



Comandos elétricos motores

Guia teórica e prática



Introdução do autor

Dedicado aos meus filhos

O objetivo desse guia teórica e prática é ensinar os conceitos básicos dos sistemas de acionamento e comando para os motores elétricos.

É destinada principalmente a os estudantes e iniciantes em sua primeira experiência.

Trata de forma rápida e clara os vários componentes que podem constituir os sistemas de acionamento dos motores, os conceitos básicos dos circuitos elétricos responsáveis pelas várias funções e, posteriormente, permite de colocar em prática as teorias aprendidas, com a construção material de sistemas, possíveis graças a o auxílio de diagramas elétricos com as explicações funcionais.

Lembramos que, para lidar com a corrente elétrica, é necessário ser ciente dos perigos que a mesma traz e que também podem terminar com a morte, se a mesma é manuseada de forma inadequada e sem o cumprimento das normas de segurança.

Obrigado para o seu interesse.

Índice analítico

Introdução	1
Associação de contatos normalmente abertos	3
Associação em serie	3
Associação em paralelo	3
Associação de contatos normalmente fechados	4
Associação em serie	4
Associação em paralelo	4
Principais elementos em comandos elétricos	5
Botoeira ou Botão de comando	5
Relés	6
Contatores.....	6
Fusíveis	8
Disjuntore	8
Relé Térmico ou de Sobrecarga	9
Relé proteção contra a falta de fase	10
Relé sequência de fase	10
Relé subtensão ou sobretensão	10
Simbologia gráfica	11
Conceitos básicos em manobras de motores	12
Selo	12
Selo com dois contatos	12
Intertravamento	12
Circuito paralelo ao intertravamento	13
Intertravamento com dois contatos	13
Ligamento condicionado	13
Proteção do sistema	14
Intertravamento com botoeiras	14
Esquema Funcional	14
Esquema Funcional	15
Recomendações de tensão	15

Índice analítico

Simbologia numérica e literal	16
Características dos motores de indução em relação aos comandos	17
Laboratório prático	21
Partida direta de Motores	21
Partida direta de Motores com sinalização	22
Partida de Motores com reversão (sistema básico)	23
Partida estrela-triângulo (Y/ Δ)	24
Comando de prensa com sequência de acionamento	26
Comando de prensa com duas mãos	27

Introdução

Conceitualmente o estudo da eletricidade é dividido em três grandes áreas: a geração, a distribuição e o uso. Dentre elas a disciplina de comandos elétricos está direcionada ao uso desta energia, assim pressupõe-se aqui que a energia já foi gerada, transportada a altas tensões e posteriormente reduzida aos valores de consumo, com o uso de transformadores apropriados. Por definição os comandos elétricos tem por finalidade a manobra de motores elétricos que são os elementos finais de potência em um circuito automatizado.

Entende-se por manobra o estabelecimento e condução, ou a interrupção de corrente elétrica em condições normais e de sobre-carga. Os principais tipos de motores são:

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

Os Servomotores e Motores de Passo necessitam de um “driver” próprio para o seu acionamento, tais conceitos fogem do escopo deste curso.

Dentre os motores restantes, os que ainda têm a maior aplicação no âmbito industrial são os motores de indução trifásicos, pois em comparação com os motores de corrente contínua, de mesma potência, eles tem menor tamanho, menor peso e exigem menos manutenção.

A figura 1 mostra um motor de indução trifásico típico.

O motor de indução tem características próprias de funcionamento, que são interessantes para o entendimento dos comandos elétricos e serão vistos em capítulos posteriores.



Figura 1

Um dos pontos fundamentais para o entendimento dos comandos elétricos é a noção de que “os objetivos principais dos elementos em um painel elétrico são:

- a) proteger o operador e
- b) proporcionar uma lógica de comando”.

Partindo do princípio da proteção do operador uma seqüência genérica dos elementos necessários a partida e manobra de motores é mostrada na figura 2.

Nela podem-se distinguir os seguintes elementos:

A) **Seccionamento**: Só pode ser operado sem carga. Usado durante a manutenção e verificação do circuito.

B) **Proteção contra correntes de curto-circuito**: Destina-se a proteção dos condutores do circuito terminal.

C) **Proteção contra correntes de sobrecarga**: para proteger as bobinas do enrolamento do motor.

D) **Dispositivos de manobra**: destinam-se a ligar e desligar o motor de forma segura, ou seja, sem que haja o contato do operador no circuito de potência, onde circula a maior corrente.

Introdução

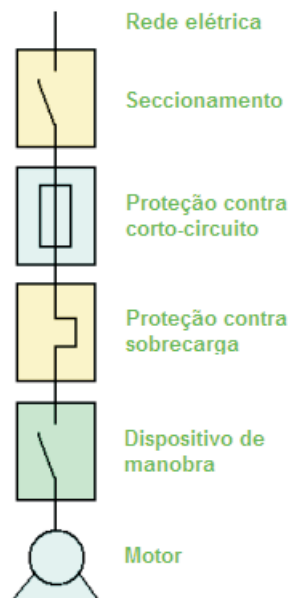


Figura 2

Deve ser enfatizado que no estudo de comandos elétricos é importante ter a seqüência mostrada na figura 2 em mente, pois ela consiste na orientação básica para o projeto de qualquer circuito.

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

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

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

O relé de sobrecarga, contadores e outros elementos em maiores detalhes, serão explicados nos capítulos posteriores, bem como a sua aplicação prática em circuitos reais.

Em comandos elétricos trabalha-se bastante com um elemento simples, o contato. É a partir do mesmo que se forma toda a lógica de um circuito e também é ele que dá ou não a condução de corrente.

Basicamente existem dois tipos de contatos, listados a seguir:

1. **Contato Normalmente Aberto (NA):** não há passagem de corrente elétrica na posição de repouso, como pode ser observado na figura 3. [Destá forma a carga não estará acionada.](#)

2. **Contato Normalmente Fechado (NF):** há passagem de corrente elétrica na posição de repouso, como pode ser observado na figura 4. [Destá forma a carga estará acionada.](#)

Os citados contatos podem ser associados para atingir uma determinada finalidade, como por exemplo, fazer com que uma carga seja acionada somente quando dois deles estiverem ligados.

As principais associações entre contatos são descritas a seguir.

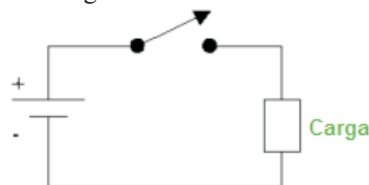


Figura 3

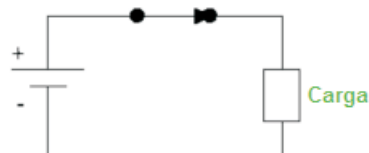


Figura 4

Associação de contatos normalmente abertos

Basicamente existem dois tipos, a associação em série (figura 5) e em paralelo (figura 6).

Quando se fala em associação de contatos é comum montar uma tabela contendo todas as combinações possíveis entre os contatos, esta é denominada de “Tabela de Verdade”.

As tabelas 1 e 2 referem-se as associações em série e paralelo.

Nota-se que na combinação em série a carga estará acionada somente quando os dois contatos estiverem acionados e por isso é denominada de “função E”.

Já na combinação em paralelo qualquer um dos contatos ligados aciona a carga e por isso é denominada de “função OU”.



Figura 5

1 Associação em série de contatos NA		
Contato E1	Contato E2	Carga
repouso	repouso	desligada
repouso	acionado	desligada
acionado	repouso	desligada
acionado	acionado	ligada

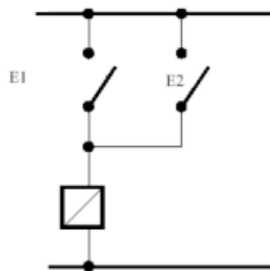


Figura 6

2 Associação em paralelo de contatos NA

Contato E1	Contato E2	Carga
repouso	repouso	desligada
repouso	acionado	ligada
acionado	repouso	ligada
acionado	acionado	ligada

É muito importante compreender bem a lógica de funcionamento e a utilização da Tabela de Verdade juntamente com os conceitos de “**função E**” e “**função OU**”.

Este sistema é utilizado nas definições funcionais para a programação das saídas dos C.L.P., (P.L.C. em Inglês - Programmable Logic Controller), que, embora não descritos neste manual, são utilizados para automatizar processos em sistemas de controle industriais, permitindo também a aquisição dos dados de funcionamento e dos parâmetros operacionais das plantas industriais, como por exemplo o sistema S.C.A.D.A. (Supervisory Control And Data Acquisition), que traduzido significa Controle de Supervisão e Aquisição de Dados, um dos mais populares no mercado atual.

Associação de contatos normalmente fechados

Os contatos NF da mesma forma podem ser associados em série (figura 7) e paralelo (figura 8), as respectivas tabelas verdade são 3 e 4.

Nota-se que a tabela 3 é exatamente inversa a tabela 1 e portanto a associação em série de contatos NF é denominada “função não OU”. Da mesma forma a associação em paralelo é chamada de “função não E”.

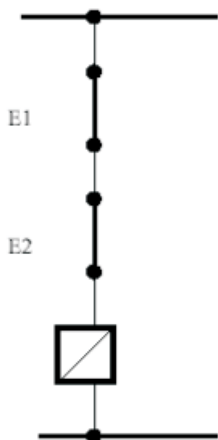


Figura 7

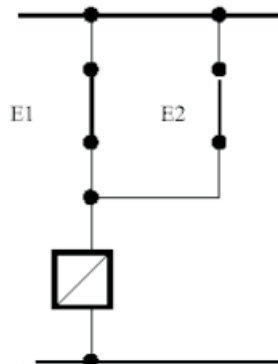


Figura 8

4 Associação em paralelo de contatos NF

Contato E1	Contato E2	Carga
repouso	repouso	ligada
repouso	acionado	ligada
acionado	repouso	ligada
acionado	acionado	desligada

3 Associação em série de contatos NF

Contato E1	Contato E2	Carga
repouso	repouso	ligada
repouso	acionado	desligada
acionado	repouso	desligada
acionado	acionado	desligada

Existem algumas outras combinações entre contatos, mas que não estão incluídas no escopo deste curso.

Nos próximo capítulo serão mostrados alguns dos elementos fundamentais em um painel elétrico, todos contendo contatos NA e NF.

Posteriormente descrever-se como estes elementos podem ser associados para formar uma manobra de cargas.

Principais elementos em comandos elétricos

Neste capítulo o objetivo é o de conhecer as ferramentas necessárias à montagem de um painel elétrico.

Assim como para trocar uma simples roda de carro quando o pneu fura necessita conhecer as ferramentas próprias, em comandos elétricos para entender o funcionamento de um circuito e posteriormente para desenhar o mesmo, necessita conhecer os elementos apropriados.

A diferença está no fato de que em grandes painéis existem altas correntes elétricas que podem levar o operador ou montador a riscos de vida.

Um comentário importante neste ponto é que por via de regra os circuitos de manobra são divididos em “comando” e “potência”, possibilitando em primeiro lugar a segurança do operador e em segundo a automação do circuito.

Embora não pareça clara esta divisão no presente momento, ela tornar-se comum com a medida que precisa familiariza-se com a disciplina.

Botoeira ou Botão de comando

Quando se fala em ligar um motor, o primeiro elemento que vem a mente é de uma chave para ligá-lo.

Só que no caso de comandos elétricos a “chave” que liga os motores é diferente de uma chave usual, de aquelas que se tem em casa para ligar a luz por exemplo.

A diferença principal está no fato de que ao movimentar a “chave residencial” ela vai parar em uma posição e permanece nela, mesmo quando se retira a pressão do dedo.

Na “chave industrial” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola, como pode ser observado na figura 9.

O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porque da existência de um **selo** no circuito de comando.

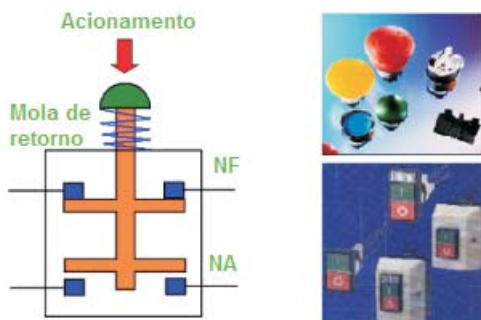


Figura 9

A botoeira faz parte da classe de componentes denominada “elementos de comando e sinalização”.

Estes são dispositivos pilotos e nunca são aplicados no acionamento direto de motores.

A figura 9 mostra o caso de uma botoeira para comutação de 4 pólos.

O contato NA (Normalmente Aberto) pode ser utilizado como botão LIGA e o NF (Normalmente Fechado) como botão DESLIGA.

Note que o retorno é feito de forma automática através de uma mola.

Existem botoeiras com apenas um contato, estas últimas podem ser do tipo NA ou NF.

Principais elementos em comandos elétricos

Ao substituir o botão manual por um rolete, tem-se a chave fim de curso, muito utilizada em circuitos pneumáticos e hidráulicos.

Este é muito utilizado na movimentação de cargas, acionado no esbarro de um caixote, engradado, ou qualquer outra carga.

Outros tipos de elementos de sinais são os Termostatos, Pressostatos, as Chaves de Nível e as chaves de fim de curso (que podem ser roletes).

Todos estes elementos exercem uma ação de controle discreta, ou seja, liga / desliga.

Como por exemplo, se a pressão de um sistema atingir um valor máximo, a ação do Pressostato será o de mover os contatos desligando o sistema; caso a pressão atinja novamente um valor mínimo atua-se religando o mesmo.

Relés

Os relés são os elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando.

Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais.

Os terminais (1) e (2) correspondem a bobina de excitação.

O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respetivamente.

Uma característica importante dos relés, como pode ser observado na figura 10 é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5 Vcc, 12 Vcc ou

24 Vcc, diferente, menor e isolada do que é em terminais de acionamento o de trabalho.

Este conceito permitiu o surgimento de dois circuitos em um painel elétrico:

1. **Circuito de comando:** neste encontra-se a interface com o operador da máquina ou dispositivo e portanto trabalha com baixas correntes (até 10 A) e/ou baixas tensões.

2. **Circuito de Potência:** é o circuito onde se encontram as cargas a serem acionadas, tais como motores, resistências de aquecimento, entre outras; neste podem circular correntes elétricas da ordem de 10 A ou mais, e atingir tensões de até 760 V.

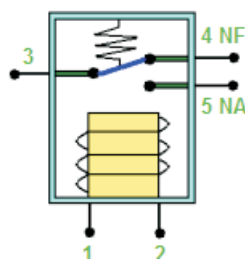


Figura 10

Em um painel de comando, as botoeiras, sinaleiros e controladores diversos ficam no circuito de comando.

Do conceito de relés pode-se derivar o conceito de contadores, visto no próximo item.

Contadores

Para fins didáticos pode-se considerar os contadores como relés expandindo pois o princípio de funcionamento é similar.

Principais elementos em comandos elétricos

Conceituando de forma mais técnica, o contator é um elemento eletro-mecânico de comando a distância, com uma única posição de repouso e sem travamento.

Como pode ser observado na figura 11, o contator consiste basicamente de um núcleo magnético excitado por uma bobina.

Uma parte do núcleo magnético é móvel, e é atraído por forças de ação magnética quando a bobina é percorrida por corrente e cria um fluxo magnético.

Quando não circula corrente pela bobina de excitação essa parte do núcleo é repelida por ação de molas.

Contatos elétricos são distribuídos solidariamente a esta parte móvel do núcleo, constituindo um conjunto de contatos móveis.

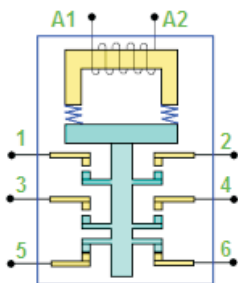


Figura 11

Solidário a carcaça do contator existe um conjunto de contatos fixos.

Cada jogo de contatos fixos e móveis podem ser do tipo Normalmente aberto (NA), ou normalmente fechados (NF).

Os contadores podem ser classificados como principais ou auxiliares.

De forma simples pode-se afirmar que os contadores auxiliares tem como corrente máxima de trabalho 10A e possuem de 4 a 8 contatos, podendo chegar a 12 contatos.

Os contadores principais tem corrente máxima de até 600A.

De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas a 3 fios.

Um fator importante a ser observando no uso dos contadores são as faíscas produzidas pelo impacto, durante a comutação dos contatos.

Isso promove o desgaste natural dos mesmos, além de constituir riscos para a segurança.

A intensidade das faíscas pode se agravar em ambientes úmidos e também com a quantidade de corrente circulando na carga.

Dessa forma foram aplicadas diferentes medidas de proteção, resultantes em uma classificação de uso destes elementos.

Basicamente existem 4 categorias de emprego de contadores principais:

1. **AC1:** é aplicada em cargas ôhmicas ou pouco indutivas, como aquecedores e fornos a resistência.
2. **AC2:** é para acionamento de motores de indução com rotor bobinado.
3. **AC3:** é aplicação de motores com rotor de gaiola em cargas normais como bombas, ventiladores e compressores.
4. **AC4:** é para manobras pesadas, como acionar o motor de indução em plena carga, reversão em plena marcha e operação intermitente.

