

Capítulo 5

Dispositivos e acionamentos elétricos

Os dispositivos e acionamentos elétricos são utilizados em manobra, no acionamento e na proteção de equipamentos industriais quando o controle de acionar e desligar a carga não é suficiente. Eles podem ser instalados para proteger os equipamentos em relação ao circuito de alimentação e também criar uma “lógica de contato” ou de intertravamento, bloqueando manobras que não poderiam ser executadas simultaneamente.

As orientações encontradas neste capítulo foram elaboradas com base nas seguintes normas técnicas:

- IEC 60947-1 – Equipamentos de manobra e de proteção em baixa tensão: especificações.
- IEC 60947-2 – Disjuntores.
- IEC 60947-3 – Seccionadores e seccionadores fusível.
- IEC 60947-4 – Contatores de potência, relés de sobrecarga e conjuntos de partida.
- IEC 60947-5 – Contatores auxiliares, botões de comando e auxiliares de comando.
- IEC 60947-7 – Conectores e equipamentos auxiliares.
- IEC 60269-1 – Fusíveis para baixa tensão.
- IEC 60439-1 – Conjuntos de manobra e comando em baixa tensão.
- NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- Normas IEC, DIN, NBR – Símbolos gráficos.

Essa área de estudo utiliza alguns termos específicos, que podem ser assim resumidos:

- **Capacidade de interrupção** – Valor de corrente presumida que o dispositivo é capaz de interromper, sob dada tensão e em condições prescritas de emprego e funcionamento.
- **Categoria de emprego** – Classificação dos dispositivos de comando de cargas de acordo com as finalidades para as quais são previstos.
- **Corrente de curto-circuito** – Sobrecorrente que resulta de uma falha, de impedância insignificante entre condutores energizados que apresentam diferença de potencial em funcionamento normal.

- **Corrente nominal** – Corrente de operação de um circuito, determinada pelas condições de emprego, em função da qual são escolhidos os diversos dispositivos.
- **Corrente de partida** – Valor eficaz da corrente absorvida pelo motor durante a partida.
- **Sobrecarga** – Quando é ultrapassado o valor da corrente nominal de um equipamento elétrico, por exemplo: excesso de carga no eixo do motor ou defeito mecânico no motor ou acoplamentos.
- **Seletividade** – Operação conjunta dos dispositivos de proteção que atuam sobre os de manobra ligados em série para a interrupção escalonada de correntes anormais, como curto-circuito. O dispositivo de proteção deve interromper a parte do circuito fase imediatamente anterior à falha. Os demais dispositivos de manobra têm de permanecer ligados, a não ser que o dispositivo anterior tenha falhado, e assim sucessivamente.

5.1 Dispositivos elétricos

Os dispositivos elétricos podem criar um campo eletromagnético no momento da energização de sua bobina, por isso são conhecidos como chaves eletromagnéticas. Eles são utilizados para abrir ou fechar contatos.

Existem diferentes tipos de dispositivos elétricos que servem para comandar, regular e proteger os motores elétricos e constituem os elementos de potência das instalações elétricas industriais. Alguns são manuais (chave de potência) e outros automáticos (contatores e relés).

Normalmente, os dispositivos utilizados em baixa tensão podem ser classificados como de seccionamento ou de proteção, conforme a figura 5.1.

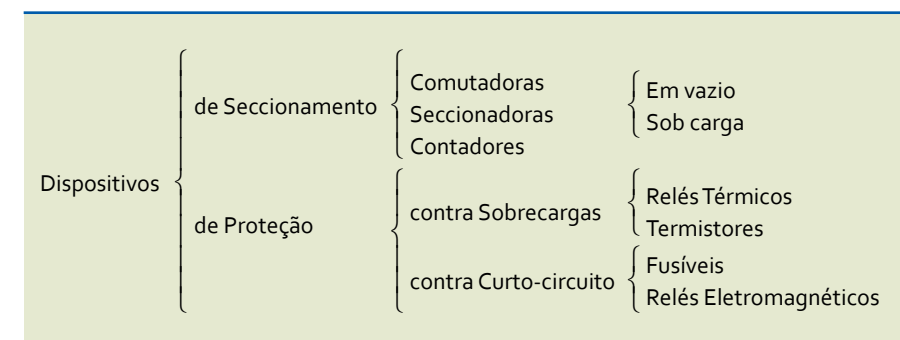


Figura 5.1
Classificação dos dispositivos elétricos.

5.2 Dispositivos de manobra

Os dispositivos de manobra servem para ligar e desligar os dispositivos elétricos de potência. Os principais são:

- **Botões** – Instalados nos circuitos com a função de ligar e desligar, ou seja, possibilitam o acionamento ou a interrupção da corrente de comando. São encontrados em diversos tipos e tamanhos, de acordo com sua utilização, por exemplo: acionadores simples, de emergência etc.



- **Botões** – Elementos de controle manual para o comando de máquinas em geral. Atuam no circuito de comando ligando e desligando o equipamento com comando via contadores.
- **Chave seccionadora** – Tipo de dispositivo mecânico de conexão de abrir e fechar um circuito. Como é uma chave de acionamento e manobra, é capaz de suportar correntes de curto-circuito por determinado tempo. As seccionadoras são identificadas pela corrente e tensão nominal e podem ser definidas quanto a seu acionamento. São divididas em quatro categorias, como mostra a tabela 5.1.

Tabela 5.1
Categorias de utilização de chaves.

Corrente alternada	Acionamento
AC20	Em vazio
AC21	Carga resistiva
AC22	Carga mista (resistiva e indutiva)
AC23	Carga altamente indutiva

- **Interruptor** – Chave seca de baixa tensão com construção e características elétricas adequadas à manobra de circuitos.

5.3 Dispositivos de acionamento

O **contator** é um dispositivo capaz de realizar um acionamento mecânico por meio de um sinal elétrico. Ao energizar sua bobina mediante uma tensão elétrica, seus contatos são acionados.

Há dois tipos de contadores:

- **Contator de potência** – Liga e desliga o motor e outras cargas elétricas.
- **Contator auxiliar** – Liga e desliga circuitos de comando, sinalização, controle, interface com processadores eletrônicos etc.

No contator de potência, os contatos principais são identificados com números unitários de 1 a 6. Esses contatos suportam correntes elevadas, que dependem da potência que o motor acionará, e são sempre do tipo NA (normalmente aberto). Há também os contatos auxiliares, que são utilizados no acionamento de eletroímãs (bobinas), chaves magnéticas, lâmpadas de sinalização ou alarmes sonoros. Esses contatos podem ser do tipo NA ou NF (normalmente fechado).

Os contadores apresentam a identificação de seus terminais e relés associados, informando sua posição e a função de cada terminal.

Observe na figura 5.2 a representação do contator. As bobinas são identificadas de forma alfanumérica (A1 e A2), de acordo com a norma IEC 947-4.

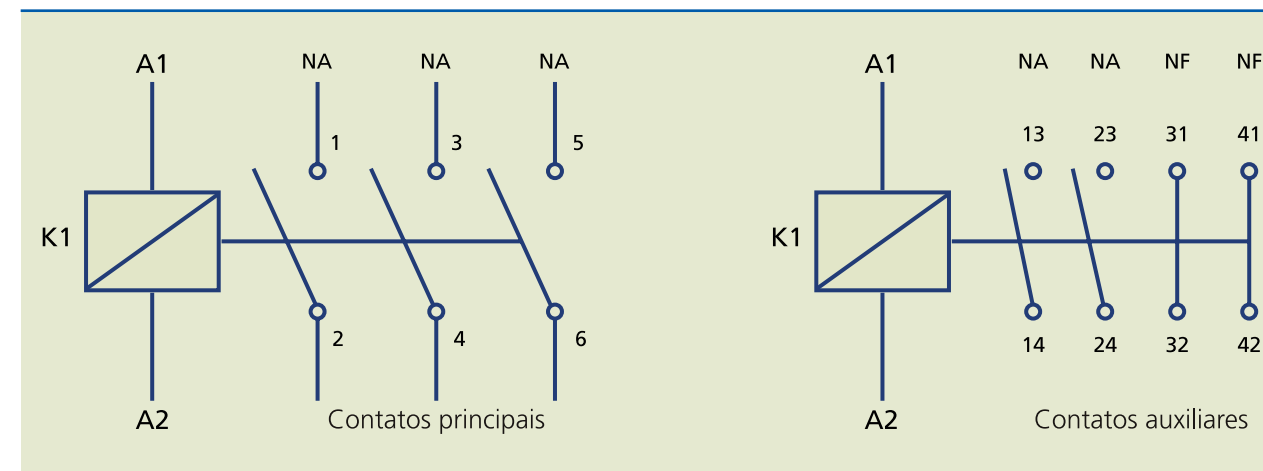


Figura 5.2

Representação do contator de acordo com a norma IEC 947-4.

Segundo a mesma norma, o circuito principal deve ser identificado por números unitários e por um sistema alfanumérico. Por exemplo, na figura 5.3, os terminais 1L1, 3L2 e 5L3 recebem os fios da rede elétrica, e nos terminais 2T1, 4T2 e 6T3 está ligada a carga.

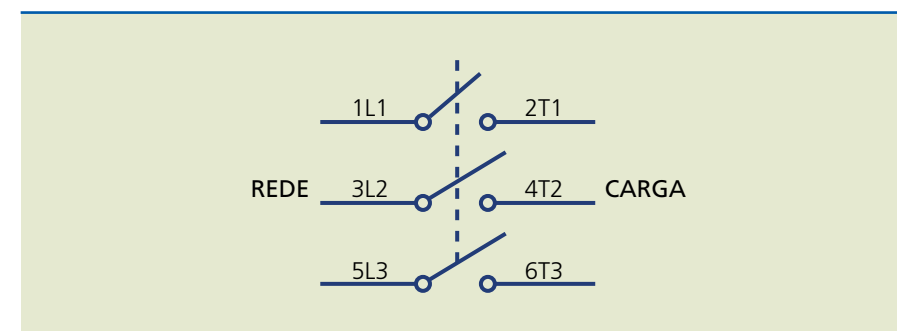


Figura 5.3

Terminais do circuito principal.

Além da codificação normal de sequenciamento e função dos contatos auxiliares, existe uma nomenclatura da terminação, que depende de sua disposição mecânica, conforme descrito a seguir:

- **Terminação “E”** – Destinada à disposição preferencial, essa terminação mostra que, na sequência de dois contatos, sendo 1NA + 1NF, o NA vem sempre em primeiro lugar, seguido do NF. Já nas sequências com número de contatos superior a dois, um contato NA inicia a sequência, seguido de todos os NF e, depois, dos contatos NA restantes. Assim, acrescenta-se à especificação do contator a terminação “E”.
- **Terminação “Z”** – Existem situações em que as características construtivas do contator não permitem a disposição preferencial “E”. Nesses casos, opta-se pela variante “Z”, que orienta para qualquer sequência que tenha em primeiro lugar todos os contatos NA, seguidos de todos os NF.

Os **terminais dos circuitos auxiliares de contadores** devem ser marcados ou identificados nos diagramas por meio de figura com dois números (figuras 5.4 e 5.5):



- **Unidade** – Representa a função do contato. Os números de função 1, 2 são próprios de contatos normalmente fechados e 3, 4 próprios de contatos normalmente abertos. Os traços antes dos números indicam a sequência. Os números de função 5, 6 são próprios de contatos NF retardados na abertura e 7, 8 de contatos NA adiantados no fechamento.
- **Dezena** – Representa a sequência de numeração. Os terminais pertencentes a um mesmo elemento de contato têm de ser marcados com o mesmo número de sequência. Logo, todos os contatos de mesma função devem ter número de sequência diferente.

Figura 5.4

Sequência e função dos contatos auxiliares.

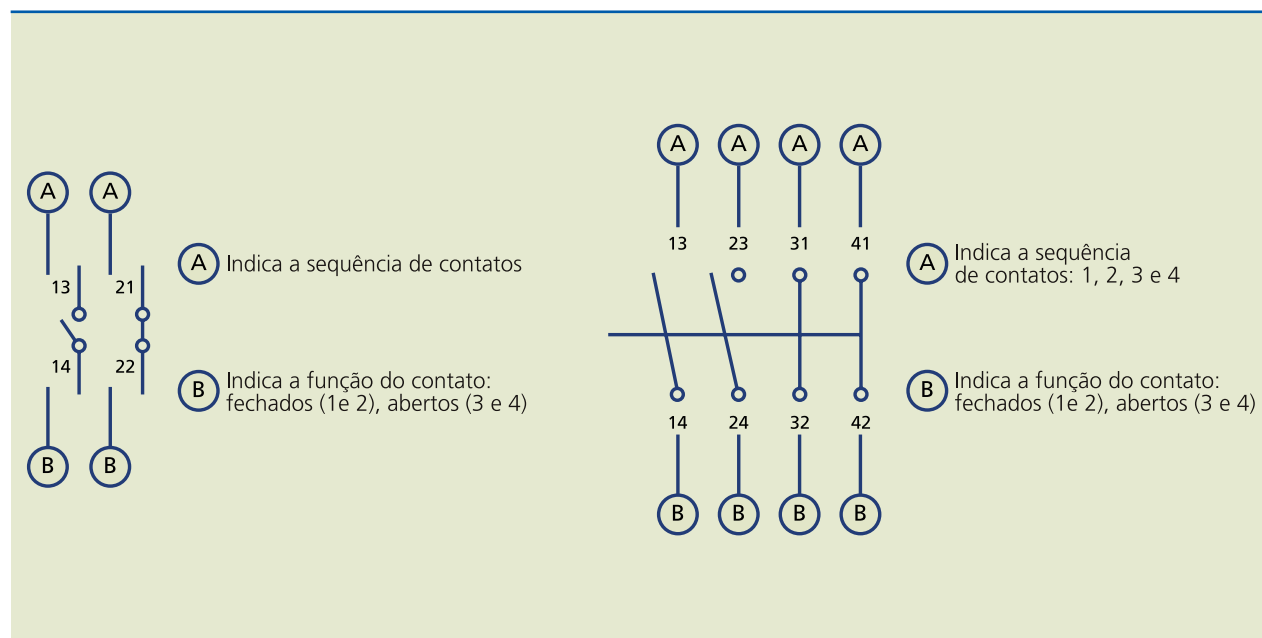
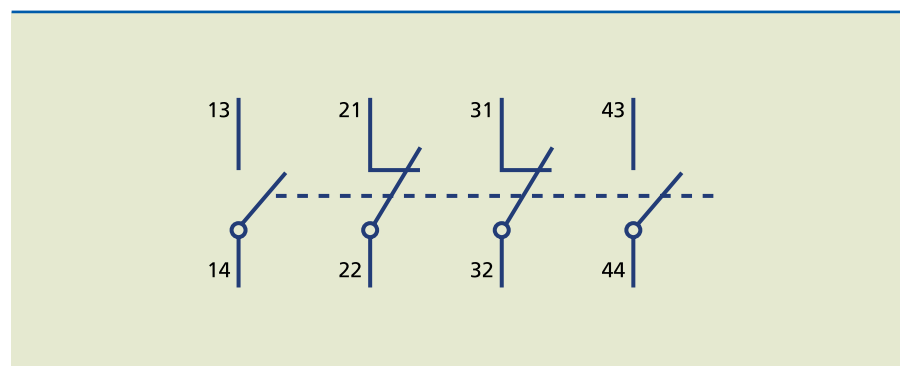


Figura 5.5

Número de sequência dos contatos auxiliares.



O **relé** é um dispositivo comutador eletromecânico acionado por um eletroímã, utilizado no acionamento de cargas de alta tensão e/ou alta corrente por meio de um circuito de baixa tensão. É formado por um eletroímã acoplado a uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar contatos. Pode ser acionado com controles que fornecem baixas correntes. Desse modo, com apenas um circuito bem simples, podem-se controlar máquinas robustas, como as encontradas em instalações industriais.

5.4 Dispositivos de proteção

Durante a partida, os motores elétricos apresentam intensidade de corrente superior à corrente de funcionamento normal com carga. Por mais que tenham sido projetados para suportá-la, poderia ocorrer sobrecarga no circuito de alimentação do motor. Para proteger o circuito do motor em sobrecarga ou curto-circuito, são utilizados dispositivos de seccionamento e proteção.

O **disjuntor** é um dispositivo de manobra e de proteção capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito. Além disso, pode estabelecer e conduzir por tempo especificado e interromper correntes de curto-circuito.

O **disjuntor-motor** é um dispositivo que assegura o comando e a proteção do motor. É basicamente composto de disparadores térmicos e magnéticos que atuam na partida do motor elétrico contra:

- queima por variação de tensão e corrente na rede;
- elevação de temperatura do motor e dos condutores;
- sobrecargas.

O uso do disjuntor associado ao contator possibilita que a ligação do motor seja feita a distância. Nessa associação disjuntor-contator, ambos exercem a função de proteção.

A finalidade dos **fusíveis** é proteger os sistemas elétricos contra curto-circuito. Na proteção de circuitos de motores, são usados os da classe funcional (gL), ou seja, com função de “proteção geral”. Sua interrupção é de efeito retardado (gG – para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente), pois os motores, por serem cargas indutivas, solicitam corrente superior à nominal no instante da partida. Os fusíveis de efeito retardado mais usuais são os tipos NH e *Diazed* retardado.

