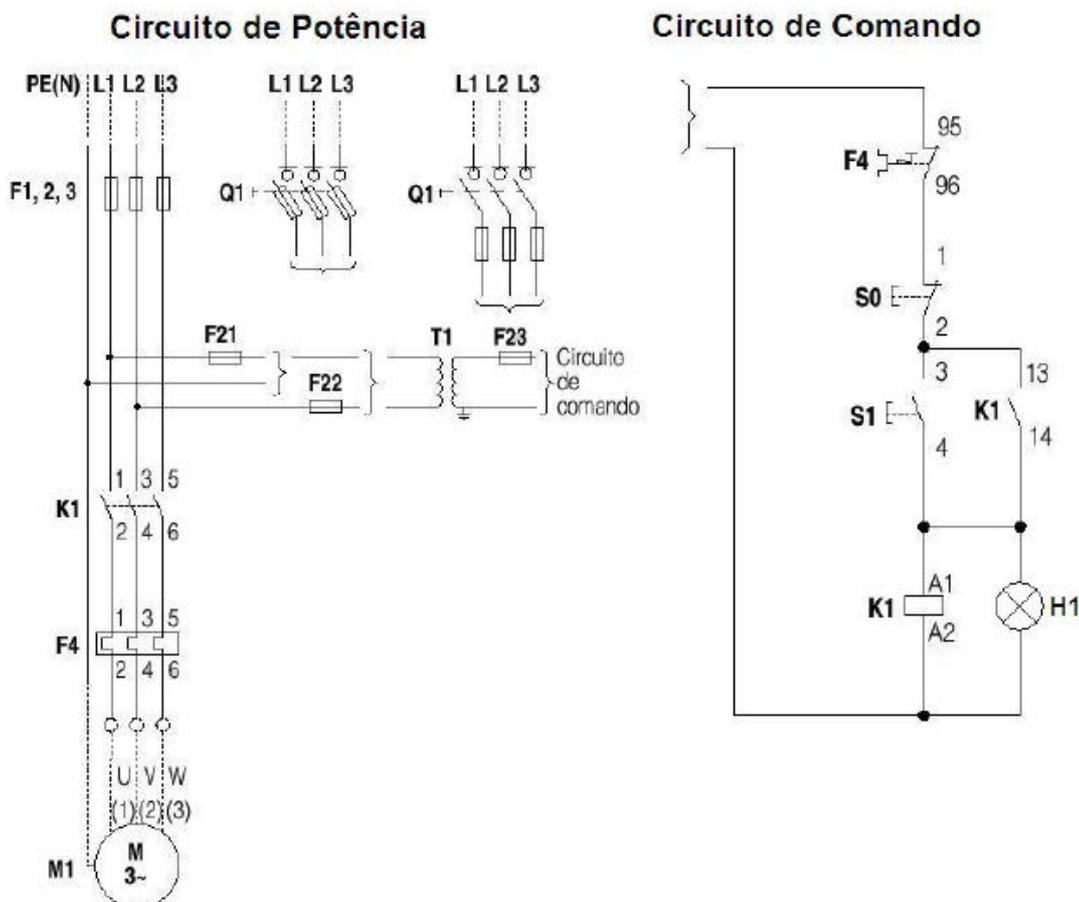
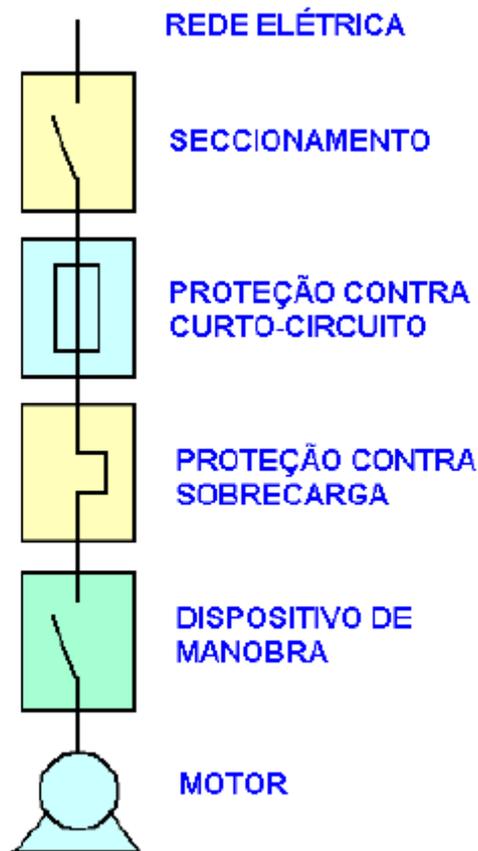


Diagrama de blocos dos dispositivos de partida de motores



É importante repetir que no estudo de comandos elétricos é importante ter a seqüência mostrada na figura acima em mente, pois ela consiste na orientação básica para o projeto de qualquer circuito.

Ainda falando em proteção, as manobras (ou partidas de motores) convencionais, são divididas em dois tipos, segundo a norma IEC 60947:

I. **Coordenação do tipo 1**: Sem risco para as pessoas e instalações, ou seja, desligamento seguro da corrente de curto-circuito. Porém podem haver danos ao *contator* e ao *relé de sobrecarga*.

II. **Coordenação do tipo 2**: Sem risco para as pessoas e instalações. Não pode haver danos ao *relé de sobrecarga* ou em outras partes, com exceção de leve fusão dos contatos do *contator* e estes permitam uma fácil separação sem deformações significativas.

CAPÍTULO 2.3 DISPOSITIVOS DE MANOBRA

Preliminarmente vamos destacar que a Terminologia da ABNT aboliu, totalmente o termo “chave” para caracterizar genericamente todos os dispositivos de manobra. Por definição do Dicionário Brasileiro de Eletricidade (ABNT), temos:

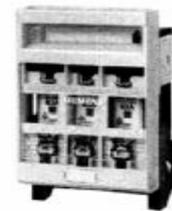
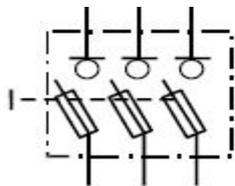
Dispositivo de manobra - Dispositivo elétrico destinado a estabelecer ou interromper corrente, em um ou mais circuitos elétricos.

SECCIONADOR-FUSÍVEL SOB CARGA

O seccionador-fusível é uma combinação de um seccionador, caracterizado pela simplicidade de sua construção, com a dos fusíveis, que se localizam na posição dos contatos moveis do seccionador.

Pela sua construção simples, são capazes de manobrar até carga nominal, é a proteção de correntes de curto-circuito, pela presença dos fusíveis.

Sua representação gráfica e construtiva :



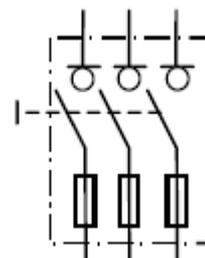
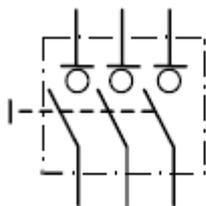
SECCIONADOR

No item Terminologia, vimos que o seccionador é por definição um dispositivo de manobra que tem uma capacidade de interrupção limitada. Tal fato é a consequência de uma construção elementar, que faz com que o dispositivo em análise tenha uma aplicação restrita.

