

Capítulo 10

Comandos elétricos com CLP

10.1 Comandos elétricos

Comandos elétricos são circuitos com componentes cuja função é comandar e controlar o funcionamento de sistemas elétricos. Os comandos elétricos iniciaram seu desenvolvimento com a utilização de relés e, a partir daí, evoluíram vigorosamente, utilizando nos dias de hoje os controladores e chaves de controle eletrônico.

Um exemplo de comando elétrico automático é uma lâmpada de iluminação pública que acende de noite e apaga de dia, independentemente da ação do homem. Uma das funções dos comandos elétricos é principalmente automatizar os processos de produção.

As chaves, dispositivos de comando empregados em circuitos elétricos de baixa tensão, são dos tipos mais variados e com características de funcionamento também bastante distintas, em consequência das funções específicas que cada dispositivo deve efetuar, dependendo de sua posição no circuito.

10.2 Contatores

Entre os componentes usados nos comandos elétricos, os mais importantes são os contatores. Eles se igualam funcionalmente aos interruptores, portanto são dispositivos de manobra mecânica que utilizam força eletromagnética gerada pela passagem de uma corrente elétrica através da bobina, fazendo com que o corpo móvel se desloque provocando a mudança de estado em seus contatos NA (normalmente aberto) e NF (normalmente fechado).

Os contatores são utilizados como dispositivos de comando de motores e grandes cargas, ou como dispositivos de proteção contra sobrecarga, se acoplados aos relés.

As principais características dos contatores são a capacidade do comando à distância, a grande vida útil mecânica, o elevado número de manobras que podem ser realizadas, a garantia de contato muito rápido e o pequeno espaço para montagem.



Após a energização da bobina, os NA se fecham e os NF se abrem enquanto a bobina permanecer alimentada pela corrente elétrica. Pelo fato de os contatos móveis estarem acoplados mecanicamente ao núcleo móvel, o deslocamento do núcleo móvel no sentido do núcleo fixo movimentará também os contatos móveis. No fim do curso do núcleo móvel, as peças fixas rígidas do sistema de comando elétrico estarão em contato e sob pressão suficiente com as peças do núcleo móvel. Cada conjunto de contatos fixos ou móveis pode ser do tipo normalmente aberto (NA), ou normalmente fechado (NF). O comando da bobina é efetuado por meio de uma botoeira ou chave-boia com duas posições, cujos elementos de comando estão ligados em série com a bobina. Veja na figura 10.1a o esquema de um contator e, na figura 10.1b, uma fotografia indicando a montagem de um contator.

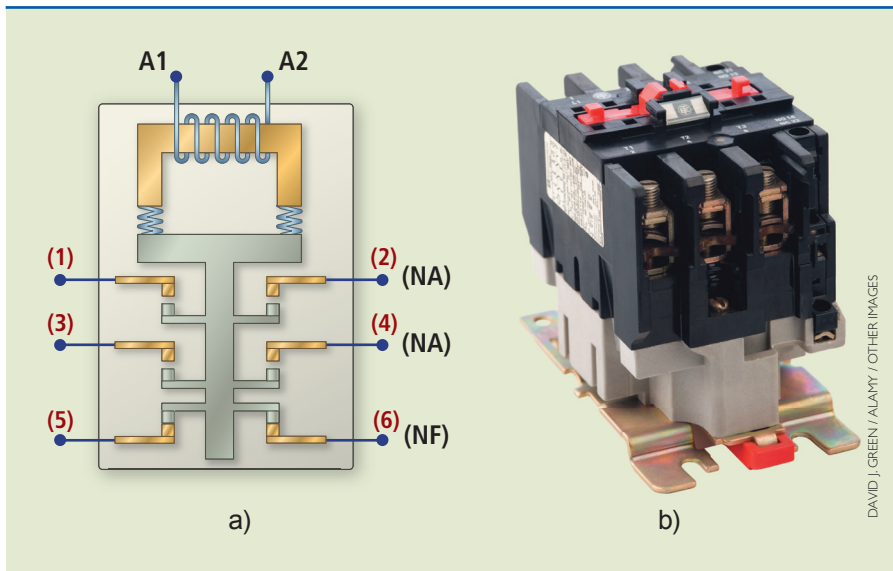


Figura 10.1

a) Esquema de um contator;
b) montagem de um contator.

A velocidade de operação dos contadores é resultado da ação da força da bobina e da força mecânica oposta oferecida pelo sistema de molas de separação que atuam em sentido contrário. As molas são responsáveis pela velocidade de abertura do contator, pois nessa operação a bobina magnética é desligada, e somente as forças das molas operam fazendo com que o corpo móvel retorne a sua posição de repouso.





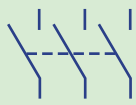





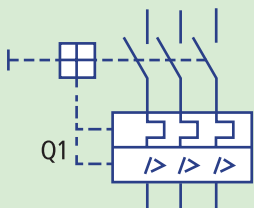

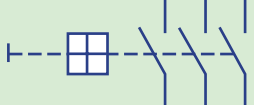

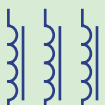
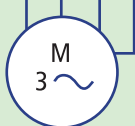
Os contadores podem ser classificados como de potência ou auxiliares. Simplificadamente, os contadores auxiliares têm corrente máxima de 10 A, possuem de 4 a 8 contatos, chegando a 12, enquanto os contadores de potência têm corrente máxima de até 600 A. Geralmente possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas a 3 fios.

10.3 Símbolos gráficos

Para se compreender o gráfico de um circuito elétrico, é importante conhecer a simbologia utilizada. Para definir melhor os circuitos, é também necessário conhecer os símbolos que vamos utilizar.