Os **relés bimetálicos**, também denominados relés de sobrecarga, são usados para proteger equipamentos elétricos de uma possível sobrecarga, interrompendo o circuito acima do valor nominal de corrente. Nesses relés pode-se selecionar qualquer valor de corrente, pois sua corrente de atuação é ajustável em uma faixa.

O **relé de falta de fase** é constituído de um componente eletroeletrônico que monitora a presença ou ausência das três fases. Caso falte uma fase, o relé evita que o circuito funcione. Alguns modelos monitoram a presença do neutro, motivo pelo qual são denominados relés de falta de fase e neutro. Esses dispositivos são utilizados na proteção de equipamentos, principalmente motores, contra avarias provenientes da permanência da alimentação com falta de fase. O motor fica monitorado por meio de um dos contatos NA do relé: enquanto as três fases estão presentes, o relé permanece ligado; quando faltar alguma fase, a chave se abre, desligando o motor.



5.5 Simbologia

A simbologia é utilizada para representar no desenho ou no esquema elétrico os dispositivos e os componentes físicos. Os contatos dos dispositivos elétricos devem ser representados nos circuitos na condição normalmente aberto (contatos NA).

Nos diagramas de circuitos de comandos eletromecânicos, devemos padronizar os símbolos gráficos usados para representar os dispositivos, bem como a relação entre eles. O significado e a simbologia têm de estar de acordo com as abreviaturas das principais normas nacionais e internacionais adotadas na construção e instalação de componentes. As normas utilizadas para a simbologia são:

- NBR 5037 – Símbolos gráficos de eletricidade: fusíveis, centelhadores e para-raios.
- NBR 5272 – Símbolos gráficos de eletricidade: dispositivos de partida.
- NBR 5274 – Símbolos gráficos de eletricidade: contatos, chaves, interruptores, dispositivos de alarme e de sinalização.
- NBR 5446 – Símbolos de relação usados na confecção de esquemas.

Segundo essas normas, os dispositivos elétricos, como contatores, fusíveis, transformadores e outros componentes, devem ser identificados por letra maiúscula seguida do número do setor de referência, como exemplifica a tabela 5.2.

Tabela 5.2

Alguns símbolos literais.

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, para-raios, disparadores, relés
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares
M	Motores	–
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivos de manobra, seletos auxiliares	Dispositivos e botões de comando, de posição (fim de curso) e seletos
T	Transformadores	Transformadores de distribuição de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores

Os dispositivos podem ser representados por símbolos específicos, conforme padronização das normas NBR, DIN e IEC. A tabela 5.3 apresenta alguns exemplos.

Tabela 5.3

Alguns símbolos de dispositivos.

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contatores de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contatores		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

5.6 Comandos elétricos

As manobras de intertravamento ou sequenciais podem ser feitas pela combinação de contatos elétricos e dispositivos eletromecânicos, que, trabalhando em conjunto, são capazes de implementar funções lógicas a serem realizadas em determinado processo. Essa associação de dispositivos elétricos e eletromecânicos deu origem aos chamados painéis (ou quadros) de comandos elétricos, que são montados em caixas metálicas.

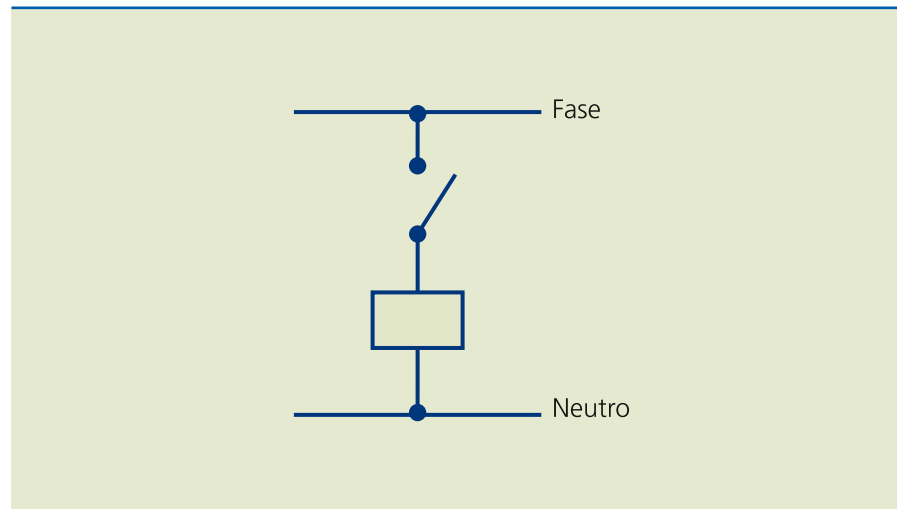


5.6.1 Funções lógicas

Para montar um painel de comando, é fundamental conhecer as funções lógicas básicas dos principais dispositivos de acionamento. São elas:

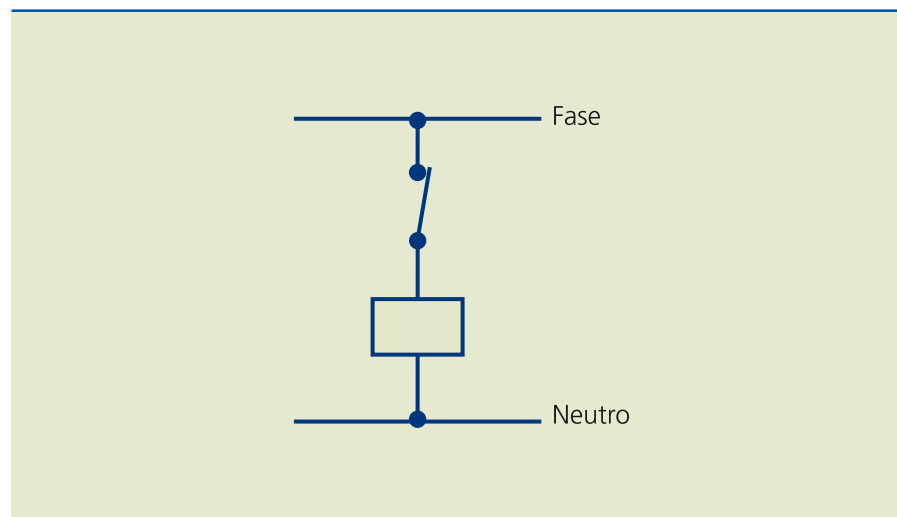
Função normal – O circuito utiliza contato para estabelecer uma relação lógica muito simples. Caso o contato NA seja acionado, a carga será acionada; caso o contato não seja acionado, a carga será desligada (figura 5.6).

Figura 5.6
Função normal.



Função inversora – Do ponto de vista lógico, o circuito realiza uma “inversão” do estado lógico de sua entrada; portanto, o estado lógico da saída é invertido em relação à entrada (figura 5.7).

Figura 5.7
Função inversora.



Função “e” – Essa função envolve no mínimo duas entradas, relacionando-as logicamente de maneira que uma “e” outra sejam acionadas simultaneamente para que a saída esteja ligada. Em um circuito, ela é representada por dois contatos em série, como mostra a figura 5.8.

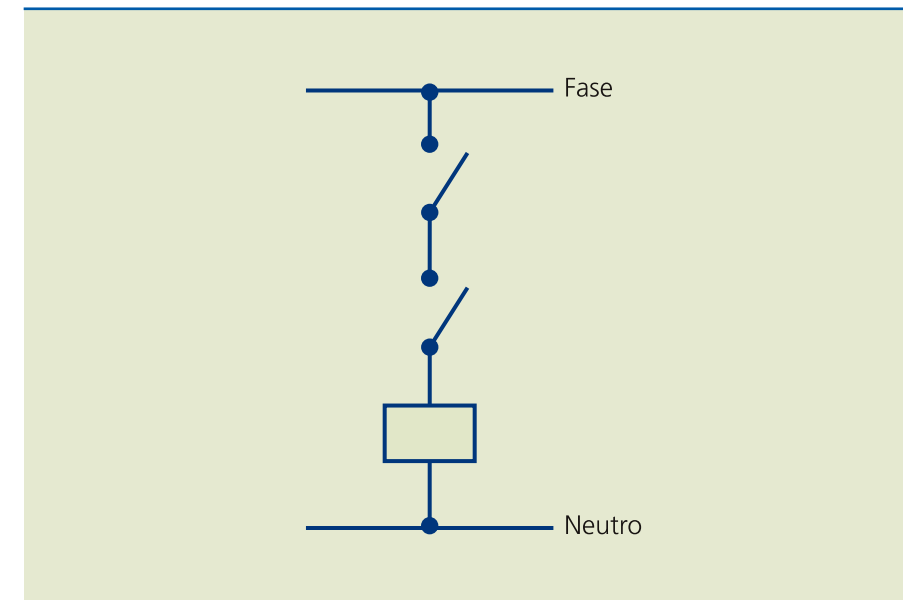
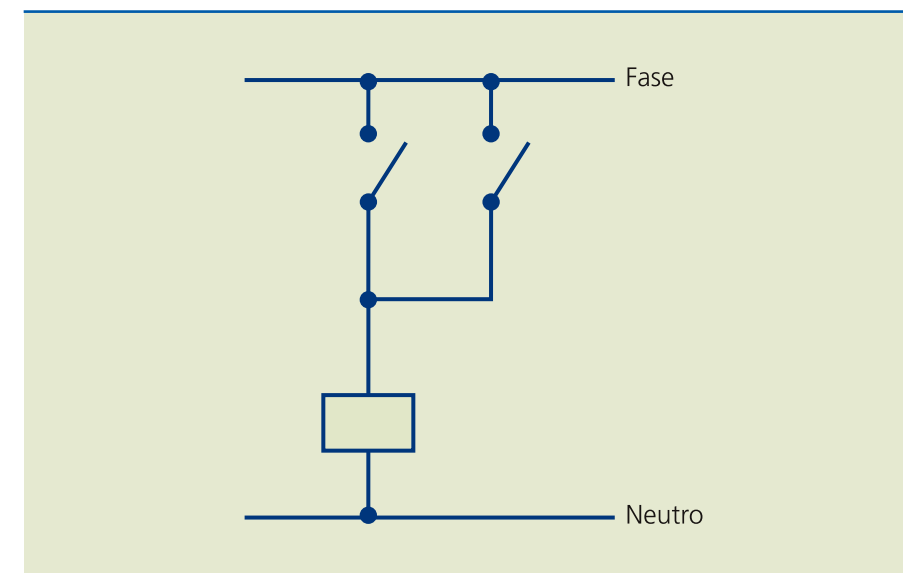


Figura 5.8
Função “e”.

Função “ou” – Colocando os contatos em paralelo, implementa-se a função lógica “ou”. Para isso, basta que um contato “ou” outro seja acionado, como no circuito da figura 5.9.

Figura 5.9
Função “ou”.



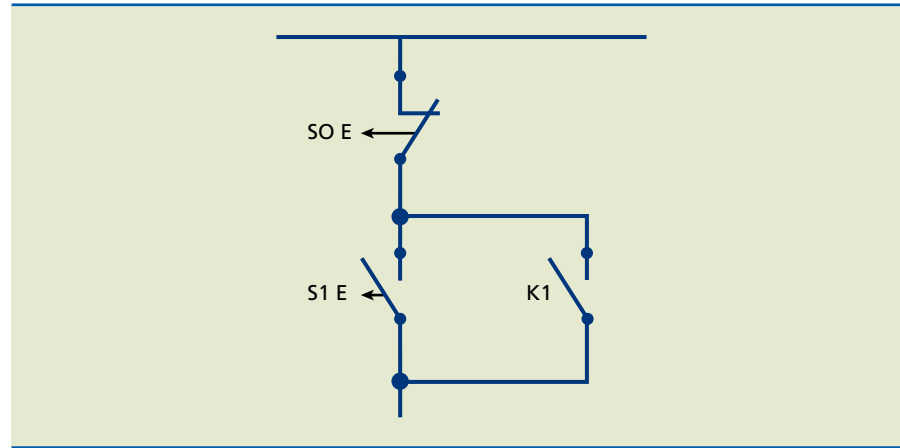
5.6.2 Formas de atuação dos contatos

É necessário conhecer os componentes básicos dos comandos e também sua finalidade para ler e compreender a representação gráfica de um circuito elétrico. Alguns desses elementos são:

Contato de selo – Mantém a corrente circulando pelo contator, mesmo depois de o operador ter retirado o dedo da botoeira. O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira (figura 5.10).

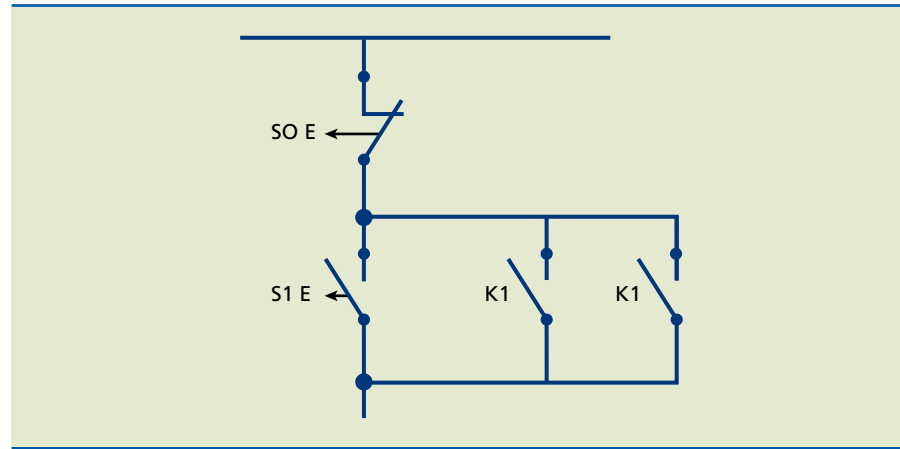


Figura 5.10
Contato de selo.



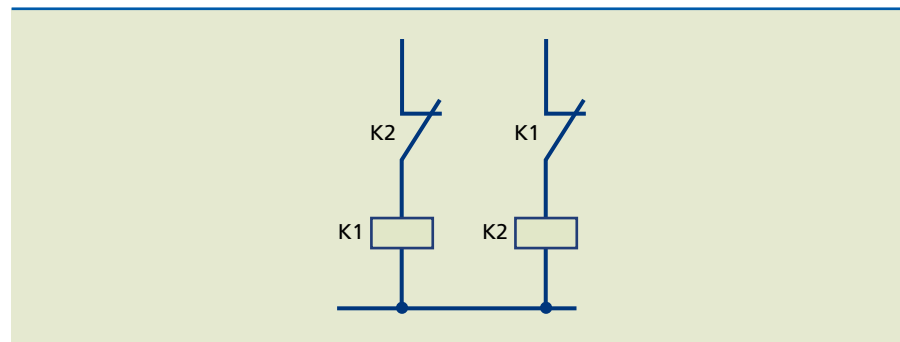
Contato de selo com dois contatos – Para segurança no sistema, podem-se utilizar dois contatos de selo (figura 5.11).

Figura 5.11
Contato de selo com dois contatos.



Intertravamento – É usado quando em algumas manobras o funcionamento simultâneo de dois ou mais contadores é indesejável. Nesse caso, os contatos devem ficar antes da alimentação da bobina dos contadores (figura 5.12).

Figura 5.12
Intertravamento.



Intertravamento com dois contatos – Quando cargas com altas correntes são acionadas, utilizam-se dois contatos de intertravamento, ligados em série, elevando a segurança do sistema (figura 5.13).

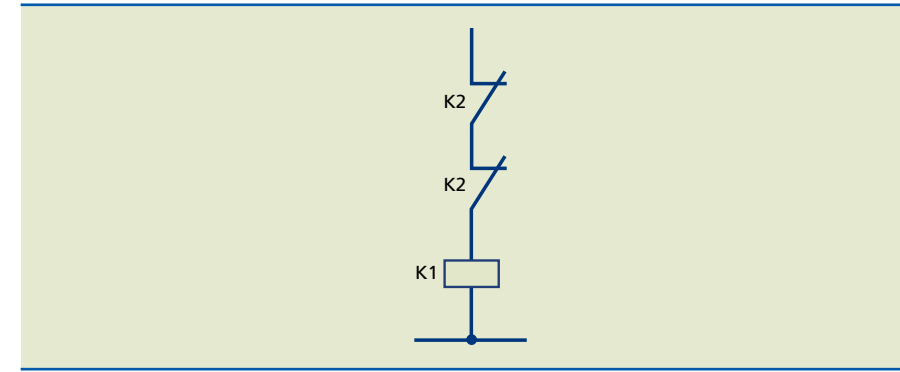


Figura 5.13
Intertravamento com dois contatos.

Ligação condicionada – Condiciona-se o funcionamento do contator K1 ao contator K2, colocando um contato NA do contator K2 antes do contator K1, o que significa que K1 pode ser operado apenas quando K2 estiver fechado (figura 5.14).