Porém, para pequenas cargas, como é o caso de oficinas e determinadas condições de operação dentro de um sistema elétrico, há por vezes necessidade de um dispositivo que opere EVENTUALMENTE cargas de pequeno valor. Para esses casos, é possível utilizar o seccionador sob carga, que não é mais do que um seccionador convencional, com uma estrutura de contatos e câmaras de extinção, de características também limitadas a tais usos

Seccionador sob carga

Representação gráfica



Representação construtiva



CAPITULO 2.4 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

São elementos intercalados no circuito com o objetivo de interromper a passagem de corrente elétrica sob condições anormais, como curto-circuitos ou sobrecargas. Os dispositivos de proteção mais comuns são:

DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS E SOBRECORRENTES

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

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

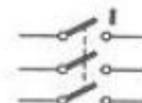
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO



Disjuntor Monopolar

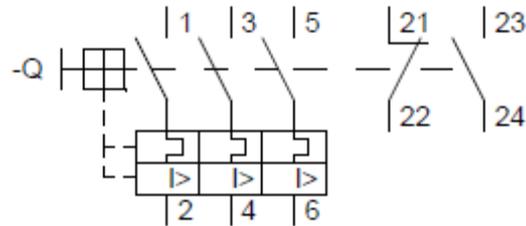


Disjuntor Bipolar



Disjuntor Tripolar

DISJUNTOR MOTOR TRIPOLAR DE SOBRE CORRENTE



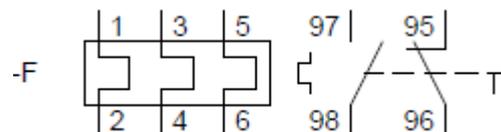
Disjuntor Tripolar contra sobre corrente

RELÉS TÉRMICOS

Os relés térmicos são dispositivos construídos para proteger, controlar ou comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica.

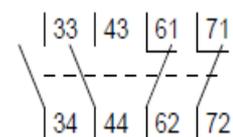
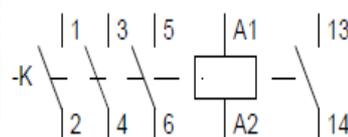
- Sobrecarga mecânica na ponta do eixo;
- Tempo de partida muito alto;
- Rotor bloqueado;
- Falta de uma fase;
- Desvios excessivos de tensão e freqüência da rede.

Em todos estes casos citados acima, o incremento de corrente (sobre-corrente) no motor é monitorado em todas as fases pelo relé de sobrecarga.



CONTATOR

Assim como o relé o contator é uma chave de comutação eletromagnética direcionado, geralmente, para cargas de maior potência. Possui contatos principais (para energização da carga) e auxiliares NA e NF com menor capacidade de corrente. Este últimos são utilizados para auxílio no circuitos de comando e sinalização além do acionamento de outros dispositivos elétricos.



Para especificação do contator deve levar em conta alguns pontos : número de contatos, tensão nominal da bobina, corrente máxima nos contatos e condições de operação definindo as categorias de emprego AC-3.

FUSÍVEIS

Fusível é constituído por um fio ou lâmina condutora, dentro de um invólucro. O fio ou lâmina condutora (prata, cobre, chumbo...) é calibrado de forma a poder suportar sem fundir, a intensidade para a qual está calibrado. Se a intensidade ultrapassar razoavelmente esse valor, ele deve fundir (interrompendo o circuito) tanto mais depressa quanto maior for o valor da intensidade da corrente.

Representação gráfica



Fusível do tipo cilíndrico



Representação construtiva



Fusível Tipo D



Fusível tipo NH
Tamanhos Usuais
00, 1, 2, 3

TIPOS DE FUSÍVEIS:

- AÇÃO RÁPIDA - Estes tipos são os que têm atuação mais rápida;
- AÇÃO COM RETARDO – Partida de motores elétricos.

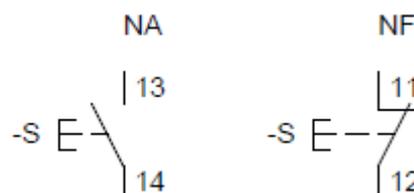
CAPITULO 2.5 DISPOSITIVOS DE COMANDO

São elementos de comutação destinados a permitir ou não a passagem da corrente elétrica entre um ou mais pontos de um circuito. Os tipos mais comuns são:

Chave sem retenção ou impulso

É um dispositivo que só permanece acionado mediante aplicação de uma força externa.

Cessada a força, o dispositivo volta à situação anterior. Este tipo de chave pode ter, construtivamente, contatos normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF)



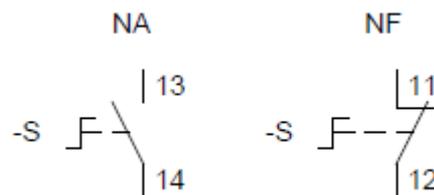
Chaves Tipo Impulso

Nomenclatura padrão dos contatos de chaves de acionamento, contadores e outros dispositivos NA (normalmente aberto .1 e .2), NF (normalmente fechado .3 e 4).

Segundo dígito que vale como identificação dos contatos aberto e fechado.

Chave com retenção ou trava

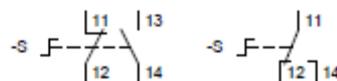
É um dispositivo que uma vez acionado, seu retorno à situação anterior acontece somente através de um novo acionamento. Construtivamente pode ter contatos normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF)



Chaves Tipo Trava

Chave seletora

É um dispositivo que possui duas ou mais posições podendo selecionar uma ou várias funções em um determinado processo. Este tipo de chave apresenta um ponto de contato comum (C) em relação aos demais contatos ou dois contatos distintos dependendo da configuração a ser usada.

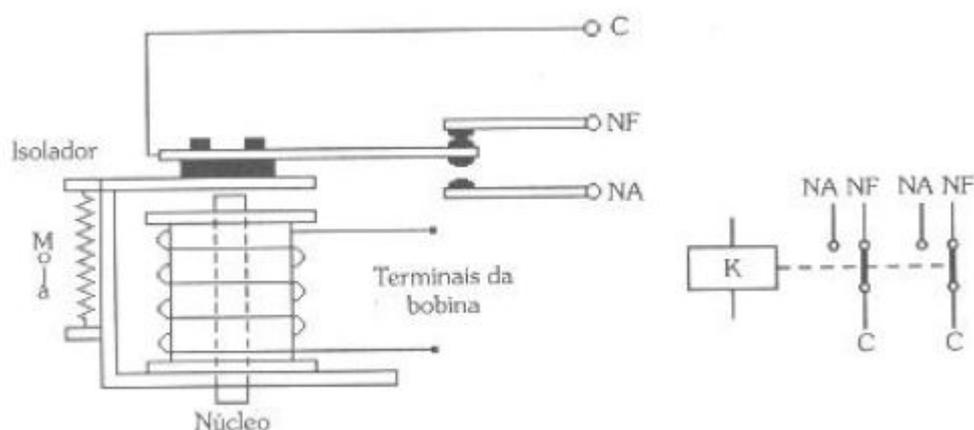


Chaves seletoras

Para a escolha das chaves, deve-se levar em consideração as especificações de tensão nominal e corrente máxima suportável pelos contatos.