Símbolos para os comandos elétricos, conforme NBR 12523, estão indicados na figura 10.2.

Figura 10.2
Símbolos para os comandos elétricos, conforme NBR 12523.

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

10.4 Símbolos literais

Os símbolos literais são caracteres que representam os símbolos gráficos e permitem que se dê a eles uma sequência numérica dentro de um diagrama (ver a figura 10.3).

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivo 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, seletores auxiliares	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

Figura 10.3

Símbolos literais, conforme NBR 5280.

10.5 Sistemas de acionamento, segurança e proteção

10.5.1 Selo

O selo sempre liga um contato auxiliar do próprio contator em paralelo com o contato de fechamento da botoeira. Ele serve para manter a corrente circulando pelo contator, após o operador ter soltado a botoeira (ver circuito exemplo na figura 10.4).

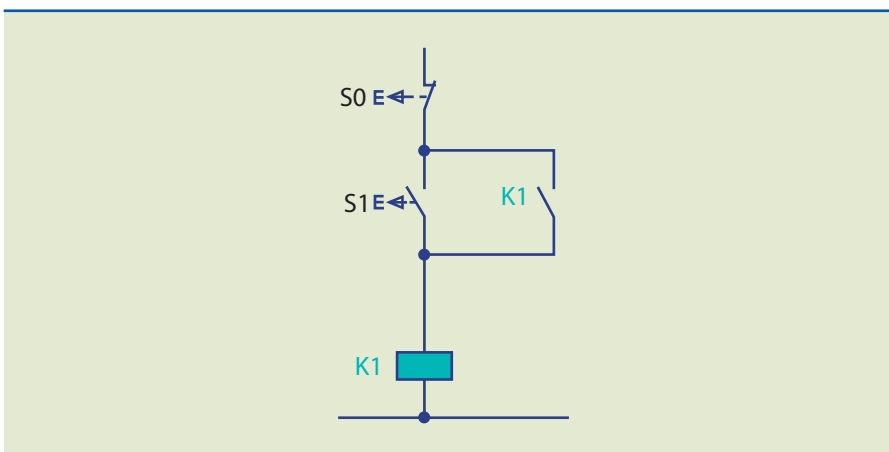


Figura 10.4

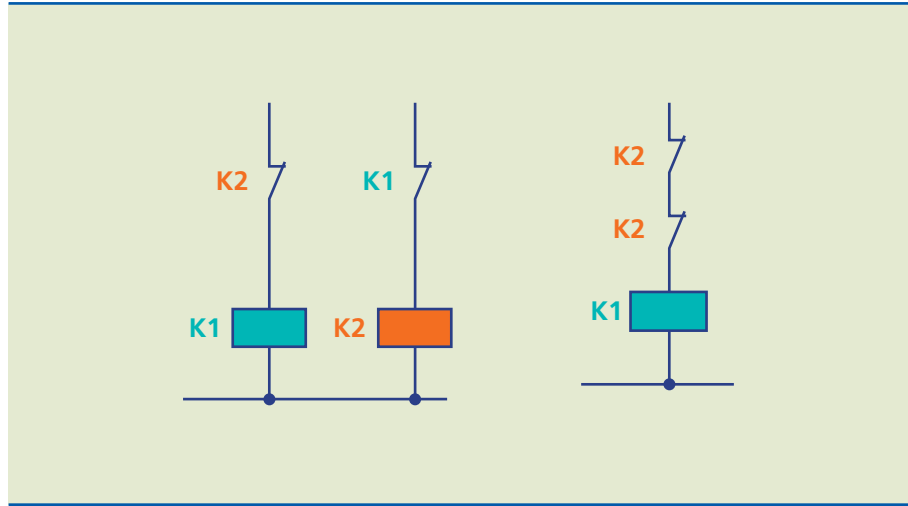
Selo.

10.5.2 Intertravamento

Em algumas manobras, em que existem dois ou mais contatores, para evitar curtos-circuitos, impede-se o funcionamento simultâneo de dois contatores. Utiliza-se, assim, o intertravamento e, nesse caso, os contatos devem ficar antes da alimentação da bobina dos contatores. Na realização de manobras com acionamento de altas cargas, podemos usar dois contatos de intertravamento, ligados em série, elevando a segurança do sistema. A figura 10.5 exemplifica um intertravamento simples e um intertravamento de dois contatos.

Figura 10.5

À esquerda, temos um intertravamento simples, e à direita, um intertravamento com dois contatos.

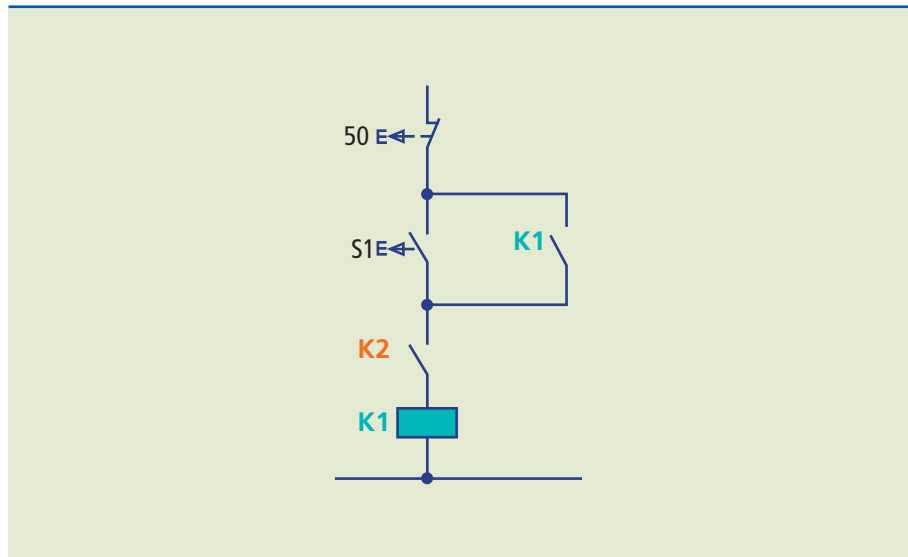


10.5.3 Ligação condicionada

A instalação de um contato NA do contator K2, antes do contator K1, implica que K1 só pode ser operado quando K2 estiver acionado. Assim, condiciona-se o funcionamento do contator K1 ao acionamento do contator K2 (ver figura 10.6).