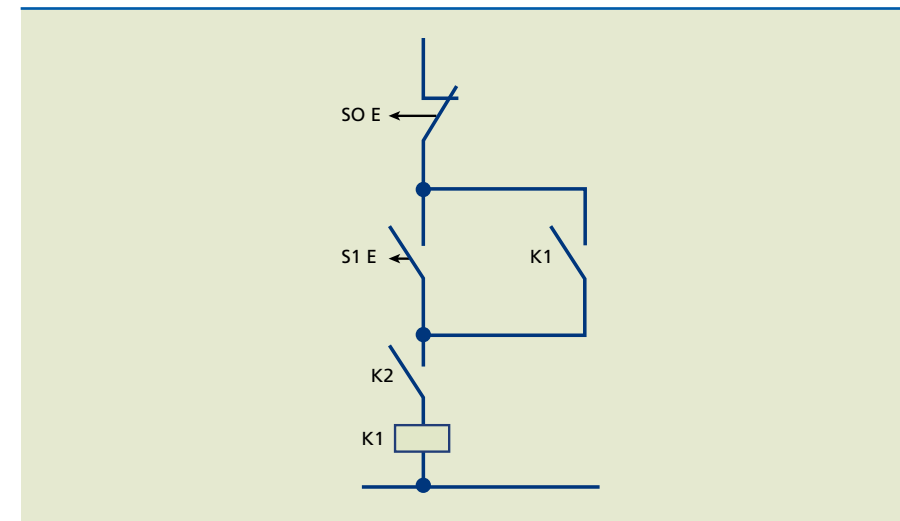


Figura 5.14
Ligação condicionada.

Proteção do sistema – Os relés de proteção contra sobrecarga devem estar sempre em série com as botoeiras de desligamento (figura 5.15).

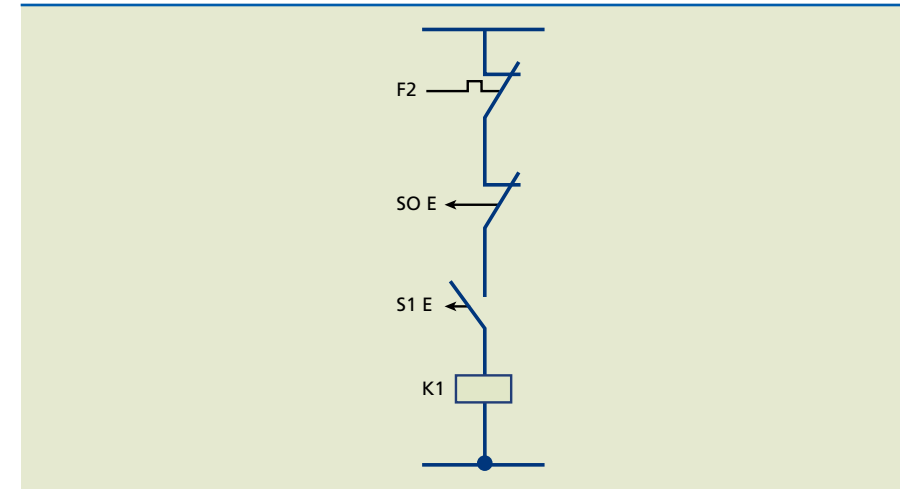
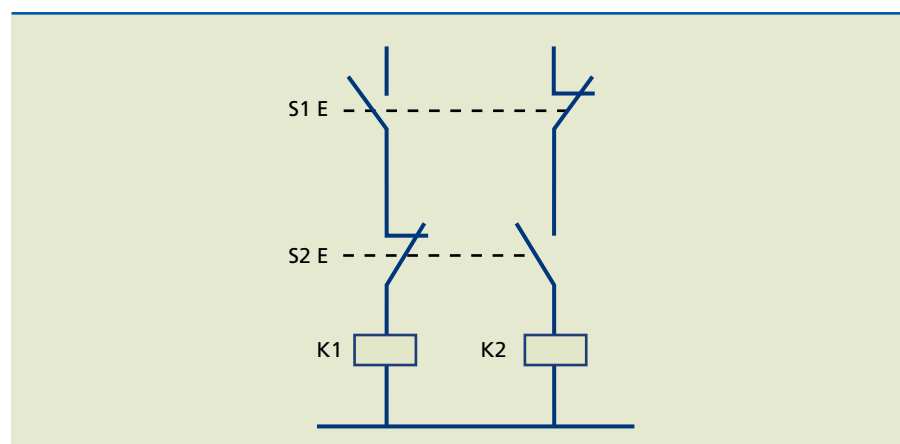


Figura 5.15
Proteção do sistema.



Intertravamento com botoeiras – Não se recomenda esse tipo de ação em motores com cargas pesadas. Para representação do intertravamento com botoeiras, sugere-se que uma das botoeiras venha indicada com seus contatos invertidos (figura 5.16).

Figura 5.16
Intertravamento com botoeiras.



5.6.3 Diagramação de circuitos de comando

Do ponto de vista de diagramação, os circuitos destinados a acionamentos elétricos classificam-se em:

- **Circuito de força ou de potência** – É responsável por estabelecer a alimentação, ou seja, a conexão dos terminais da carga à rede elétrica. Fazem parte desse circuito os dispositivos de manobra e de proteção e a carga elétrica do circuito.
- **Circuito de comando** – É responsável por comandar o circuito de força, determinando quando a carga será ligada ou desligada. Mostra as bobinas dos contadores e seus contatos interligados seguindo a lógica de contato. Trata-se de um circuito de baixa potência, destinado a implementar a lógica do acionamento.

5.7 Partida de motores elétricos

Entre os diferentes modelos de motores elétricos, os mais utilizados são os trifásicos com rotor de gaiola. Por isso, vamos analisar aqui os circuitos elétricos utilizados na partida desses motores.

A partida de um motor trifásico com rotor de gaiola deve ser direta por meio de um contator. O uso de contadores fornece elevado conjugado de partida e máxima aceleração. Contudo, se a corrente de partida do motor apresentar valor entre seis e sete vezes maior que o da corrente nominal e não for possível partida direta, pode-se usar um sistema de partida indireta para reduzir o valor da corrente. Os sistemas de partida indireta que utilizam tensão reduzida são:

- chave estrela-triângulo;
- chave compensadora ou autotrafo;
- chave de partida estática ou *soft-start*;
- inversor de frequência.

Esses sistemas de partida indireta serão explicados com mais detalhes na próxima seção.

As partidas sucessivas em intervalos muito reduzidos e o elevado valor da corrente de partida nos motores de indução podem ocasionar aumento excessivo de temperatura nos enrolamentos, danificando-os ou reduzindo sua vida útil. Para garantir condições seguras de partida, a norma NBR 7094 estabelece um regime de partida mínimo que os motores devem ser capazes de realizar:

- Duas partidas sucessivas, a primeira delas feita com o motor frio, isto é, com os enrolamentos à temperatura ambiente, e a segunda logo a seguir, porém depois de o motor ter desacelerado até o repouso. Essa condição simula o caso em que a primeira partida do motor é abortada, por exemplo, pelo desligamento da proteção, permitindo uma segunda tentativa logo a seguir.
- Uma partida com o motor quente, ou seja, com os enrolamentos à temperatura de regime. Essa condição simula o desligamento acidental do motor em funcionamento normal, por exemplo, por falta de energia na rede, permitindo retomar o funcionamento logo após o restabelecimento da energia.

5.7.1 Métodos de partida

Os motores são comandados por chaves de partida. As mais empregadas são:

- Partida direta/reversora – Acionamento de pequenos motores (figura 5.17).
- Partida estrela-triângulo – Acionamento de grandes motores sem carga (figura 5.17).
- Partida compensadora – Acionamento de grandes motores com carga.
- Partida com *soft-starter* – Acionamento de grandes motores com carga (figura 5.17).
- Partida com inversor de frequência – Acionamento de pequenos e grandes motores.

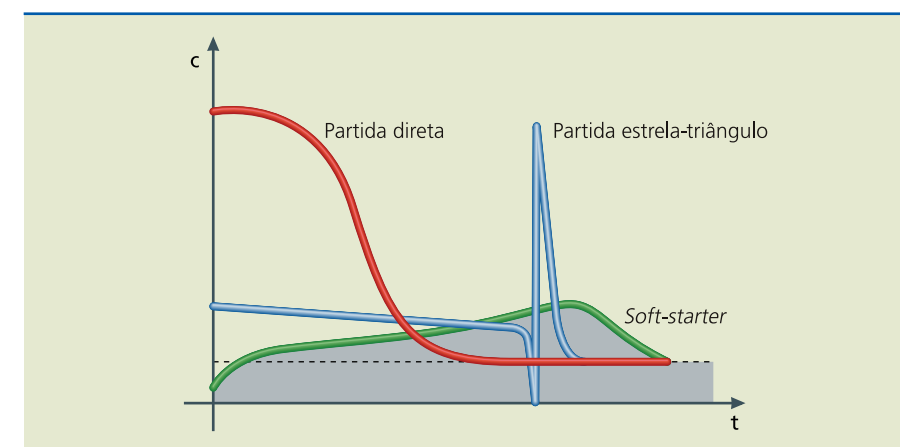


Figura 5.17
Curva de corrente · tempo em diversos tipos de partida.

Todas as chaves de partida possuem um circuito principal e um de comando, com as seguintes funções:



- **Circuito principal ou de força** – É responsável pela alimentação do motor.
- **Circuito de comando** – É responsável por comandar o circuito de força, determinando quando o motor será ligado ou desligado.

As chaves de partida são compostas por:

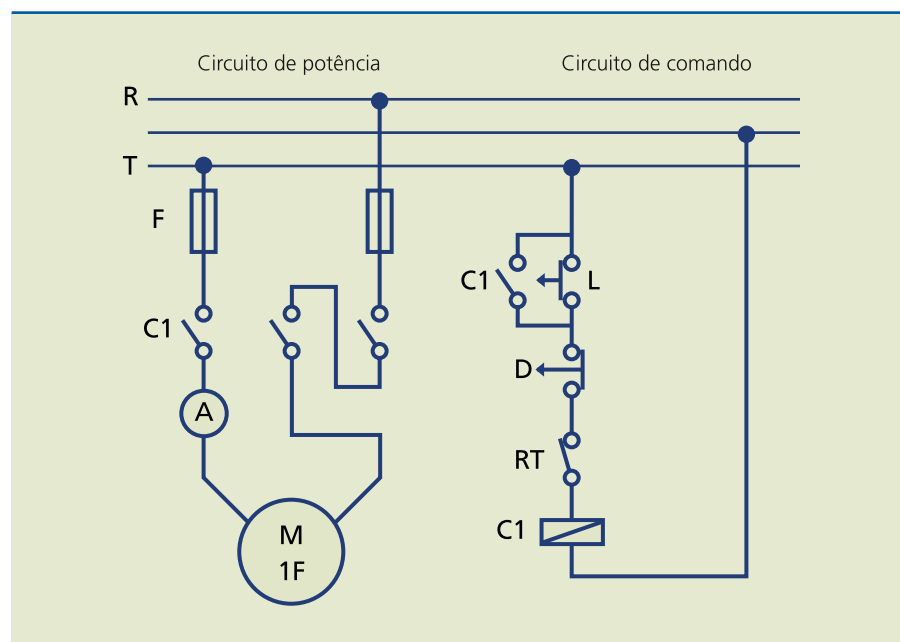
- **Dispositivos de proteção** – Fusível, relé térmico e disjuntor motor.
- **Dispositivos de comando** – Botão, contator e temporizador.

5.7.2 Tipos de partida: circuitos de comando e força

A seguir apresenta-se o desenho de sistemas ou chaves de partida para motores elétricos, incluindo o circuito funcional de comando e o circuito multifilar de força.

Chave de partida de um motor monofásico

Figura 5.18
Chave de partida de um motor monofásico.



Chave de partida direta de um motor trifásico

Nesses dois métodos de partida, os motores podem ser acionados diretamente, desde que se satisfaçam as seguintes condições:

- A corrente nominal da rede é tão elevada que a corrente de partida do motor não se torna relevante.
- A corrente de partida do motor é de baixo valor, porque sua potência é pequena.
- A partida do motor é feita em vazio ou com mínima carga, o que reduz a corrente de partida. É permitida a partida direta de motores trifásicos de até 5 cv em 220 V e de 7,5 cv em 380 V pelas concessionárias de fornecimento de energia elétrica.

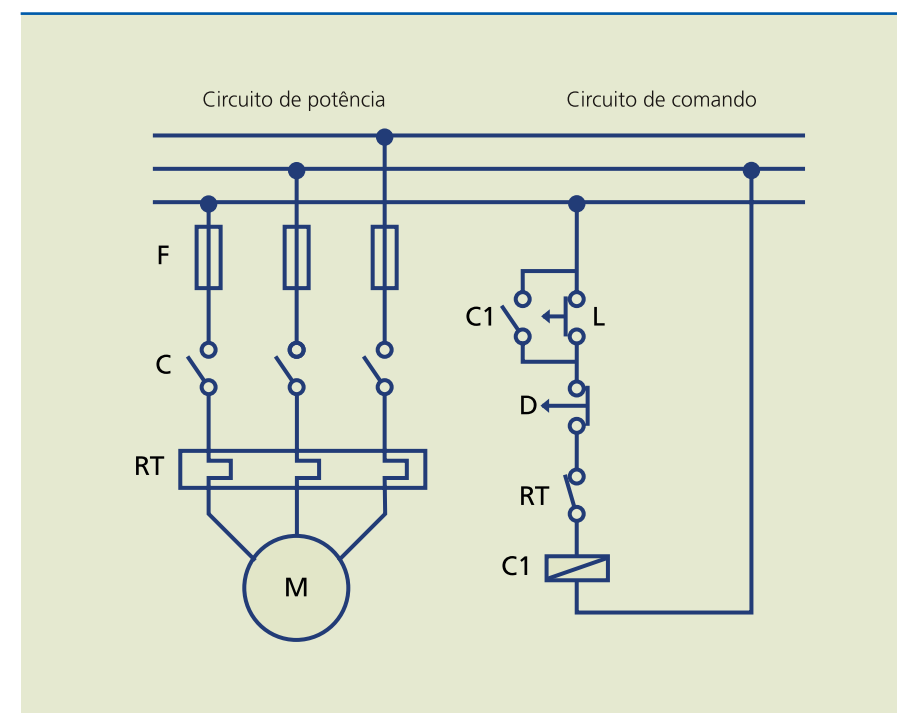
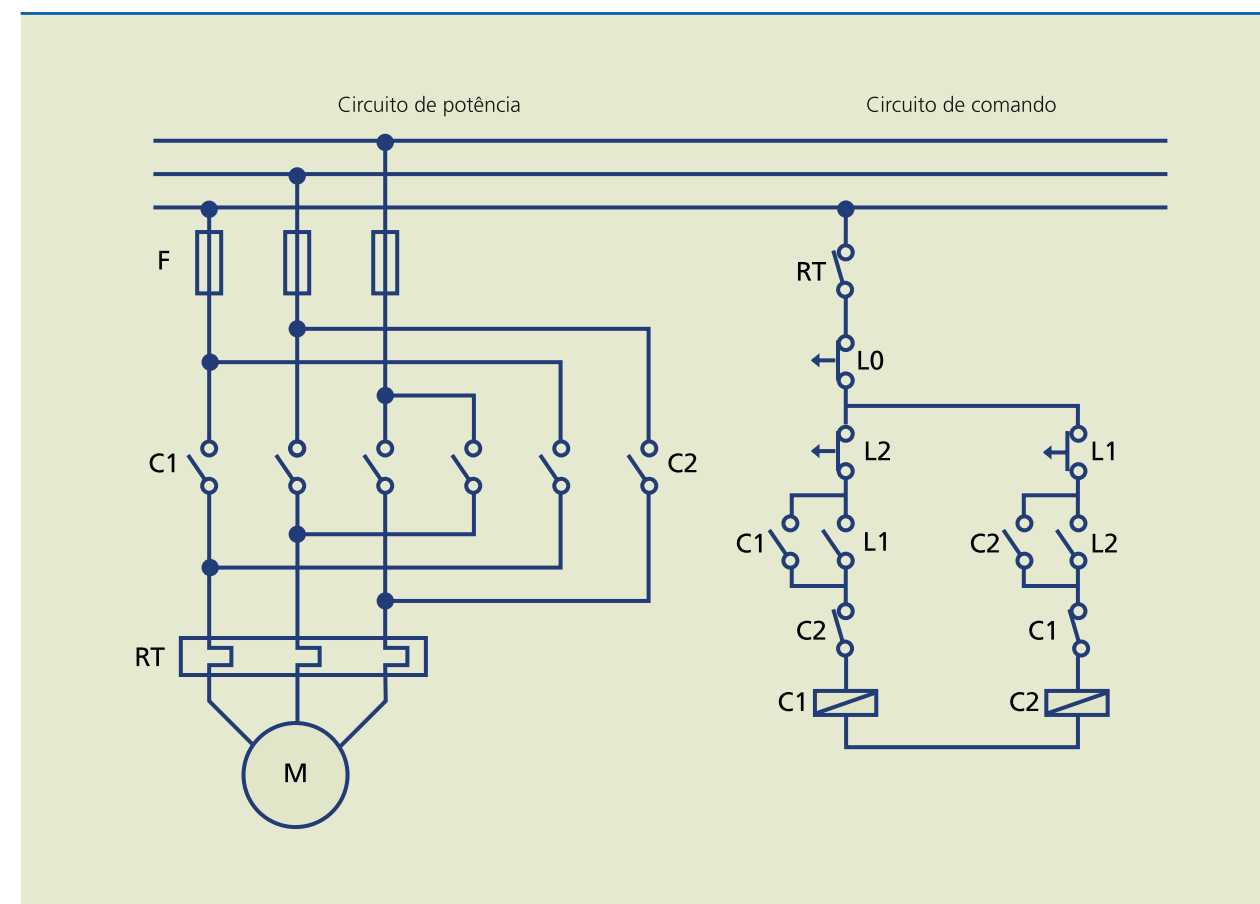


Figura 5.19
Chave de partida direta de um motor trifásico.

