

Acionamentos Eletrônicos

Aula 09 - Acionamentos Eletrônicos: Diagramas de Comandos

Apresentação

Os acionamentos eletrônicos são responsáveis por acionar um dispositivo e colocá-lo em movimento, colocá-lo para funcionar. No entanto, é necessário haver uma lógica para sincronizar a forma de entrada e saída da operação do sistema como também da atuação da proteção. Os diagramas de comando são diagramas esquemáticos que orientam a forma de ligação da rede de alimentação e da proteção de dispositivos.

Objetivos

- Reconhecer os componentes e os circuitos de comando.
- Ler e interpretar a forma de operação dos diagramas de comando.

Diagramas de comandos

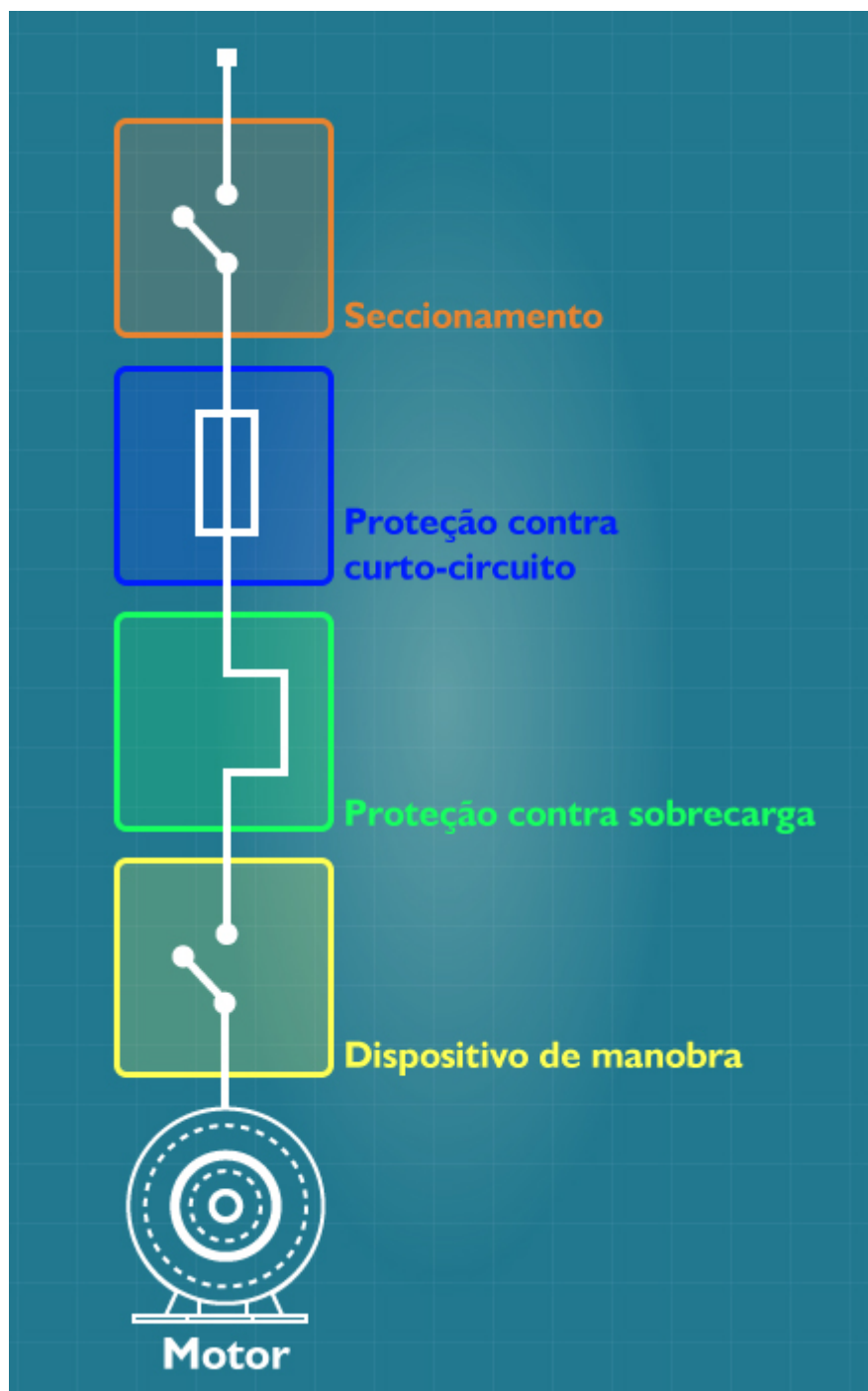
Para um acionamento eletrônico eficiente, é necessário que esteja claro como os dispositivos entram e saem de operação, tanto em caso de ligamento e desligamento como no caso de falhas. Além do controle proporcionado pelo acionamento eletrônico, é necessário se preocupar como a energia vai chegar ao dispositivo, assim como prever os dispositivos de proteção. Nessa perspectiva, o projeto ou o esquema das ligações da rede de alimentação e da proteção do dispositivo é chamado diagrama de comando.

Um diagrama de comando é composto de ligações entre a rede elétrica de alimentação, que pode ser monofásica ou trifásica no Brasil; do dispositivo a ser acionado, um motor elétrico, por exemplo; e de componentes de abertura e fechamento de circuitos, que podem ser contadores, botoeiras, relés, disjuntores etc.

Como os diagramas de comando têm por finalidade não apenas o acionamento, mas também a proteção, existe a divisão de dois circuitos: o de força e o de comando. No circuito de força, circulam correntes mais elevadas, e no de comando, apenas as correntes necessárias para acionar os dispositivos de seccionamento e proteção, sendo possível, assim, um isolamento dos dois circuitos proporcionando uma maior segurança ao sistema.

A Figura 1 mostra, em linhas gerais, um diagrama de comando simples com suas principais funções.

Figura 01 - Diagrama de comando básico



Fonte: Autoria própria.