Figura 10.6

Ligação condicionada.



10.5.4 Proteção do circuito

Os relés de proteção contra sobrecarga e as botoeiras de desligamento devem estar sempre em série, pois a operação de abertura do relé provocará o desligamento do contator (ver exemplo na figura 10.7).

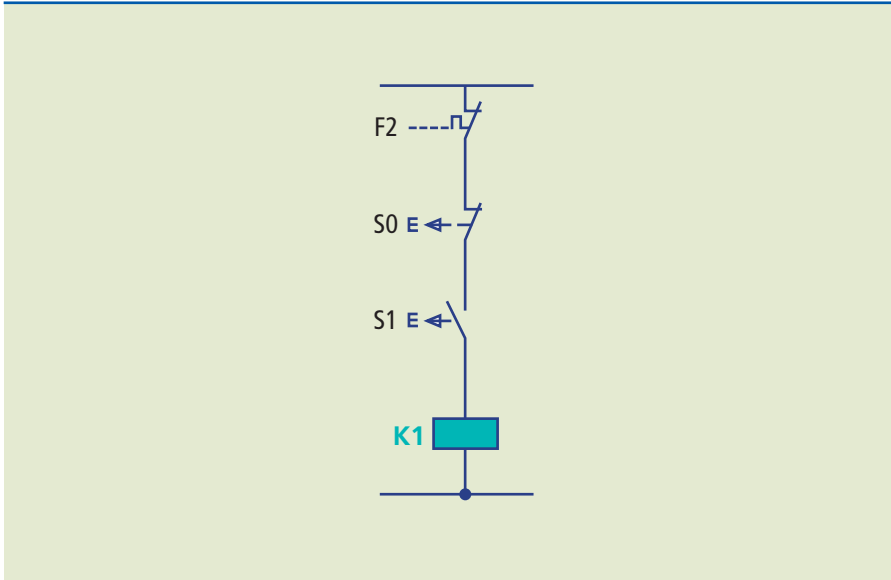


Figura 10.7

Ligação em série de relés de proteção e botoeira de desligamento.

10.6 Diagrama elétrico

O diagrama elétrico é um desenho que mostra como as várias partes de um dispositivo, rede, instalação, grupo de aparelhos ou itens de um aparelho elétrico são inter-relacionados e/ou interconectados. É a representação de uma instalação elétrica ou de uma parte dela por meio de símbolos gráficos, definidos nas normas NBR 5259, NBR 5280, NBR 5444, NBR 12519, NBR 12520 e NBR 12523.

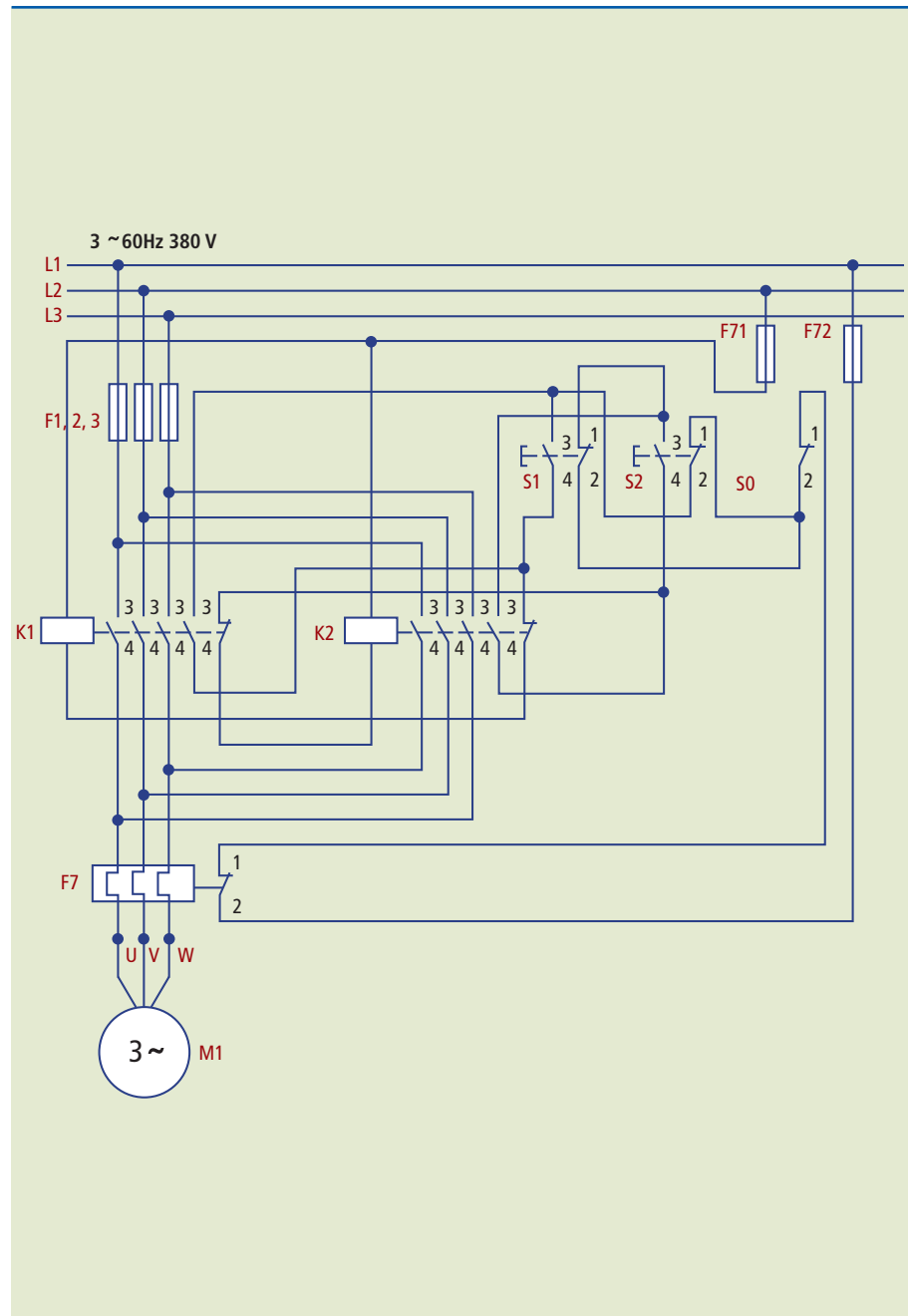
O diagrama de comando faz a representação esquemática dos circuitos elétricos permitindo a leitura do funcionamento do circuito. Ele mostra os seguintes aspectos: o funcionamento sequencial dos circuitos, a representação dos elementos, suas funções e as interligações, conforme as normas estabelecidas, a visão analítica das partes ou do conjunto e a possibilidade de rápida localização física dos componentes e falhas do circuito.