Chave de partida de um motor trifásico, com reversão

Figura 5.20
Chave de partida de um motor trifásico, com reversão.



Chave de partida de um motor trifásico, com sistema estrela-triângulo

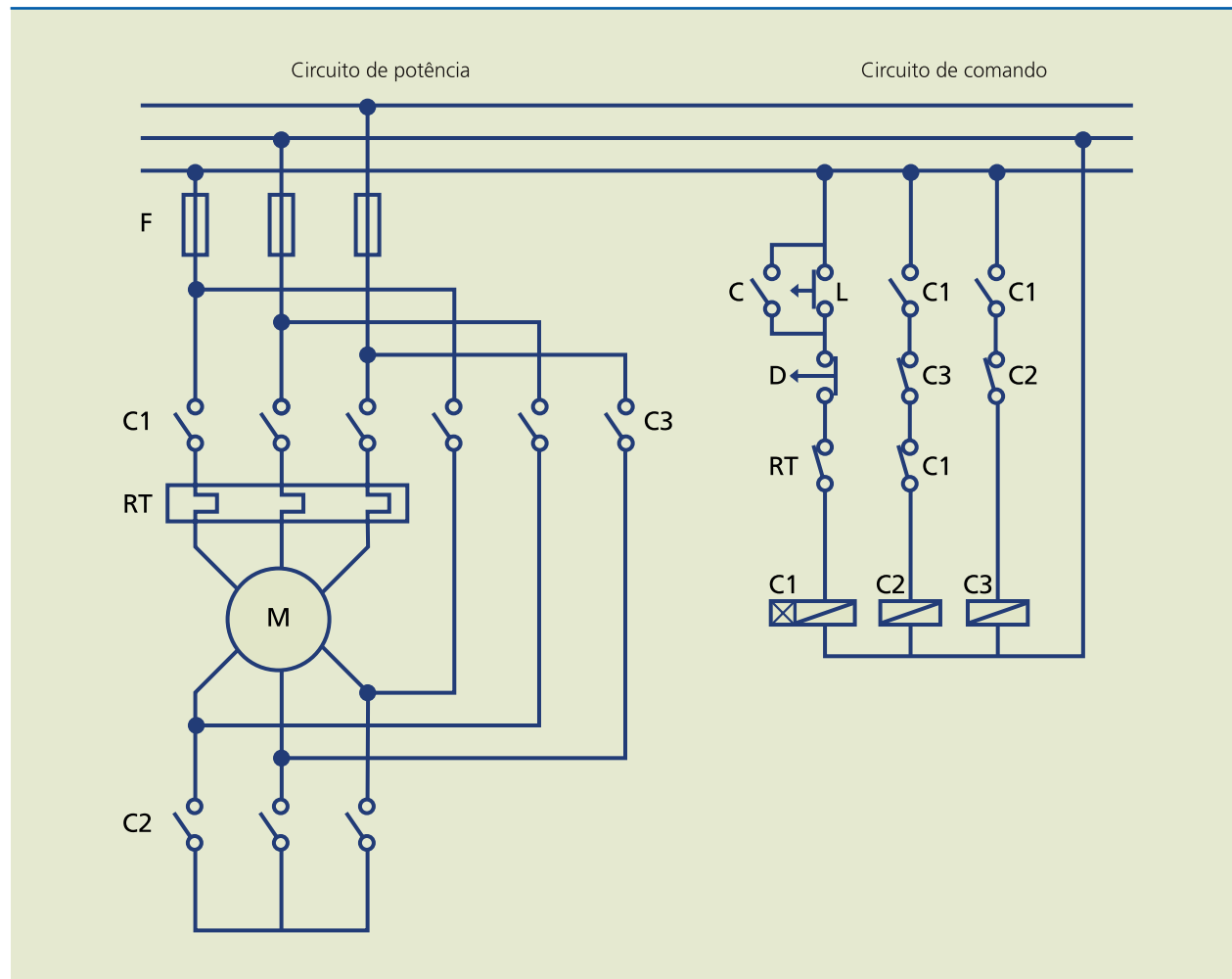


Figura 5.21

Chave de partida de um motor trifásico, com sistema estrela-triângulo.

A chave estrela-triângulo é um dispositivo que durante a partida mantém em ligação estrela as três fases do motor até atingir uma rotação próxima de 90% da nominal, passando a ligação para triângulo. Isso significa que a tensão por fase, na ligação estrela, será três vezes menor que a tensão de alimentação, fazendo com que a corrente de linha diminua três vezes, assim como seu conjugado motor.

Para utilizar essa chave de partida, é fundamental que o motor tenha:

- possibilidade de ligação em dupla tensão, tais como 220/380 V, 380/660 V, 440/760 V, a menor tensão coincidindo com a tensão de linha da rede;
- no mínimo seis terminais.

Nessa partida, as bobinas do motor recebem apenas 58% da tensão que deveriam receber. Tal método consiste na alimentação do motor com redução de tensão nas bobinas durante a partida.

Vantagens

- Custo reduzido.
- Número ilimitado de manobras.
- Componentes ocupam pouco espaço.
- Corrente de partida fica reduzida para aproximadamente um terço da nominal.

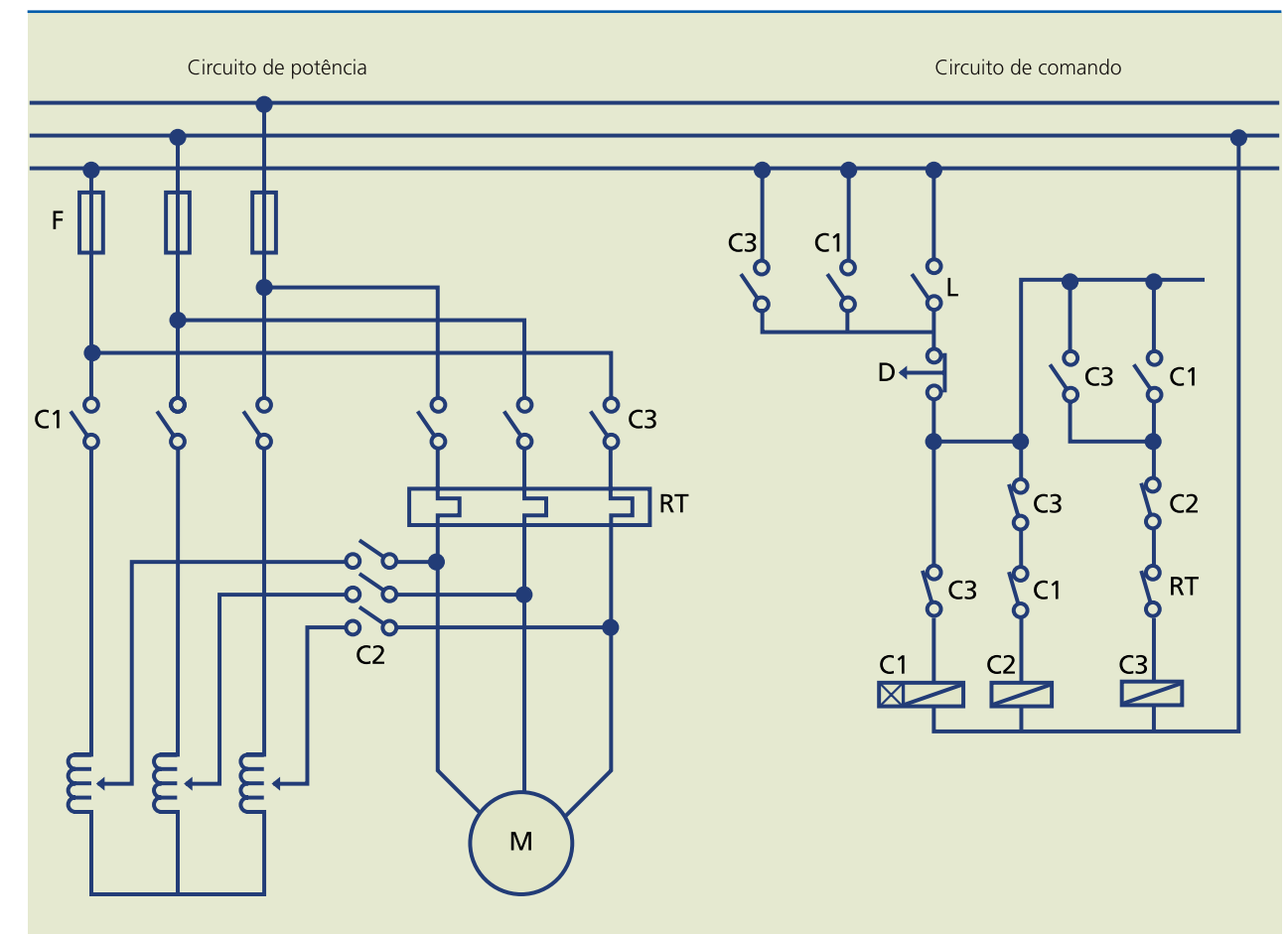
Desvantagens

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

Figura 5.22

Partida por chave compensadora.

Partida por chave compensadora



Esse método consiste no uso de um autotransformador e sua ligação é feita em série com as bobinas. Ele diminui a corrente absorvida da linha por causa da queda de tensão e, conseqüentemente, a corrente sofre redução proporcional a esta.

Apesar de apresentar alto custo inicial, esse método permite um ajuste simples da corrente, bastando mudar a tensão fornecida ao motor por meio dos *taps* ou regulador do autotransformador. Normalmente, o autotransformador de partida vem equipado com *taps* ou bornes de 65% e 80%. A redução da corrente de partida depende do *tap* em que estiver ligado o autotransformador. É utilizada em motores que partem com carga, porém o conjugado resistente de partida da carga deve ser inferior à metade do conjugado de partida do motor; além disso, pode ser de tensão única, com apenas três terminais. Em geral, esse tipo de partida é empregado em motores de potência elevada, acionando cargas com alto índice de atrito.

Vantagens

- A passagem da derivação de tensão reduzida para a tensão de suprimento não ocasiona elevação da corrente, pois, durante a comutação, o autotransformador comporta-se como reatância, impedindo sua elevação.
- A variação gradativa dos *taps*.

Desvantagens

- Custo mais elevado que o da chave Y- Δ .
- Chave volumosa e pesada.

Comparativo entre as chaves estrela-triângulo e compensadora

Tabela 5.4
Comparativo entre chaves.

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

A tabela 5.5 mostra as chaves que podem ser utilizadas para a respectiva execução dos enrolamentos, número de cabos e tensão de linha da rede.

Motor			Tipo de chave de partida		
Execução dos enrolamentos	Número de cabos	Tensão de linha	Direta	Estrela-triângulo	Compensadora
220	3	220	X		X
380	3	380	X		X
440	3	440	X		X
220/380	6	220	X	X	X
		380	X		X
220/440	6	220	X		X
		440	X		X
380/660	6	380	X	X	X
380/760	6	380	X		X
440/760	6	440	X	X	X
220/380/440/660	9/12	220	X	X	X
		380	X	X	X
		440	X		X
220/380/440/760	9/12	220	X	X	X
		380	X		X
		440	X	X	X

Tabela 5.5

Chaves utilizadas para execução dos enrolamentos, número de cabos e tensão de linha na rede.

5.8 Chaves de partida de motores tipo *soft-starter*

Soft-starters são chaves de partida estática destinadas à aceleração, desaceleração e proteção de motores de indução trifásicos. São utilizadas em substituição aos métodos de partida estrela-triângulo, chave compensadora ou partida direta, sendo recomendadas basicamente em partidas de motores de indução CA tipo gaiola.

Vantagens

- Limitam a corrente de partida.
- Evitam picos de corrente.
- Protegem e proporcionam paradas suaves.
- Contribuem para a redução dos esforços no motor durante a partida.
- Aumentam a vida útil do motor e das partes mecânicas da máquina.
- Permitem economia de energia.



O controle da tensão aplicada no motor permite obter partidas e paradas suaves, ou seja, com o ajuste adequado das variáveis ou o ajuste do ângulo de disparo dos tiristores, o torque produzido é ajustado à necessidade da carga, garantindo que a corrente solicitada, sem mudanças de frequência, seja a mínima necessária (figura 5.23).

Figura 5.23

Esquema genérico de um *soft-starter* implementado com seis tiristores para acionar um motor de indução trifásico.

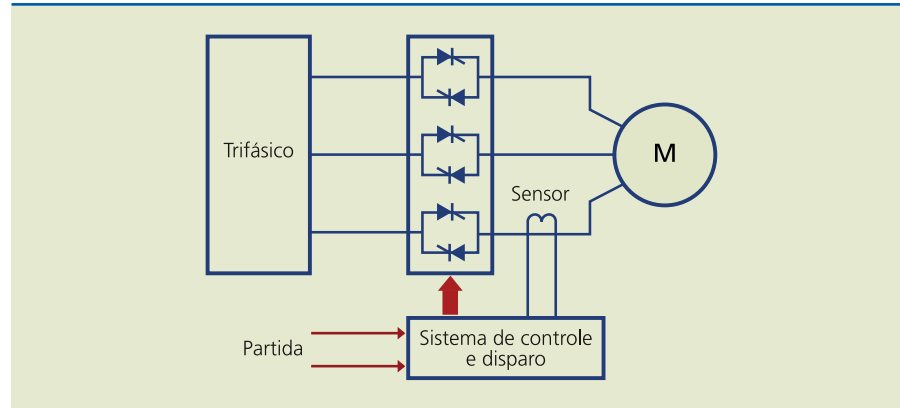
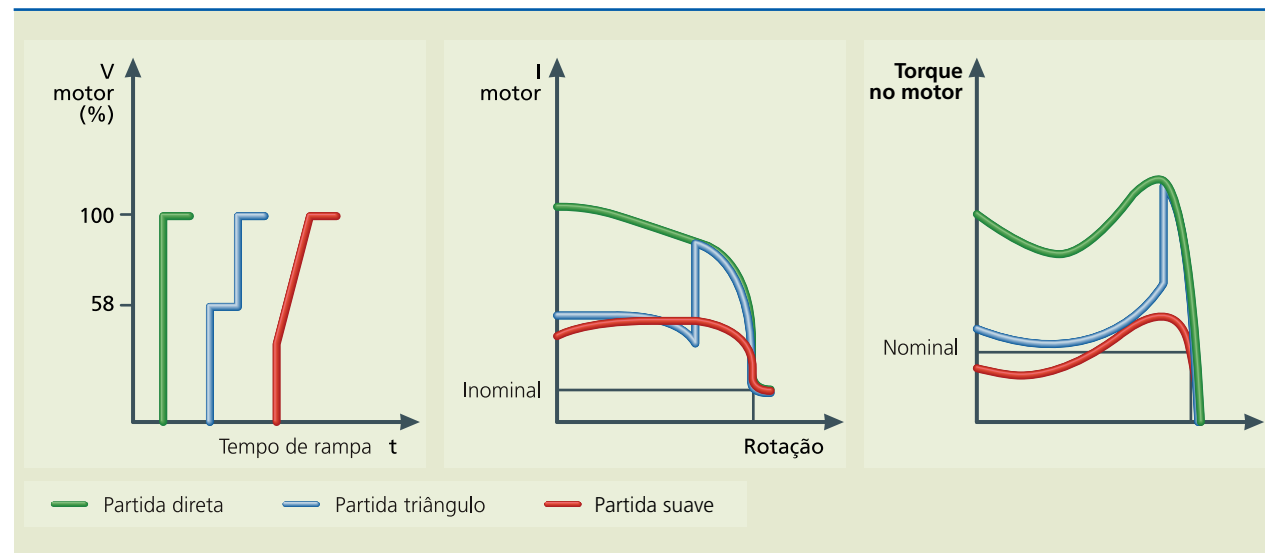


Figura 5.24

Perfis comparativos de chaves de partidas.

A figura 5.24 mostra um gráfico comparativo das tensões, correntes e torques no motor para os tipos de partidas examinados.



5.8.1 Princípio de funcionamento

As chaves de partida são baseadas em componentes chamados tiristores (SCR). A tensão na partida é reduzida por meio do ângulo de condução dos tiristores, diminuindo os picos de corrente gerados pela inércia da carga mecânica. O *soft-starter* controla a potência do motor, sem alterar sua frequência. Isso é realizado pelo controle de disparo dos SCR, que atua em dois pontos:

- Controle por tensão zero.
- Controle de corrente zero.

O circuito de controle deve temporizar os pulsos de disparo a partir do último valor de zero da forma de onda, tanto da tensão como da corrente. O sensor pode ser instalado em uma única fase e, nesse caso, o sistema mede somente o ponto de cruzamento de uma fase ou um para cada fase.

O funcionamento do *soft-starter* se dá por meio do comando, microprocessado, que controla os tiristores e ajusta a tensão enviada ao estator do motor. Dessa maneira, é possível suavizar o acionamento dos altos conjugados de aceleração do motor de indução e proteger a rede elétrica das correntes de partida elevadas.

Para que a partida do motor ocorra de modo suave, deve-se parametrizar a tensão inicial (V_p) de modo que ela assumo o menor valor possível e seja suficiente para iniciar o movimento da carga. A partir desse ponto, a tensão sobe linearmente segundo um tempo também parametrizado (t_r) até atingir o valor nominal (figura 5.25).