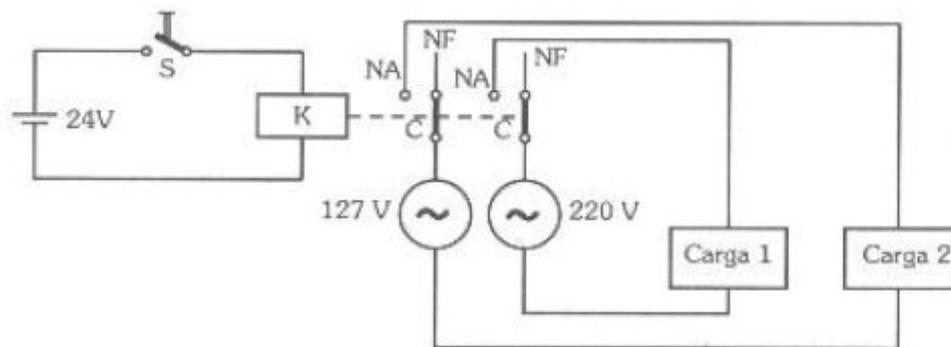
Relé

Este dispositivo é formado basicamente por uma bobina e pelos seus conjuntos de contatos.



Energizando a bobina K os contatos são levados para suas novas posições permanecendo enquanto houver alimentação da bobina.

Uma das grandes vantagens do relé é a isolação galvânica entre os terminais da bobina e os contatos NA e NF, além da isolação entre os conjuntos de contatos. A figura abaixo mostra outra vantagem dos relés, que é a possibilidade de acionar cargas com tensões diferentes através de um único relé.

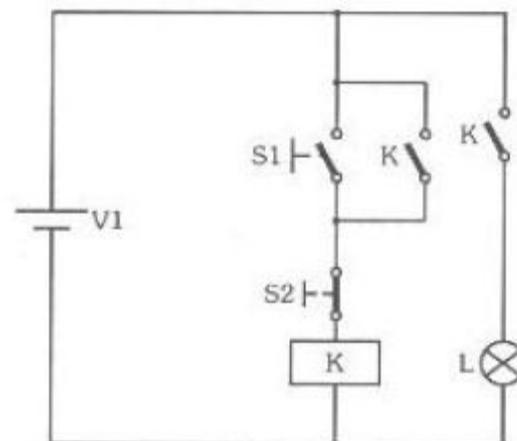


Acionamento isolado com relé

Outra propriedade muito explorada nos relés é a propriedade de *memória* através de circuito de auto-retenção ilustrado na figura abaixo.

Circuito de auto-retenção

A chave (botoneira) (S1) aciona a bobina (K) fazendo que seu contato auxiliar (K) crie outro caminho para manutenção da bobina energizada. Desta forma, não ocorre o desligamento do relé ao desligar a chave (botoneira) (S1). Este contato auxiliar é comumente denominado de *contato de retenção ou selo*. Para desligamento utiliza-se a chave (botoneira) (S2).

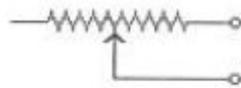


CAPITULO 2.6 DISPOSITIVOS DE REGULAÇÃO

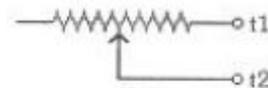
São elementos destinados a regular o valor de variáveis de um processo automatizado, tais como: velocidade, tempo, temperatura, pressão, vazão, etc. Os tipos mais comuns são colocados a seguir.

Reostato

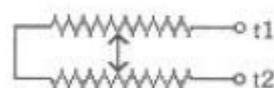
É um componente de resistência variável que serve para regular correntes de intensidade maior em sistemas elétricos (ex. controle de velocidade em motor CC).



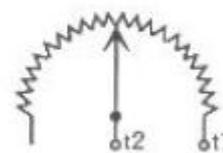
(a) Simbologia



(b) Cilindro Simples



(c) Cilindro Duplo

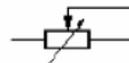
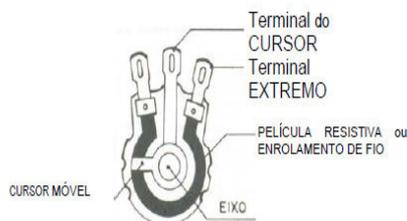


(d) Toroidal

Representação e formas de reostato

Potenciômetro

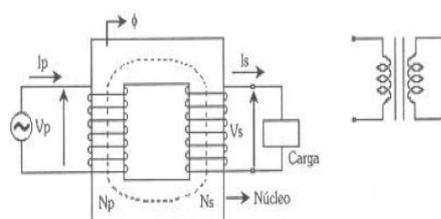
Apresenta a mesma função que o reostato atuando com intensidade de corrente menor em circuitos eletrônicos de comando e regulação.



Símbolo do Potenciômetro

Transformador

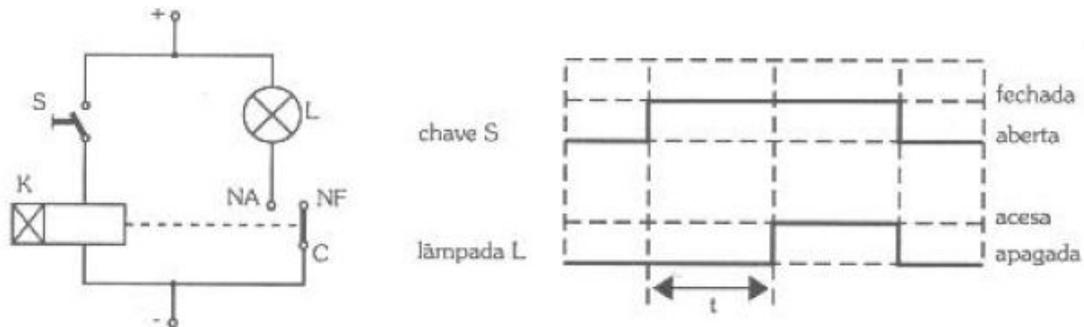
É um componente que permite adaptar o valor de uma tensão alternada. O transformador básico é formado por duas bobinas isoladas eletricamente, enroladas em torno de um núcleo de ferro silício.



Transformador e símbolo elétrico

Relé de tempo com retardo na ligação

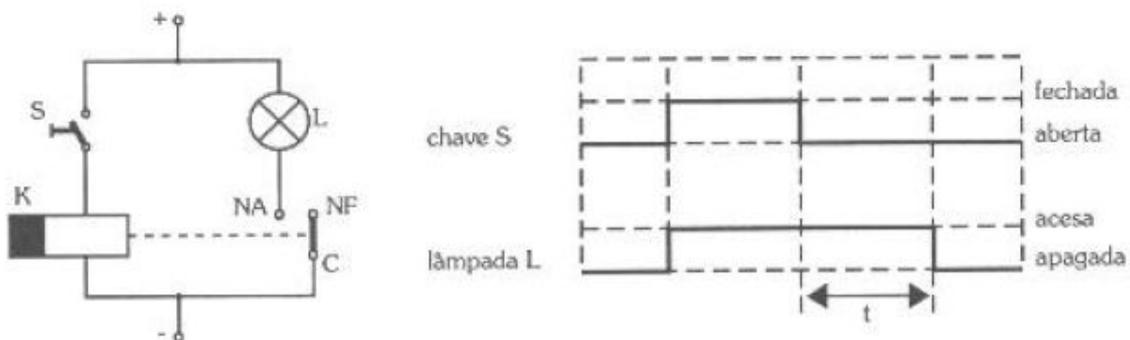
Este relé comuta seus contatos após um determinado tempo, regulável em escala própria. O início da temporização ocorre quando energizamos os terminais de alimentação do relé de tempo. A figura abaixo mostra um exemplo que explicita o seu funcionamento.