Os diagramas podem ser: multifilar completo (ou tradicional), funcional e de execução.

O diagrama multifilar completo (ou tradicional) é o retrato do circuito elétrico, mostra a forma como ele é montado, quais são seus elementos componentes e todas as ligações dos circuitos. Esse tipo de diagrama é difícil de ser interpretado e elaborado, principalmente quando os circuitos a serem representados são complexos.

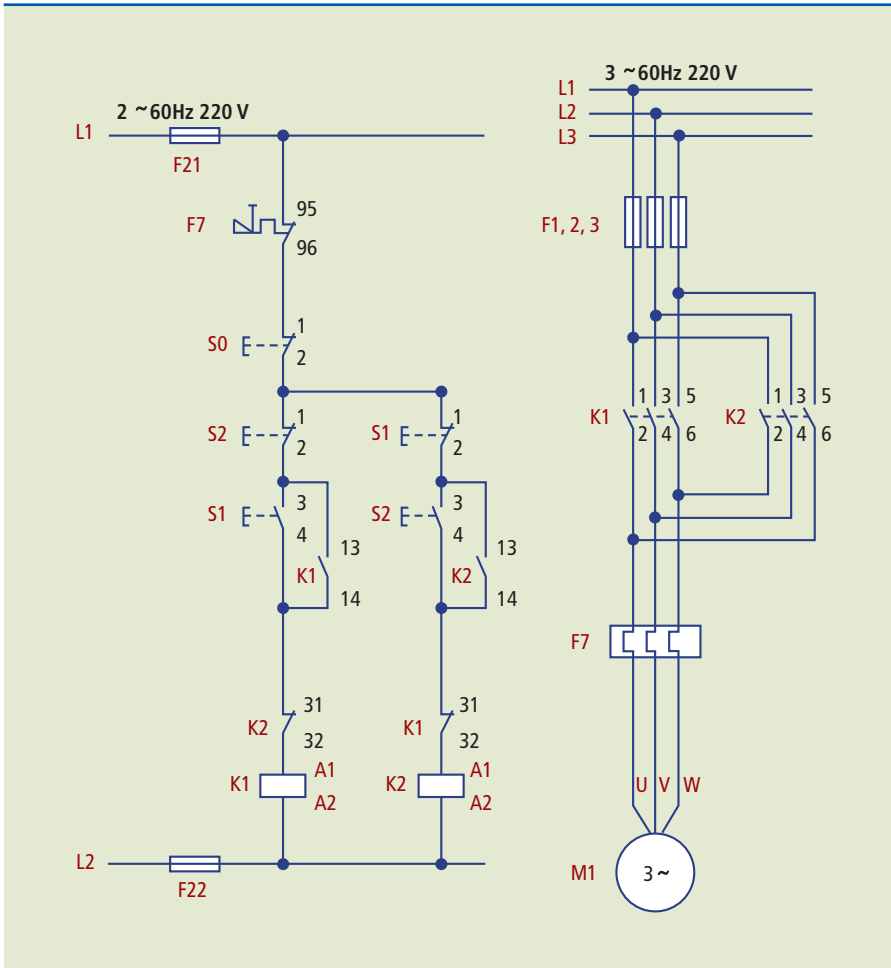
Ver o exemplo de um diagrama elétrico do tipo multifilar na figura 10.8.

Figura 10.8
Exemplo de um diagrama multifilar elétrico.



Em razão das dificuldades de interpretação desse tipo de diagrama, os caminhos de circulação da corrente, os elementos e suas funções e a seqüência funcional são separados e representados por diagramas diferentes.

O diagrama simplificado, no qual os aspectos básicos são representados de forma prática e de fácil compreensão, é chamado diagrama funcional. Ver exemplo de um diagrama funcional na figura 10.9, na qual temos, à esquerda, o circuito de comando e, à direita, o circuito de potência.

**Figura 10.9**

Exemplo de diagrama funcional. À esquerda, o circuito de comando e, à direita, o circuito de potência.

A representação, identificação e a localização física dos elementos se tornam mais compreensíveis com o diagrama de execução mostrado na figura 10.10.

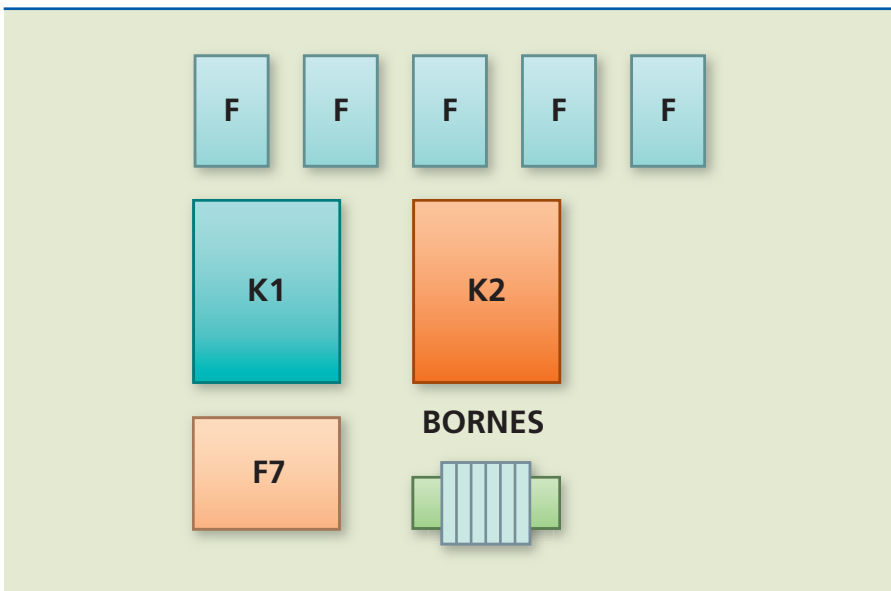
**Figura 10.10**

Diagrama de execução na placa.

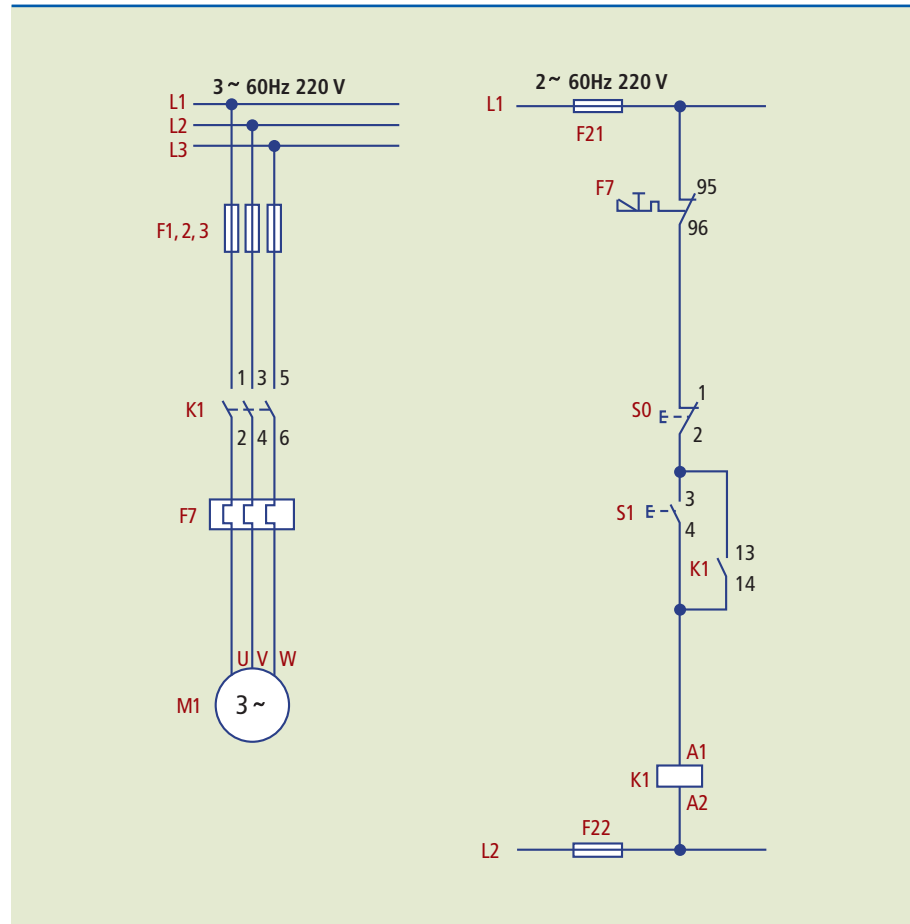
10.7 Aplicações dos comandos na partida de um motor

Em uma combinação entre os elementos de comando estudados e as lógicas apresentadas, temos na figura 10.11 um diagrama funcional para a execução da partida direta de um motor elétrico. O objetivo é conhecer a sequência utilizada, observando as dificuldades e a lógica de funcionamento, bem como entender a aplicação prática do conceito de selo.

10.7.1 Diagrama elétrico para a partida de um motor

Figura 10.11

Diagrama funcional para a execução da partida direta de um motor elétrico.



A análise do diagrama mostrado na figura 10.11 indica que os condutores L1, L2 e L3 estão energizados; quando o botão pulsador S1 é acionado, a bobina do contator K1 é energizada. Essa ação faz fechar o contato de selo K1 que manterá a bobina energizada, enquanto os contatos principais se fecharão e o motor funcionará.

Para interromper o funcionamento do contator e, logo, do motor, aciona-se o botão S0. Isso interrompe a alimentação da bobina, provoca a abertura do contato de selo K1 e dos contatos principais, fazendo o motor parar.

10.7.2 Aplicação do CLP para a partida de um motor

O circuito para a partida de um motor elétrico pode ser comandado por um controlador lógico programável utilizando um programa em Ladder, com entradas e saídas que podem ser representadas facilmente, como vemos na figura 10.12.

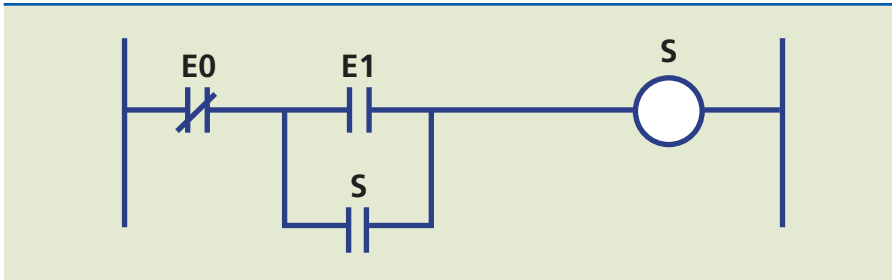


Figura 10.12

Diagrama Ladder para um circuito com o objetivo de obtenção da partida de um motor elétrico.

No diagrama da figura 10.12, a indicação E1 corresponde a um botão pulsador NA de partida do motor, E0 é um botão NF correspondente ao desligamento do motor, e S corresponde à bobina do contator responsável pela energização do motor. O contato S normalmente aberto é responsável pela retenção, ou seja, manterá a bobina energizada mesmo após o operador parar de pressionar o botão E1.

10.8 Aplicações dos comandos na reversão de um motor

Em alguns circuitos, muitas vezes utilizamos a reversão de rotação de um motor. Para tanto, fazemos uso do conceito de intertravamento, como mostra a figura 10.13.

10.8.1 Diagrama elétrico para a reversão de um motor

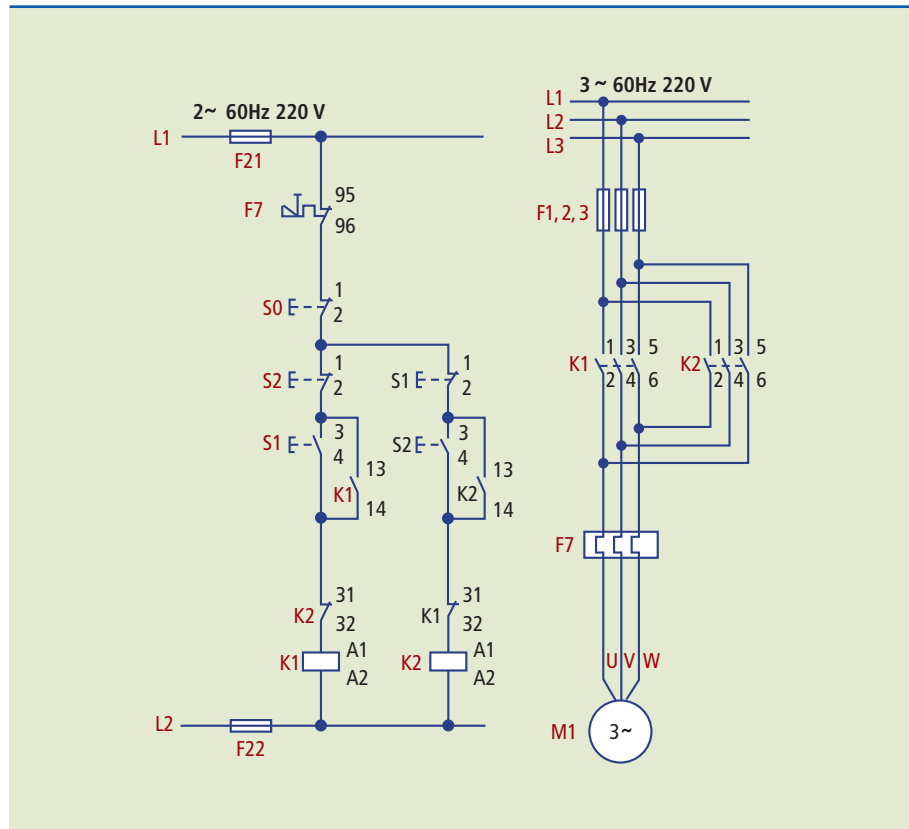
A reversão é feita pela inversão das fases de alimentação. Esse trabalho é realizado por dois contadores comandados por dois botões cujo acionamento fornece rotações nos sentidos horário (S1) e anti-horário (S2). Ver a figura 10.13.

Os condutores L1, L2 e L3 estão energizados, enquanto S1 e S2 estão desligados. Ao pulsar o botão S1, a bobina do contator K1 é energizada e acontece o fechamento do contato de selo (que mantém a bobina energizada) e dos contatos principais; com isso, o motor é acionado e gira no sentido horário.