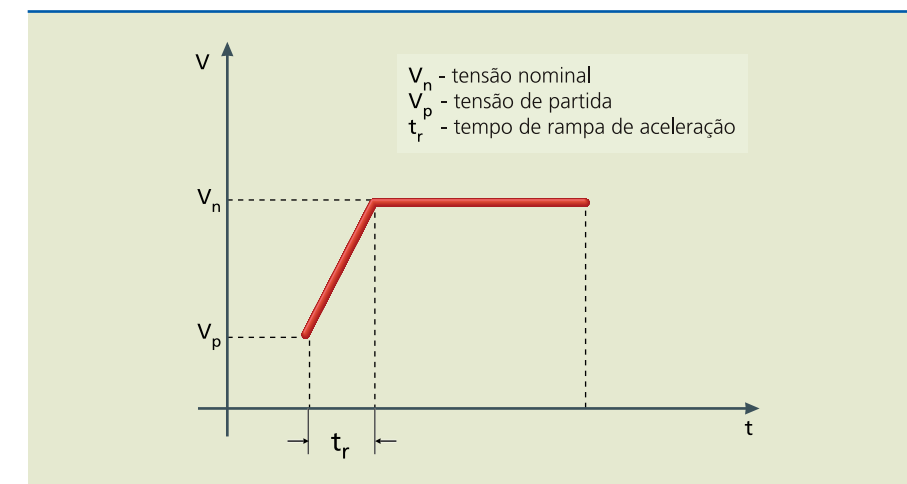


Figura 5.25

Curva de aceleração de um motor de indução usando *soft-starter*.

Na frenagem, a tensão é reduzida instantaneamente a um valor ajustável (V_t), que deve ser parametrizado no nível em que o motor inicia a redução da rotação. Assim, a tensão diminui linearmente (rampa ajustável, t_r) até a tensão final (V_z), quando o motor para de girar. Nesse instante, a tensão é desligada, conforme mostra a figura 5.26.

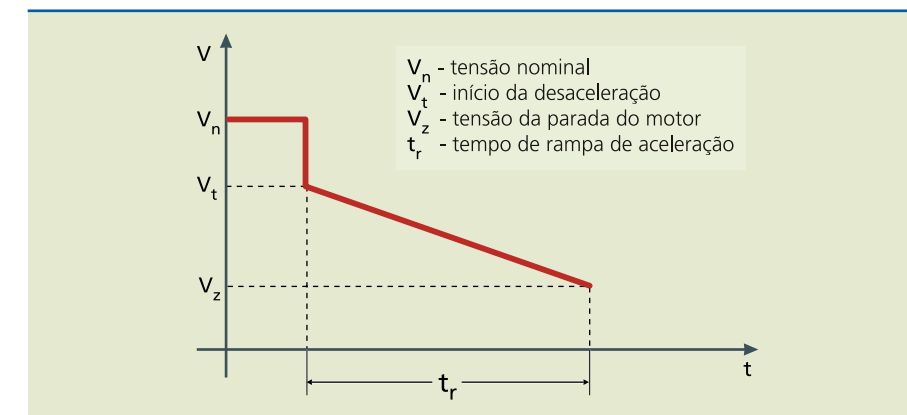


Figura 5.26

Curva de desaceleração de um motor de indução usando *soft-starter*.

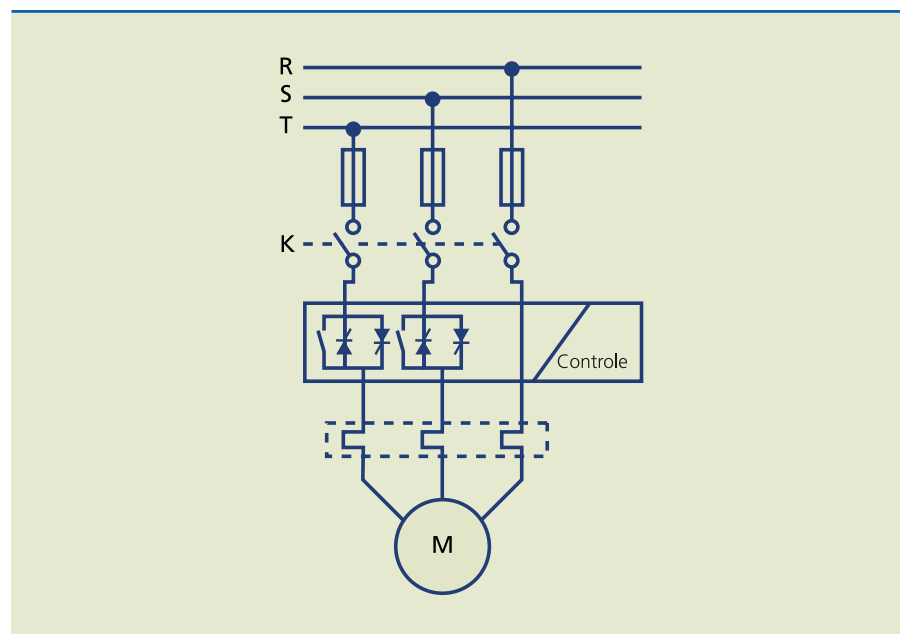


O *soft-starter* também possui circuitos de controle da corrente. Nesse dispositivo, pode-se fixar o valor da corrente por determinado tempo, permitindo que cargas de alta inércia sejam aceleradas com a menor corrente possível, além de limitar a corrente máxima nas partidas de motores em fontes limitadas (barramento não infinito).

Alguns fabricantes projetam seus *soft-starters* para controlar apenas duas fases, utilizando a terceira como referência. Essa técnica, ilustrada na figura 5.27, simplifica o circuito de controle e reduz o custo do dispositivo.

Figura 5.27

Soft-starter com apenas duas fases controladas.



5.8.2 Sequência de funcionamento do *soft-starter*

Ligando o tiristor

a) Terminais:

- Ânodo
- Cátodo
- Gate

b) Tiristor ligado: condução entre ânodo e cátodo.

c) Comportamento: similar a um diodo em condução direta.

d) Método de acionamento: aplicação de pulso no *gate*, positivo em relação ao cátodo.

e) Manutenção: o tiristor permanecerá ligado enquanto a corrente entre ânodo e cátodo for maior que a corrente de manutenção do dispositivo.

Desligamento do tiristor

a) Ocorre quando:

- Não há pulso de disparo presente no *gate*.
- A corrente entre ânodo e cátodo é menor que a de manutenção do dispositivo (na faixa de alguns miliampères).

b) Corrente alternada: a cada semiciclo o tiristor desliga quando $I_{ak} = 0$.

c) Cargas reativas (indutivas e capacitivas):

- Quando a tensão passa por 0, a corrente não está em 0.
- Desligamento: sempre na passagem da corrente por 0.

Variação do ângulo de disparo.

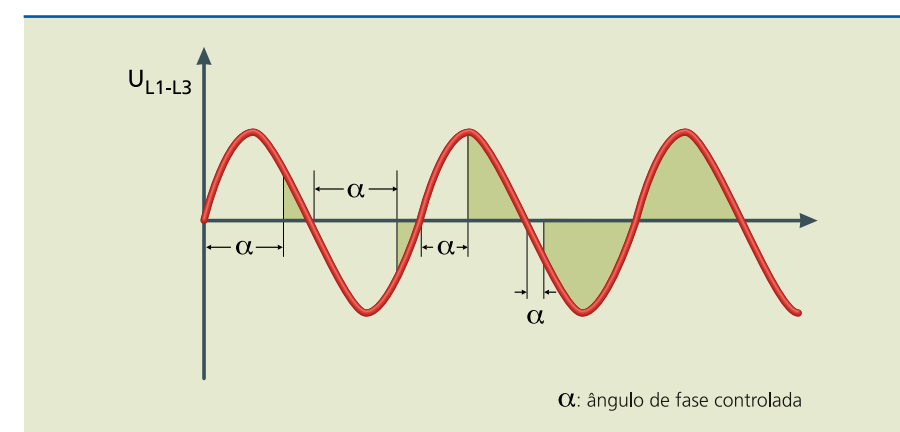


Figura 5.28

Varição do ângulo de disparo.

Partidas em rampa ou curva

Parâmetros da partida:

- Tensão inicial.
- Tempo de aceleração.
- Perfil de variação da tensão.

Ao término do tempo de aceleração: alimentação do motor com tensão plena.

Partidas em limitação de corrente

Durante a partida:

- Corrente do motor mantida constante ($K \times I_{nominal}$).
- Proteção durante a partida: limitação de tempo.

Parâmetros:

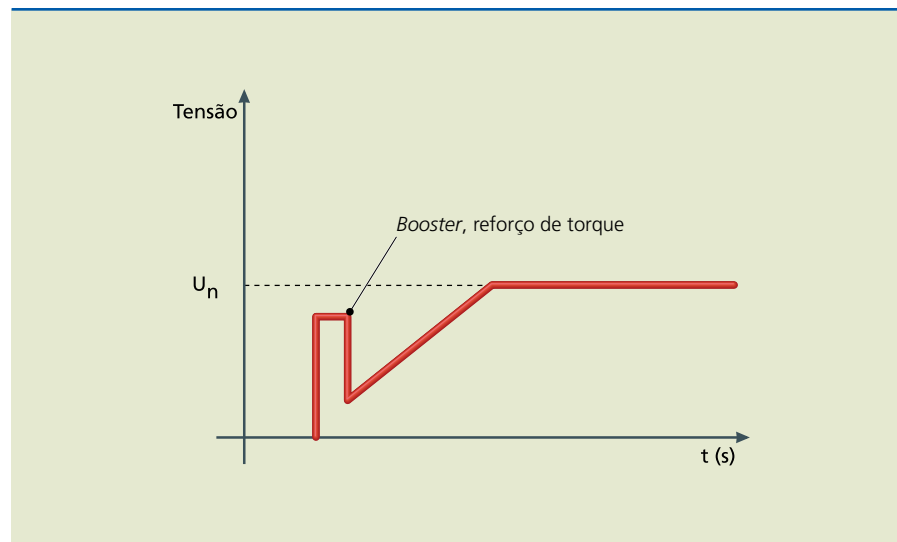
- $I_{nominal}$ do motor.
- $I_{partida}$ desejada ou múltiplo de $I_{nominal}$.
- Tempo máximo de partida: conforme o tempo máximo de rotor bloqueado suportado pelo motor.



Pulso de tensão na partida

Pulso de tensão (*kick-start*)

Figura 5.29
Pulso de tensão.



Permite um pulso inicial de tensão que, aplicado no motor, proporciona um reforço de torque na partida, necessário para a partida de cargas com elevado atrito estático.

Algumas características e vantagens das chaves *soft-starters*

- Ajuste da tensão de partida por um tempo predefinido.
- Partida com tensão reduzida.
- Pulso de tensão na partida para cargas com alto conjugado de partida.
- Redução rápida de tensão a um nível ajustável (redução de choques hidráulicos em sistemas de bombeamento).
- Proteção contra falta de fase, sobrecorrente, subcorrente etc.
- Não altera as conexões do bobinado do motor.

Desvantagens da aplicação de chaves *soft-starters*

- Dissipação de potência:
 - Geram aquecimento por efeito Joule nos tiristores.
 - Exigem métodos eficientes de ventilação forçada.
 - Solução: contator *by-pass*.
- Sensibilidade a surtos de tensão: semicondutores e eletrônica.
- Possibilidade de geração de interferência eletromagnética.
- Produção de distúrbios harmônicos, principalmente durante a partida.
- Necessidade de proteção especial no alimentador: fusíveis de atuação ultrarrápida.
- Pouca resistência a curtos-circuitos na carga acionada.

5.8.3 Recursos de um *soft-starter*

Os *soft-starters* existentes no mercado são equipados com interfaces homem-máquina ou painel de LED para informar o *status* do sistema. Quanto aos recursos que um *soft-starter* deve ter, os mais importantes são:

- Proteção do motor.
- Sensibilidade à sequência de fase.
- Plug-in*.
- Circuitos de economia de energia.

A **proteção do motor** baseia-se na curva típica, que, conforme mostra a figura 5.30, determina interrupções e bloqueios em caso de falta de fase ou falha do tiristor. Normalmente, esses equipamentos também possuem relés eletrônicos de sobrecarga. Durante o tempo de operação (t_p), um relé eletrônico de carga entra em operação quando necessário.

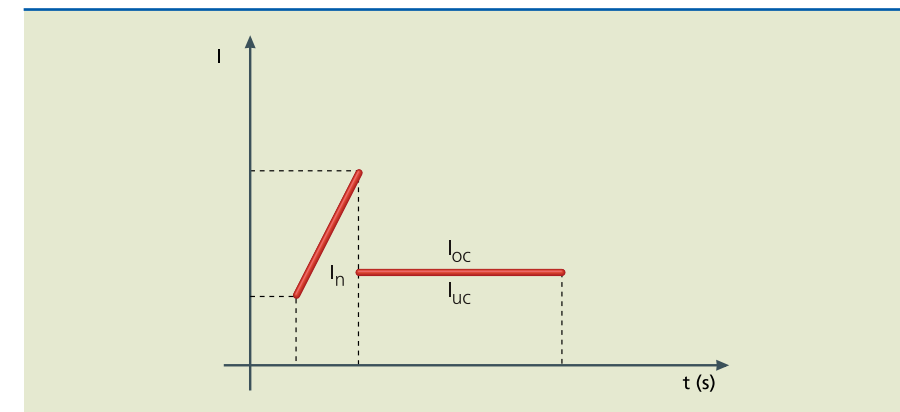
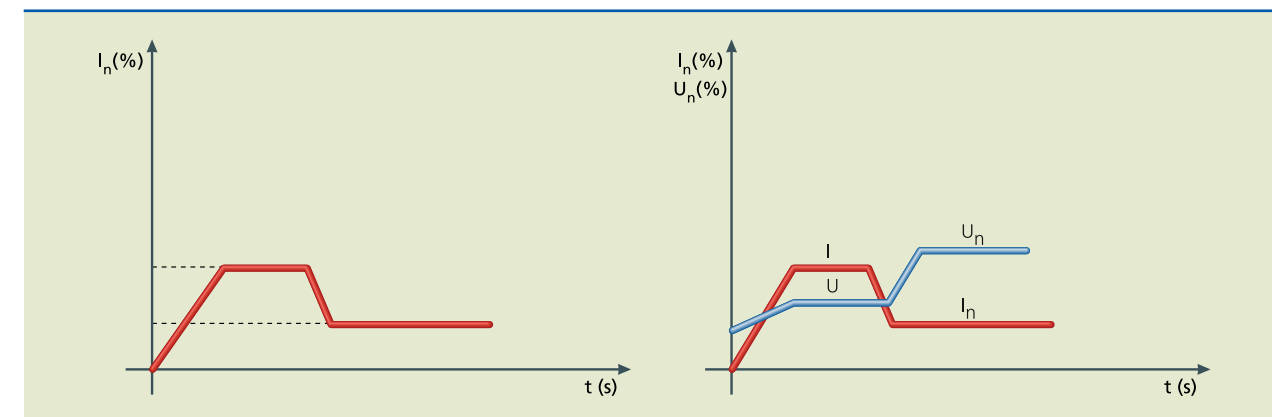


Figura 5.30
Curva típica de sobrecorrente de um *soft-starter*.

O dispositivo pode ser configurado para dar proteção tanto para sobrecorrentes (I_{oc}) como para subcorrentes (I_{uc}). Para partidas de motores, utilizam-se, se possível, chaves *soft-starters* que permitam o ajuste do torque do motor às necessidades do torque da carga, de modo que a corrente absorvida será a mínima necessária para acelerar a carga. A figura 5.31 apresenta a limitação de corrente quando se emprega *soft-starter*.

Figura 5.31
Limitação de corrente em um *soft-starter*.



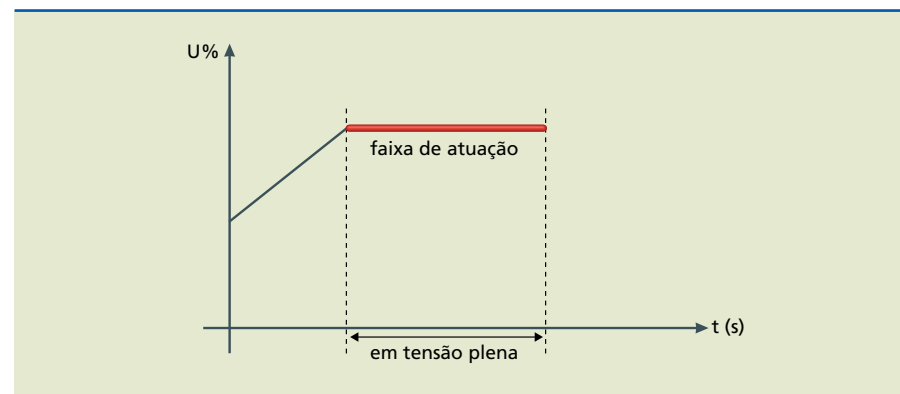
Os *soft-starters* podem ser configurados para operar apenas se a sequência de fase estiver correta (**sensibilidade à sequência de fase**). Esse recurso assegura a proteção, principalmente mecânica, para cargas que não podem girar em sentido contrário (bombas, por exemplo). Quando houver necessidade de reversão, é possível fazê-la com contatores externos ao *soft-starter*.

O *plug-in* é um conjunto de facilidades que podem ser disponibilizadas no *soft-starter* por meio de um módulo extra ou de parâmetros como relé eletrônico, frenagem CC ou AC, dupla rampa de aceleração para motores de duas velocidades e realimentação de velocidade para aceleração independente das flutuações de carga.