O seccionamento é o ato de ligar e desligar o sistema de uma forma geral e é feito sem carga. É usado, por exemplo, durante a manutenção do circuito. Nesse caso, a proteção contra correntes de curto-circuito e de sobrecarga é de extrema importância para resguardar os dispositivos e os condutores, abrindo o circuito caso

ocorra elevação excessiva na corrente. Quanto aos dispositivos de manobra, destinam-se a ligar e desligar o motor propriamente dito, evitando o contato do operador do sistema com o lado de mais alta potência.

Atividade 01

1. Em se tratando de acionamentos elétricos e eletrônicos, o que é um diagrama de comando? Para que serve?

[Clique aqui](#) para verificar suas respostas.

Respostas

1. 1. Em se tratando de acionamentos elétricos e eletrônicos, o que é um diagrama de comando? Para que serve?

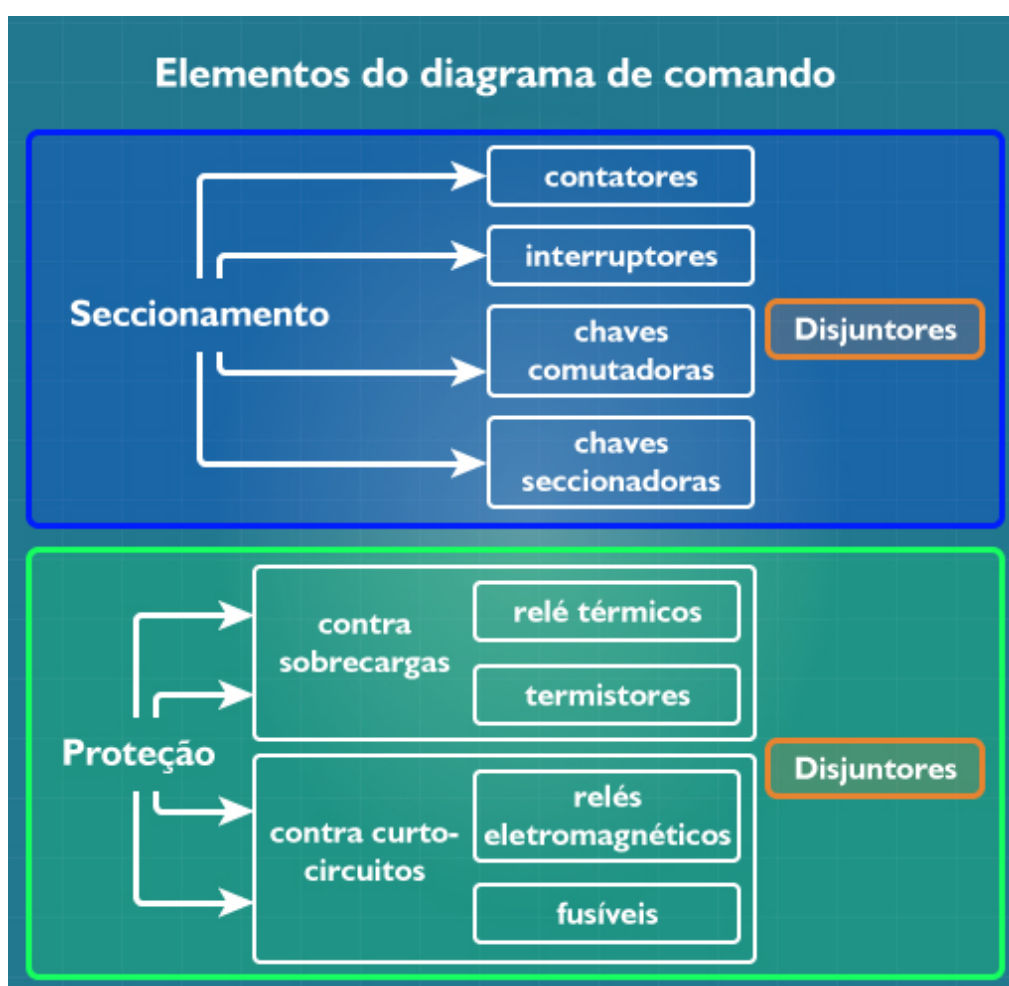
É o projeto ou o esquema das ligações da rede de alimentação e da proteção do dispositivo e serve para proporcionar o acionamento eletrônicos, se preocupando em como a energia vai chegar ao dispositivo a ser acionado e com elementos que vão protegê-lo, separando os circuito de força dos de comando e proporcionando a maior segurança do sistema.

Elementos de Seccionamento

Os dispositivos de seccionamento são responsáveis por abrir e fechar circuitos, por incluir ou retirar elementos. Isso pode ocorrer por necessidade de se manobrar elementos no sistema por razão do seu funcionamento ou por razão de proteção, quando algum dispositivo deve ser retirado devido a alguma falha.

Os principais elementos que compõem um diagrama de comando são contatores, interruptores, chaves, relés, fusíveis e disjuntores. Esses dispositivos dividem-se em seccionamento e proteção, no entanto, essa divisão não é restrita, pois vários desses dispositivos desempenham ambas as funções. A Figura 2 mostra uma sugestão de divisão desses dispositivos entre seccionamento e proteção.