Quando a bobina é desenergizada por meio de S0, os contatos principais se abrem, cortando a alimentação do motor. Para reverter o sentido do movimento do motor, temos de acionar o botão S2; acontece então a energização de K2 e seu contato fechado se abre, impedindo a alimentação de K1. O contato de selo K2 também fecha, mantendo a bobina energizada mesmo após o operador parar de pressionar o botão S2. Com a bobina energizada, ocorre o fechamento dos contatos principais. Como consequência, o motor é acionado, girando no sentido inverso até que seja novamente acionado o botão S0, que faz abrir os contatos principais e corta a alimentação do motor.

Figura 10.13

Diagrama funcional para a execução da reversão de um motor elétrico.

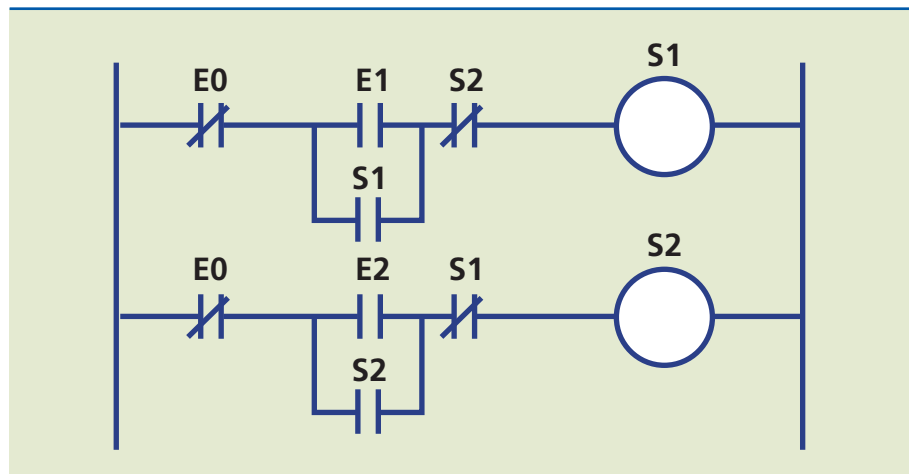


10.8.2 Aplicação do CLP para a reversão de um motor

Em um diagrama Ladder, podemos ter a disposição para o circuito de reversão no sentido de rotação de um motor elétrico no diagrama da figura 10.14.

Figura 10.14

Diagrama Ladder para a obtenção de reversão no sentido de rotação de um motor elétrico.



De acordo com a figura 10.14, a saída S1 do controlador acionará K1, enquanto a saída S2 acionará K2. Nesse caso, K1 e K2 jamais poderão ser acionados simultaneamente, o que provocaria um curto-circuito. Portanto, é necessário o intertravamento realizado pelo contato NF de S2 em série com a bobina S1 e o

contato NF de S1 em série com a bobina S2. Tanto o intertravamento quanto a retenção são realizados utilizando comandos Ladder sem a necessidade dos contatos auxiliares dos contatores K1 e K2.

10.9 Ligação estrela-triângulo

As altas correntes necessárias para a partida de motores de altas potências exigem um dimensionamento de cabos com diâmetros bem maiores do que o necessário para operação em regime, o que provoca um aumento no custo de instalação. Além disso, podem haver quedas momentâneas do fator de potência, que é monitorado pela concessionária de energia elétrica, causando multas à indústria usuária.

Para evitar essas altas correntes na partida, existem algumas estratégias empregadas nos comandos. Uma delas é alimentar o motor com 50% ou 65% da tensão nominal, que é o caso da partida estrela-triângulo.

A partida do motor dá-se na configuração estrela, desta forma a corrente de partida é minimizada, e após algum tempo, comuta-se para a configuração triângulo, ou seja, regime normal de trabalho do motor (ver como são as configurações estrela e triângulo na figura 10.15)

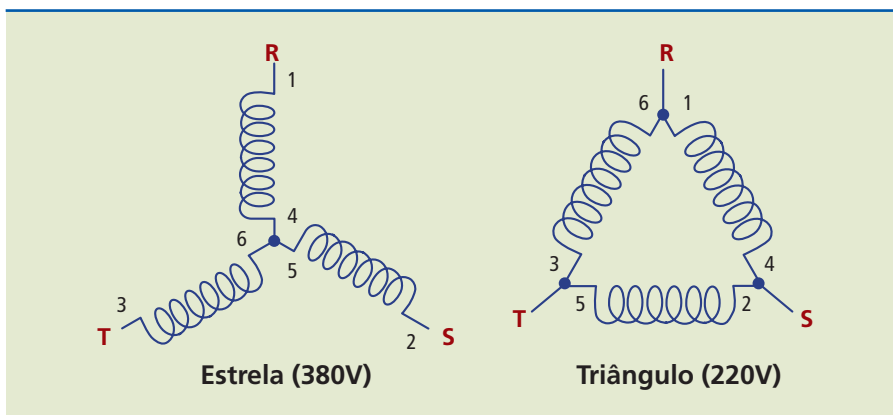


Figura 10.15

Esquema de ligação estrela-triângulo.

Dessa forma, o motor parte em dois pequenos picos de corrente, em vez de um pico de grande intensidade, como na partida direta.

São utilizados três contatores K1, K2 e K3:

K1 alimenta as pontas 1, 2 e 3 do motor com as três fases respectivamente, L1, L2 e L3;

K2 alimenta com a mesma sequência as pontas 6, 4 e 5.

K3 interliga as pontas 4, 5 e 6.

A ligação simultânea de K1 e K3 corresponde à estrela e a de K1 e K2 corresponde à ligação triângulo. Ver o diagrama elétrico para a partida estrela-triângulo na figura 10.16.