Relé com retardo na ligação

Relé de tempo com retardo no desligamento

Este relé mantém os contatos comutados por um determinado tempo, regulável em escala própria, após a desenergização dos terminais de alimentação. A figura abaixo ilustra o seu funcionamento.



Relé com retardo no desligamento

CAPITULO 2.7 DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO

São componentes utilizados para indicar o estado em que se encontra um painel de comando ou processo automatizado. As informações mais comuns fornecidas através destes dispositivos são : *ligado, desligado, falha e emergência*.

Indicador visual

Os indicadores visuais fornecem sinais luminosos indicativos de estado, emergência, falha etc. São os mais utilizados devido à simplicidade, eficiência (na indicação) e baixo custo.

São fornecidos por lâmpadas ou LEDs. As cores indicadas na tabela são recomendadas.

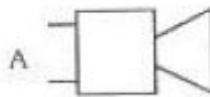


Estado	Cor
Ligado	Vermelho
Desligado	Verde
Falha	Amarelo

Símbolo elétrico e cores utilizadas em um indicador luminoso.

Indicador acústico

Os indicador acústico fornece sinais audíveis indicativos de estado, falha, emergência etc. São as sirenes e buzinas elétricas. Utilizados em locais de difícil visualização (para indicadores luminosos) e quando deseja-se atingir um grande número de pessoas em diferentes locais.



Símbolo de indicador acústico.

CAPITULO 2.8

Métodos de partida

Controle de motores

Os motores devem ser controlados por partida adequada e, se necessário, por dispositivos de controle.

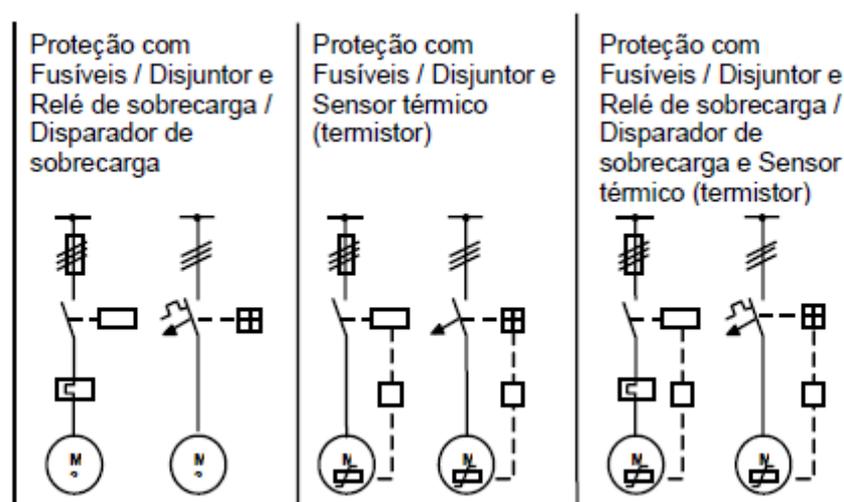
Dispositivos de partida podem ser combinados com dispositivos para assegurar a proteção de motores, nestes casos, eles devem estar de acordo com as regras aplicáveis a dispositivos de proteção.

Os circuitos de controle de motores devem ser projetados de forma a prevenir a partida automática de um motor após a parada em função de uma falta ou uma queda de tensão, se tal partida puder causar risco.

Os diferentes dispositivos para seccionamento e ajuste de um motor, ou de um conjunto de motores combinados, devem ser agrupados.

Manobra e proteção de motores elétricos em partida direta

Proteção plena dos motores



Então, reportando-nos a norma NBR 5410 edição de 2004, que está em vigor na época da redação desse texto, Motores, temos:

As cargas constituídas por motores elétricos apresentam peculiaridades que as distinguem das demais:

- A corrente absorvida durante a partida é muito maior que a de funcionamento normal em carga;
- A potência absorvida em funcionamento é determinada pela potência mecânica no eixo solicitada pela carga acionada, o que pode resultar em sobrecarga na rede de alimentação, se o motor não for protegido adequadamente.

Em razão dessas peculiaridades, a instalação de motores, além das demais prescrições dessa Norma, devem atender também as prescrições seguintes:

Limitação das perturbações devidas a partida de motores.

Para evitar perturbações inaceitáveis na rede de distribuição, na própria instalação e nas demais cargas ligadas, na instalação de motores deve-se:

- Observar as limitações impostas pela Concessionária local referente a partida de motores:

Nota: Para a partida direta de motores com potência acima de 3,7 kW (5cv), [supostamente em $U = 220V$] em instalações alimentadas por rede de distribuição pública em baixa tensão, deve ser consultada a Concessionária local.

b) Limitar a queda de tensão nos demais pontos de utilização, durante a partida do motor, aos valores estipulados.

Portanto, para potências acima de 5 cv, é necessário verificar se há necessidade de serem usados métodos de partida, que podem ser de várias formas, cada um com recomendações próprias de acordo com a potência dos motores a eles ligada. Aplicando-se a todos eles, a IEC 60 947 faz recomendações de coordenação de proteção.

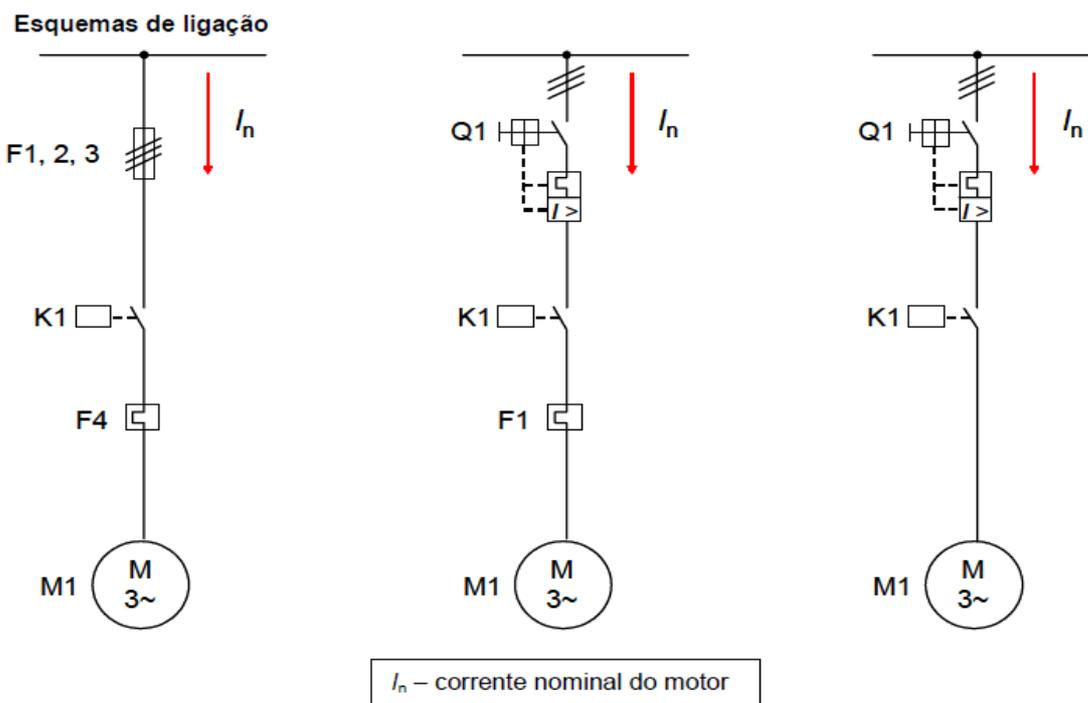
Critérios de escolha do método de partida

Pelo visto, a escolha por uma partida direta ou não, depende de:

- Característica da máquina a ser acionada;
- Circunstância de disponibilidade da potência de alimentação;
- Confiabilidade de serviço, e
- Distância da fonte de alimentação, devido a condição de queda de tensão (norma)

No caso de ser permitida a partida direta, a plena tensão:

A composição de uma **partida direta** pode ser das seis formas citadas na pagina 79 Porém, dessas, as três mais usadas são as representadas a seguir.