Figura 02 - Elementos do diagrama de comando



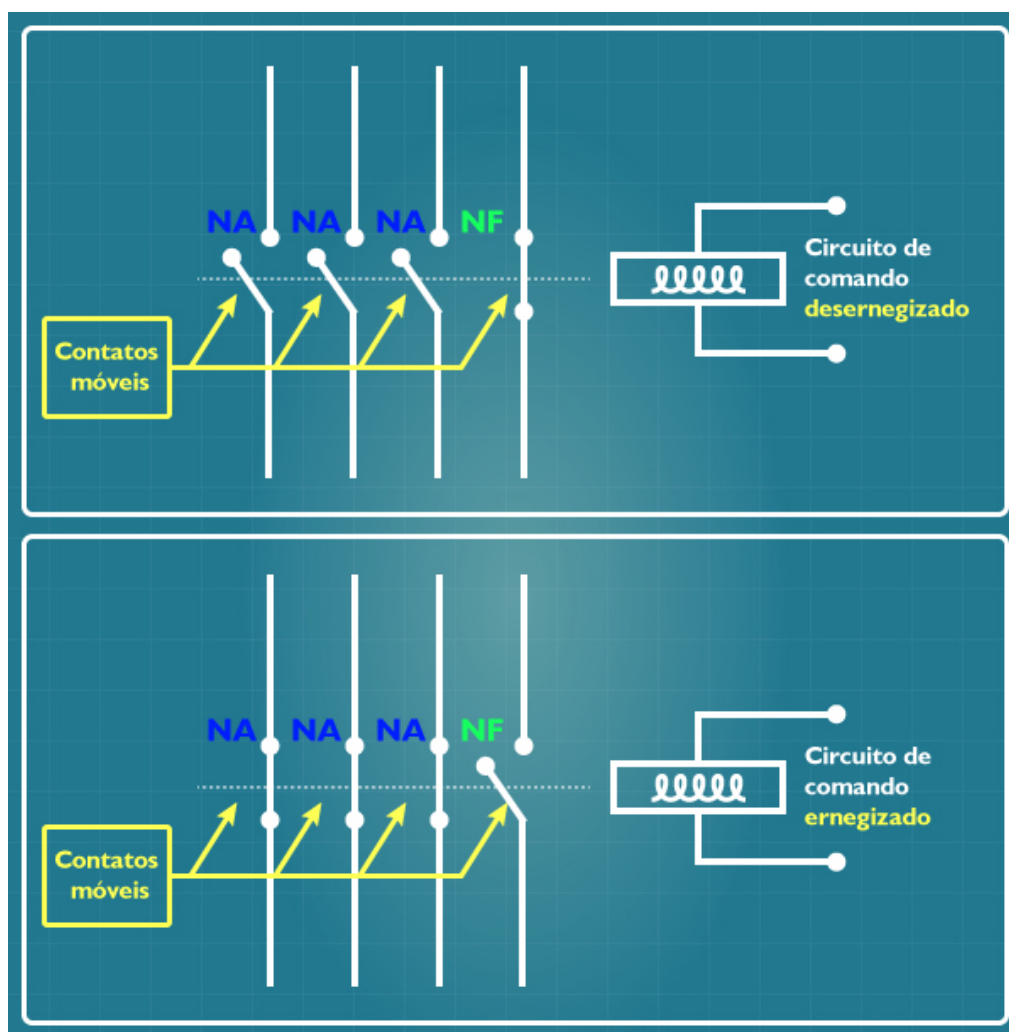
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 2, o disjuntor aparece em ambas as categorias, pois não há como encaixá-lo em apenas uma das duas, já que ele é utilizado frequentemente tanto para a abertura e fechamento de circuitos como também para proteção.

Contator

Os contadores são chaves magnéticas que permitem uma operação remota, a distância, sem a atuação manual, que podem possuir contatos auxiliares. Em relação às partes principais do contator, são a bobina e os contatos, que podem ser normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF). Os contatos NA são abertos no repouso e fecham quando é acionada a bobina; já os NF, ao contrário, abrem quando o contator é acionado. A Figura 3 mostra a simbologia do contator e sua forma de operação e a Figura 4 mostra um contator vendido no comércio.

Figura 03 - Simbologia do contator



Fonte: Autoria própria.

Figura 04 - Contator comercial.



Fonte: <http://www.weg.net/files/photos-products/CWB38_G.jpg>. Acesso em: 11 ago. 2014.

O contator abre e fecha o seu contato de acordo com a energia na sua bobina. Dessa forma, é possível operá-lo remotamente. O contato que vai abrir ou fechar um determinado circuito fica no circuito de força; já a bobina fica em um circuito separado, chamado de circuito de comando; e ambos são independentes. Assim, é possível fazer circular uma corrente na bobina e operar os contatos remotamente.

A Figura 3 mostra duas situações: uma em que os contatos estão em repouso devido ao circuito estar desenergizado, ou seja, não circular corrente na bobina; e na outra, há corrente na bobina energizando o circuito. Note que nos contatos do contator, que são NA em repouso, eles fecham quando há atuação da bobina e os NF abrem-se quando são acionados. Nos contadores, quando a bobina deixa de estar energizada, os contatos voltam às suas posições de repouso.

Relé

Os relés têm funções semelhantes aos contadores, porém, diferenciam-se na operação e nas características. A sua atuação está associada a algum evento que requeira sinalização ou proteção, tais como: sobrecarga, sobretensão, sobretemperatura, tempo etc. Em decorrência disso, existem diversos tipos de relés: de sobrecarga, temporizadores, protetores, de nível etc.

Os relés são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de grandes correntes a partir de pequenas correntes ou tensões. Ou seja, acionando um relé com uma pilha, podemos controlar um motor que esteja ligado em 110 ou 220 volts, por exemplo.

Quanto ao funcionamento dos relés, é similar ao dos contadores: quando uma corrente circula pela bobina há o surgimento de um campo magnético que atrai um ou vários contatos fechando ou abrindo circuitos. Ao cessar a corrente da bobina, os contatos também retornam à posição original. Os relés permitem, ainda, o isolamento entre o circuito de força e o de comando.

A Figura 5 mostra imagens de relés de sobrecarga comercial.

Figura 05 - Relés de sobrecarga comercial.