A maioria dos *soft-starters* modernos tem um circuito de **economia de energia** (figura 5.32). Essa facilidade reduz a tensão aplicada para motores a vazio, diminuindo as perdas no entreferro, que são a maior parcela de perda nos motores com baixas cargas. Economia significativa pode ser obtida para motores que operam com cargas de até 50% da potência do motor. Entretanto, essa função gera correntes harmônicas indesejáveis na rede, devido à abertura do ângulo de condução para diminuição da tensão.

Figura 5.32

Economia de energia usando um *soft-starter*.



Cabe lembrar, entretanto, que o *soft-starter* não melhora o fator de potência e também gera harmônicas, como qualquer outro dispositivo de acionamento estático.

5.8.4 Instalação de *soft-starters*

Alguns cuidados devem ser tomados na instalação de um *soft-starter*:

- Os *soft-starters* podem ser fixados na chapa de montagem por quatro parafusos da mesma forma que contatores convencionais. Eles devem ser usados em instalação protegida de intempéries, sendo relativamente imunes ao ambiente agressivo, já que a única parte móvel é representada, nos modelos maiores, pelos ventiladores.
- Os *soft-starters* muito grandes, que utilizam tiristores de discos, devem também ser relativamente protegidos de pó condutor ou que com acúmulo de umidade se torne capaz conduzir eletricidade.

- Os *soft-starters* com ou sem ventilador incorporado geram calor. Dessa maneira, é importante evitar o acúmulo de calor, para não elevar a temperatura interna do painel, fazendo com que a proteção de temperatura seja acionada. É preciso, portanto, utilizar ventiladores com filtro de poeira e venezianas no painel. O ventilador tem de ser adequado para garantir o fluxo do ar do painel e manter as temperaturas de operação apropriadas.
- Deve-se evitar enfileirar demais os *soft-starters*, de modo que o ar mais aquecido que sai de um seja o ar que vai ser sugado pelo ventilador do outro.
- Os *soft-starters* a partir de 75 A possuem ventilador incorporado. Os ventiladores ligam somente quando a temperatura do dissipador atinge 50 °C. Caso a temperatura do dissipador ultrapasse 80 °C, a saída de potência será bloqueada, voltando a funcionar apenas quando a temperatura atingir valores determinados.

5.8.5 Limitações no uso de *soft-starters*

Existem algumas limitações e fatores críticos na utilização de *soft-starters*:

- Refrigeração – O dispositivo deve sempre ser instalado verticalmente, com a ventilação para cima. A perda de calor aproximada é de 3,6 W/A de corrente circulante.
- Tipo de motor – Não deve ser usado para partida de motores em anel.
- Fator de potência – Não se devem colocar capacitores na saída do *soft-starter* a fim de corrigir o fator de potência.
- Torque alto em velocidade zero – Elevadores e guindastes necessitam de torque máximo, à velocidade zero, no instante da partida. Nesse caso, a utilização do *soft-starter* não é aconselhável.

Qualquer chave *soft-starter* deve ser protegida por fusíveis ultrarrápidos, levando em conta que o valor $i^2 \cdot t$ dos fusíveis deve ser 20% menor que o dos tiristores.

5.9 Inversores de frequência

Consistem em dispositivos eletrônicos mais completos, capazes de gerar tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico. São utilizados na partida, frenagem, proteção e variação da velocidade dos motores.

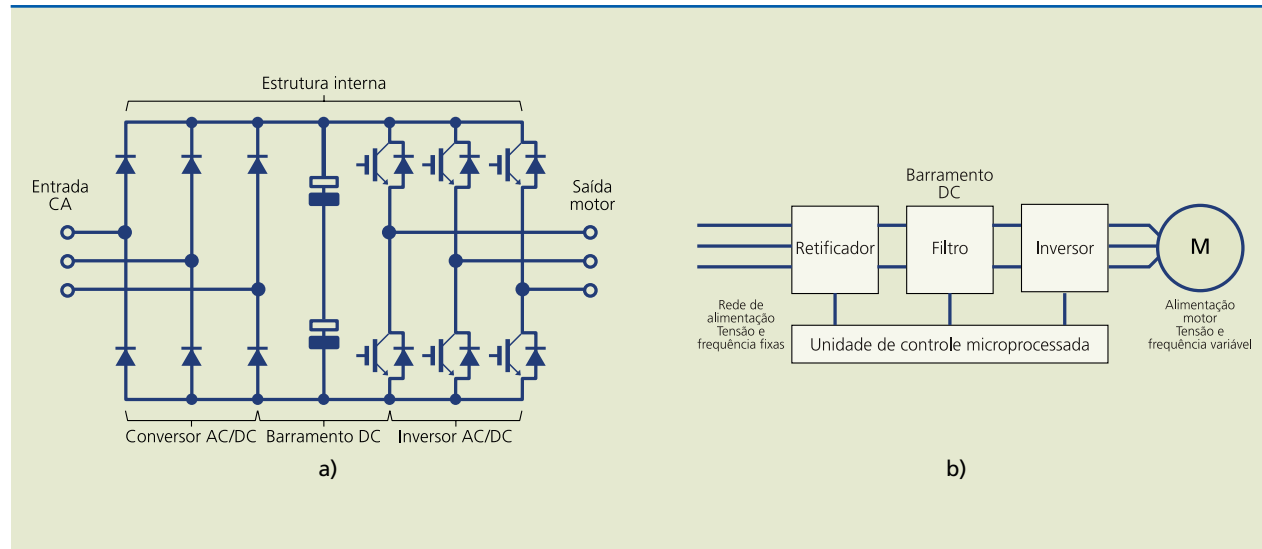
Sua grande vantagem é que, além de gerarem economia de energia, também reduzem o custo de instalação do sistema. Os inversores variam a velocidade dos motores de acordo com a maior ou menor necessidade de vazão, pressão ou temperatura de cada zona de controle; quando diminuem a velocidade, proporcionam grande economia de energia. Outra vantagem é a possibilidade de redução dos custos de manutenção. Os inversores permitem que os motores sejam acionados suavemente; com isso, reduz-se a quebra de elementos de transmissão como correntes e rodas dentadas, ocorrências frequentes em razão do esforço adicional provocado pelos motores com partida direta.



5.9.1 Princípio de funcionamento

Figura 5.33

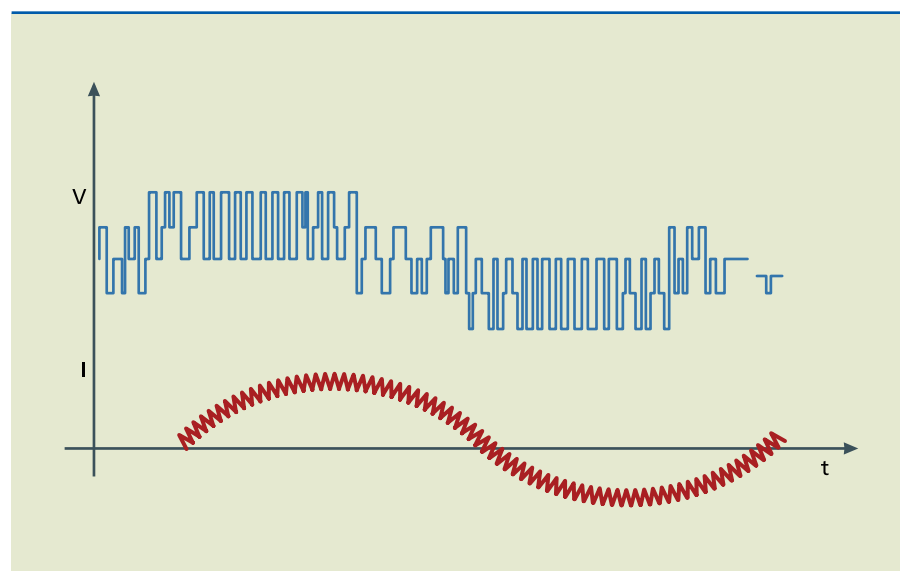
Inversor de frequência:
(a) estrutura interna e
(b) diagrama de blocos.



O inversor é composto por seis chaves, implementadas com dispositivos semicondutores denominados transistores de potência. Dependendo da combinação dessas chaves (aberta e fechada), podem-se obter na saída do inversor formas de onda diferentes (figura 5.34).

Figura 5.34

Formas de onda na saída do inversor:



5.9.2 Partes de um inversor de frequência

A figura 5.35 mostra as partes de um inversor de frequência.

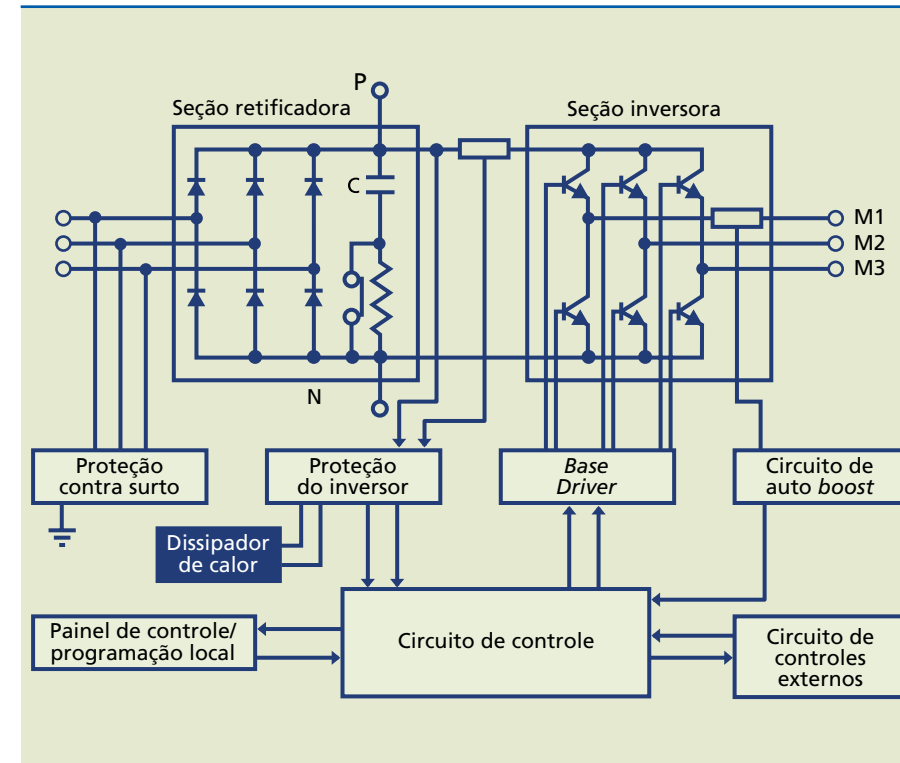


Figura 5.35

Partes de um inversor.

Seção retificadora (converter section) – Os seis diodos retificadores situados no circuito de entrada do inversor retificam a tensão trifásica da rede de entrada (L1, L2 e L3). A tensão DC resultante é filtrada pelo capacitor C e utilizada como entrada para a seção inversora.

Seção inversora (inverter section) – Na seção inversora, a tensão retificada DC é novamente convertida em trifásica AC. Os transistores chaveiam várias vezes por ciclo, produzindo um trem de pulsos com largura variável senoidalmente (**PWM**). Esse valor de saída de tensão pulsada, ao ser aplicado em um motor (carga indutiva), vai gerar uma forma de onda de corrente bem próxima da senoidal pelo enrolamento do motor. A figura 5.36 mostra as formas de onda para as fases M1 e M2 (duas das três que serão aplicadas no motor).

PWM é a sigla inglesa para modulação por largura de pulso.

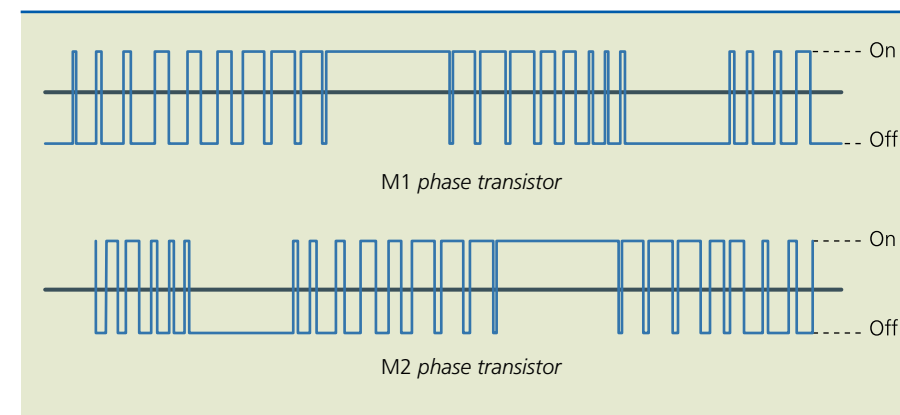


Figura 5.36

Formas de onda para as fases M1 e M2.

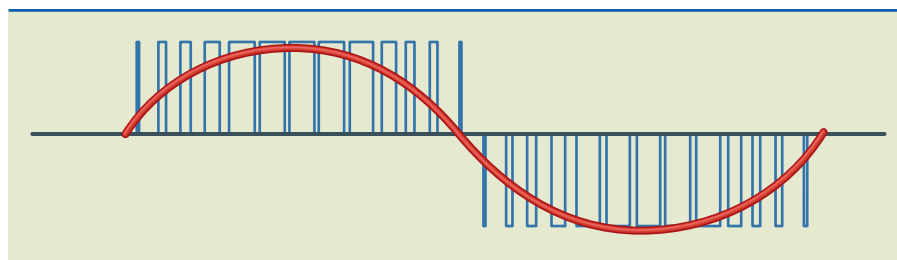


Sigla inglesa para transistor bipolar de porta isolada.

Circuito de controle (*control circuit*) – Os pulsos gerados pelo circuito de controle são enviados para as bases dos transistores de chaveamento por meio do circuito de *base driver*. Esses sinais pulsantes provocarão o chaveamento dos transistores de potência da seção inversora. Nos inversores mais modernos, a configuração é a mesma, com a diferença de que são utilizados **IGBTs** em vez de transistores bipolares. A forma de onda 3 ilustrada na figura 5.37 é a somatória lógica das fases de saída M1 e M2.

Figura 5.37

Somatória lógica entre fases de saída M1 e M2.



Pode-se observar que o valor médio da tensão aplicada se aproxima da senoidal, provocando uma corrente senoidal pelo enrolamento do motor.

Proteção contra surto (*surge protection*) – Tem a função de absorver surtos (picos) de tensão transitórios que podem chegar até o inversor pela rede de alimentação. Essa proteção é instalada nas três fases de entrada.

Proteções do inversor (*inverter protection*) – Esse circuito monitora as condições da tensão e da corrente presentes no circuito intermediário, ou seja, o que sai do retificador e vai para o inversor. Se os valores de corrente ou tensão ultrapassarem níveis predeterminados, esse circuito envia um sinal para o circuito de controle (*control circuit*), que atua de maneira a proteger o circuito do inversor, normalmente desarmando-o e sinalizando a condição.

Base driver – Essa seção amplifica e isola os sinais que são gerados pelo circuito de controle (*control circuit*), fazendo com que os transistores operem de acordo com o esquema de chaveamento apropriado.

Circuito de auto boost (*auto boost circuit*) – Detecta as condições de carga do motor e determina o nível de tensão ideal para que o motor consiga entregar à carga o torque exigido.

Painel de controle/programação local (*local control/programming panel*) – Esse painel fornece um meio prático e rápido para programar a operação do inversor. Ele também indica as condições de operação do inversor, como tensão, corrente, velocidade e frequência, além de sinalizar códigos de falha, como sobretensão, subtensão, sobrecarga, motor travado, sobretemperatura no dissipador etc.

Circuito de controles externos (*external I/O*) – Fornece ao circuito de controle uma forma de comunicar-se com o restante da máquina, tanto recebendo quanto fornecendo sinais, como velocidade desejada, sentido de rotação, aceleração, desaceleração, partida, parada, frenagem etc.

Circuito de controle (*control circuit*) – É o “cérebro” do inversor, já que é o responsável por receber todas as informações relativas ao funcionamento interno do dispositivo, assim como as informações externas, e produzir todos os sinais necessários para gerar os pulsos de disparo na etapa de potência.

O funcionamento do inversor pode ser resumido pelos seguintes passos:

1. O inversor recebe a referência de velocidade e comandos de operação da interface de controle local ou por meio de sinais externos. Esses comandos são utilizados para determinar a frequência e a tensão de saída, além do sentido de rotação do motor.
2. O circuito gera comandos (pulsos) que são injetados no circuito de *base driver*, que os isola e amplifica, inserindo-os na etapa de potência.
3. Após a análise dos sinais recebidos dos demais circuitos, o inversor gera sinais de saída para a interface de controle local e para os circuitos de controle externo, para indicar, normalmente, as condições de funcionamento, além das condições de falha.
4. Caso o circuito receba algum sinal de funcionamento anormal do circuito de proteção do inversor, ele imediatamente deixa de emitir pulsos de disparo, desarmando o inversor e sinalizando a situação por meio da interface de controle local e dos circuitos de controle externo.

Se a frequência da tensão de saída no inversor variar, a velocidade de rotação do motor será alterada na mesma proporção. Normalmente, a faixa de variação de frequência dos inversores fica entre 0,5 e 400 Hz. A função do inversor de frequência, entretanto, não é apenas controlar a velocidade de um motor AC. Ele precisa manter o torque (conjugado) constante para não provocar mudanças na rotação quando o motor estiver com carga.