Não sendo possível a partida direta, outros métodos de partida são utilizados:

- Partida estrela-triângulo;
- Partida por auto-transformador (também chamada de compensadora)
- Partida suave (soft-starter), por meio de eletrônica de potência.

Na seqüência indicada, estão também os **custos** do dispositivo de partida: uma estrela-triângulo é mais barata do que uma partida suave (soft-starter), para mesma potência de motor. E é necessário associar o **investimento no motor** com o **dispositivo de partida**. Por essa razão, **máquinas pequenas** (acima de 5 cv ou eventualmente maiores de acordo com determinações da Concessionária de Energia,

peço que vimos), **usam uma partida estrela-triângulo**; as **máquinas maiores**, passando pelas compensadoras (com auto-transformador), usam, no outro extremo das potências, a **partida suave (soft-starter)**.

Um outro aspecto é a **qualidade** da partida, há casos em que os solavancos resultantes de uma partida em estrela-triângulo não são admissíveis dentro do regime de funcionamento do motor e sobretudo da carga acionada.

CAPITULO 2.9 Diagramas Elétricos

Diagrama Unifilar

O diagrama Unifilar objetiva mostrar as interligações entre equipamentos sem minúcias quanto aos pontos de conexão existentes nesses equipamentos.

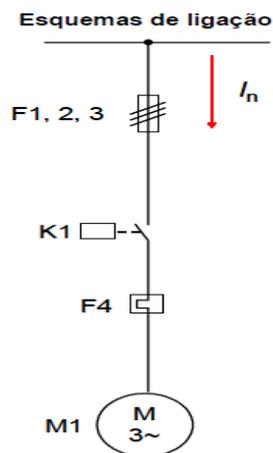
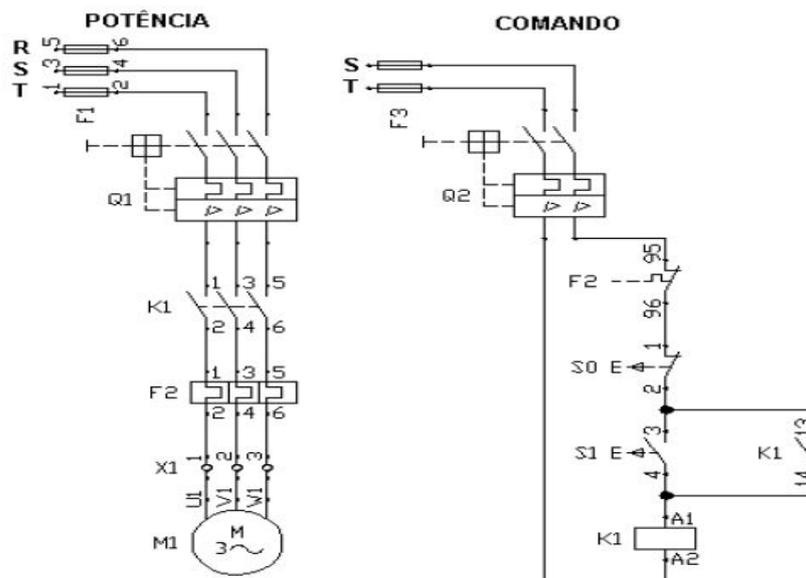


Diagrama Trifilar ou Funcional

Este tipo de diagrama representa com clareza os processo e o modo de atuação dos contatos, facilitando a compreensão da instalação e o acompanhamento dos diversos circuitos na localização de eventuais defeitos.



Basicamente o Diagrama Funcional é composto por 2 circuitos:

Circuito Principal, Potência ou Motriz
Circuito Auxiliar ou de Comando

CAPITULO 2.10

Definição de Potência

Sempre que ligarmos uma carga a um dado circuito elétrico, há três tipos de potência a serem considerados: potência ativa, reativa e potência aparente.

Potência ativa

É a transformação da energia elétrica em qualquer forma de energia útil, como por exemplo: luminosa, térmica sem a necessidade de uma transformação intermediária de energia.

A potência ativa em corrente alternada é dada pelas seguintes equações:

Circuito Monofásico : $P = V \cdot I \cdot \cos\phi$

Circuito Trifásico : $P = 1,73 \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$

Unidade : **watt (W)**

Potência aparente

É a energia total fornecida pelo gerador.

A potência aparente em corrente alternada é dada pelas seguintes equações:

Circuito Monofásico : $S = V \cdot I$

Circuito Trifásico : $S = 1,73 \cdot V \cdot I$

Unidade : **volt ampère (VA)**

Fator de Potência

É a relação entre a potência ativa (watt) e potência aparente (volt ampères). Consumidos por dispositivo ou equipamento

Sendo:

$$FP = P (W) / S (VA)$$

A atual regulamentação brasileira do fator de potência estabelece que o mínimo fator de potência (FP) das unidades consumidoras é de 0,92.

CAPITULO 2.11

Ligação de Motores monofásico e trifásicos

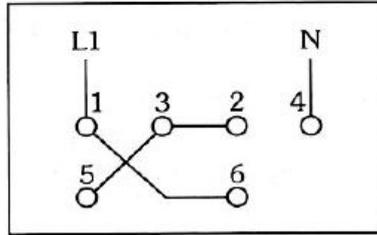
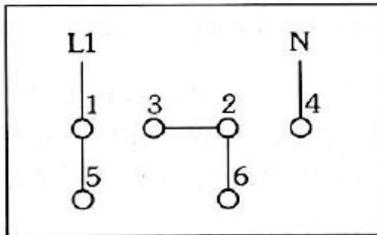
Motor monofásico com dois terminais:

- Destinado apenas a um valor de tensão;
- Não é possível a inversão do seu sentido de rotação;

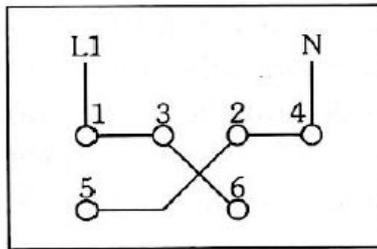
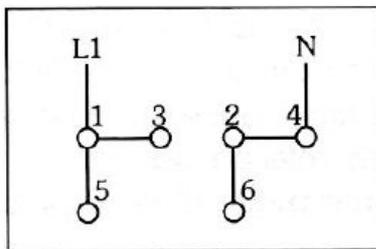
Motor monofásico com seis terminais:

- Permite dois tipos de alimentação diferentes;
- Pode-se inverter o sentido de giro desse motor.

Esquemas:



Inversão de sentido de rotação
Série - 220V



Inversão de sentido de rotação
Paralelo - 110V

Placa de identificação

A placa de identificação contém as informações que determinam as características construtivas e de desempenho dos motores; que são definidas pela NBR-7094.

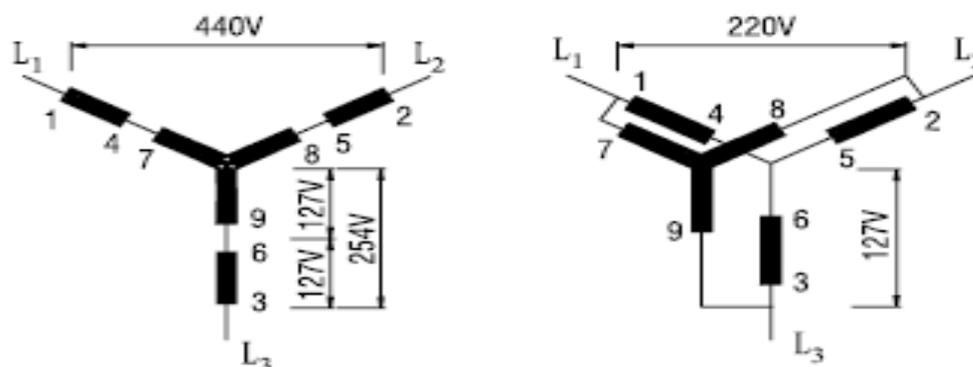
		ALTO Plus RENDIMENTO			
~ 3 132S		25MAR04		BM20035	
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA		INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz	60
		CAT		N	
kW(HP-cv)		7.5(10)		RPM	1760
FS	1.15	ISOL	B Δ†	K	lp/ln 7.8
SF		INSL			IP55
220/380/440		V		26.4/15.3/13.2 A	
REG	DUTY S1		MAX AMB	40°C	ALT 1000 m
REND.%	91.0	COS φ =	0.82	SFA	
220 V		380 V		440 V	
- ONLY START / SOMENTE PARTIDA					
	→ 6308-ZZ	MOBIL POLYREX EM		64 Kg	
	→ 6207-ZZ				
00293		PROCEL	NBR7094		
REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO					

Tensão nominal múltipla

A grande maioria dos motores é fornecida com terminais do enrolamento religáveis, de modo a poderem funcionar em redes de pelo menos duas tensões diferentes. Os principais tipos de ligação de terminais de motores para funcionamento em mais de uma tensão são:

a) Ligação série-paralela Y

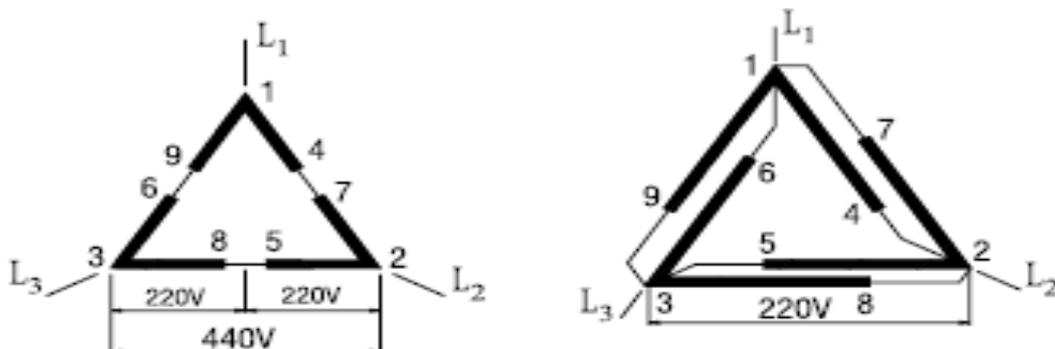
O enrolamento de cada fase é dividido em duas partes (lembrar que o número de pólos é sempre par, de modo que este tipo de ligação é sempre possível). Ligando as duas metades em série, cada metade ficará com a metade da tensão de fase nominal do motor. Ligando as duas metades em paralelo, o motor poderá ser alimentado com uma tensão igual à metade da tensão anterior, sem que se altere a tensão aplicada a cada bobina.



Ligação série-paralelo Y

Ligação série-paralela Δ

Este tipo de ligação exige nove terminais no motor e a tensão nominal (dupla) mais comum, é 220/440V, ou seja, o motor é religado na ligação paralela quando alimentado com 220V e na ligação série quando alimentado em 440V. As figuras mostram a numeração normal dos terminais e os esquemas de ligação para estes tipos de motores, tanto para motores ligados em estrela como em triângulo. Os mesmos esquemas servem para outras duas tensões quaisquer, desde que uma seja o dobro



da outra, por exemplo, 230/460V

b) Ligação estrela-triângulo Y / Δ

O enrolamento de cada fase tem as duas pontas trazidas para fora do motor. Se ligarmos as três fases em triângulo, cada fase receberá a tensão da linha, por exemplo, 220V .

Se ligarmos as três fases em estrela, o motor pode ser ligado a uma linha de tensão igual a $220 \times \sqrt{3} = 380$ volts sem alterar a tensão no enrolamento que continua igual a 220 volts por fase, pois. $U_f = U \times \sqrt{3}$.

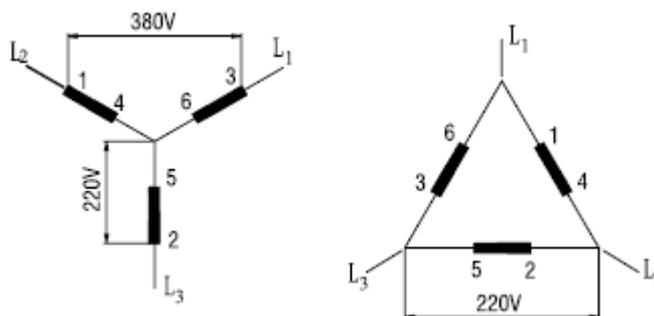
Este tipo de ligação exige seis terminais no motor e serve para quaisquer tensões nominais duplas, desde que a segunda seja igual à primeira multiplicada da por $\sqrt{3}$.

Exemplos: 220/380V - 380/660V - 440/760V

Nos exemplos 380/660V e 440/760V, a tensão maior declarada só serve para indicar que o motor pode ser acionado através de uma chave de partida estrela-triângulo.

Motores que possuem tensão nominal de operação acima de 600V deverão possuir um sistema de isolamento especial, apto a esta condição.

$$U_f = U \times \sqrt{3}.$$



c) Tripla tensão nominal

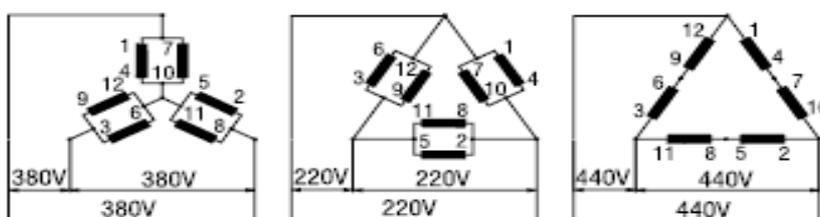
Podemos combinar os dois casos anteriores: o enrolamento de cada fase é dividido em duas metades para ligação série-paralelo. Além disso, todos os terminais são acessíveis para podermos ligar as três fases em estrela ou triângulo. Deste modo, temos quatro combinações possíveis de tensão nominal:

- 1) Ligação triângulo paralelo;
- 2) Ligação estrela paralela, sendo igual a $\sqrt{3}$ vezes a primeira;
- 3) Ligação triângulo série, valendo o dobro da primeira;
- 4) Ligação estrela série, valendo $\sqrt{3}$ vezes a terceira. Mas, como esta tensão seria maior que 600V, é indicada apenas como referência de ligação estrela-triângulo.

Exemplo: 220/380/440(760V)

Obs: 760V (Somente para partida)

Este tipo de ligação exige 12 terminais e a figura mostra a numeração normal dos terminais e o esquema de ligação para as três tensões nominais.



Chave de Partida Estrela / Triângulo

O motor trifásico em estrela na partida, a corrente circulante se situará em torno de $1/3$ do valor pleno, e assim algo em torno de $0,33 \times I_n$, que é perfeitamente aceitável, se sua circulação não se der por um tempo excessivamente longo.

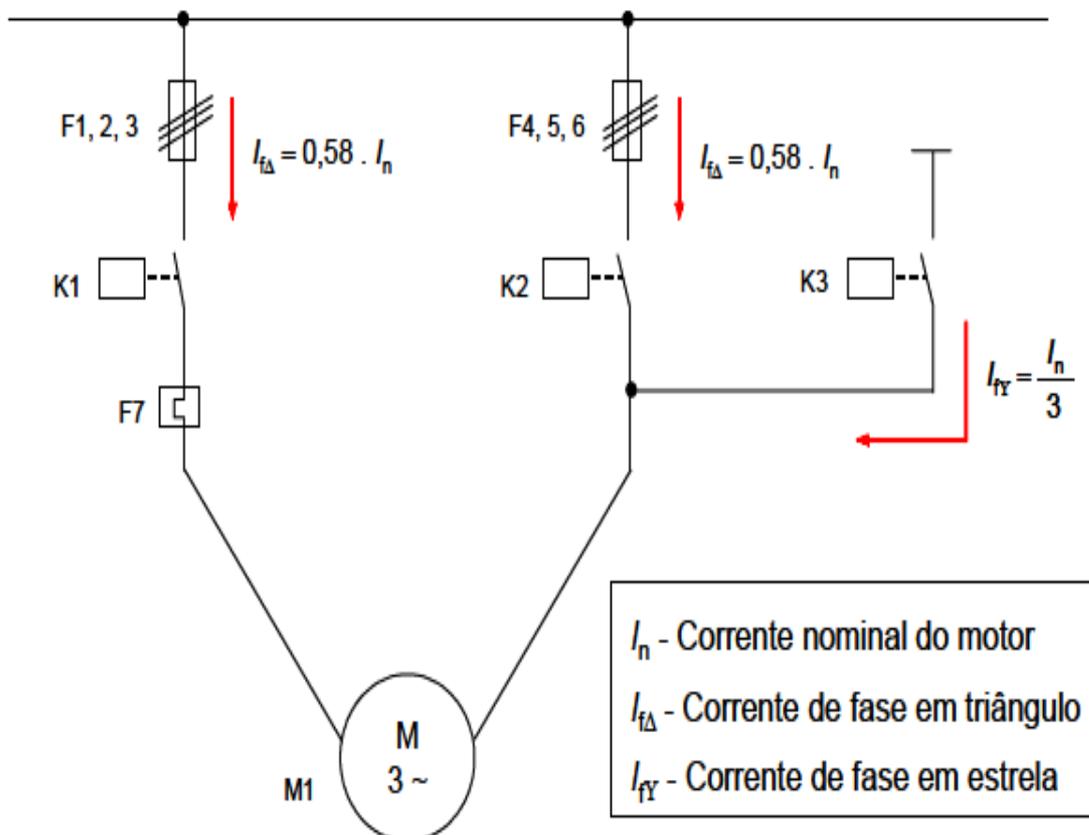
Se, uma vez passada a fase de partida, ou seja, o motor já tiver alcançado sua rotação nominal e assim a corrente também já for nominal, então podemos comutar os enrolamentos para a ligação de funcionamento normal, que então será ligada em triângulo, como uma corrente igual a corrente nominal (I_n).

A comutação da ligação estrela para a triângulo, dentro de um regime de carga bem definido, é feito automaticamente, por meio de relé de tempo associado ao comando de contatores.

Esquemas de ligação

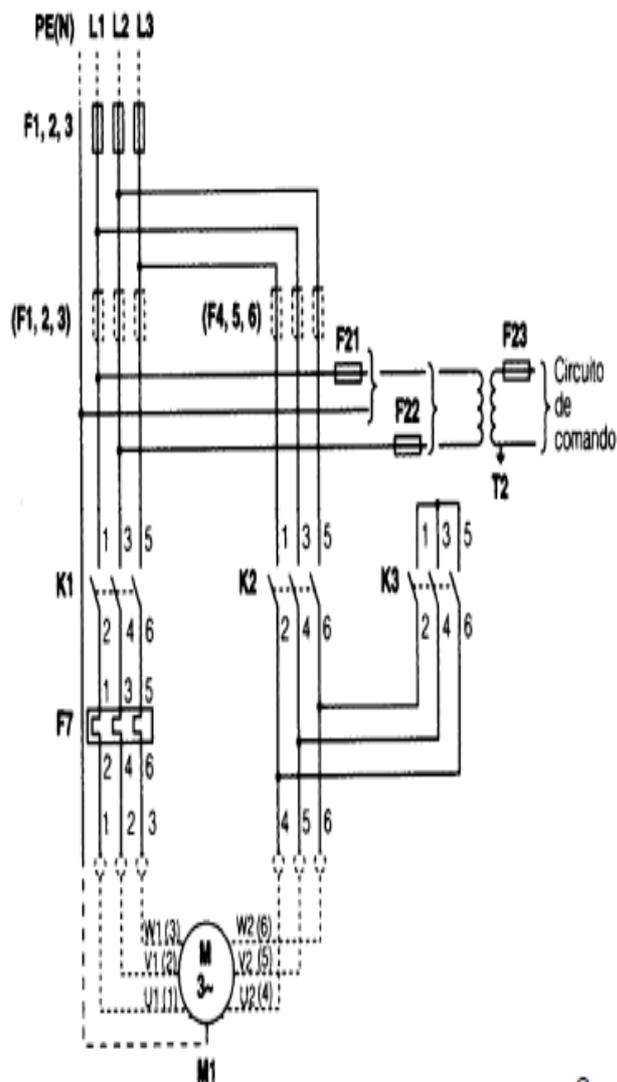
Unifilar

Definição dos valores de corrente para especificação dos componentes.

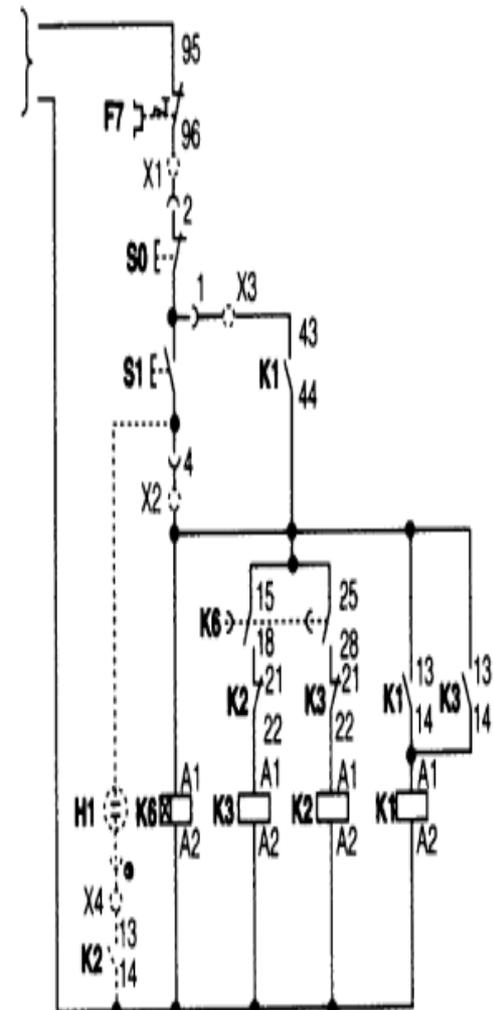


Trifilar

Circuito de potência



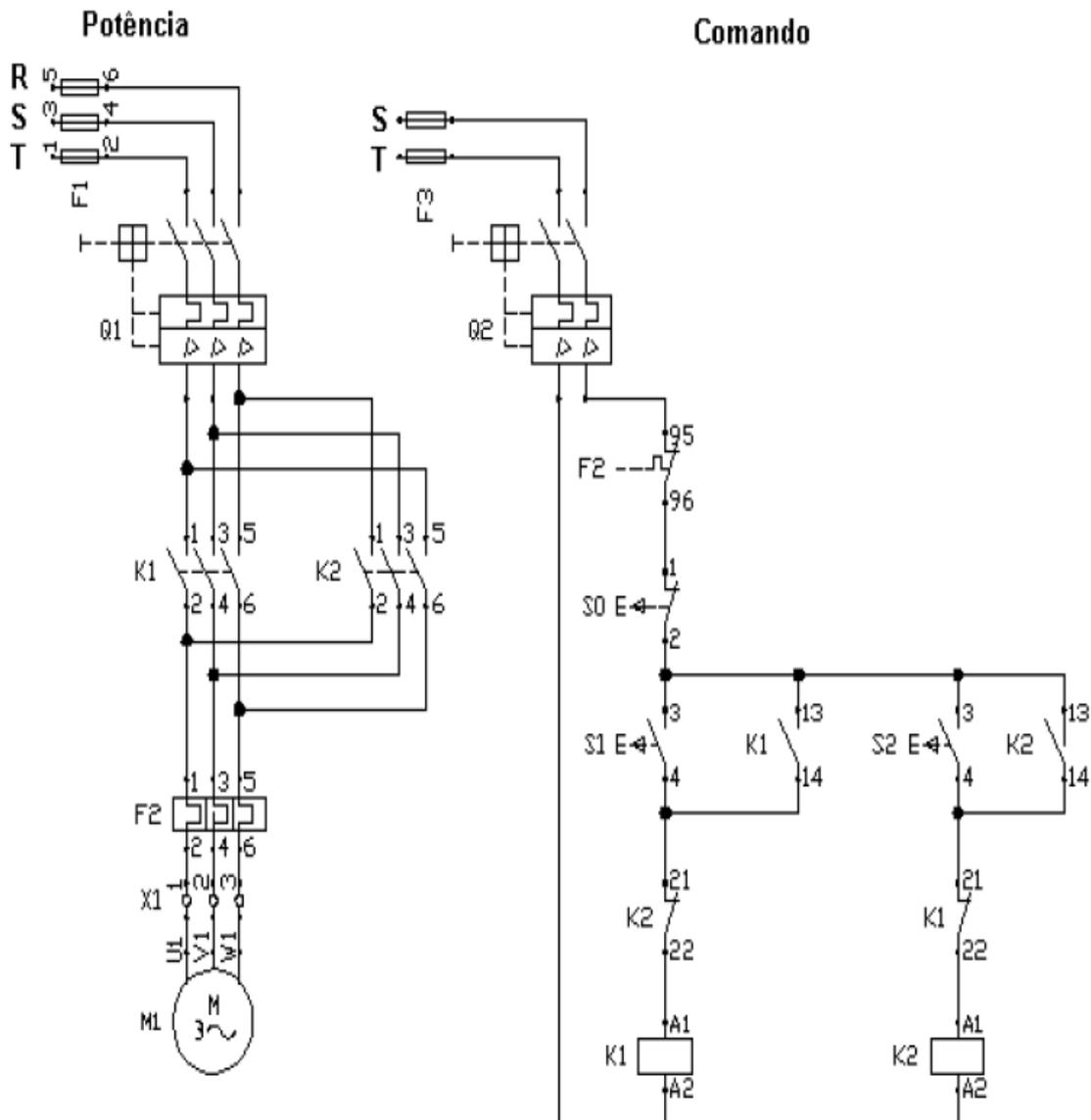
Circuito de comando



- Com botão de comando duplo liga-desliga 3SA8
- K6 - Relé de tempo Y Δ
- Contato 15-18 (fecha instantâneo) com retardo na abertura no ajuste de tempo da partida
- Contato 25-28 com retardo no fechamento no ajuste de tempo de partida mais um tempo ≈ 50 ms para garantir a transição de Y para Δ

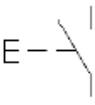
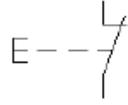
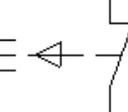
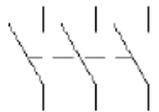
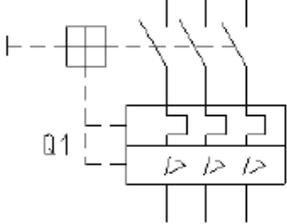
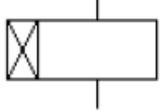
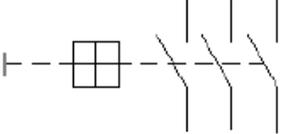
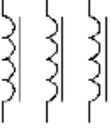
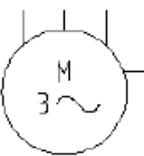
Partida de Motores com reversão

Acionar, de forma automática, um motor com reversão do sentido de rotação, mostrando algumas similaridades com a partida direta. Introduzir o conceito de “intertravamento”.



Capítulo 2.12

Simbologia em comandos elétricos

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada / Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico

CAPITULO 2.13
Caderno de Exercícios

Calcular a corrente de um motor monofásico de 3CV que pode ser ligado em tensões de trabalho de 110V/220V.

Onde: 1CV = 750W ou 0,75KW

Circuito Monofásico : $P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$ $I = P / V \cdot \text{Cos}\phi$

Calcular a corrente de trabalho de um motor trifásico de 15CV que pode ser ligado em tensões nominais de 220V/380V/440V, com FP= 0,85, rendimento 82%.

Onde: 1CV = 750W ou 0,75KW

Circuito Trifásico : $P = 1,73 \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$ $I = P / 1,73 \cdot V \cdot \text{Cos}\phi$

Representar o circuito de partida direta com o diagrama unifilar

Representar o circuito de partida direta com o diagrama trifilar

Caderno de exercícios

Caderno de exercícios