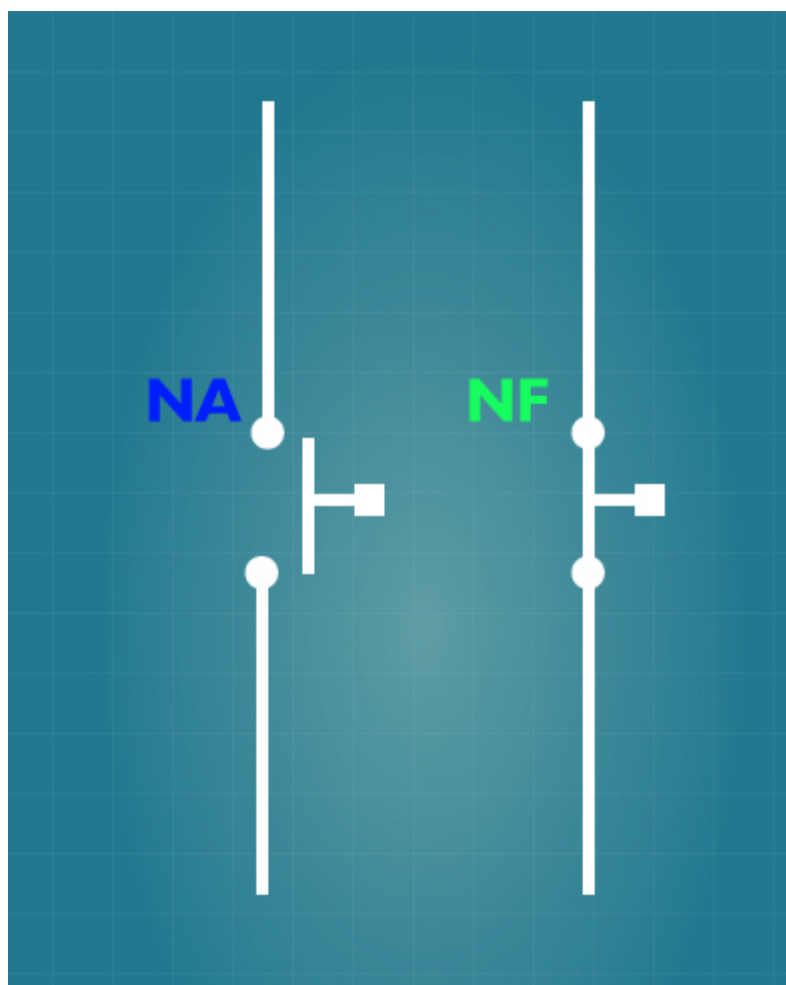


Fonte: <http://www.weg.net/files/photos-products/Contatores_RW_G.jpg>. Acesso em: 11 ago. 2014.

Botoeira

Sempre quando pensamos em ligar ou desligar algo, vem logo à nossa cabeça um botão. No acionamento de dispositivos, esse botão é chamado de botoeira. Porém, ele é um pouco diferente dos interruptores convencionais que conhecemos, a botoeira funciona baseada em uma mola que faz com que ela fique sempre na mesma posição quando não está acionada. Ou seja, a botoeira está sempre aberta (NA – Normalmente Aberta) ou sempre fechada (NF – Normalmente Fechada) até que um operador a pressione fazendo com que ela mude de estado. A partir do momento que a pressão é retirada, ela retorna à posição de repouso. A Figura 6 mostra o diagrama de uma botoeira e a Figura 7 apresenta as botoeiras comerciais.

Figura 06 - Diagrama de botoeira com contato. Normalmente Aberto (NA) e Normalmente Fechado (NF).



Fonte: Autoria Própria (2014).

Figura 07 - Botoeiras comerciais.



Fonte: <http://mlb-s1-p.mlstatic.com/botoeira-liga-desliga-13866-MLB204122197_4822-O.jpg>; <http://mlb-s1-p.mlstatic.com/botoeira-bi-manual-c-emergncia-6253-MLB5044642585_092013-E.jpg>. Acesso em: 11 ago. 2014.

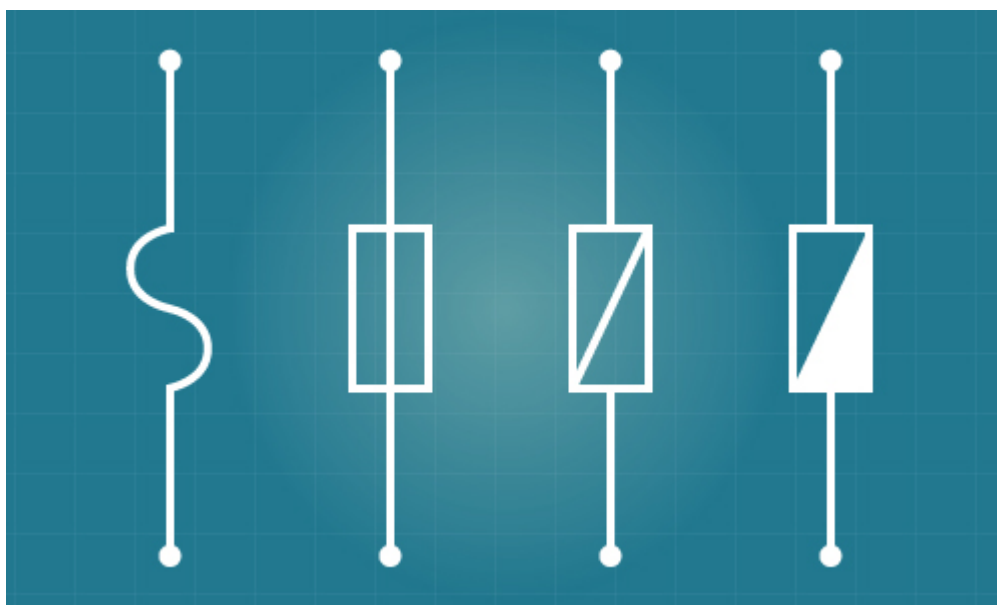
A boteira de emergência, mostrada na Figura 07 (Emergency), é uma botoeira de trava. Mesmo que a pressão seja retirada, ou seja, o operador remova a mão, a botoeira permanece pressionada até que seja rotacionada para desligar. Todas as botoeiras de emergência devem ser.

Fusível

Os fusíveis são dispositivos simples de proteção, eles servem para limitar a corrente do circuito. O seu funcionamento é baseado em um filamento de baixa resistência que é rompido quando passa através dele uma corrente superior a sua capacidade. Como o filamento rompe, então o circuito é aberto, interrompendo o fluxo de energia.

Existem diversos tipos de formas e capacidades para os fusíveis, desde os de pequenas correntes até os de potência elevada. A Figura 8 mostra os símbolos mais utilizados para os fusíveis e a Figura 9 apresenta os fusíveis comerciais.

