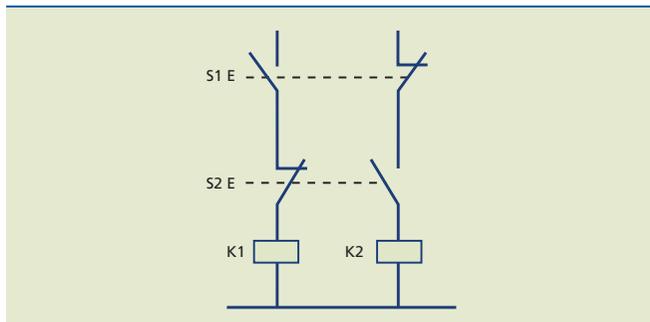


Capítulo 5

Dispositivos e acionamentos elétricos

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 de 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.

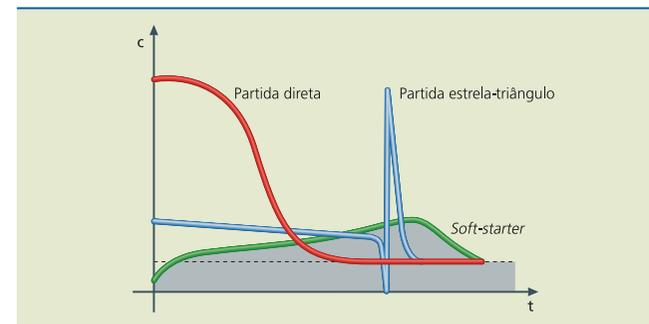


Figura 5.17

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.

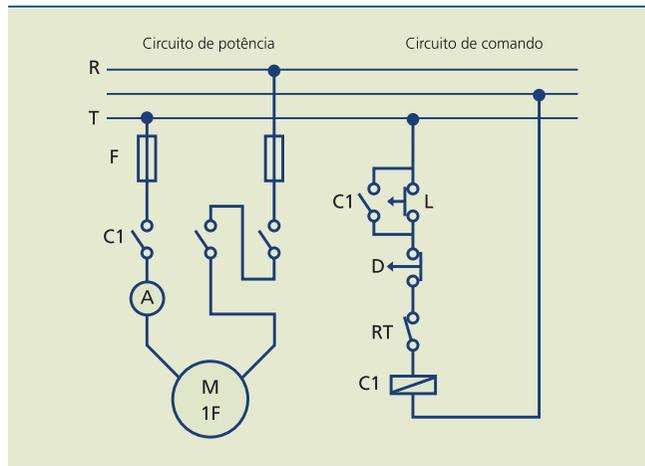
5.7.2 Tipos de partida: circuitos de comando e força

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.