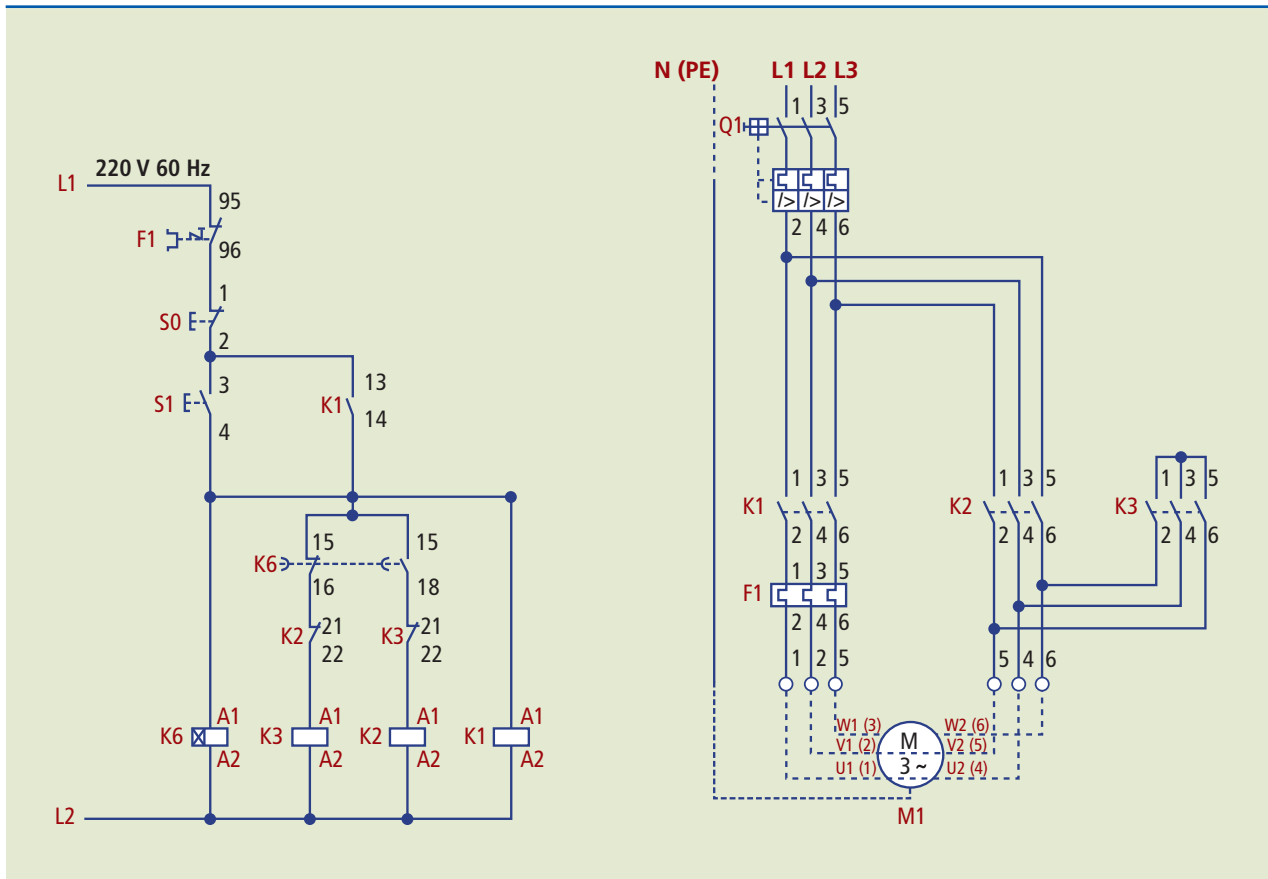


Figura 10.16

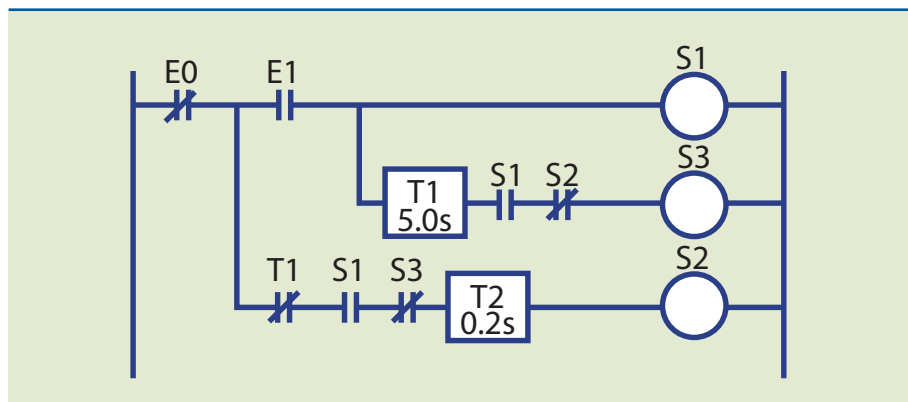
Diagrama elétrico para a partida estrela-triângulo de um motor elétrico.

10.9.1 Aplicação do CLP para a partida estrela-triângulo

O diagrama Ladder mostrado na figura 10.17 representa a partida estrela-triângulo de um motor, no qual o tempo é ajustado para 5 segundos.

Figura 10.17

Diagrama Ladder para partida estrela-triângulo.



Observamos no diagrama da figura 10.17 as ações de temporização (T1 e T2), retenção (S1) e intertravamento, evitando que as saídas S2 e S3 sejam acionadas simultaneamente. S1, S2 e S3 correspondem aos contadores K1, K2 e K3, enquanto E0 e E1 correspondem aos botões de partida S0 e S1 mostrados no circuito de comando.