Principais elementos em comandos elétricos

A figura 12 mostra o aspecto de varios contadores comuns.

Este elemento será mais detalhado em capítulos posteriores.



Figura 12

Fusíveis

Os fusíveis são elementos bem conhecidos pois se encontram em instalações residenciais, nos carros, em equipamentos eletrônicos, máquinas, entre outros.

Tecnicamente falando estes são elementos que destinam-se a proteção contra correntes de sobrecarga e curto-circuito.

Entende-se por esta última aquela provocada pela falha de montagem do sistema, o que leva a impedância em determinado ponto a um valor quase nulo, causando assim um acréscimo significativo no valor da corrente.

Sua atuação deve-se a a fusão de um elemento pelo efeito Joule, provocado pela elevação de corrente em determinado ponto do circuito.

O elemento fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão é inferior ao ponto de fusão do cobre; este último é o material mais utilizado em condutores de aplicação geral.



Figura 13

A figura 13, mostra os fusíveis mais comuns, aplicados em sistemas de comando motor, juntos com a sua ferramenta de extração (1)

Disjuntore

Os disjuntores também estão presentes em instalações residenciais e são mais comuns do que os fusíveis.

Sua aplicação determinadas vezes interfere com a aplicação dos fusíveis, pois são elementos que também destinam-se a proteção do circuito contra correntes de curto-circuito.

Em alguns casos, quando há o elemento térmico os disjuntores também podem se destinar a proteção contra correntes de sobrecarga.

A corrente de sobrecarga pode ser causada por uma súbita elevação na carga mecânica, ou mesmo pela operação do motor em determinados ambientes fabris, onde a temperatura é elevada.

A vantagem dos disjuntores é que permitem a religação do sistema após a ocorrência da ele-

Principais elementos em comandos elétricos

vação da corrente, enquanto os fusíveis devem ser substituídos antes de uma nova operação.

Para a proteção contra a sobrecarga existe um elemento térmico (bi-metálico); para a proteção contra curto-circuito existe um elemento magnético.

O disjuntor precisa ser caracterizado, além dos valores nominais de tensão, corrente e frequência, ainda pela sua capacidade de interrupção, e pelas demais indicações de temperatura e altitude segundo a respectiva norma, e agrupamento de disjuntores, segundo informações do fabricante, e outros, que podem influir no seu dimensionamento.

A figura 14 mostra o aspeto físico dos disjuntores comerciais mais comuns, a figura 15 aqueles especificamente designados para a proteção dos motores e a figura 16 aqueles de alta amperagem.



Figura 14



Figura 15



Figura 16

Relé Térmico ou de Sobrecarga

Antigamente a proteção contra corrente de sobrecarga era feita por um elemento separado denominado de relé térmico.

Este elemento é composto por uma junta bimetálica que se dilata em presença de uma corrente acima da nominal por um período de tempo longo.

Atualmente os disjuntores específicos para motores (figura 15) englobam esta função, sendo assim que os relés de sobrecarga estão caindo em desuso.

A figura 17, mostra alguns dos mais comuns relés de sobrecarga.



Figura 17

Principais elementos em comandos elétricos

Relé proteção contra a falta de fase

Um dos principais problemas para a proteção dos motores trifásicos é o monitoramento correto da presença das fases de alimentação.

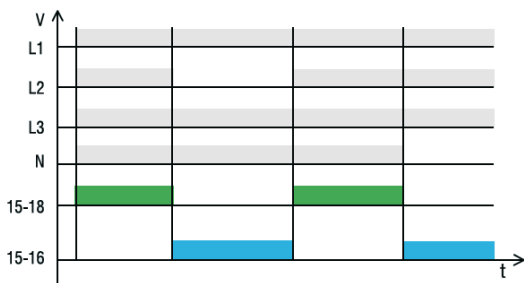
Geralmente os relés de sobrecarga executam essa proteção usando o princípio da “fase fantasma”, isso faz com que em caso de falta de uma fase, as fases restantes induzam uma “fase fantasma” na bobina do enrolamento da respectiva fase faltante elevando assim a corrente das outras duas, o problema é que atua com um atraso de tempo não indiferente e consequentemente o motor pode superaquecer e danificar-se.

Para evitar esse risco, no mercado, existem diferentes tipos de relés eletrônicos de proteção contra falta de fase.

Estes relés estão geralmente equipados com um contato de comutação que pode ser colocado em série com o contato auxiliar do relê de sobrecarga, assim em caso de falta de fase o motor é desligado em um tempo muito curto.

Muitos destes relés são também capazes de controlar problemas no neutro da linha.

Abaixo, o diagrama típico da atuação de um destes componentes.

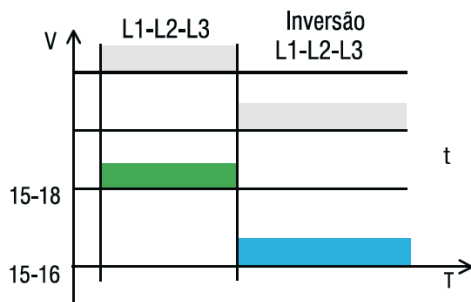


Relé sequência de fase

Pode acontecer que, em certos sistemas, a rotação inversa do motor cria sérios riscos de segurança ou danos à produção.

Geralmente, a inversão das fases a montante do sistema é um evento muito raro, mas não pode ser excluído, para proteger deste problema é usando este relé específico. Também neste caso, o seu contato auxiliar em saída, tem que ser ligado em série com aquele do relé de sobrecarga.

Abaixo, o diagrama típico da atuação de um destes componentes.



Relé subtensão ou sobretensão

Este relé protege o motor de perigosos picos de tensão de alimentação, ou uma simetria irregular da mesma entre as fases.

Monitora as variações máximas e mínimas de tensão nas quais uma alimentação trifásica pode operar.

Sempre que houver uma condição de subtensão ou sobretensão, o relé comutará a sua saída para interromper a operação do motor ou processo a ser protegido.

Principais elementos em comandos elétricos











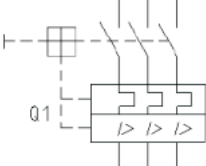
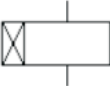
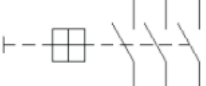


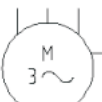
Simbologia gráfica

Até o presente momento mostrou-se a presença de diversos elementos constituintes de um painel elétrico.

Em um comando, para saber como estes elementos são ligados entre si é necessário consultar um desenho chamado de esquema elétrico.

No desenho elétrico cada um dos elementos é representado através de um símbolo.

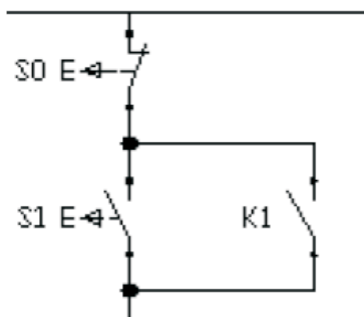
A simbologia é padronizada através das normas NBR, DIN e IEC. Na tabela abaixo apresenta-se alguns símbolos referentes aos elementos estudados nos parágrafos anteriores.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botão NA		Botão NF
	Botão NA com retorno por mola		Botão 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

Conceitos básicos em manobras de motores

Para ler e compreender a representação gráfica de um circuito elétrico, é imprescindível conhecer os componentes básicos dos comandos e também sua finalidade.

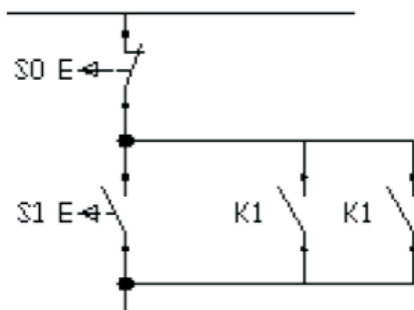
Alguns destes elementos são descritos a seguir.



Selo

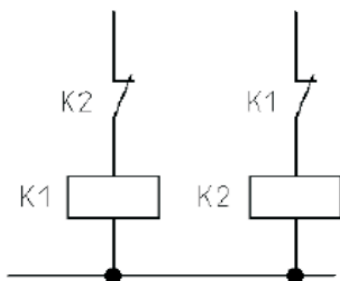
O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira.

Sua finalidade é de manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador ter retirado o dedo da botoeira.



Selo com dois contatos

Para obter maior confiabilidade no sistema, pode-se utilizar dois contatos de selo.

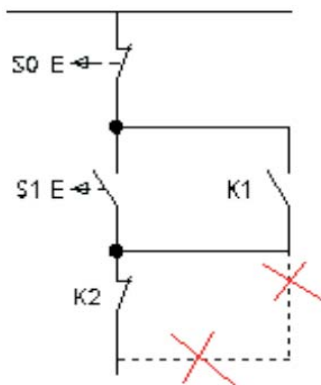


Intertravamento

É usado em circuitos onde existem 2 ou mais contadores, para evitar o indesejável funcionamento simultâneo de dois ou mais contadores, ou a possibilidade de curtos devida a o uso simultâneo de dois ou mais contadores.

Neste caso os contatos devem ficar antes da alimentação da bobina dos contadores.

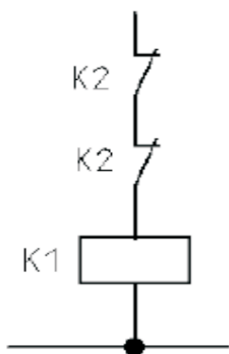
Conceitos básicos em manobras de motores



Circuito paralelo ao intertravamento

No caso de um intertravamento entre contatos, o contato auxiliar de selo, não deve-se criar um circuito paralelo ao intertravamento.

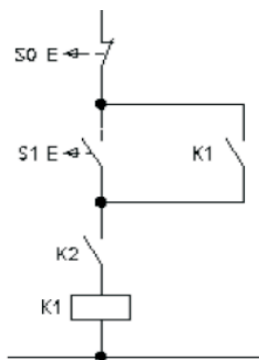
Se isso acontecer a função de segurança seria perdida.



Intertravamento com dois contatos

Dois contatos de intertravamento, ligados em série, elevam a segurança do sistema.

Estes devem ser usados quando são acionadas cargas com altas correntes.

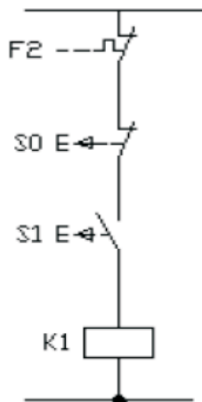


Ligamento condicionado

O contato NA do contator K2, antes do contator K1, significa que K1 pode ser operado apenas quando K2 estiver fechado.

Assim condiciona-se o funcionamento do contator K1 a o contator K2.

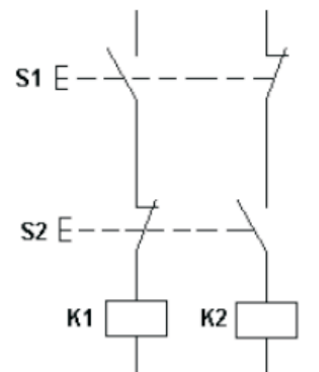
Conceitos básicos em manobras de motores



Proteção do sistema

Os relés de proteção contra sobrecarga e as botoeiras de desligamento devem estar sempre em série.

Isso também é válido para outros sistemas de segurança como botões de emergência, relé falta de fase, etc..

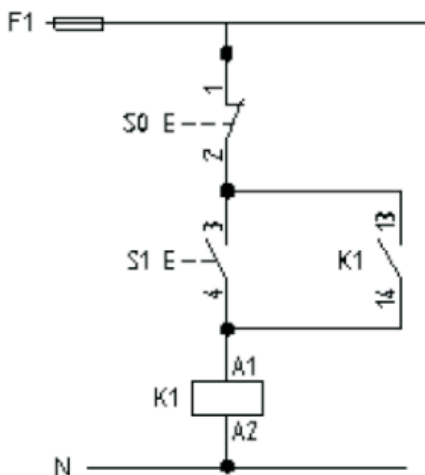


Intertravamento com botoeiras

O intertravamento também pode ser feito através de botoeiras.

Neste caso, para facilidade de representação, recomenda-se que uma das botoeiras venha indicada com seus contatos invertidos.

Não se recomenda este tipo de ação em motores com cargas pesadas.



Esquema Funcional

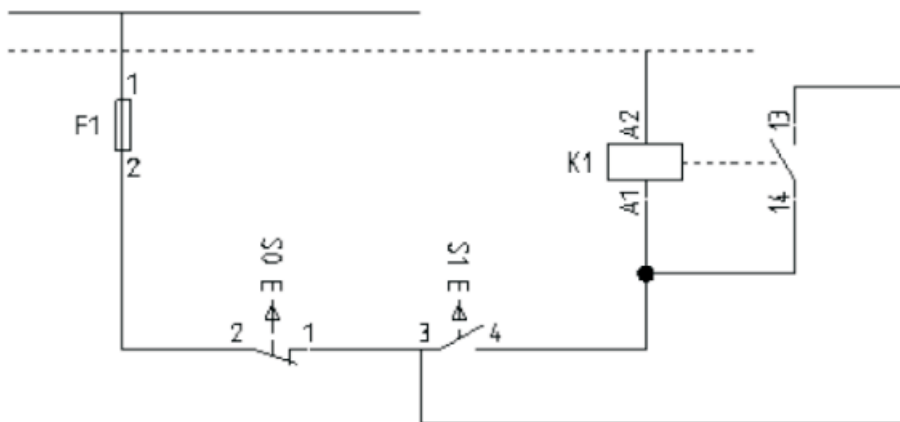
Nesta representação todos os condutores estão representados.

Não é levada em conta a posição construtiva e a conexão mecânica entre as partes. O sistema é subdividido de acordo com os circuitos de correntes existentes. Estes circuitos devem ser representados sempre que possível, por linhas retas, livres de cruzamentos. A posição dos contatos é desenhada com o sistema desligado (sem tensão).

A vantagem consiste no fato de que se torna fácil ler os esquemas e respectivas funções, assim este tipo de representação é o que será adotado neste curso.

Conceitos básicos em manobras de motores

Esquema Multifilar



Nesta representação todos os componentes são representados.

- Os aparelhos são mostrados de acordo com sua seqüência de instalação, obedecendo a construção física dos mesmos.
- A posição dos contatos é feita com o sistema desligado (sem tensão).
- A disposição dos aparelhos pode ser qualquer uma, com a vantagem de que eles são facilmente reconhecidos, sendo reunidos por trações de contorno, se necessário.

Recomendações de tensão

Certas normas, como por exemplo a VDE, recomendam que os circuitos de comando sejam alimentados com tensão máxima de 220 V, admitindo-se excepcionalmente 500 V no caso de acionamento de motor.

Neste último recomenda-se a existência de apenas 1 contator.

A NR 12 por exemplo, recomenda e, em alguns casos exige que os circuitos de comando sejam alimentados com tensão S.E.L.V. (Safety Extra Low Voltage).

Devemos destacar que deve ser sempre privilegiada a segurança do operador.

Recomendamos o uso de tensões de alimentação nas botoeiras não superior a 24V.A.C., isso tem validade também para os sistemas de sinalização.

Se isso não for possível, será obrigatório fornecer uma tensão de alimentação dos comandos com proteção diferencial, com corrente de atuação $I\Delta n \leq 0,03A$ e garantir um isolamento duplo em classe II.

Também é recomendável, para aumentar a fiabilidade do sistema, a utilização de fontes alimentação dedicada para cada grupo de comando individuais

Simbologia numérica e literal

Assim como cada elemento em um comando tem o seu símbolo gráfico específico, também a numeração dos contatos e denominação literal dos mesmos tem um padrão que deve ser seguido.

Neste capítulo serão apresentados alguns detalhes, para maiores informações deve-se consultar a norma NBR 5280 ou a IEC 113.2.

A numeração dos contatos que representam terminais de força é feita da seguinte maneira:

- **1, 3 e 5** Circuito de entrada (linha)
- **2, 4 e 6** Circuito de saída (terminal)

Já a numeração dos contatos auxiliares segue o seguinte padrão:

- **1 e 2** Contato normalmente fechado (NF), sendo 1 a entrada e 2 a saída
- **3 e 4** Contato normalmente aberto (NA), sendo 3 a entrada e 4 a saída

Nos relés e contadores tem-se A1 e A2 para os terminais da bobina.

Os contatos auxiliares de um contator seguem um tipo especial de numeração pois o número é composto por dois dígitos, sendo:

- O primeiro dígito indica o número de identificação progressiva no sistema do contato.
- O segundo dígito: indica o tipo de contato **NF (1 e 2)** ou **NA (3 e 4)**.

Em figura 18 temos um exemplo de numeração para um contator de potência com dois contatos auxiliares, um NF e outro NA.

Em relação com os modelos de contadores de potência usados, muitas vezes os contactos auxiliares são aplicados externamente ao mesmo contator, permitindo assim de realizar as necessárias combinações.

Se o funcionamento do contator auxiliar, é obrigado a o funcionamento do contator de potência, é aconselhável a utilização de um contato auxiliar no contator de potência para energizar a bobina do contator auxiliar, com o propósito de ter um acionamento «limpo» não vinculado com a tensões de potência.

A figura 19, em vez, mostra um contator auxiliar com 4 contatos NA e 2 contatos NF.

Com relação a simbologia literal, alguns exemplos são apresentados na tabela da página a seguir.

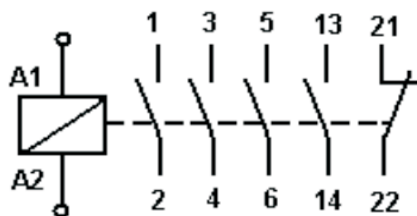


Figura 18

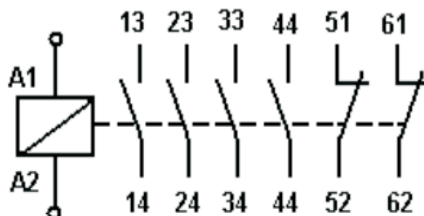


Figura 19

Simbologia numérica e literal

Simbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, disparadores, relés, protetor de surto.
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-decurso) e seletores.
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores.

Características dos motores de indução em relação aos comandos

Neste curso trabalha-se com os motores de indução trifásicos do tipo gaiola de esquilo por serem os mais comuns na indústria.

Este nome é dado devido ao formato do seu rotor.

Um estudo completo sobre este elemento é tema de um curso de máquinas elétricas, apesar disso algumas características são interessantes ao estudo dos comandos elétricos.

Basicamente os motores do tipo gaiola são compostos por dois subconjuntos:

- Estator: com enrolamento montado na carcaça do motor, fornecendo o campo girante
- Rotor: enrolamento constituído por barras curto-circuitadas, a sua corrente é induzida pela ação do campo girante, provocando uma rotação do rotor e o fornecimento de energia mecânica ao eixo do motor.

Quando o motor é energizado, ele funciona como um transformador com o secundário em curto-circuito, portanto exige da rede elétrica uma corrente muito maior que a nominal, podendo atingir cerca de 7 vezes o valor da mesma.

As altas correntes de partida causam inconvenientes pois exigem um dimensionamento de cabos com diâmetros bem maiores do que o necessário.

Além disso podem haver quedas momentâneas do fator de potência, que é monitorado pela concessionária de energia elétrica, causando multas a indústria.

Para evitar estas altas correntes na partida, existem algumas estratégias em comandos.

Uma delas é alimentar o motor com 50% ou 65% da tensão nominal, é o caso da partida estrela-triângulo, que será vista neste curso.

Outras estratégias são:

- Resistores ou indutores em série;
- Transformadores ou auto-transformadores;
- Chaves série-paralelo;
- Chaves compensadoras;
- Soft Starter, etc..

Os motores de indução podem ser classificados em tipos com 6 pontas e tipos a 12 pontas.

No caso do motor de 6 pontas existem dois tipos de ligação:

- Triângulo: a tensão nominal é de 220 V (ver figura 20)
- Estrela: a tensão nominal é de 380 V (ver figura 21)

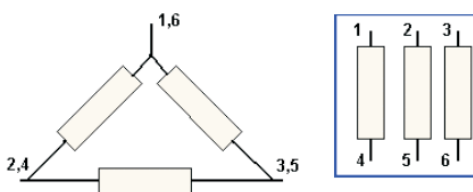


Figura 19

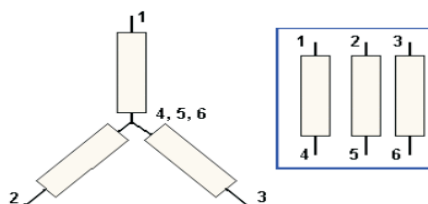


Figura 20

Características dos motores de indução em relação a os comandos

No caso do motor de 12 pontas, existem quatro tipos possíveis de ligação:

- Triângulo em paralelo: a tensão nominal é 220 V (ver figura 21)
- Estrela em paralelo: a tensão nominal é 380 V (ver figura 22)
- Triângulo em série: a tensão nominal é 440 V (ver figura 23)
- Estrela em série: a tensão nominal é 760 V (ver figura 24)

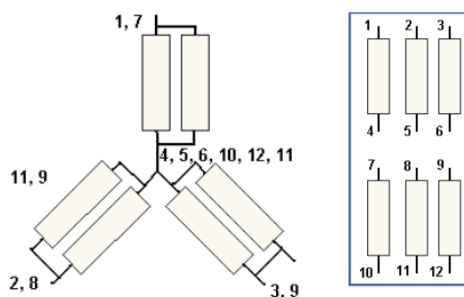


Figura 22

Nota-se que nas figuras são mostradas as quantidades de bobinas constituintes de cada motor.

Assim um motor de 6 pontas tem 3 bobinas e um de 12 pontas tem 6 bobinas.

A união dos contatos segue uma determinada ordem padrão.

Existe uma regra prática para fazê-lo: numera-se sempre os terminais de fora com 1, 2 e 3 e liga-se os terminais faltantes.

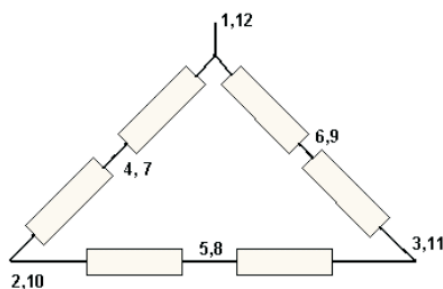


Figura 23

No caso do motor de 12 pontas deve-se ainda associar o série paralelo com as bobinas correspondentes, como por exemplo (1-4 com 7-10).

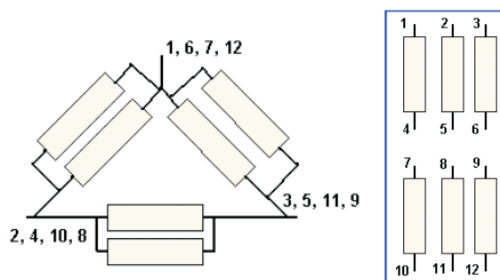


Figura 21

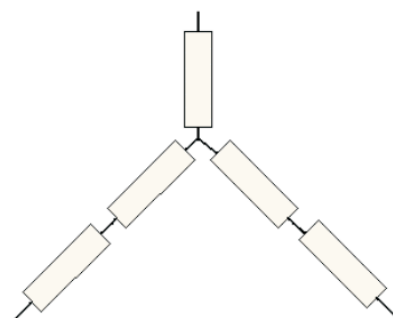


Figura 24

Características dos motores de indução em relação aos comandos

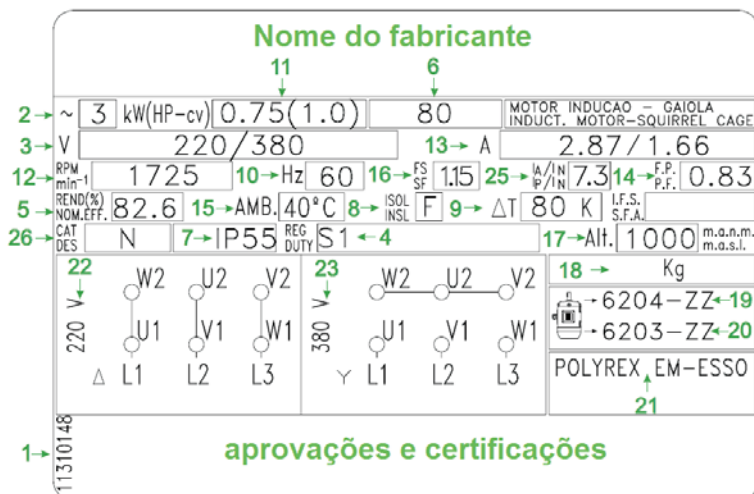
Uma última característica importante do motor de indução a ser citada é a sua placa de identificação, que traz informações importantes; aqueles de maior interesse para o dimensionamento dos controles e proteções são listadas a seguir:

- CV: Potência mecânica do motor em cv
- Ip/In: Relação entre as correntes de partida e nominal;
- Hz: Frequência da tensão de operação do motor;
- RPM: Velocidade do motor na frequência nominal de operação
- V: Tensão de alimentação
- A: Corrente requerida pelo motor em condições nominais de operação
- F.S.: Fator de serviço, quando o fator de serviço é igual a 1,0, isto implica que o motor pode disponibilizar 100% de sua potência mecânica.

- 4 – Regime de serviço
- 5 – Rendimento
- 6 – Modelo da carcaça
- 7 – Grau de proteção
- 8 – Classe de isolamento
- 9 – Temperatura da classe de isolamento
- 10 – Frequência
- 11 – Potência
- 12 – Rotação nominal por minuto
- 13 – Corrente nominal de operação
- 14 – Fator de potência
- 15 – Temperatura ambiente
- 16 – Fator de serviço
- 17 – Altitude
- 18 – Massa
- 19 – Especificação do rolamento dianteiro e quantidade de graxa
- 20 – Especificação do rolamento traseiro e quantidade de graxa
- 21 – Tipo de graxa utilizada nos rolamentos
- 22 – Esquema de ligação para a tensão nominal 220V
- 23 – Esquema de ligação para a tensão nominal 380V
- 24 – Certificações
- 25 – Relação da corrente de partida/corrente nominal
- 26 – Categoria de conjugado

Abaixo um exemplo pratico de uma placa.

- 1 – Em geral é o código do motor
- 2 – Número de fases
- 3 – Tensão nominal de operação

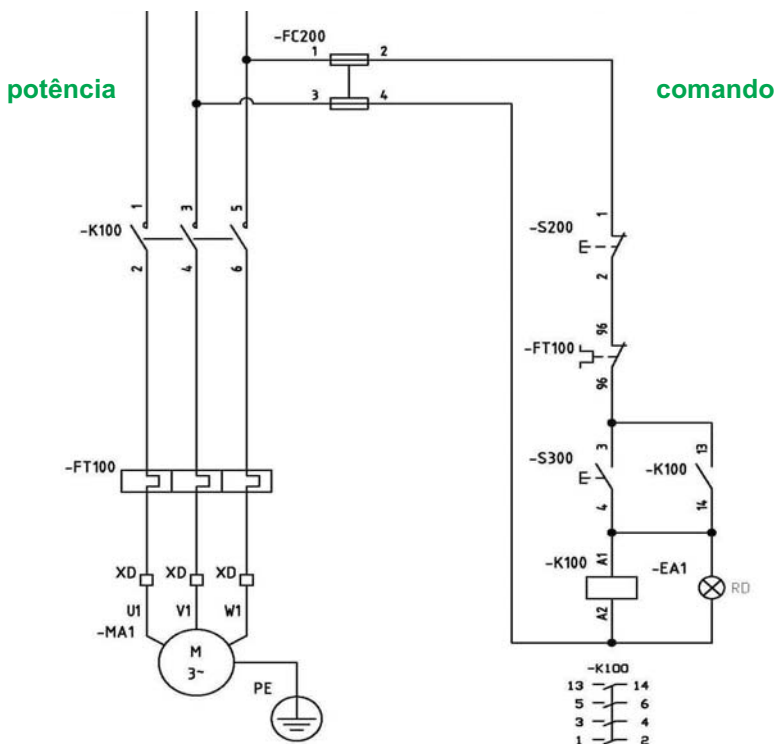


Laboratório prático

Partida direta de Motores

A primeira combinação entre os elementos de comando estudados é a partida direta de um motor, mostrada na figura abaixo.

O objetivo é de montar esta partida, observando as dificuldades e a lógica de funcionamento, bem como apresentar o conceito de selo.



Funcionamento

Para operar o motor, é necessário que a tensão da rede, devidamente protegida ante, seja presente a os terminais de ligação **U1-V1-W1**.

Para que isso aconteça, o contator **K100** deve fechar os contatos **1-2 / 3-4 / 5-6** permanentemente para todo o tempo necessário a o funcionamento.

K100 é capaz de realizar esta função, somente com a bobina (terminais **A1** e **A2**) alimentada para o circuito de comando .

Todos os componentes do circuito de controlo são protegido para os fusíveis **FC200**.

Como você pode ver, a alimentação da bobina é

dada por um circuito composto de contatos em série: **S200** (STOP), **FT100** (proteção térmica), **S300** (START) mais um contato auxiliar de **K100** em paralelo com **S300** (SELO).

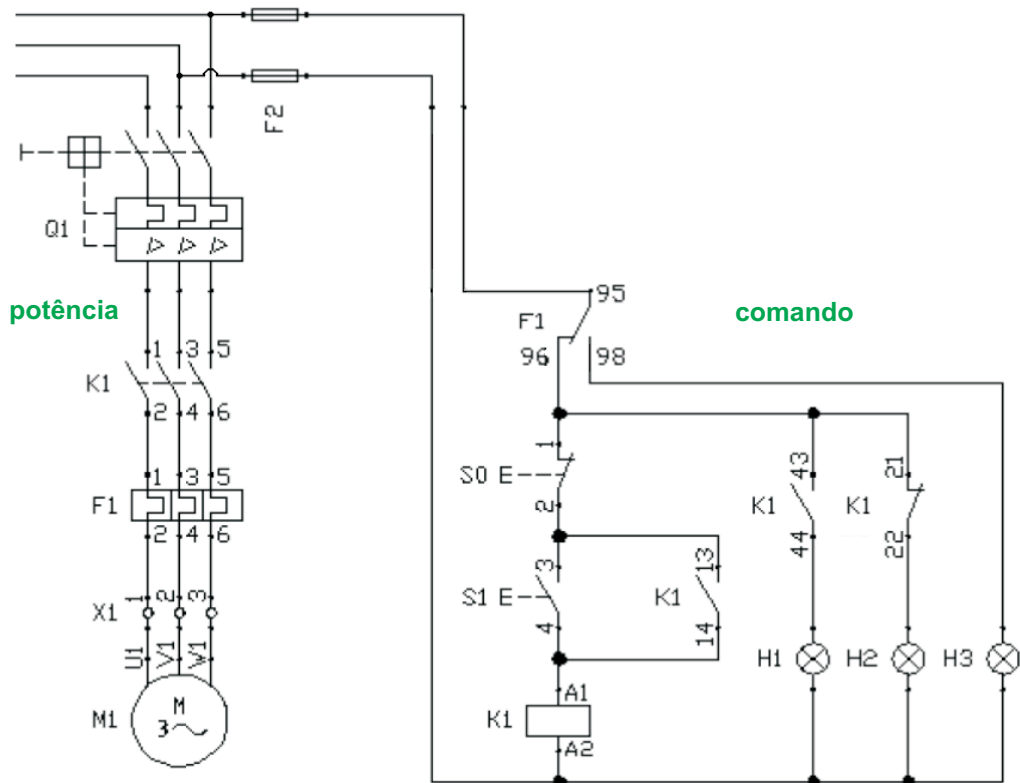
Ao fechar o contato **S300**, a bobina do contator é alimentada, permitindo o fechamento dos contatos de potência e simultaneamente, o do contato auxiliar, que permite de manter a bobina alimentada mesmo que o contacto **S300** volta a ser aberto. Com com a abertura de **S200** o **FT100** acaba a alimentação da bobina até que seja fechado outra vez **S300** (se necesario restaurar ante a proteção térmica **FT100**).

EA1 advisa que o motor é em operação .

Laboratório prático

Partida direta de Motores com sinalização

Objetivo: explicar e consolidar os conceitos, introduzindo os elementos de sinalização no sistema de comando.



Funcionamento

O conceito de funcionamento é o mesmo que o do esquema anterior.

Foram adicionado três diferentes sinaleiros de indicação do estado do sistema e um disjuntor magnetotérmico específico para motores (**Q1**), mas, como redundância de segurança, temos mantido o relé de sobrecarga (**F1**).

As funções dos indicadores são:

H1 - motor em operação

H2 - sistema em stand-by (pronto para o uso)

H3 - disparo proteção térmica (reset necessário)

O relé de sobrecarga (**F1**) está equipado com um contato de comutação de estado funcional.

Quando não existe anomalia o contato conduz nos terminais **95-96** autorizando a partida e alimentando a lâmpada **H2** por meio do contato auxiliar **N.F.** do contator **K1** (**21-22**).

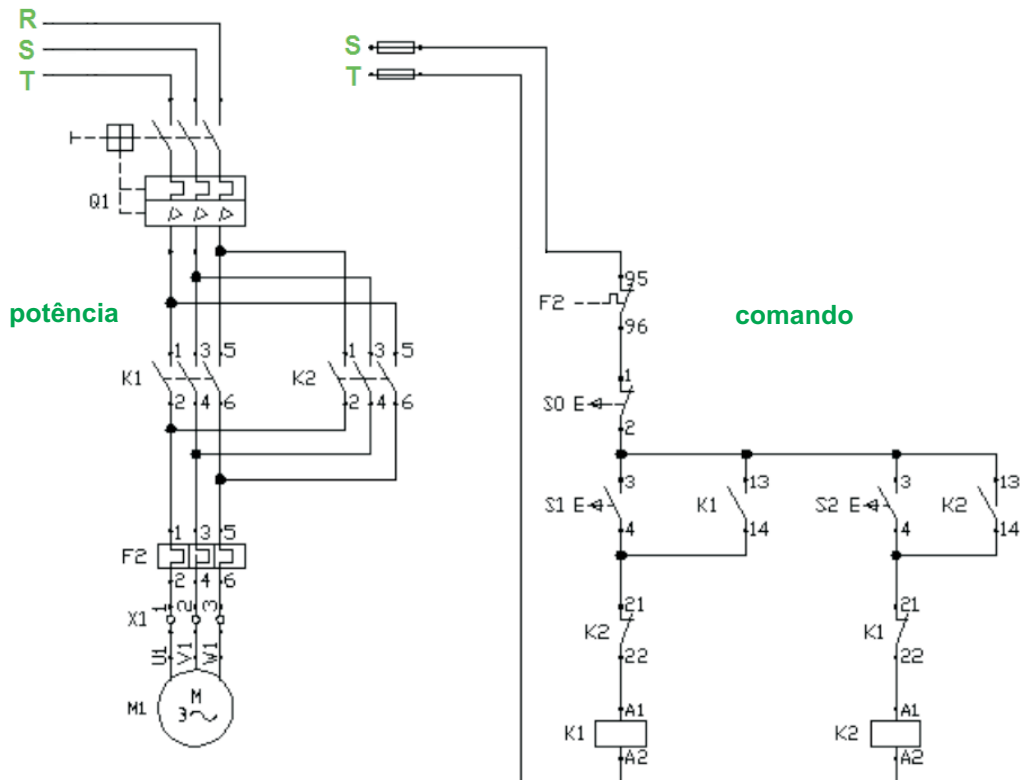
Em caso de intervenção da proteção térmica o contato troca entre os terminais **95-98** inibindo o sistema e alimentando a lâmpada **H3**.

Quando o motor é ligado, **K1** fecha os contatos de potência e muda o estado dos contatos auxiliares **13-14** (**SELO**), **22-21** (lâmpada **H2**) e **43-44** (lâmpada **H1**).

Laboratório prático

Partida de Motores com reversão (sistema básico)

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



Funcionamento

O conceito de funcionamento é o mesmo que o do esquema anterior, no complexo deve ser considerado como dois sistemas distintos de partida, comum apenas com a parte de proteção do motor (**Q1** e **F2**) e a parada (**S0**) botão STOP. O contador **K1** destina-se a controlar a rotação no sentido horário, o contador **K2** destina-se a controlar a rotação no sentido anti-horário.

A mudança de direcção de rotação é dada pela inversão das fases **R** e **T**.

Com este tipo de comando, é obrigatório prever um sistema para evitar a ativação concomitante

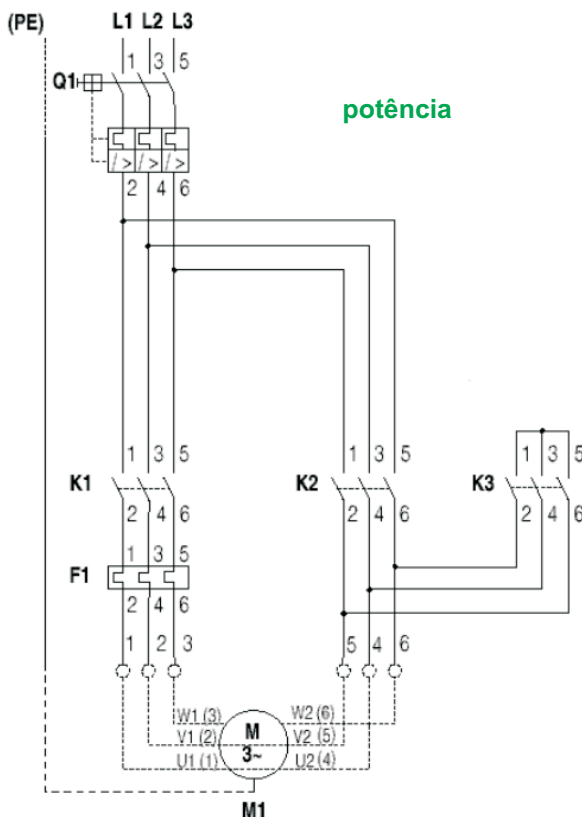
de ambos os contadores, a fim de evitar curto-circuitos perigosos com as fases reversas.

Para fazer isto, utiliza-se geralmente um sistema elétrico de intertravamento, que não permite a alimentação da bobina do contador oposto àquele em operação. Para fazer isso usamos contatos auxiliares N.F. em série com as bobinas e cruzados mecanicamente, **21-22-K1** para a bobina do contador **K2** e **21-22-K2** para a bobina do contador **K1**. Quando o motor gira no sentido horário **K1** é excitado, o seu contacto auxiliar **21-22** abre e não permite a alimentação de **K2** até parar o sistema e iniciar um novo ciclo.

Laboratório prático

Partida estrela-triângulo (Y/Δ)

Objetivo: demonstrar uma das importantes estratégias para evitar altos picos de corrente durante a partida de um motor de indução trifásico.



Funcionamento (potência)

A tensão da linha passa através do disjuntor **Q1** e chega a os contatos **1-3-5** dos contadores **K1** e **K2**.

O contador **K3**, tem a tarefa de ligar os contatos do motor **W2-Y2-U2**, para configurá-lo em modalidade «estrela»; **K2** tem a tarefa de ligar os contatos do motor **W2-Y2-U2**, com as respectivas fases em configuração «triângulo».

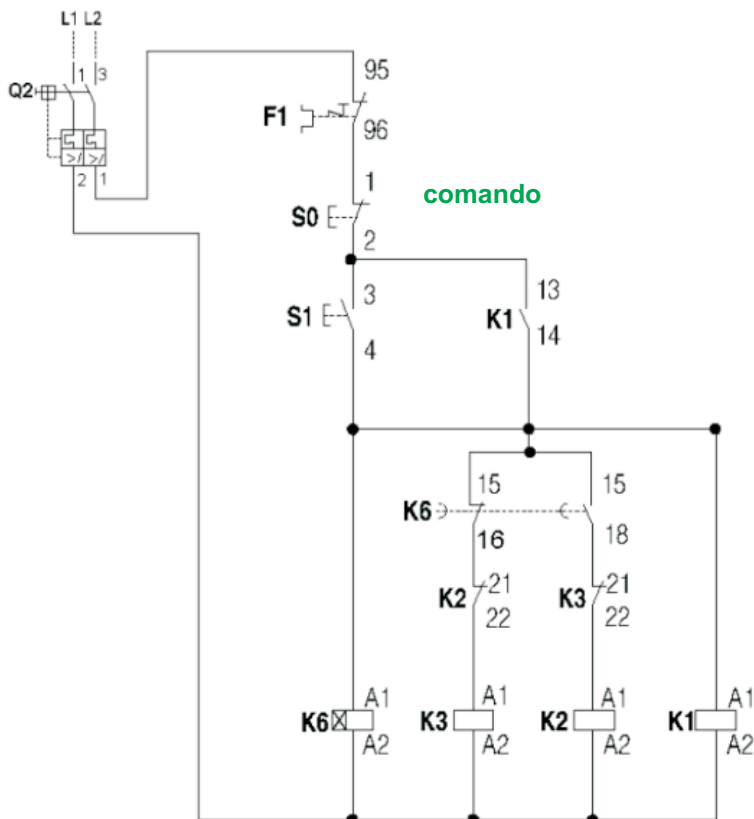
Quando o sistema é iniciado (botão START) o contador **K1** fecha junto a o contador **K3**; criando uma ligação do motor em triângulo (ver página 19).

Essa condição persiste por um tempo pré-definido, em relação com as características do motor.

Esgotado esse tempo **K3** abre e **K2** fecha criando uma ligação do motor em estrela.

Laboratório prático

Partida estrela-triângulo (Y/Δ)



Funcionamento (comando)

A tensão da linha passa através do disjuntor **Q2** e chega a os terminais **A2** de **K1-K2-K3-K6** e a o terminal **95** de **F1**.

K6 é um relé temporizador, que comanda um contato em troca do tipo: atrasado em fechamento e adiantado em abertura.

Quando **S1** fecha, os terminais **A1** de **K1, K3** e **K6** são alimentados (**K3** condicionado a o intertravamento de **K2** e vice-versa).

K6 começa uma contagem regressiva do tempo programado.

Alguns milissegundos antes de alcançar a fim da contagem, o contato em troca **15-16** abre desengatando o contator **K3**.

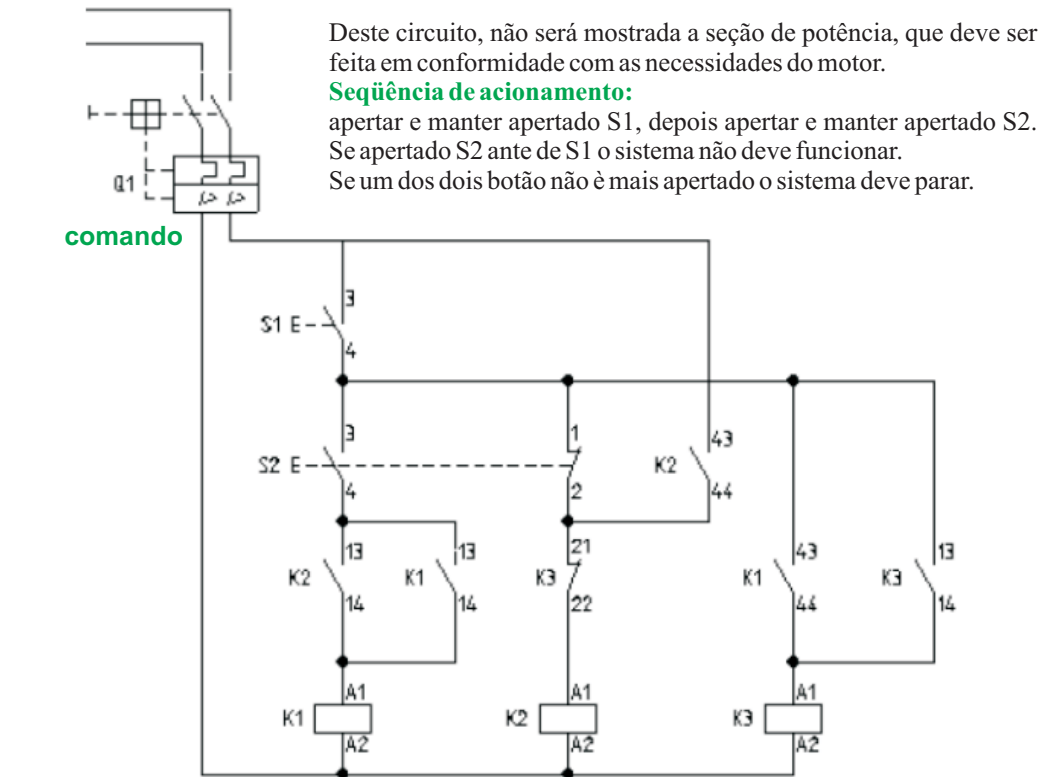
Chegado a fim da contagem, com um atraso de alguns milissegundos, fecha o contato em troca **15-18** engatando o contator **K2**.

Este adiantamento e atraso de comando entre os contatos **15-16/15-18** é necessário para garantir uma comutação segura entre **K3** e **K2**, impedindo assim que, possíveis rejeições mecânicas dos contatos de **K3** gerem um curto-circuito «de linha» com o fechamento de **K2**.

Laboratório prático

Comando de prensa com seqüência de acionamento

Objetivo: Conhecer uma estratégia no comando de prensas, para evitar que o operador inutilize uma das botoeiras de comando.



Funcionamento

K1 é o contator de potência.

Apertando **S1**, o contator **K2** é energizado passando para os contatos **1-2** de **S2** e fica selado para o seu contato auxiliar **43-44**; **K2** também fecha o seu auxiliar **13-14** autorizando a energização de **K1**.

Apertando **S2** o seus contatos **3-4** são fechados e **1-2** abre mas a energização de **K1** e ainda autorizada porque **K2 13-14** permanece fechado por causa do seu selo; **K1** é energizado, o seu auxiliar **13-14** fecha junto a **43-44**, **K3** é

energizado abrindo o seu contato **21-22** e ficando selado por meio do seu contato **13-14**, desligado assim **K2** que termina na posição de repouso abrindo **13-14**.

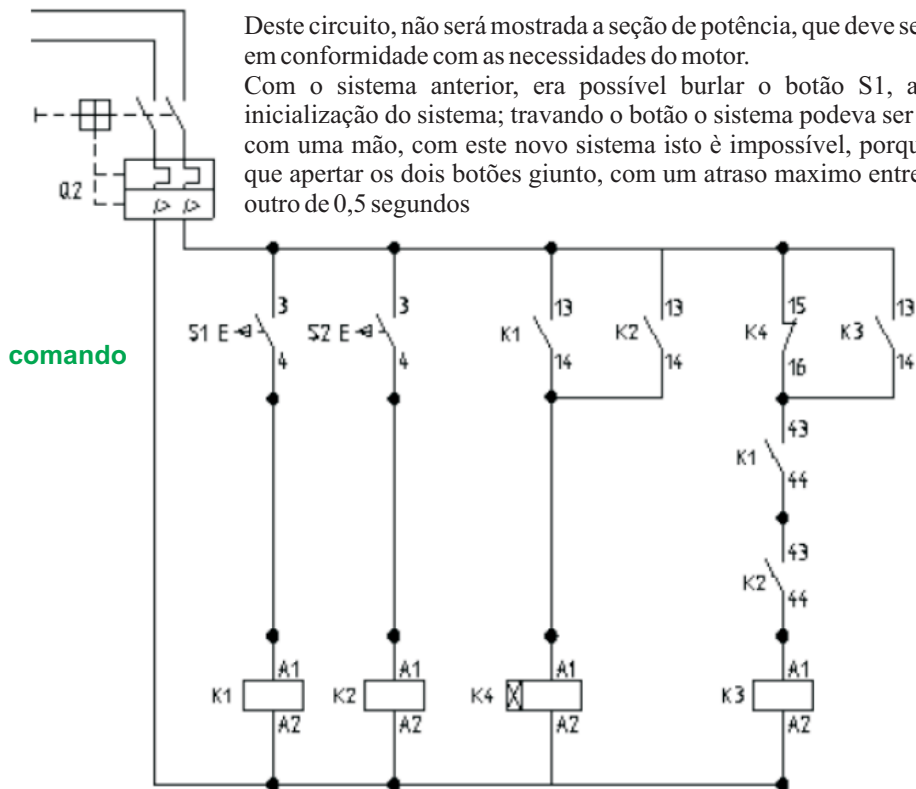
K1 ainda é energizado graças a seu contato **13-14**, que se encontra em paralelo com o **13-14** de **K2** que nesse momento é aberto.

Parando de apertar **S1** e **S2**, acaba a energização de **K1** e **K3**, iniciando assim novamente o ciclo. Se **S1** não para de ser apertado **K3** fica engatado impedindo uma nova fechadura de **K2** e assim o començo de uma nova sequência.

Laboratório prático

Comando de prensa com duas mãos e sistema que não permite de burlar os dois botões (NR 12)

Objetivo: conhecer uma das estratégias para segurança em prensas, evitando que o operador inutilize burlando uma das botoeiras, trabalhando somente com a outra.



Deste circuito, não será mostrada a seção de potência, que deve ser feita em conformidade com as necessidades do motor.

Com o sistema anterior, era possível burlar o botão S1, após a inicialização do sistema; travando o botão o sistema poderia ser usado com uma mão, com este novo sistema isto é impossível, porque tem que apertar os dois botões juntos, com um atraso máximo entre um e outro de 0,5 segundos

Funcionamento

K3 é o contator de potência.

Embora a lógica do presente sistema é mais complexa do que o anterior, a realização prática e sua operação técnica são muito mais fáceis.

O contator **K3** para ser acionado, precisa que a série de contatos ligados em **A1** seja constantemente fechada.

S1 e **S2**, os botões de acionamento, são ligados em série como **A1** dos contadores **K1** e **K2**.

Apertando os dois botões juntos, com um atraso máximo de 0,5 segundos os contatos em série de

A1-K3 são fechados, o contato **15-16** de **K4** também é fechado e assim o contator **K3** é alimentado, fechando os contatos de potência e também o seu auxiliar **13-14** em paralelo com **15-16** de **K4**.

K4 é um temporizador ultrarápido que, após 0,5 segundo de sua primeira excitação, abre o seu contato **15-16**, independentemente de qualquer outra condição elétrica do circuito, por isso precisa jumperar o seu contato quando **K3** é fechado, caso contrário falta o fechamento em série de **A1-K3** parando o motor.



Para mais informações acesse o nosso site www.valentinotecnica.com.br
ou envie um e-mail para valentinotecnica@hotmail.com

Esta guia é distribuída gratuitamente em formato eletrônico

© 2014 todos os direitos reservados.

Cópia proibida sem a autorização por escrito da ValentinoTécnica Ltda