Acompanhando a curva da figura 5.38, o valor de V/f pode ser programado (parametrizado) em um inversor, e dependerá da aplicação.

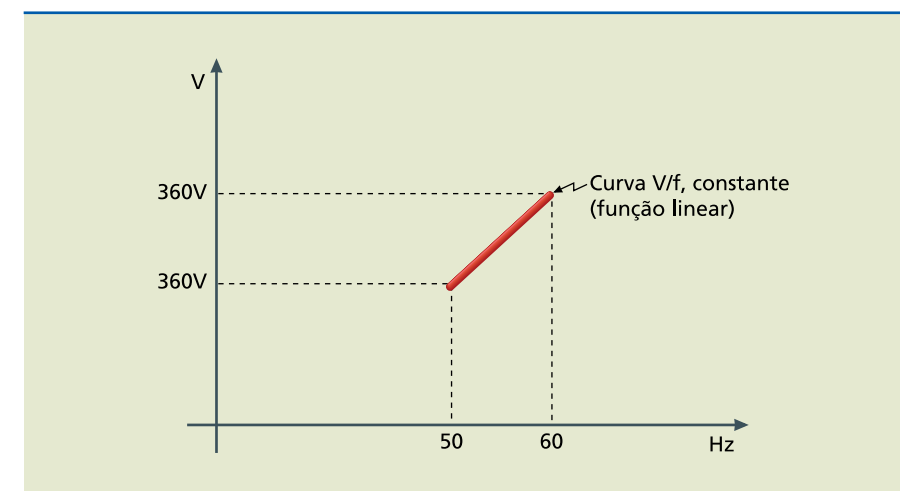


Figura 5.38

Curva de $V \cdot f$.



Em situações nas quais o inversor necessita de torque elevado, porém não consegue atingir alta velocidade, atribui-se a ele o maior valor de V/f que o equipamento puder fornecer, garantindo que tenha melhor rendimento em baixas velocidades, além de torque elevado. Já nos casos em que o inversor precisa operar em altas rotações e com torque baixo, parametriza-se um valor de V/f menor e encontra-se o melhor rendimento para a situação.

O inversor altera a tensão oriunda do barramento DC por meio da modulação por largura de pulso (PWM). A unidade lógica, além de distribuir os pulsos aos IGBTs, controla o tempo em que cada IGBT permanece ligado (ciclo de trabalho), conforme as seguintes relações:

- Quando V tem de aumentar, os pulsos são “alargados” (maior tempo em 0 N).
- Quando V tem de diminuir, os pulsos são “estreitados”.

Dessa maneira, a tensão eficaz entregue ao motor pode ser controlada. A frequência de PWM também pode ser parametrizada, encontrando-se, geralmente, entre 2,5 e 16 kHz. Na medida do possível, devemos deixá-la próxima do limite inferior, pois assim diminuímos as interferências eletromagnéticas geradas pelo sistema (EMI).

5.9.3 Inversores escalar e vetorial

Os inversores podem ser classificados em dois tipos: inversor escalares e inversor vetorial. Ambos possuem a mesma estrutura de funcionamento, diferenciando-se apenas no modo como o torque é controlado.

No inversor escalar, a curva V/f é fixada (parametrizada) tomando como base o tipo de regime de trabalho em que o inversor vai operar. Existe, porém, uma condição problemática, que é justamente o ponto crítico de qualquer sistema de acionamento AC: as baixas rotações. O sistema AC não consegue torque satisfatório em velocidades baixas, devido ao próprio rendimento do motor AC.

Para compensar esse fenômeno, desenvolveu-se o inversor de frequência vetorial, que, apesar de ser muito mais caro e complexo que o escalar, não funciona com uma curva V/f prefixada (parametrizada). Na verdade, ele varia tensão e frequência, de modo a otimizar o torque para qualquer condição de rotação (baixa ou alta). É como se a cada milissegundo uma nova curva V/f fosse parametrizada para cada nova situação. O inversor vetorial controla V/f por meio das correntes de magnetização e rotórica do motor. Normalmente, um tacômetro ou um *encoder* são utilizados como sensores de velocidade, formando uma “malha fechada” de controle de velocidade. Existem, porém, inversores vetoriais *sensorless*, que não utilizam sensores de velocidade externos.

5.9.4 Instalação do inversor

Antes de instalarmos o inversor, temos de ficar atentos à identificação em seus terminais de entrada e saída. Os terminais R, S e T (ou L1, L2 e L3) referem-se à entrada trifásica da rede elétrica. Para pequenas potências, é comum

encontrarmos inversores com a entrada monofásica (porém a saída continua sendo trifásica). Para diferenciarmos a entrada da rede para a saída do motor, devemos identificar as letras U, V e W, normalmente indicadas como saída do motor.

Além da identificação dos terminais de entrada e saída, precisamos observar a identificação dos bornes de comando. Como cada fabricante possui a própria configuração, é necessário consultar o manual do respectivo fabricante (figura 5.39). De qualquer maneira, os principais bornes são as entradas (analógicas ou digitais) e as saídas (em geral digitais).

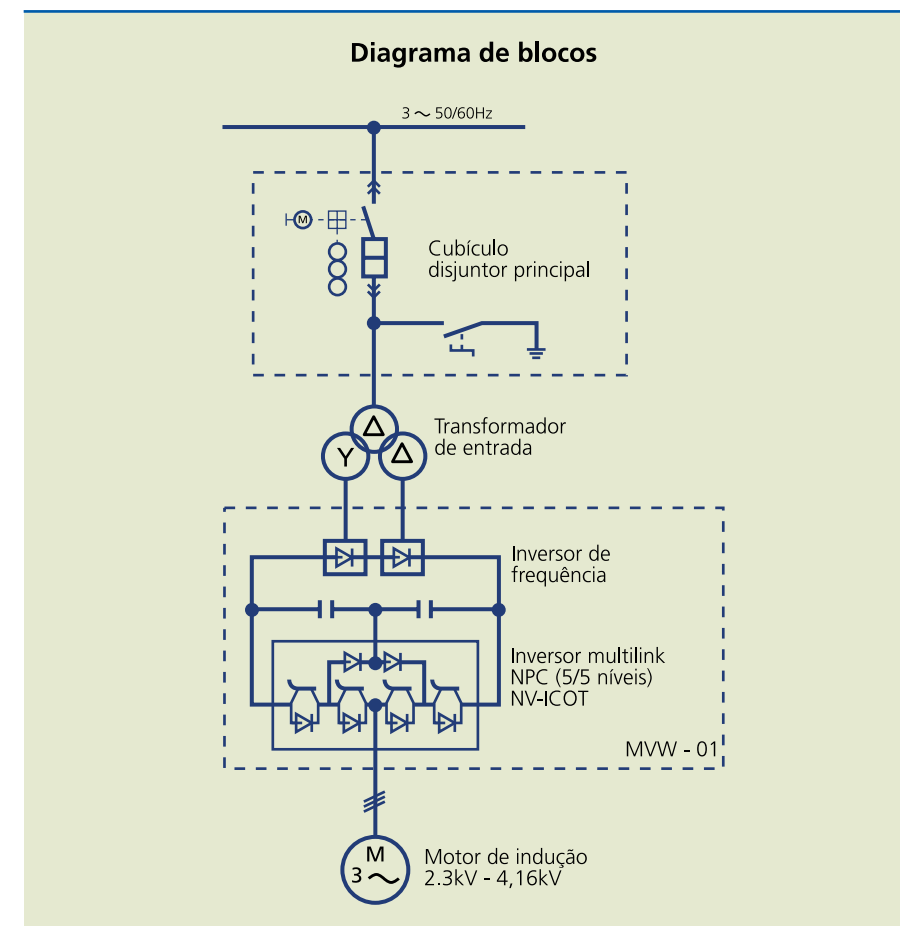


Figura 5.39

Diagrama de blocos de instalação do inversor.

5.9.5 Parametrização

Para que o inversor funcione corretamente, devemos “informar” em que condições de trabalho ele vai operar. Essa tarefa é justamente a parametrização do inversor. Quanto maior for o número de recursos que o inversor oferecer, mais parâmetros estarão disponíveis. Um mesmo parâmetro muda de posição de fabricante para fabricante e, por isso, recomenda-se seguir os passos indicados no manual para parametrizar o dispositivo. Os principais parâmetros de um inversor são descritos a seguir.

Liberação de alteração de parâmetros – É uma proteção para impedir que alguém, inadvertidamente, altere algum parâmetro da máquina.



Tensão nominal do motor – Existe na maioria dos inversores comerciais e serve para informar ao inversor em qual tensão nominal o motor vai operar – por exemplo, um motor operando em tensão nominal 220 VCA.

Corrente nominal do motor – Estabelece o valor de corrente que será utilizado nos cálculos realizados pelo inversor, para, por exemplo, protegê-lo de sobrecargas.

Frequência mínima de saída – Determina a velocidade mínima do motor. Pode variar de 0 a 650 Hz, porém deve ser sempre menor que a frequência máxima.

Frequência máxima de saída – Determina a velocidade máxima do motor. Pode variar de 0 a 650 Hz, porém deve ser sempre maior que a frequência mínima.

Frequência de JOG (impulso) – É um recurso que faz o motor girar com velocidade baixa. Isso facilita o posicionamento de peças antes de a máquina funcionar em regime normal.

Tempo de partida (rampa de aceleração) – Indica em quanto tempo se deseja que o motor chegue à velocidade programada, a partir do repouso. Esse parâmetro varia de acordo com o fabricante. Sua definição deve levar em conta o regime de trabalho do motor, pois, se o motor estiver conectado mecanicamente a cargas pesadas, uma partida muito rápida poderá “desarmar” disjuntores de proteção do sistema. Isso ocorrerá porque o pico de corrente, necessário para vencer a inércia do motor, será muito alto. Portanto, o tempo de partida tem de respeitar a massa da carga e o limite de corrente do inversor.

Tempo de parada (rampa de desaceleração) – É utilizado quando o inversor produz uma parada gradativa do motor. Esse parâmetro permite variar o tempo, de acordo com o fabricante, e, como o anterior, deve levar em consideração a massa (inércia) da carga acoplada.

Tipo de referência de entrada – Informa ao inversor se vamos controlar a velocidade do motor pela entrada digital ou analógica. No caso de controle analógico, devemos consultar o manual do fabricante, pois a velocidade será proporcional à tensão analógica de entrada e ignoraremos a entrada digital. Se o parâmetro estiver na outra posição, a velocidade será controlada por um sinal digital (na entrada digital), e o sinal analógico não terá influência.

Frequência de chaveamento PWM – Determina a frequência de PWM do inversor. Quanto menor for essa frequência, menores serão as perdas no motor e as interferências eletromagnéticas (EMI). O único inconveniente de frequências baixas (2 ou 4 kHz) é a geração de ruídos sonoros. Portanto, devemos fazer uma boa análise das condições gerais do ambiente de trabalho antes de decidirmos qual será o melhor valor.

Esses parâmetros são suficientes para acionar qualquer máquina, porém, para parametrizar um inversor corretamente, é preciso consultar o manual do fabricante.

5.9.6 Dimensionamento

O dimensionamento do inversor é feito pela determinação de sua **capacidade** e de seu **tipo**.

Para definirmos o “tamanho” do inversor, precisamos saber a corrente do motor e a carga que ele acionará. Normalmente, escolhe-se um inversor com capacidade de corrente igual ou superior à corrente nominal do motor. A tensão do inversor e do motor tem de ser igual à tensão da rede de alimentação.

A maioria dos inversores utilizados são do tipo escalar. Só se utiliza o tipo vetorial em duas ocasiões: extrema precisão de rotação ou torque elevado para rotação baixa ou zero (por exemplo, guindastes, pontes rolantes, elevadores etc.).

Quando os ensaios indicam um possível defeito no inversor de frequência, devemos realizar as seguintes ações, para um diagnóstico correto:

- Calcular a frequência de saída do inversor para cada rotação (a frequência de saída é diferente da frequência de rotação), definida pela fórmula:

$$\text{Rotação síncrona} = (60 \cdot f_{\text{rede}}) / n^{\circ} \text{ par de polos} \quad (5.1)$$

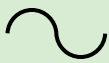
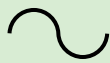
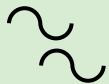
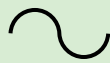
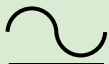
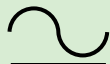
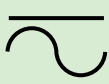
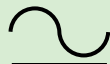
- Verificar se as vibrações cessam após o corte do fornecimento de energia elétrica.
- Realizar *check* elétrico.





Apêndice A

Símbolos literais para identificação de componentes em esquemas elétricos conforme IEC 113-2		
Símbolo	Componente	Exemplos
A	Conjuntos e subconjuntos	Equipam, laser e maser. Combinações diversas
B	Transdutores	Sensores termoeletricos, células termoeletricas, células fotoeletricas, transdutores a cristal, microfones fonocaptadores, gravadores de disco
C	Capacitores	
D	Elementos binários, dispositivos de temporização, dispositivos de memória	Elementos combinados, mono e bi estáveis, registradores, gravadores de fita ou de disco
E	Componentes diversos	Dispositivos de iluminação, de aquecimento etc.
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, para-raios, disparadores, relés
G	Geradores, fontes de alimentação	Geradores rotativos, alternadores, conversores de frequência, <i>soft-starter</i> , baterias, osciladores
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares
L	Indutores	Bobinas de indução e de bloqueio
M	Motores	
N	Amplificadores, reguladores	Componentes analógicos, amplificadores de inversão, magnéticos, operacionais, por válvulas, transistores
P	Instrumentos de medição e de ensaio	Instrumntos indicadores, amplificadores e integradores, geradores de sinal, relógios
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
R	Resistores	Reostatos, potenciômetros, termistores, resistores em derivação, derivadores
S	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim de curso) e seletores
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores
U	Moduladores, conversores	Discriminadores, demoduladores, codificadores transmissores telegráficos
V	Válvulas eletrônicas, semicondutores	Válvulas, válvulas sob pressão, diodos, transmissores, tiristores
W	Antenas, guias de transmissão e de onda	<i>Jampers</i> , cabos, barras coletoras, acopladores dipolos, antenas parabólicas
X	Terminais, tomadas e plugues	Blocos de conectores e terminais, jaques
Y	Dispositivos mecânicos operados mecanicamente	Freios, embreagens, válvulas pneumáticas
Z	Cargas corretivas, transformadores diferenciais. Equalizadores, limitadores	Rede de balanceamento de cabos, filtros a cristal

Símbolos gráficos					
Significado	ABNT	DIN	ANSI	JIS	IDC
Grandezas eletrônicas fundamentais					
Corrente contínua			DC		
Corrente alternada			AC		
Corrente contínua e alternada					
Exemplo de corrente alternada monofásica, 60Hz	1 - 60Hz	1 - 60Hz	1 Phase 2 Wire - 60Hz	1 - 60Hz	1 - 60Hz
Exemplo de corrente alternada trifásica, 3 condutores, 60Hz, tensão de 220V	3 - 60Hz 220V	3 - 60Hz 220V	3 Phase - Wire 60 Cycle - 220V	3 - 60Hz - 220V (3P 3W 220V - 60Hz)	3 - 60Hz - 220V
Exemplo de corrente alternada trifásica, com neutro, 4 condutores, 60Hz, tensão de 380V	3 - 60Hz 380V	3 - 60Hz 380V	3 Phase - Wire 60 Cycle - 380V	3 - 60Hz - 380V 3 + M = 60Hz 380V (3P 4W 380V 60Hz)	3W - 60Hz 380V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores, tensão de 220V	2 - 220V	2 - 220V	2 Wire DC, 220V	2 - 220V (2W, 220V)	2 - 220V
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores e neutro, tensão de 110V	2W - 110V	2W - 110V	3 Wire DC, 110V	2N - 110V (3W, DC, 110V)	2N - 110V



Significado	ABNT	DIM	ANSI	JIS	IEC
Símbolos de uso geral					
Terra					
Massa					
Polaridade positiva					
Polaridade negativa					
Tensão perigosa					
Ligação delta ou triângulo					
Ligação Y ou estrela					
Ligação estrela com neutro acessível					
Ligação ziguezague					
Ligação em V ou triângulo aberto					

Significado	ABNT	DIM	ANSI	JIS	IEC
Contatos e peças de contato com comandos diversos					
Fechador (normalmente aberto)					
Abridor (normalmente fechado)					
Comutador					
Comutador sem interrupção					
Temporizador: no fechado na abertura na abertura no fechamento					
Fechador de comando manual					
Abridor com comando por excêntrico					
Fechador com comando por bobina					
Fechador com comando por mecanismo					
Abridor com comando por pressão					
Fechador com comando por temperatura					



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

Significado	ABNT	DIM	ANSI	JIS	IEC
Dispositivos de comando e de proteção					
Tomada e plugue					
Fusível					
Fusível com indicação do lado ligado à rede após a ruptura					
Seccionador - Fusível tripolar					
Lâmina ou barra de conexão, reversora					
Seccionador tripolar					
Interruptor tripolar (sob carga)					
Disjuntor					
Seccionador - Disjuntor					
Contatos com relé térmico contatos auxiliares					
Disjuntor tripolar com relés eletromagnéticos com contatos auxiliares					



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



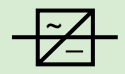


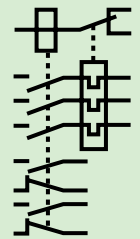

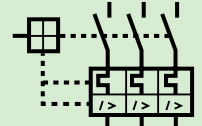
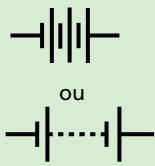
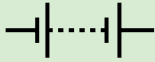
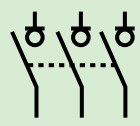
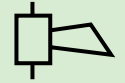
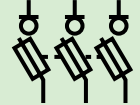

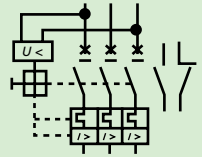
Significado	ABNT	DIM	ANSI	JIS	IEC
Transformadores					
Transformador com dois enrolamentos					
Transformador com três enrolamentos					
Autotransformador					
Bobina de reatância					
Transformador de corrente					
Transformador de potencial					
Transformador de corrente capacitivo					
Transformador com três enrolamentos, um de serviço e dois de controle					
Transformador de dois enrolamentos, com diversas derivações (taps) em um dos enrolamentos (com variação em escalões)					
Transformador de dois enrolamentos com variação contínua da tensão					
Gerador síncrono monofásico de ímã permanente					
Gerador de corrente contínua com enrolamentos de compensação e inversão polar					
 Nota 1:	A ABNT recomenda para transformadores de rede o uso do símbolo simplificado, formado de dois círculos que se cortam, especialmente na representação unifilar. Os traços inclinados que cortam a linha vertical, indicam o número de fases.				
 Nota 2:	Simplificação análoga é normalizada para transformadores de corrente e de potencial.				