Figura 08 - Simbologia do fusível



Fonte: Autoria Própria (2014).

Figura 09 - Fusíveis comerciais



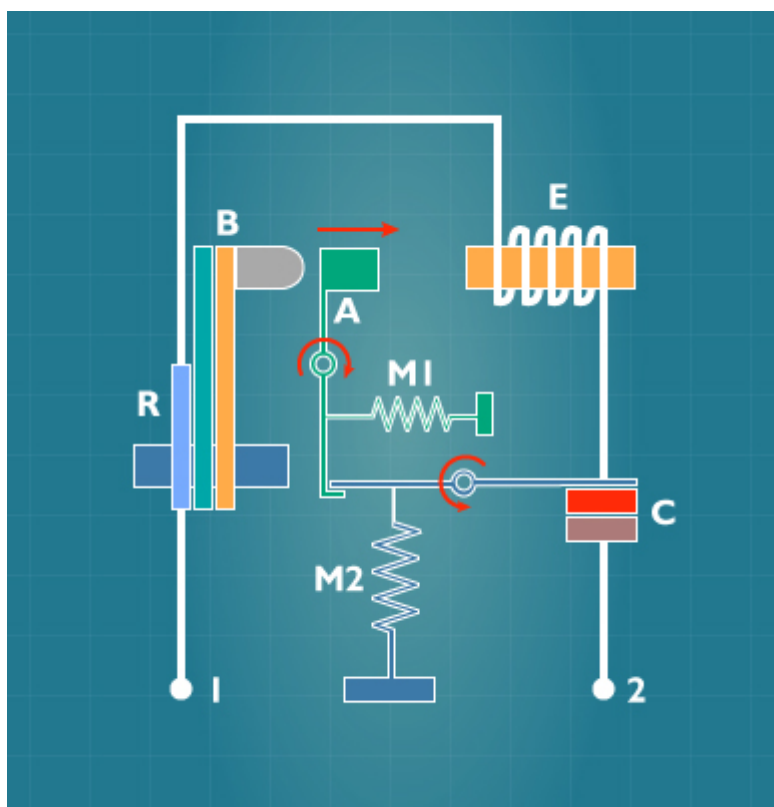
Fonte: <http://www.eletrodex.com.br/media/fusivel_6x30_1_2.jpg>;
<http://www.eletrodex.com.br/media/fusivel_lamina_grande_3.jpg>;
<http://www.eletrodex.com.br/media/porta_fusivel_painel.jpg>;
<http://www.eletrodex.com.br/media/fusivel_500v_frente.jpg>. Acesso em: 11 ago. 2014.

Disjuntor

O disjuntor é um dispositivo versátil eletromecânico que é destinado à proteção de sobrecargas e curto-circuito. Ele faz a função do fusível, porém, com uma vantagem: no fusível, uma vez que o filamento é rompido, este deve ser substituído para restabelecer o fechamento do circuito; já o disjuntor, quando entra em ação, desarma o circuito. Assim sendo, para religá-lo, basta rearmá-lo. Todos os disjuntores contém proteção contra curto-circuito. Contudo, os disjuntores que contém também a proteção de sobrecarga são normalmente chamados de disjuntor motor.

A Figura 10 mostra o funcionamento do disjuntor e a Figura 11 apresenta um disjuntor comercial.

Figura 10 - Funcionamento do disjuntor.



Fonte: <<http://www.geocities.ws/afonsobejr/disjuntores.html>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

Figura 11 - Disjuntores comerciais.



Fonte: <<http://www.weg.net/files/photos-products/disjuntorCaixaMoldadaG.jpg>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

A Figura 10 resume o esquema de um disjuntor termomagnético. Quando ligados, os terminais 1 e 2 ao circuito, uma corrente passa pela resistência R, pelo eletroímã E e pelo contato C. Se a corrente for elevada (como a de um curto-circuito), então a bobina atrai o atuador A, fazendo com que o contato C seja aberto. O bimetalo B é projetado para tocar o atuador A, caso haja um aquecimento, ocasionado por uma sobrecarga de corrente que permanece por um período prolongado acima da nominal, proporcionando também a abertura do disjuntor e a interrupção da corrente.

Atividade 02

1. Qual a principal diferença entre as funções de seccionar e de proteger um circuito?

[Clique aqui](#) para verificar suas respostas.

Respostas

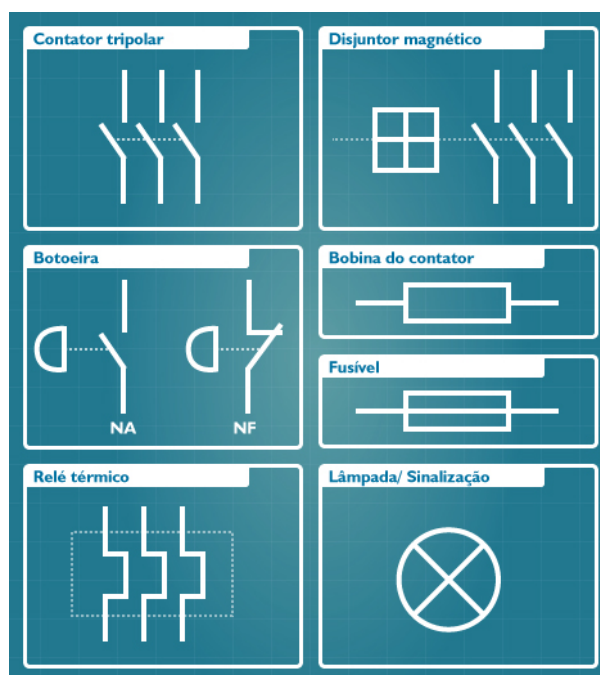
1. Qual a principal diferença entre as funções de seccionar e de proteger um circuito?

O seccionamento serve para abrir ou fechar circuitos, também para incluir e retirar elementos quando esse apresentam falhas e precisam ser trocados ou se pretende realizar manutenções de forma segura. A função de proteger é a de desligar ou abrir os circuitos em momentos que este se encontra em condições para as quais não foram projetados ou os equipamentos são submetidos a condições para as quais não foram construídos. Assim, sob essas condições, os equipamentos são desligados protegendo-os ou aos circuitos que os alimentam.

Simbologia

Os símbolos são muito importantes nos diagramas de comando, pois eles descrevem cada componente e o funcionamento do sistema. A Figura 12 mostra um resumo dos principais símbolos utilizados.

Figura 12 - Simbologia básica dos diagramas de comando



Fonte: Autoria própria.

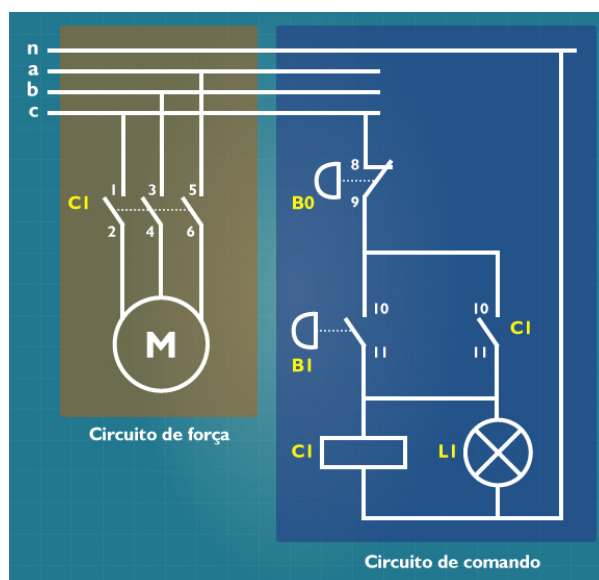
Ligação de um motor elétrico

Para exemplificar e analisar melhor um diagrama de comando, vamos partir do ponto que precisamos acionar um motor elétrico trifásico de duas formas:

1. Apenas ligar e desligar, sem proteção (apenas para ilustrar o funcionamento).
2. Ligar e desligar com proteção adequada.

A Figura 13 mostra um diagrama de comando para acionar um motor trifásico sem proteção, mas apenas para fins ilustrativos, uma vez que na prática isso não deve ser feito.

Figura 13 - Diagrama de comando para um motor sem proteção



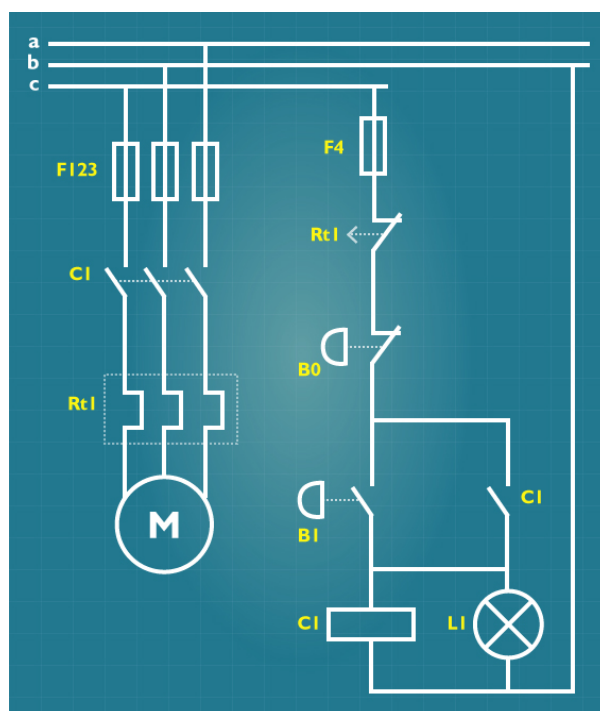
Fonte: Autoria própria.

A Figura 13 mostra um diagrama de acionamento bem simples de um motor elétrico trifásico, dividindo os circuitos de força e de comando. O circuito de força necessita das três fases, uma vez que alimenta diretamente o motor. Já para o circuito de comando, é necessária apenas uma referência de tensão que pode ser fase-fase ou fase-neutro, como mostrado na Figura 13.

Quanto ao funcionamento do circuito acionado pelo diagrama, tem duas botoeiras: uma para ligar o circuito (B1) e uma para desligar (B0). Quando acionamos a botoeira B1, fechamos um caminho para que seja possível circular uma corrente pela bobina do contator C1. Quando isso ocorre, então os contatos do contator C1 são todos acionados, tanto os do circuito de força quanto os de comando. Quando o contato do circuito de força é fechado, o motor entra em funcionamento. Uma vez fechado o contato C1 do comando, mesmo sendo retirada a pressão sobre B1, existe um caminho para a corrente ficar alimentando sempre a bobina C1. Isso se chama selo do contator.

Para desligar o motor, é necessário pressionar a botoeira B0, pois assim a corrente será interrompida e, não havendo corrente na bobina do contator C1, todos os seus contatos voltam a sua posição de repouso. No entanto, essa ligação não é feita na prática, pois não há nenhuma proteção para o motor e os condutores. A Figura 14 mostra um diagrama de comando para partida direta de um motor elétrico trifásico com as devidas proteções.

Figura 14 - Diagrama de comando para um motor elétrico trifásico.



Fonte: Autoria própria.

O diagrama de comando mostrado na Figura 14 tem o mesmo princípio de operação do mostrado na Figura 13. Ele também é acionado a partir da pressão sobre a botoeira B1 e desligado a partir da botoeira B0. A diferença está na proteção. No circuito da Figura 14, a alimentação do motor pode ser interrompida de mais duas maneiras: ou devido a uma sobrecorrente, pois o fusível F123 abriria o circuito de força ou o F4 faria com que o circuito de comando interrompesse a alimentação; ou ainda a partir de uma sobrecarga térmica, nesse caso, a bobina do relé térmico Rt1 atuaria interrompendo o circuito de comando e também abrindo o circuito de força.

Atividade 03

1. Considerando um diagrama de comando de acionamento de um motor elétrico, quais os principais dispositivos de proteção e como eles funcionam?

[Clique aqui](#) para verificar suas respostas.

Respostas

1. Considerando um diagrama de comando de acionamento de um motor elétrico, quais os principais dispositivos de proteção e como eles funcionam?

Fusíveis e relés térmicos. O fusível atua no caso de uma sobrecorrente. Se a corrente que passar pelo circuito for maior que a projetada para o fusível ele rompe seu metálico abrindo completamente o circuito. Essa sobre corrente pode ser gerada pelo dispositivo que está sendo alimentado pelo circuito elétrico ou por um surto de energia devido a raios ou outras fontes anormais.

Os relés térmicos trabalham com a ideia de atuação quando um corrente acima da nominal se mantém por uma tempo prolongado. Essa corrente é inferior a do fusível, não gerando a atuação desse último. Isso ocorre pois os condutores possuem uma certa tolerância a surtos de corrente que não sejam muito altos. Assim, o rele é projetado para aguentar correntes bem mais elevadas em curtos períodos, mas os relés térmicos atuam para correntes acima das nominais que persistem por um tempo demasiadamente longo.

Leitura Complementar

SOUZA, N. S. **Apostila de acionamentos elétricos**. Curso de Eletrotécnica. Natal, RN: IFRN, 2009. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

Nessa leitura complementar, você vai entender um pouco mais sobre diagramas de comando de uma forma simples, bem como terá acesso a um panorama geral dos acionamentos elétricos.

Resumo

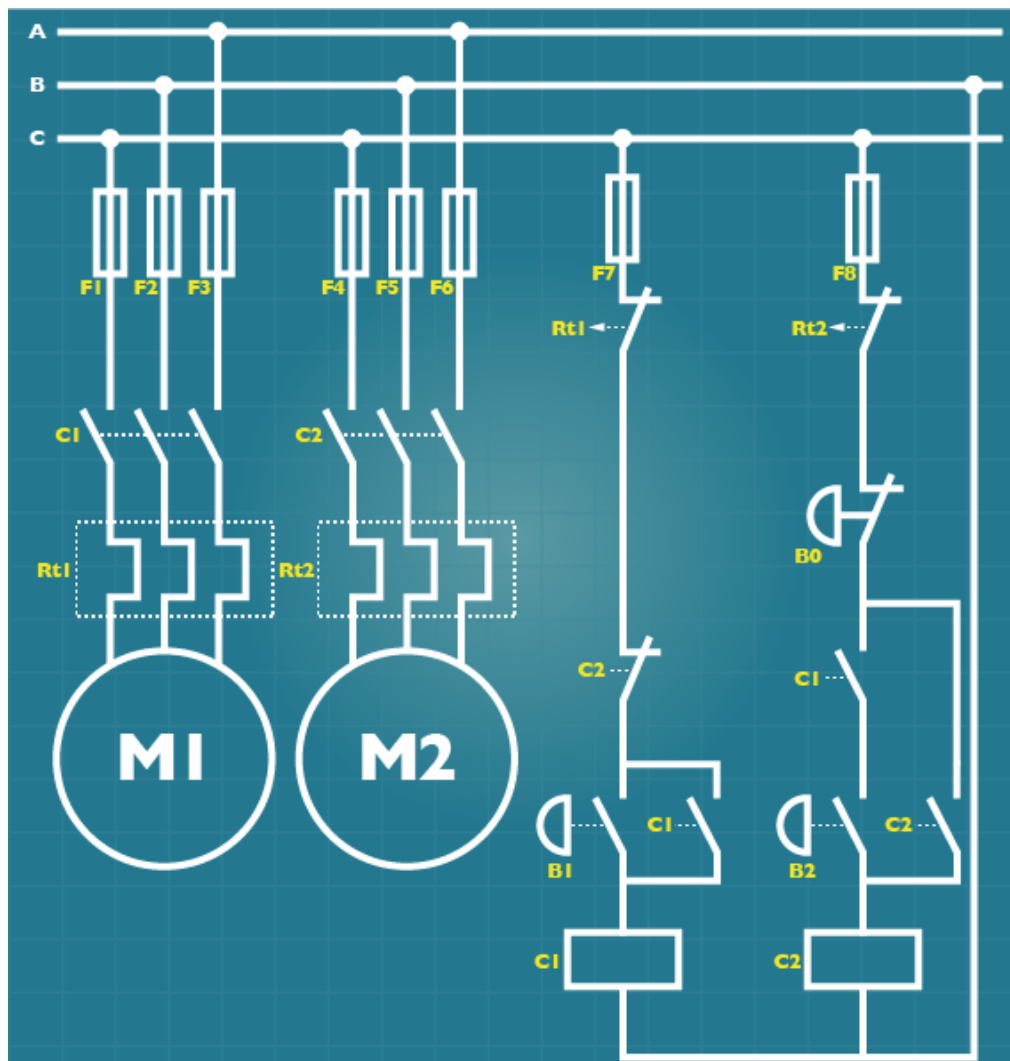
Nesta aula, você aprendeu sobre os diagramas de comando de acionamentos elétrico-eletrônicos, assim como seus principais componentes. Viu também como a interligação entre esses dispositivos pode operar um sistema, ligando e desligando, e ainda como utilizá-los para a proteção dos dispositivos e dos condutores.

Autoavaliação

1. Quais as principais partes que integram um diagrama de comando?
2. Por que os diagramas de comando proporcionam mais segurança à operação dos acionamentos elétrico-eletrônicos?
3. Como um contator funciona?
4. O que é uma botoeira?
5. Qual a principal diferença entre um contator e um relé?
6. Qual a principal diferença entre um fusível e um disjuntor?

7. Considerando o circuito de comando da figura abaixo, explique o que ocorre com os motores.

Figura 15 - Circuito de comando



[Clique aqui](#) para verificar suas respostas.

Respostas

1. Quais as principais partes que integram um diagrama de comando?

O diagrama de comando é composto de ligações entre a rede elétrica de alimentação, que pode ser monofásica ou trifásica no Brasil; do dispositivo a ser acionado, um motor elétrico, por exemplo; e de componentes de abertura e fechamento de circuitos, que podem ser

contatores, botoeiras, relés, disjuntores etc. Esses podem ser divididos em seccionamento, proteção contra curto-circuitos, proteção contra sobrecarga e dispositivos de manobra.

2. Por que os diagramas de comando proporcionam mais segurança à operação dos acionamentos elétrico-eletrônicos?

Por realizar a divisão dos circuitos de força e de comando. Pelos circuitos de força circulam correntes mais elevadas, enquanto nos de comando circulam apenas as correntes necessárias para acionar os dispositivos de seccionamento e proteção.

3. Como um contator funciona?

Um contator possui contatos (normalmente abertos e normalmente fechados, que mantêm tal condição enquanto o contator não está ativado) e uma bobina. A bobina pode ser acionada a distância. Quando acionada a bobina, o contator muda os estados de seus contatos. Os normalmente abertos se fecham e os normalmente fechados se abrem. Além de existirem os contatos principais (onde são ligados a carga ou cargas principais) existem contatos auxiliares utilizados para funções diversas como selagem de circuitos ou acionamento de lâmpadas, avisos sonoros entre outras.

4. O que é uma botoeira?

É uma chave mecânica com contatos normalmente abertos e/ou normalmente fechado. Possui uma mola que mantém geralmente a botoeira sempre no mesmo estado quando em repouso e é acionada sobre pressão no botão realizada por um operador.

5. Qual a principal diferença entre um contator e um relé?

O contator e o relé se diferem basicamente na operação e características, pois a atuação do relé está associada a algum evento que requeira sinalização ou proteção, tais como: sobrecarga, sobretensão, sobretemperatura, tempo etc. Seu funcionamento é semelhante ao do contator no que diz respeito a bobina e forma de atuação, onde uma

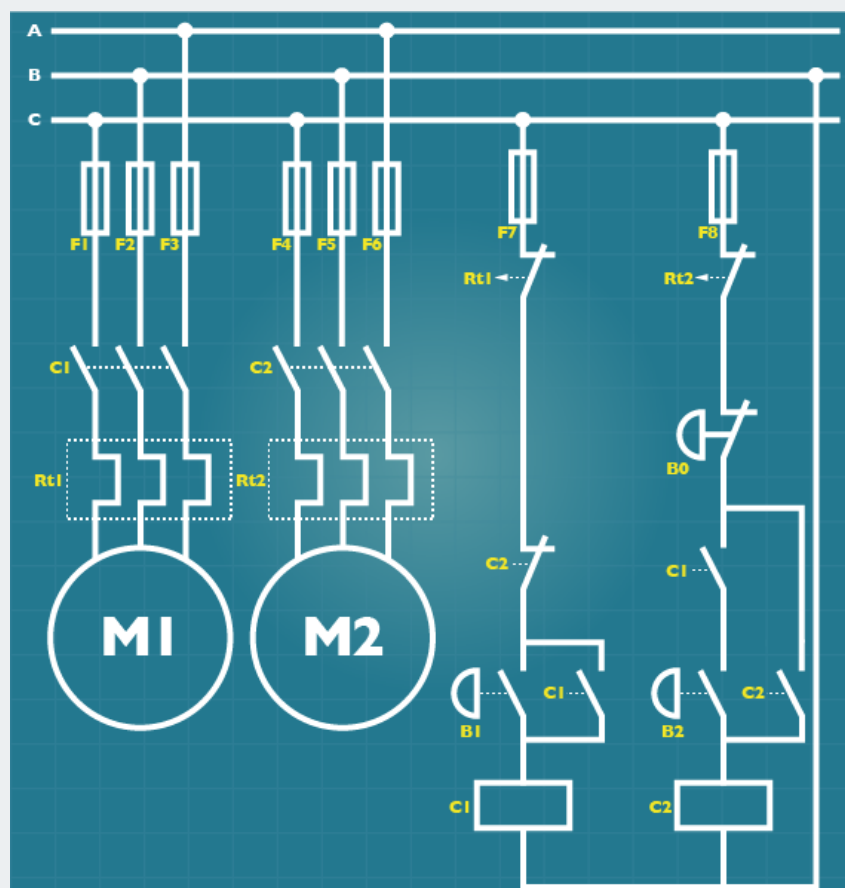
pequena corrente é suficiente para realizar a atuação da bobina que por sua vez, abre ou fecha circuitos de corrente muito mais elevada, permitindo assim o isolamento dos circuitos de força e de comando.

6. Qual a principal diferença entre um fusível e um disjuntor?

Um fusível atua no momento de uma sobre corrente abrindo o circuito através do rompimento de um metálico interno. Depois de aberto, o circuito só poderá ser estabelecido através da troca do fusível. No caso do disjuntor, ele também atua no momento de sobrecorrente, mas a sua atuação é mecânica, abrindo o circuito mecanicamente, o qual pode ser reestabelecido rearmando o disjuntor.

7. Considerando o circuito de comando da figura abaixo, explique o que ocorre com os motores.

Figura 15 - Circuito de comando



A botoeira B1 dá início ao sistema, ligando o motor M1 e habilitando a ligação do motor M2. Sem o acionamento do M1, o motor M2 não pode ser acionado devido ao contato de C1 permanecer aberto.

impedindo a ligação de C2. C1 permanece ligado devido ao seu selo (o contato de C1 em paralelo a botoeira B1). Ao acionar o motor M2 através de B2, o motor M1 é desligado (o contato fechado de C2 no circuito de C1 abre desligando-o). C2 permanece ligado devido ao seu selo (o contato de c2 normalmente aberto e em paralelo a botoeira B2 e ao contato normalmente aberto de C1). Para desligar o motor M2 deve-se utilizar a botoeira B0 que é normalmente fechada e abre o circuito desligando C2, fechando o contato C2 normalmente fechado na malha de C1, habilitando a ligação do motor M1 novamente.

Referências

RASHID, M. H. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Makron, 1999.