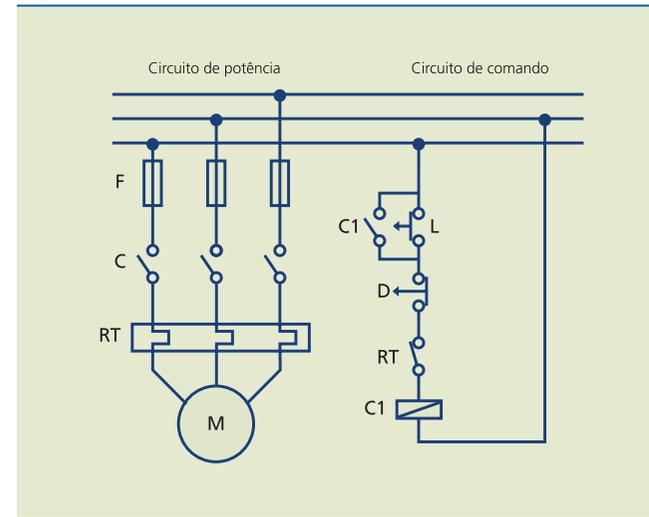


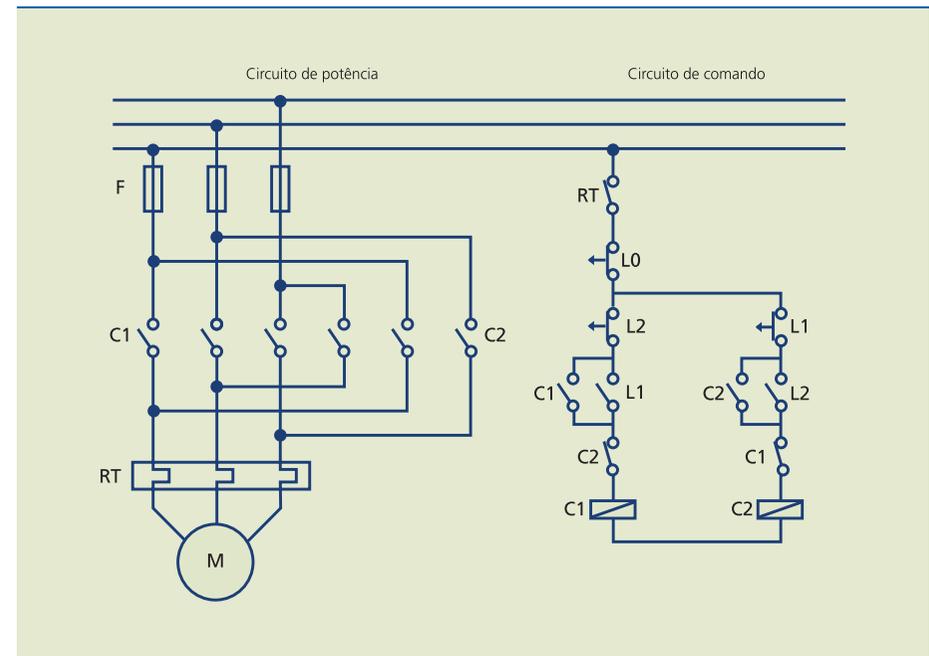
Figura 5.19

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

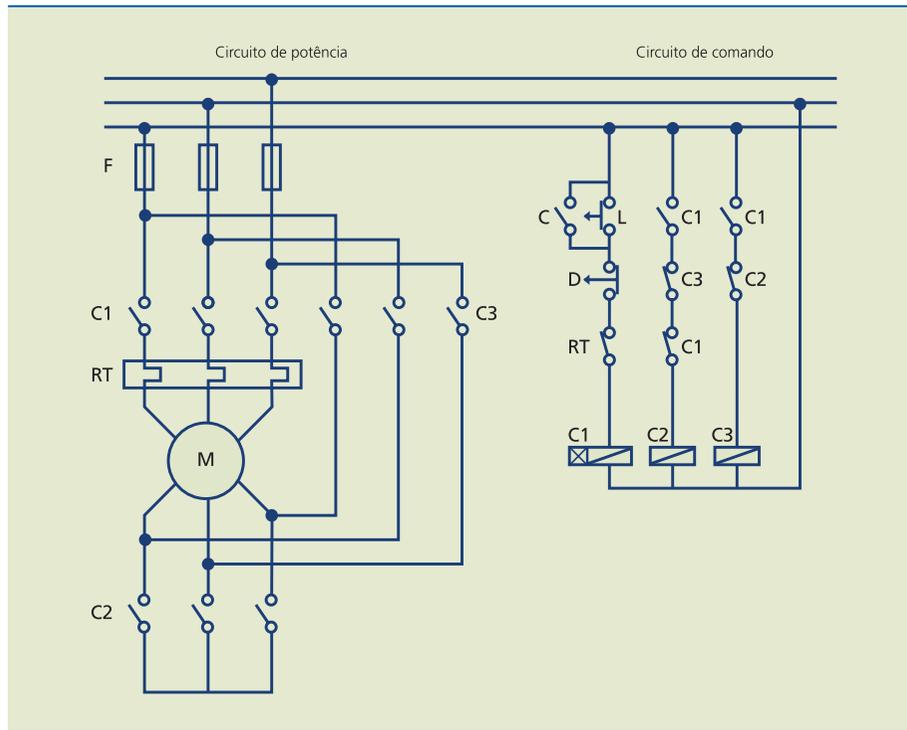


Figura 5.21

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.

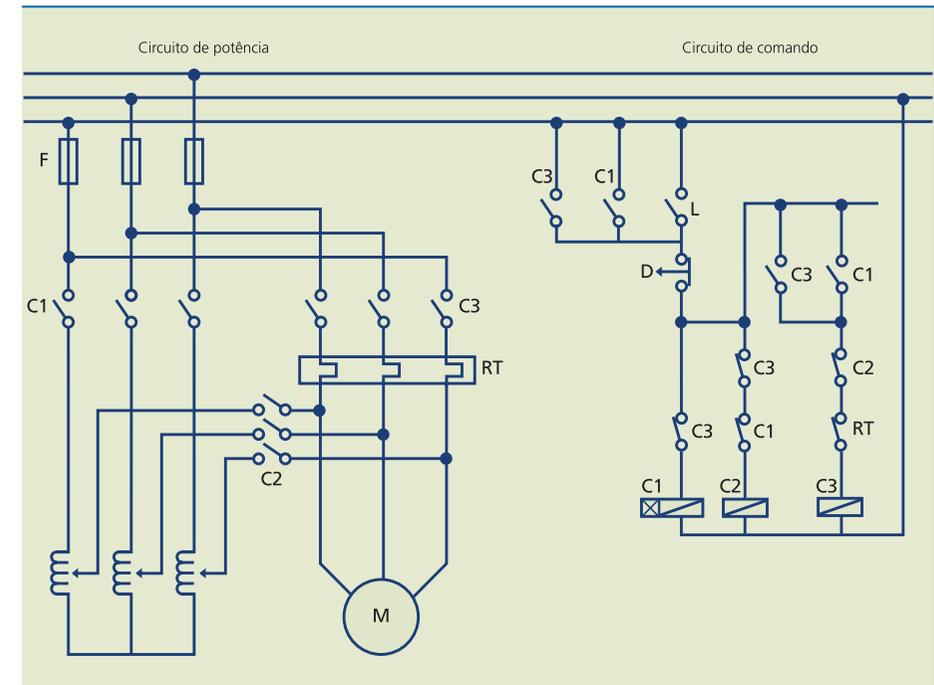
Desvantagens

- 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.