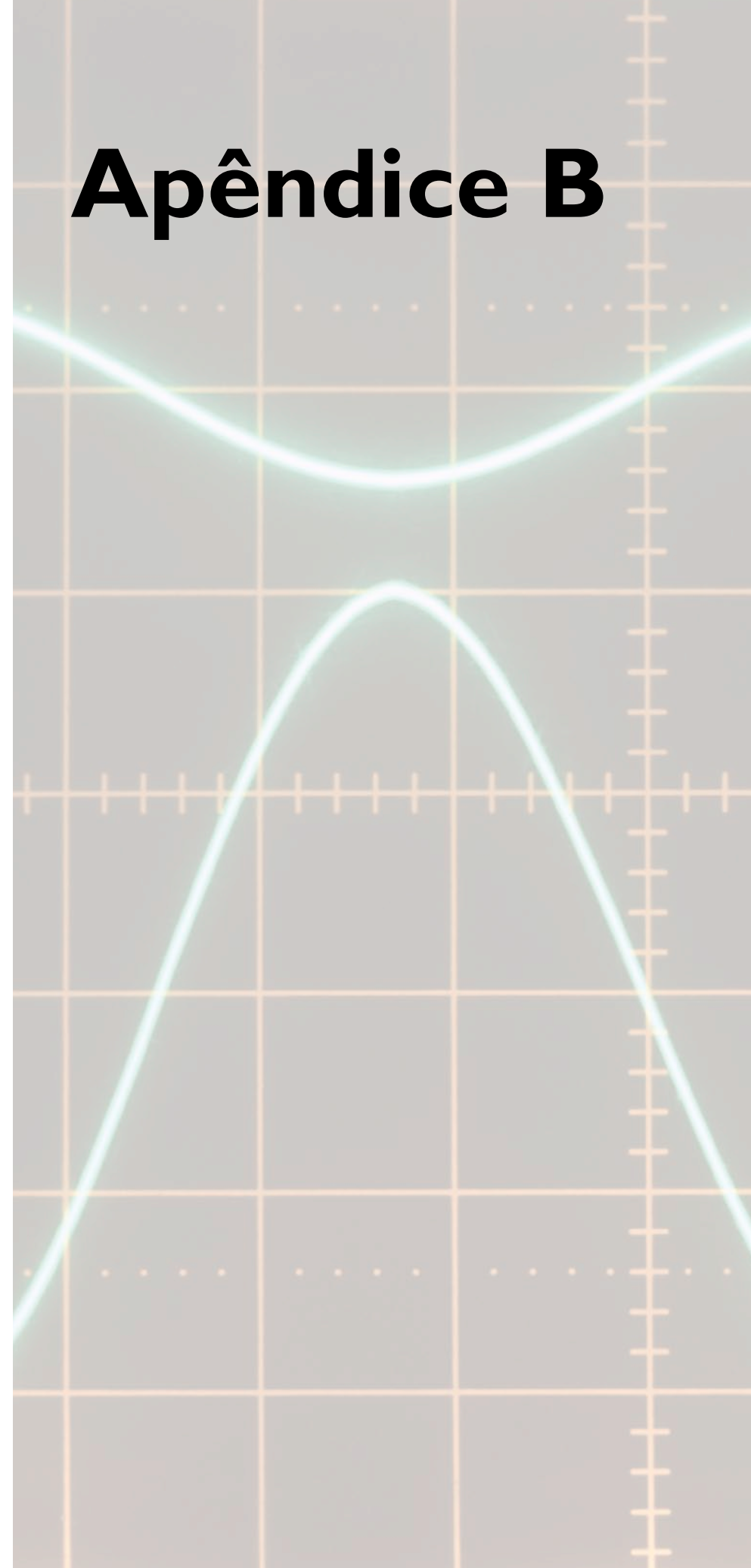
Significado	Símbolo
Dispositivos de partida	
Dispositivo de partida. Símbolo geral	
Dispositivo de partida variável continuamente	
Dispositivo de semi automático. Nota: sendo o símbolo de dimensões reduzidas, que não permita traçar as hachuras, estas poderão ser substituídas por partes cheias	
Dispositivo de partida estrela-triângulo	
Dispositivo de partida com autotransformador	
Motor trifásico de indução com dois dispositivos de partida: 1. Reversão por contator 2. Automático com reostato	

Símbolos gráficos conforme NBR, IEC e DIN			
Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Acionamento por energia mecânica acumulada		Acionamento eletromagnético (ex.: bobina de contator)
	Acionamento por motor		Acionamento magnético duplo (ex.: bobina com duplo enrolamento)
	Acionamento com bloqueio mecânico		Acionamento temporizado no desligamento (ex.: relé de tempo temporizado no desligamento)
	Acionamento com bloqueio mecânico		Acionamento temporizado na ligação (ex.: relé de tempo temporizado na ligação)
	Acionamento com posição fixa		Acionamento temporizado na ligação e no desligamento (ex.: relé de tempo temporizado na ligação e desligamento)
	Acionamento temporizado		Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)
	Acoplamento mecânico desacoplado		Sensor
	Acoplamento mecânico acoplado		Transformador e transformador de potencial para medição
	Acionamento manual (ex.: seccionador e comutador)		Auto transformador
	Acionamento por impulso (ex.: botão e comando)		Transformador de corrente para medição
	Acionamento por bloqueio mecânico de múltiplas posições (ex.: comutador de 4 posições)		Motor trifásico
	Acionamento mecânico (ex.: chave fim de curso)		Tiristor



Símbolos gráficos conforme NBR, IEC e DIN			
Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Diodo Zener		Sirene
	Inversor de frequência		Lâmpadas / sinalização
	Conversor		Contator e relé de sobrecarga com contator auxiliar
	Pilha (unidade de energia)		Disjuntor com relés disparadores de sobrecarga e curto-circuito
 ou 	Bateria (várias unidades de energia)		Seccionador sob carga
	Buzina		Seccionador-fusível sob carga
	Campainha		Disjuntor com relés disparadores de sobrecarga, curto-circuito e subtensão

Apêndice B



Influências externas determinantes

No quadro da proteção contra choques elétricos, as seguintes condições de influências externas são determinantes:

BA = Competência das pessoas.

BB = Resistência elétrica do corpo humano.

BC = Contato das pessoas com potencial da terra.

Competência das pessoas			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	—
BA2	Crianças	Crianças em locais a elas destinados ⁽¹⁾	Creches, escolas
BA3	Incapacitadas	Pessoas que não dispõem de completa capacidade física ou intelectual (idosos, doentes)	Casas de repouso, unidades de saúde
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de tal forma que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (pessoal de manutenção e/ou operação)	Locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas com conhecimento técnico ou experiência que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (engenheiros e técnicos)	Locais de serviço elétrico fechados

⁽¹⁾ Esta classificação não se aplica necessariamente a locais de habitação.
Fonte: NBR 5410:2004

Resistência elétrica do corpo humano

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BB1	Alta	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive suor)
BB2	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com pele úmida de suor, sendo a superfície de contato significativa
BB3	Baixa	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés
BB4	Muito baixa	Condições inversas	Pessoas imersas na água, por exemplo em banheiras ou piscinas

Fonte: NBR 5410:2004



Contato das pessoas com o potencial da terra			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC1	Nulo	Locais não condutivos	Locais cujo piso e paredes sejam isolantes e que não possuam nenhum elemento condutivo
BC2	Raro	Em condições habituais, as pessoas não estão em contato com elementos condutivos ou postadas sobre superfícies condutivas	Locais cujo piso e paredes sejam isolantes, com elementos condutivos em pequena quantidade ou de pequenas dimensões e de tal forma a probabilidade de contato possa ser desprezada
BC3	Frequente	Pessoas em contato com elementos condutivos ou postadas sobre superfícies condutivas	Locais cujo piso e paredes sejam condutivos ou que possuam elementos condutivos em quantidade ou de dimensões consideráveis
BC4	Contínuo	Pessoas em contato permanente com paredes metálicas e com pequena possibilidade de interromper o contato	Locais com caldeiras ou vasos metálicos, cujas dimensões sejam tais que as pessoas que neles penetrem estejam continuamente em contato com as paredes. A redução da liberdade de movimentos das pessoas pode, por um lado, impedi-las de romper voluntariamente o contato e por outro aumentar os riscos de contato involuntário

Fonte: NBR: 5410:2004

Situações 1, 2 e 3

Define-se em função das influências externas BB (Quadro 31) e BC (Quadro 32), as situações 1, 2 e 3 caracterizadas no Quadro 33. Para uma combinação de influências externas BB e BC, a situação a ser considerada é a mais severa ditada por qualquer das influências externas (BB ou BC) isoladamente.

Condição de influência externa	Situação
BB1, BB2	Situação 1
BC1, BC2, BC3	Situação 1
BB3	Situação 2
BC4	Situação 2
BB4	Situação 3

Notas

- Alguns exemplos de situação 2:
 - áreas externas (jardins, feiras etc.);
 - canteiro de obras;
 - estabelecimentos agropecuários;
 - áreas de acampamento e de estacionamento de veículos especiais e reboques;
 - dependências interiores molhadas em uso normal.
- Um exemplo de situação 3, que corresponde aos casos de corpo imerso, é o interior de banheiras e piscinas.

Fonte: NBR 5410





Referências

bibliográficas

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de física*. Vol. 3. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2007.
- ANZENHOFER, K. et al. *Eletrotécnica para escolas profissionais*. 3ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1980.
- BENCHIMOL, A. *Uma breve história da eletrônica*. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.
- BENTO, C. R. *Sistemas de controle*. São Paulo: Érica, 1989.
- BONACORSO, N. G.; NOLL, V. *Automação eletropneumática*. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2000.
- CARVALHO, G. *Máquinas elétricas*. 2ª ed. revisada. São Paulo: Érica, 2008.
- CAVALCANTI, P. J. M. *Fundamentos de eletrotécnica*. 21ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001.
- CAVALIN, G.; CERVELIN, S. *Instalações elétricas prediais*. 18ª ed. São Paulo: Érica, 2008.
- CHIQUETO, M. J. *Física na escola de hoje*. Vol. 3. São Paulo: Scipione, 1987.
- COMO FUNCIONA: enciclopédia de ciência e técnica. São Paulo: Abril Cultural, 1974.
- COTRIM, A. A. M. B. *Instalações elétricas*. 4ª ed. São Paulo: Pearson-Makron Books, 2008.
- CREDER, H. *Instalações elétricas*. 15ª ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- EDMINISTER, J. A. *Eletromagnetismo*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.
- ENCICLOPÉDIA ABRIL. Vol. 13. São Paulo: Abril Cultural, 1972.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de física*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FILIPPO FILHO, G. *Motor de indução*. São Paulo: Érica, 2000.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. *Máquinas elétricas*. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- FRANCHI, C. M. *Acionamentos elétricos*. São Paulo: Érica, 2008.
- GOZZI, G. G. M. *Circuitos magnéticos*. São Paulo: Érica, 1996.



GUSSOW, M. *Eletricidade básica*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

JORDÃO, R. G. *Máquinas síncronas*. Rio de Janeiro: LTC; São Paulo: Edusp, 1980.

_____. *Transformadores*. São Paulo: Edgar Blücher, 2002.

KOSOW, I. L. *Máquinas elétricas e transformadores*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

LIMA FILHO, D. L. *Projeto de instalações elétricas prediais*. São Paulo: Érica, 2008.

MARIANO, W. C. *Eletromagnetismo: fundamentos e aplicações*. São Paulo: Érica, 2003.

MARTIGNONI, A. *Eletrotécnica*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1973.

_____. *Máquinas de corrente alternada*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1982.

_____. *Máquinas elétricas de corrente contínua*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1977.

_____. *Transformadores*. Rio de Janeiro: Globo, 1973.

MARTINS, J. B. *A história da eletricidade*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

PAZOS, F. *Automação de sistemas e robótica*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.

RAMALHO, F. et al. *Os fundamentos da física*. Vol. 3. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 1978.

SIMONE, G. A. *Transformadores: teoria e exercícios*. São Paulo: Érica, 1998.

TUDO: dicionário enciclopédico ilustrado. São Paulo: Abril Cultural, 1977.

WENTWORTH, S. M. *Eletromagnetismo aplicado*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

YOUNG, H.; SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W. *Física 3: eletricidade e magnetismo*. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

Sites

Lista de Exercícios - Interferência: <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fisica-4/lista1.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Noções básicas sobre transformadores: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala14/14_T01.asp>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Máquinas elétricas: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_T07.asp>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Projeto Física e Cidadania: <<http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Força atrativa e força repulsiva: <<http://educacao.uol.com.br/fisica/condutores-retilineos-e-paralelos-regra-da-mao.jhtm>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

BBC. “A ‘aurora boreal’ de Júpiter”: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2001/010412_jupiter.shtml>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Instalações elétricas: <<http://www.instalacoeseltricas.com/teoria.asp?id=6>>.

Acesso em: 29 jun. 2011.

GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica:

<<http://www.dee.ufc.br/~rleao/GTD/1Introducao.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Atualidades:<http://guiadoestudante.abril.com.br/estude/simulados/simulado_403297.shtml>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Normas da ABNT: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Elektor: <<http://www.elektor.com>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

CPFL: <<http://www.cpfl.com.br>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Pirelli: <<http://www.pirelli.com.br/web/default.page>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Energibrás: <<http://www.energibras.com.br>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

WEG: <<http://www.weg.net/br>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

ANSI-J-STD 607-A - Normas para aterramento: <<http://www.ansi.org>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

ANSI/TIA/EIA 570-A: <<http://www.ansi.org>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

ANSI/TIA/EIA 606-A - Normas para administração da infraestrutura de telecomunicações em edifícios comerciais: <<http://www.ansi.org>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60947-1: Equipamentos de manobra e de proteção em baixa tensão – especificações - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.



IEC 60947-2: Disjuntores - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60947-3: Seccionadores e seccionadores fusível - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60947-4: Contatores de potência, relés de sobrecarga e conjuntos de partida - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60947-5: Contatores auxiliares, botões de comando e auxiliares de comando - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60947-7: Conectores e equipamentos auxiliares - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60269-1: Fusíveis para baixa tensão - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

IEC 60439-1: Conjuntos de manobra e comando em baixa tensão

Símbolos gráficos (normas IEC, DIN, NBR) - <<http://www.iec.ch>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

Motores elétricos – CTAI (Centro de Tecnologia em Automação e Informática): - <<http://www.ctai.senai.br>>. Acesso em: 29 jun. 2011.



CENTRO PAULA SOUZA DO GOVERNO DE SÃO PAULO





Excelência no ensino profissional

Administrador da maior rede estadual de educação profissional do país, o Centro Paula Souza tem papel de destaque entre as estratégias do Governo de São Paulo para promover o desenvolvimento econômico e a inclusão social no Estado, na medida em que capta as demandas das diferentes regiões paulistas. Suas Escolas Técnicas (Etecs) e Faculdades de Tecnologia (Fatecs) formam profissionais capacitados para atuar na gestão ou na linha de frente de operações nos diversos segmentos da economia.

Um indicador dessa competência é o índice de inserção dos profissionais no mercado de trabalho. Oito entre dez alunos formados pelas Etecs e Fatecs estão empregados um ano após concluírem o curso. Além da excelência, a instituição mantém o compromisso permanente de democratizar a educação gratuita e de qualidade. O Sistema de Pontuação Acrescida beneficia candidatos afrodescendentes e oriundos da Rede Pública. Mais de 70% dos aprovados nos processos seletivos das Etecs e Fatecs vêm do ensino público.

O Centro Paula Souza atua também na qualificação e requalificação de trabalhadores, por meio do Programa de Formação Inicial e Educação Continuada. E ainda oferece o Programa de Mestrado em Tecnologia, recomendado pela Capes e reconhecido pelo MEC, que tem como área de concentração a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável.