

Atuadores

Aula 05 - Componentes utilizados em
acionamentos dos atuadores elétricos



Apresentação

Nesta aula, daremos continuidade ao estudo dos atuadores e as diversas formas de acionamento dos motores ligados à rede de corrente alternada. Iniciaremos pela descrição e a especificações dos componentes utilizados nas chaves de partida de motores. Em seguida, apresentaremos os vários modelos de chaves, seus princípios de funcionamento e características de atuação. Ao final, apresentaremos o dimensionamento dos componentes para cada tipo de chave de partida.



Objetivos

- Reconhecer os diversos componentes que compõe as chaves de partida dos motores.
- Identificar os modelos de chaves de partidas para motores.
- Conhecer o princípio de funcionamento dos componentes das chaves
- Dimensionar os componentes para os modelos de chaves de partidas.

1. Componentes utilizados para comandos elétricos

As chaves utilizadas para ligar os motores elétricos apresentam na sua maioria uma grande quantidade de componentes, tais como: contadores, botões, relés temporizados, relés térmicos, relés de proteção, disjuntores e fusíveis.

Estes componentes que fazem parte das chaves são necessários para promover a ação de ligar e de desligar os motores e de permitirem a sua proteção quando os mesmos estiverem operando fora das suas condições nominais da carga e das variações dos níveis de tensões da rede elétrica.

Esses dispositivos de controle são, nos casos mais simples, interruptores, também chamados de chaves manuais para motores de pequenas potências. Já para motores com potência elevadas, são usados componentes mais sofisticados para os comandos elétricos automáticos, e muitas vezes auxiliados por CLP - Controladores Lógicos Programáveis.

Os comandos elétricos permitem um controle sobre o funcionamento das máquinas, evitando, ao mesmo tempo, manejo inadequado pelo usuário e, além disso, dispõem de mecanismos de proteção para a máquina e para o usuário. Permitem também o controle remoto dos motores, com o acionamento deles a distância.

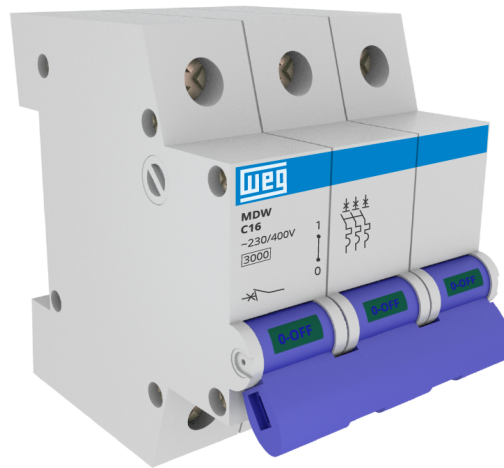
Dentre a gama de componentes utilizadas para comandar ações de proteção dos motores temos:

1.1 Disjuntor

Este componente a ser estudado é um dispositivo de proteção capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais de operação de um circuito, bem como estabelecer, conduzir e interromper automaticamente correntes em condições anormais, de forma a, dentro das condições especificadas, limitar a ocorrência desta grandeza em módulo e tempo de duração.

Em alguns casos, quando os disjuntores apresentam um elemento térmico, eles podem se destinar a proteção contra as correntes de sobrecarga. A imagem de um disjuntor pode ser vista na Figura 01.

Figura 01 - Imagem de disjuntor tripolar



A operação dos disjuntores ocorre na presença do aumento da corrente. Estas correntes são divididas em duas categorias: a de sobrecarga, que podem atingir até 45% da corrente nominal do disjuntor, e as correntes de curtos-circuitos, que apresentam valores acima de 45 % podendo atingir até 10.000 vezes a corrente nominal do disjuntor.

As correntes de sobrecarga podem ser causadas por uma súbita elevação na carga mecânica a qual o motor está ligado, ou mesmo pelo fato de se operar o motor em ambientes fabris, onde a temperatura se encontra acima de 40°, provocando aquecimento interno no motor, o que o faz perder rendimento e, como consequência, um aumento na sua corrente.

A vantagem de se utilizar os disjuntores é que estes permitem a religação do sistema após a ocorrência de anomalias da corrente, enquanto os fusíveis, que são outro tipo de componentes também utilizados para proteção das correntes, devem ser substituídos antes de uma nova operação.

1.1.1 Dimensionamento

Os disjuntores são divididos em classes de atuação, através das curvas “B”, “C” e “D”. Os disjuntores da classe “B” apresenta uma curva de atuação, ou de disparo com correntes variando de 3 a 5 vezes a corrente nominal do disjuntor. Os de classe “C” apresenta uma curva de ruptura de 5 a 10 vezes a corrente nominal e os da classe “D” com correntes variando de 10 a 20 vezes a corrente nominal do disjuntor.

Para que a proteção contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que a corrente nominal do disjuntor seja superior a corrente do circuito e inferior a capacidade de condução de corrente do condutor.

Assim, de maneira simplificada, para dimensionar um disjuntor além das curvas de atuação temos que encontrar um valor adequado da sua corrente nominal que atenda o intervalo da Equação 01. Este valor de corrente pode ser conseguido utilizando-se as equações a seguir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Onde,

- I_b é a corrente de projeto do circuito;
 - I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (tabelas 36 a 39 da NBR 5410:2004);
 - I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção, disjuntor, (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;
 - I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.
-

1.2 Fusível

O fusível é um dispositivo de proteção destinado a interromper as correntes de curtos-circuitos e correntes de sobre carga através da fusão do elo-fusível. Existem vários tipos de fusíveis no mercado que variam de acordo com a sua aplicação, característica de funcionamento e tamanhos. Eles são divididos em duas classes, os de ação ultrarrápidos, utilizados na proteção de semicondutores, e de ação retardada usado na proteção das demais cargas.

Para proteção das cargas indutivas e dos painéis de acionamento dos motores são usados dois tipos: os Diazeds e NH. O primeiro citado é limitado pela sua capacidade de interromper as correntes de curto-circuito com valores que podem alcançar no máximo 63 A. Este modelo pode ser visto na Figura 02.

Figura 02 - Fusível Diazed



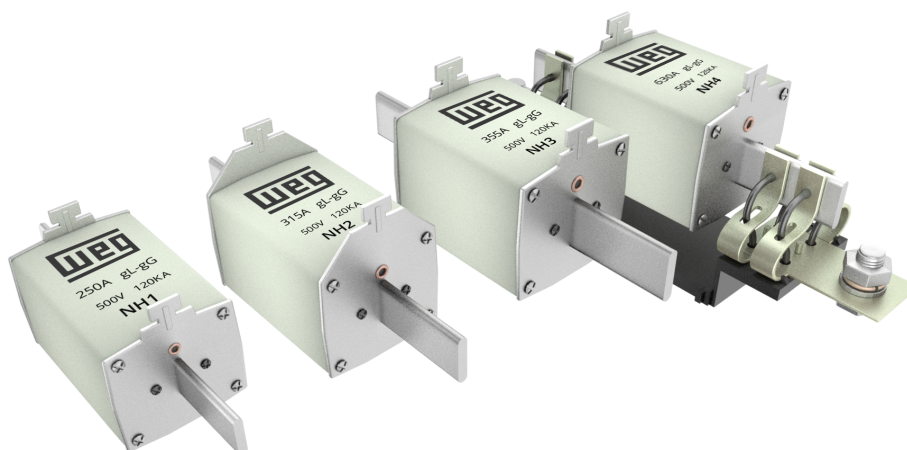
Fonte: Adaptado da LOJA ELÉTRICA. Disponível em:

http://www.lojaeletrica.com.br/images/product/83283160112152809_zo.jpg. Acesso em: 03 nov. 2017.

O segundo modelo de fusível é o denominado de NH, visto na Figura 03. Este modelo apresenta valores de correntes de 20 à 1000 A. Suas características de montagem diferem dos Diazeds, porque sua fixação é feita por encaixe na base,

enquanto os Diazeds são roscados na base. O fusível NH é dividido em categorias por tamanho e respectivas correntes, por exemplo, o modelo NH 00, tem a corrente até 160 A, o modelo NH 1, vai até 250 A, o modelo 2 vai até 400A e o 3 até 1000 A.

Figura 03 - Fusíveis NH com a base de fixação



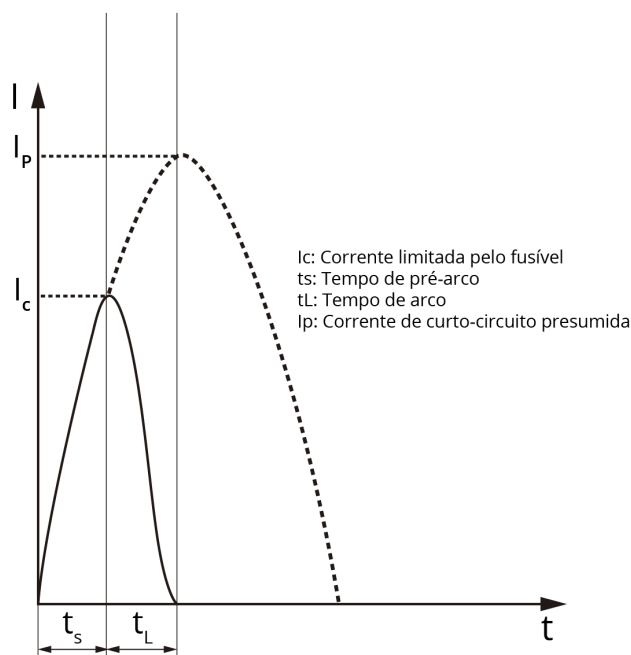
Fonte: Adaptado de ERG ELETROMOTORES. Disponível em: <http://www.ergmotoreseltricos.com.br/img/fusivel-nh.jpg>. Acesso em: 10 out. 2017.

A atuação desse dispositivo acontece quando a passagem da corrente de curto-circuito através do elo fusível o aqueça ao ponto de provocar sua ruptura.

Os fusíveis classe aR (ultrarrápidos), de acordo com a norma IEC 60269, têm como característica baixos valores de I^2t (quantidade de energia necessária para aquecer e fundir o elo fusível) e se aplicam a proteção contra curto-circuito de circuitos com semicondutores. Devido a isto, eles não devem ser aplicados em situações de pequenas sobrecargas, pois, nestas condições, pode ocorrer sobrecarga térmica sobre o fusível causando a sua atuação indevida e redução da sua capacidade de interrupção.

Em curto-circuito ou sobrecarga, o elemento fusível funde-se, abrindo o circuito elétrico e interrompendo a passagem de corrente. Durante o curto-circuito, haverá uma limitação da corrente de curto circuito presumida conforme a Figura 04.

Figura 04 - Curva de fusão do elo fusível



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016a).

1.2.1 Dimensionamento de fusíveis

Várias condições influenciam na capacidade de condução de corrente de um fusível como, por exemplo: a temperatura do ambiente, ventilação forçada e a seção transversal dos barramentos ou cabos.

Vale destacar que carregamentos cíclicos de sobrecargas são a condição mais determinante que pode causar a queima prematura do fusível. Para evitar este problema, deve-se dimensionar o fusível aR de forma que a corrente da carga nunca ultrapasse a corrente nominal do fusível, até mesmo durante a sua partida.

Para as aplicações onde não é possível evitar condições de sobrecarga cíclicas, a redução da vida do fusível será uma consequência inevitável. De modo geral, para um correto dimensionamento de fusível aR os seguintes critérios devem ser analisados e atendidos:

- Tipo de corrente do circuito - alternada ou contínua. Para circuito CC a máxima tensão sobre o fusível deve respeitar a curva característica de aplicação de fusível WEG em corrente contínua (ver catálogo da WEG).
- I^2t do fusível deve ser menor que o valor de I^2t do semicondutor. Para esta análise deve-se considerar o valor de I^2t do fusível em relação à tensão aplicada sobre o mesmo (ver catálogo e o valor recomendado pelo fabricante do semicondutor).
- A corrente nominal do fusível deve ser maior que a corrente nominal da carga. Aconselhamos utilizar fusíveis com corrente nominal 20% acima da corrente da carga. Quando utilizados para proteger soft-starters, o valor de corrente nominal do fusível deve ser preferencialmente maior que a corrente de partida da carga.

1.2.2 Tempo de interrupção

Quando ocorrer um curto-circuito, o dispositivo de proteção deverá interromper a corrente antes que os efeitos térmicos e mecânicos da mesma possam tornar-se perigosos aos condutores, terminais e equipamentos. Nas instalações de grande carga e de alta tensão, deve ser calculada a corrente de curto-circuito nos pontos importantes da rede.

O tempo de interrupção das correntes resultantes de um curto-circuito, que se produz em qualquer ponto de um circuito, deve ser inferior ao tempo que levaria a temperatura dos condutores para atingir o limite máximo admissível.

O tempo necessário para que uma corrente de curto-circuito, de duração inferior a 5 ms, eleva a temperatura dos condutores até a temperatura limite para sua isolação pode ser calculado pela expressão:

$$t \leq \frac{k^2 \cdot S^2}{I^2}$$

Onde,

t - Tempo de execução da corrente de curto-circuito (s);

S - Seção transversal dos condutores (mm^2);

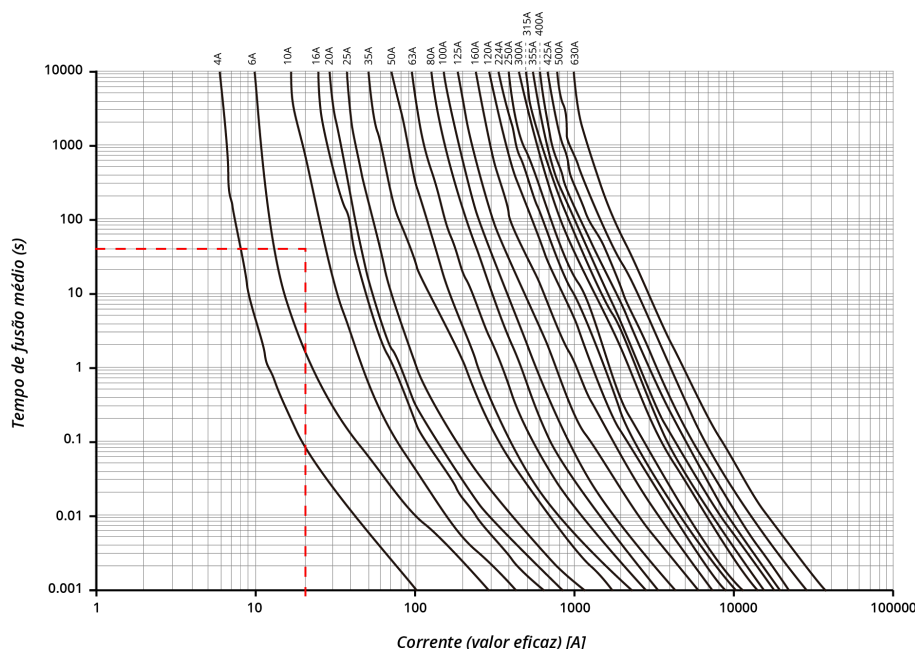
I - Corrente de curto-circuito (A);

k - Constante do condutor (*).

(*) - Os valores da constante " k " será de 115 para condutores de cabo isolado com PVC e emendas soldadas a estanho, de 143 para condutores isolados com polietileno reticulado ou etileno-propileno, de 76 para condutores de alumínio isolados com PVC e 94 - para condutores de alumínio isolados com polietileno reticulado ou etileno-propileno.

Alguns fabricantes já apresentam gráficos com o tempo de interrupção calculado a partir de um estado de preaquecimento do fusível. Nesses gráficos as curvas da corrente de cada fusível são relacionadas ao tempo de interrupção versus a corrente submetida em valor eficaz (A), como pode ser visto na Figura 05.

Figura 05 - Curvas de interrupções da corrente versus tempo



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016a).

1.3 Contator

Este dispositivo de manobra eletromecânico tem uma única posição de repouso e é acionado por um circuito de comando, sendo capaz de conduzir e interromper correntes, sob condições normais do circuito, ou sob condições de sobrecarga previstas.

O contator é um aparelho elétrico que, uma vez acionado, conecta a rede elétrica com o motor, intervém em toda a sua instalação para a partida, comando e frenagem, podendo ser comandado por botoeira, fim-de-curso, chave-boia, pressostato, termostato, etc.

Para aplicação em motores, sua seleção implica em atender algumas características como a potência do motor, a corrente que circulará por seus contatos, a tensão aplicada à bobina, as inversões de rotação, o ambiente de trabalho, etc.

Apresenta também diversas vantagens, como ligação a qualquer distância, elevado número de ligações, vida mecânica elevada, pequeno espaço para montagem, garantia de contato imediato, e todas essas vantagens fazem do contator um equipamento muito utilizado em acionamentos de motores.

Figura 06 - Contador de potência



Fonte: LOJA ELÉTRICA. Disponível em::

http://www.lojaeletrica.com.br/images/product/72BA4131018100441_zo.jpg. Acesso em: 10 out. 2017.

1.3.1 Partes de um contator

Os contadores são divididos em dois grupos: os de força, que são utilizados para fazer a ligação da rede elétrica com o motor, geralmente de potências maiores, e os de comandos, que servem para auxiliar na lógica do comando, sendo estes de pequenas potências. Os dois tipos de contadores são formados pelas seguintes partes: contatos principais, auxiliares, circuito eletromagnético, sistema de sopro e estrutura do componente.

1.3.1.1 Contatos principais

Os contatos principais de um contator têm como finalidade permitir a passagem de corrente da fonte de alimentação até a carga. Existem também os contatos auxiliares, que assim como os principais, são constituídos de duas lâminas, sendo que uma é fixada na estrutura do contator e a outra lâmina na parte que se move, vinculada à ação do circuito magnético da bobina.

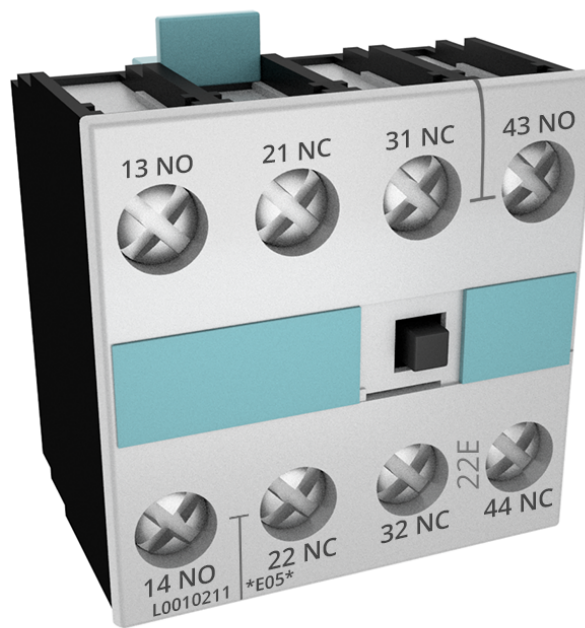
Estas lâminas têm em um dos extremos contatos feitos da liga de: prata-cádmio, prata-paládio ou prata-níquel. Esta última é constituída de propriedades importantes como: elevada resistência elétrica e mecânica ao desgaste, à corrosão e à oxidação.

1.3.1.2 Contatos auxiliares

Estes contatos são utilizados no circuito de comando e sinalização possibilitando atender a lógica programada para as chaves de partidas. Os contatos auxiliares podem ser normalmente abertos NA (contatos fechadores) ou normalmente fechados NF (contatos abridores). Estas ações são observadas quando o contator estiver em repouso, ou seja, com sua bobina desenergizada.

De um modo geral eles dão passagem a pequenas correntes, por isso não necessitam ter grandes capacidades de corrente pelos contatos, podendo ser incorporado ao contator através de um bloco de contatos auxiliares, como podemos ver na Figura 07.

Figura 07 - Bloco de contatos auxiliares



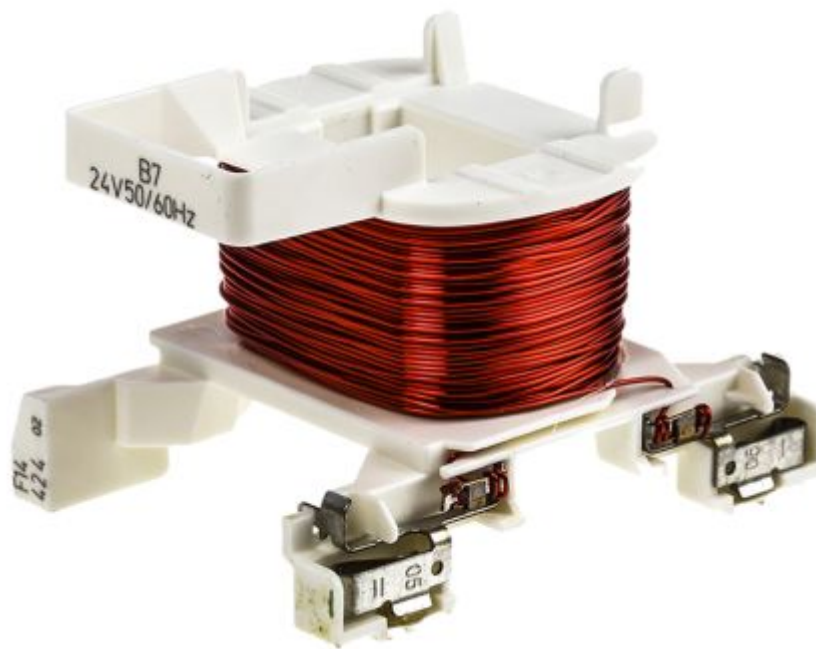
Fonte: Adaptada de DESIGN JET. Disponível em:

<http://design.jet.com.br/santil/Produto/multifotos/hd/1684865Bloco-Contator-Auxiliar-3RH19-2138451785.jpg>. Acesso em: 10 out. 2017.

1.3.1.3 Circuito eletromagnético

O circuito eletromagnético de um contator consta essencialmente de três partes: o núcleo de ferro fixo com uma mola, outro núcleo de ferro móvel, chamado de armadura, e uma bobina. Esta bobina pode operar com correntes contínua ou alternada, conforme podemos visualizar na Figura 08.

Figura 08 - Bobina de contator



Fonte: Adaptado de AMIDATA S.A. Disponível em:: <https://es.rs-online.com/web/p/contactores/3949166/>. Acesso em: 10 out. 2017.

Quando a bobina é atravessada pela corrente elétrica, é gerado um campo eletromagnético que atrai a parte móvel (armadura), onde os contatos móveis se situam. Este movimento gerado une os contatos fixos com os móveis, os que antes estavam abertos fecham-se e os que estavam fechados são abertos.

No mercado existem bobinas que podem ser alimentadas na tensão de 380 V (fase + fase), ou preferencialmente inferior, como 220 V fase e neutro, ou ainda, reduzida por transformador ou fornecida por outra fonte de alimentação com valores de até 24 V. Além disso, a bobina é calculada de tal forma que permita uma variação em sua tensão de alimentação da ordem de 85 a 110 % da nominal.

Ao ser ligada a bobina à corrente alternada, cada vez que o fluxo for zero, a armadura tende a se separar do núcleo com uma frequência dupla da frequência da rede (120 vezes por segundo). Esse tempo é muito curto para que haja uma separação definitiva entre a armadura e o núcleo, mas é suficiente para originar um ruído e uma vibração que, de forma continuada, danificará o contator. Para contornar esse inconveniente colocam-se nas colunas laterais do núcleo duas espiras denominadas shunt, que têm por função fornecer um fluxo a circuito magnético quando a bobina não o produzir.

1.3.1.4 Sistema de sopro do contator

O sistema de Sopro tem a função de eliminar o arco elétrico formado no interior da câmara de extinção de arco do contator, quando ocorre o desligamento do contator que estava em operação provocando a abertura dos contatos. Este desligamento é sempre acompanhado pela formação de um arco voltaico. Para que as peças em contato não sejam danificadas nessa operação, deve-se reduzir o arco ou eliminá-lo o mais rápido possível.

Com o início do afastamento das peças que estavam em contato na operação de desligamento, a corrente passa a circular de um contato para o outro através de uma estreita área de contato. A corrente que passa por essa pequena área aquece intensamente o material dos contatos, provocando fusão e posterior vaporização.

A conexão é então desfeita e a corrente circulará através do arco voltaico. O arco vai aumentando à medida que os contatos vão se afastando até uma distância que pode chegar a 2 mm, provocando nos pontos de nascente dos arcos (peças de contato) uma queima. Apenas com o aumento da distância entre as peças de contato é que o arco sofre um deslocamento e, com auxílio do seu próprio campo magnético, é empurrado para fora das peças de contato, aumentando o seu comprimento.

1.3.1.5 Suporte do contator

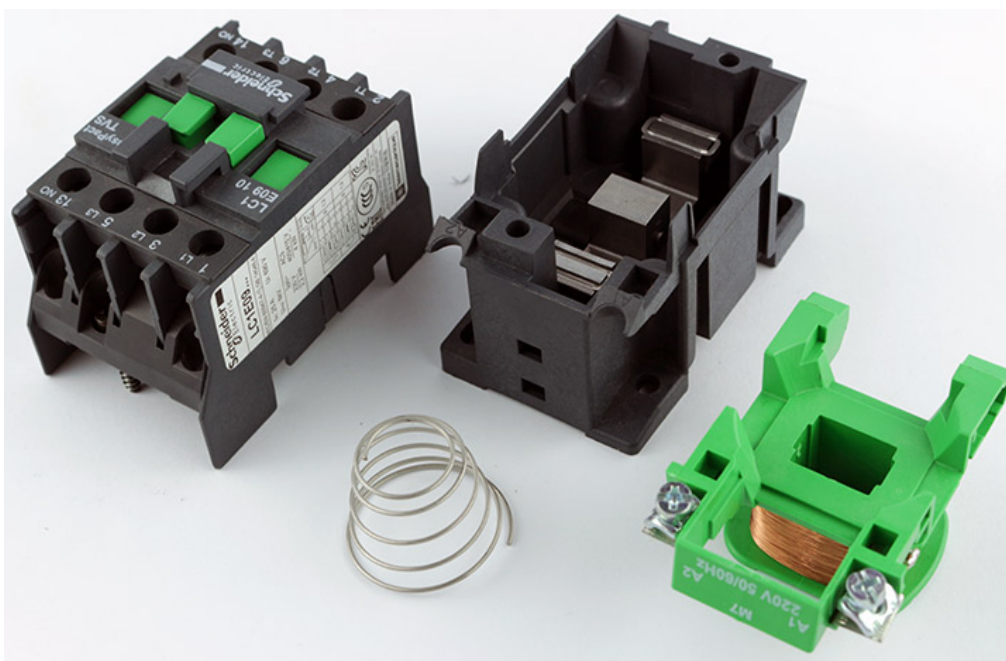
O suporte do contator é a sua própria carcaça, ele serve para fixar os contatos principais e auxiliares, juntamente com o circuito eletromagnético em uma caixa de material isolante e não higroscópico, com a finalidade de evitar introdução de sujeira e corpos estranhos.

Materiais higroscópicos são aqueles que apresentam a propriedade de absorverem a água, seja através de reações químicas ou físicas.



O suporte, ou a carcaça, como é mais conhecida pode ser visto na Figura 09.

Figura 09 - Suporte do contator



Fonte: SALA DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.saladaeletrica.com.br/wp-content/uploads/2016/09/contator-de-pot%C3%A2ncia.jpg>. Acesso em: 10 out. 2017.

1.3.2 Dimensionamento do contator

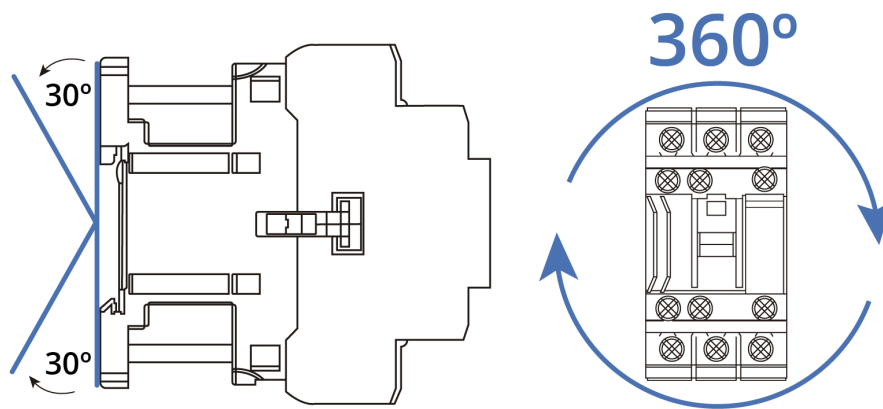
Para o correto dimensionamento de um contator que tenha o objetivo de acionar uma determinada carga se faz necessário ter o conhecimento pleno dos seguintes itens:

- a. tipo da corrente aplicada à bobina (alternada ou contínua);
- b. tensões de alimentação da bobina e de serviço;
- c. frequência da tensão de alimentação da bobina;
- d. posição de montagem do contator;
- e. expectativa da vida mecânica do contator;
- f. expectativa da vida elétrica dos contatos;
- g. potência da carga e sua corrente nominal da carga;
- h. categoria de emprego;
- i. tipo da carga, ou a categoria de emprego.

O tipo de corrente, a frequência e o valor da tensão a ser aplicada na bobina deverão ser definidos na hora em vamos selecionar o contator, por que fazer uso de um componente que foi projetado para funcionar em corrente contínua e usá-lo na corrente alternada, ou na tensão e/ou frequência da rede diferentes, poderá provocar a diminuição de sua vida útil, assim como a diminuição da força de atração dos contatos o que provocará o mau funcionamento do mesmo.

A posição de montagem também está associada com o mau funcionamento do contator, pois eles são projetados para serem instalados totalmente na vertical, admitindo uma tolerância na inclinação de no máximo 30°, como visto na Figura 10. Contudo, existem outros modelos que podem ser instalados com qualquer inclinação.

Figura 10 - Instalação do contator com a inclinação

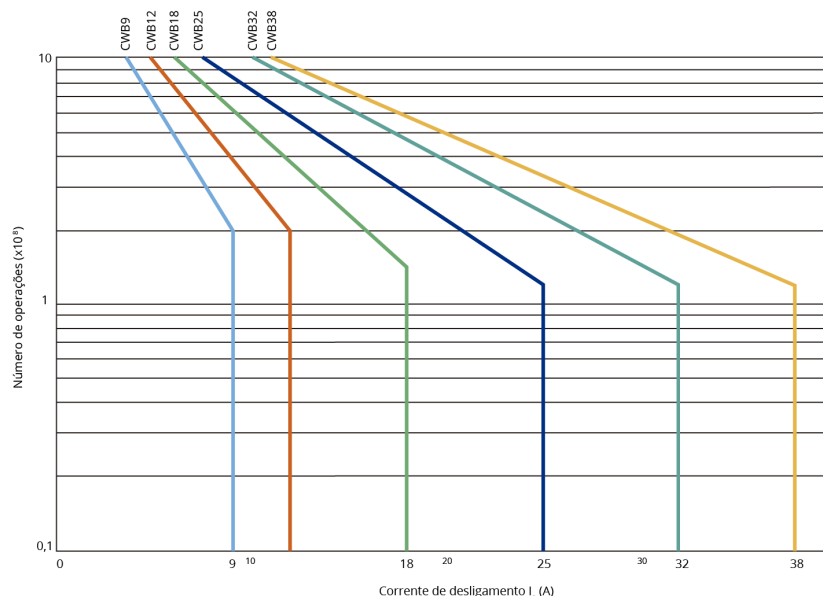


Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016a).

No tocante a expectativa de vida mecânica, os contatores podem ter de $10 * 10^6$ a $30 * 10^6$ manobras. Já a expectativa de vida elétrica está relacionada com a corrente de desligamento. Por exemplo, nos contatores WEG, cuja categoria de emprego seja AC3, aplicados numa tensão inferior a 440 Vca, nos modelos CWB9 e CWB12 tem sua expectativa de vida elétrica na ordem de $2 * 10^6$, conforme podemos observar no gráfico da Figura 11.

Figura 11 - Gráfico da expectativa de vida dos contatores WEG

Categoria AC-3 ($U_e \leq 440V$ CA)



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016a).

O tipo de carga a ser acionado pelo contator é associada a categoria de emprego. Esta categoria caracteriza o tipo de utilização dos contatores conforme a carga e condições de serviço. Dessa forma A norma IEC 60947-4.1 apresenta a seguinte classificação para os contatores em CA (AC1, AC2, AC3... AC15) e para corrente contínua a IEC 947-4.1 estabelece a seguinte classificação (DC1, DC2, DC3 e DC5).

Assim, mostraremos a descrição de quatro das principais categorias para corrente alternada e também quatro categorias para corrente contínua, que são:

AC1 Cargas fracamente indutivas ou não indutivas (ex. fornos a resistência);

AC2 Partida de motores de anéis com frenagem por contracorrente;

AC3 Partida de motores de indução tipo gaiola, com funcionamento normal (bombas, ventiladores, etc.);

AC4 Partida de motores de indução tipo gaiola, com manobras intermitentes, frenagem por contracorrente e reversão.

AC6b Para manobra de capacitores de acordo com as normas IEC 60947-1, proporcionam a melhor solução para o chaveamento de cargas puramente capacitivas, utilizadas para correção do fator de potência.

DC1 Os contadores desta categoria se destinam a operar aparelhos em tensão contínua pouco indutiva, ou suavemente indutiva, fornos resistivos;

DC2 Neste caso os contadores se destinam a operar aparelhos em tensão contínua e podem ser aplicados para partida, frenagem contracorrente bem como acionamento por impulsos de motores shunt; a constante de tempo deve ser inferior ou no máximo igual a 2 ms. Condição para os contadores: No desligamento o contador deve ser capaz de interromper a corrente de 2,5 vezes a corrente nominal sob a tensão nominal e no ligamento, estabelece a mesma corrente;

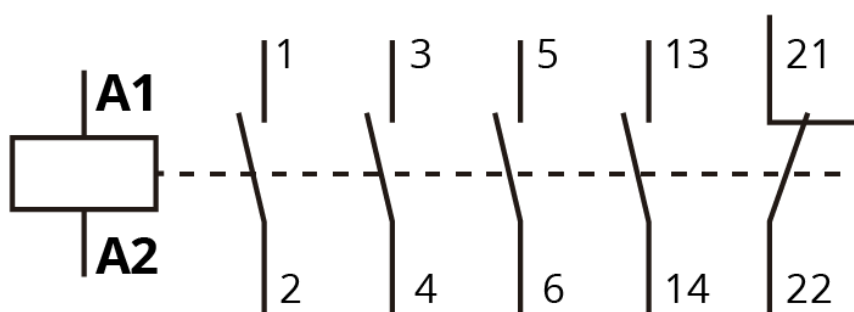
DC3 motores shunt: partida, inversão de fases e funcionamento por pulsos. Freios dinâmicos de motores de C.C;

DC5 Os contadores desta classe são aplicados na partida, frenagem contracorrente e acionamento por pulsos de motores CC série com constante de tempo $\leq 7,5$ ms. O contador deve ser capaz de estabelecer um pico de corrente com valor igual a 2,5 vezes corrente nominal e interromper a mesma corrente sob uma tensão que pode chegar a ser igual à da rede.

1.3.3 Numeração dos contatos

A norma IEC 60497 define a numeração dos contatos da bobina dos: principais e auxiliares. Sendo definido que a numeração dos contatos da bobina será representada pela letra maiúscula (A) seguida de dois números (1 e 2). Para os contatos principais (força) a numeração foi definida da seguinte maneira: na parte superior do contador, terão os números 1, 3 e 5, na parte inferior 2, 4 e 6, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Esquema com numeração dos contatos



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016a).

Nos contatos auxiliares dos contatores a numeração foi definida por dois algarismos expressa da seguinte maneira: Os primeiros algarismos indicam a posição do contato no contator, ou seja, sempre iniciando da esquerda para direita, teremos o primeiro contato. Já o segundo número indica sua função, se aberto ou fechado. Se ele for normalmente aberto NA, terão suas terminações nos algarismos 3 ou 4, sendo o 3 para parte superior do contator e o 4 para parte de baixo.

Porém, se forem contatos normalmente fechado NF, as terminações serão 1 ou 2, da mesma forma que o anterior, o 1 será parte de cima do contator e o 2 para parte de baixo. Assim, se um contator de força tiver dois contatos auxiliares, sendo um NA e outro NF, ele terá a seguinte numeração representada na Figura 12.



Saiba Mais

Para finalizar este tópico sobre o dimensionamento de contatores, você pode visitar o site de um fabricante de contatores, por exemplo a WEG (<http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Partida-e-Protecao-de-Motores/CWM-Contatores-de-9-a-105A>).

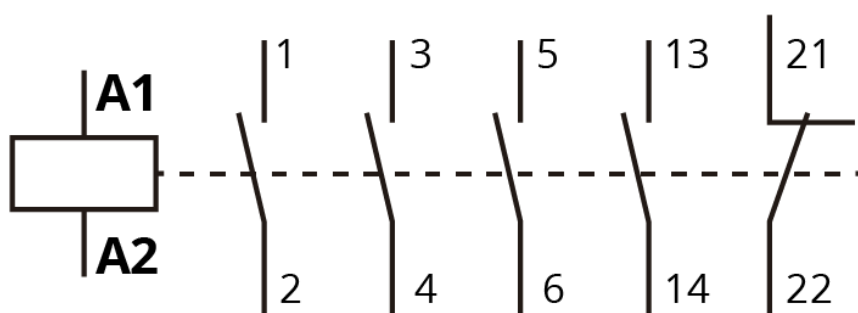
Neste site, é possível ter acesso aos catálogos do produto, guia de instalação, configurações e operação e a manual técnico sobre contatores, com um guia de seleção de partidas e os respectivos contatores.

1.4 Relé térmico

O relé térmico também chamado de relé de sobrecarga, visto na Figura 13, é utilizado nos circuitos de acionamento de motores, com o objetivo de proteger o mesmo contra sobre aquecimento provocado por correntes de sobre carga ou a falta de uma das fases no circuito, o que leva ao aumento das correntes nas outras duas fases e também ao aquecimento no relé.

Já para proteção das correntes de curto circuito que venham a ocorrer no acionamento do motor o relé não é o equipamento indicado, pois sua atuação é lenta quando se compara a outros componentes de proteção, como os fusíveis e disjuntores.

Figura 12 - Relé térmico



Fonte: Adaptado de ELETROLICO. Disponível em:

<http://d2fvaqynuect8.cloudfront.net/assets/40550/produtos/518/rw67.jpg>. Acesso em: 18 out. 2017.

A forma de montagem do relé térmico permite que seja acoplado diretamente aos contatores quando se trata de relé de pequenas potências. Porém, a partir de correntes maiores, acima de 100 Ampères ele será montado na forma individual. A Figura 14 apresenta um relé de montagem individual.

Figura 14 - Imagem do relé térmico para potências maiores

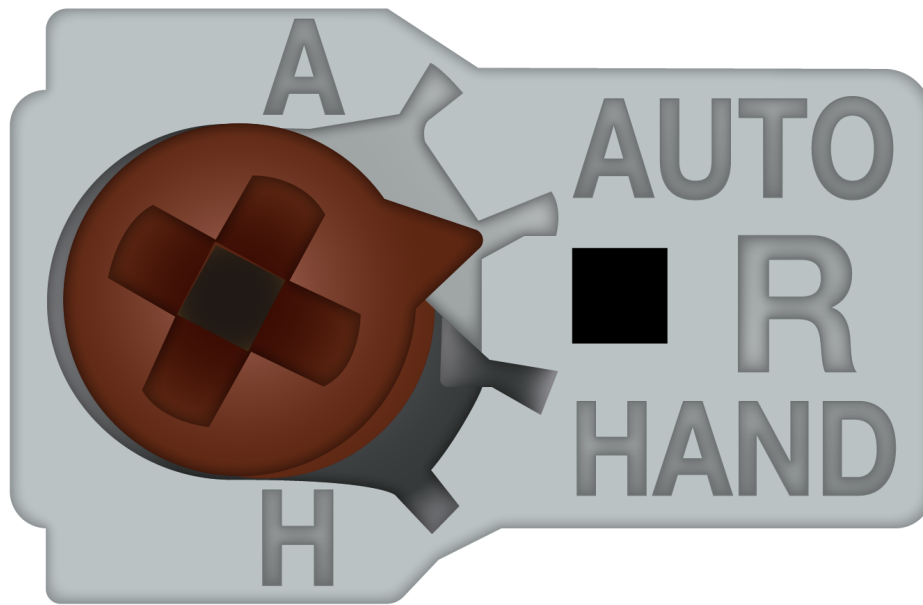


Fonte: Adaptado de SIBRATEC. Disponível em: <http://sibratec.ind.br/imagens/thumbs.php?w=400&h=453&imagem=./binario/2007/jrs2-120-150.jpg>. Acesso em: 18 out. 2017.

1.3.4 Botão de reset

Na parte frontal do relé existe um botão de reset, como pode ser visto na Figura 15. Esse botão tem mais funções incorporadas que pode ser ajustado com uma chave tipo Philips.

Figura 15 - Botão de auto reset



Fonte: Adaptação de ELÉTRICA NA SUA VIDA.. Disponível em:

<http://eletricaemsuavida.blogspot.com.br/2014/10/voce-sabe-interpretar-corretamente-os.html>.

Acesso em: 18 out. 2017.

Caso o botão do reset seja colocado na posição (A) se acontecer alguma anomalia e o relé desarmar, logo que ocorrer o resfriamento do bimetálico o relé irá armar automaticamente.

Se o botão for posicionado na condição de (AUTO) o relé irá permitir fazer a mesma função descrita em (A), mas vai permitir também que se possa fazer um teste de atuação do relé.

Na posição HAND será habilitada a função de rearme manual do relé através do botão Reset de teste. Por fim, se posicionar em (H) o relé terá apenas a condição de ser rearmado manualmente. Porém, o rearme só será possível depois que é transcorrido algum tempo após o acontecimento do disparo.

Os relés de sobrecarga RW necessitam de um determinado tempo para o resfriamento dos bimetálicos após o disparo. Somente após este tempo é que o relé poderá ser rearmado. Este intervalo de tempo é uma função da curva de disparo e da intensidade da corrente de disparo.

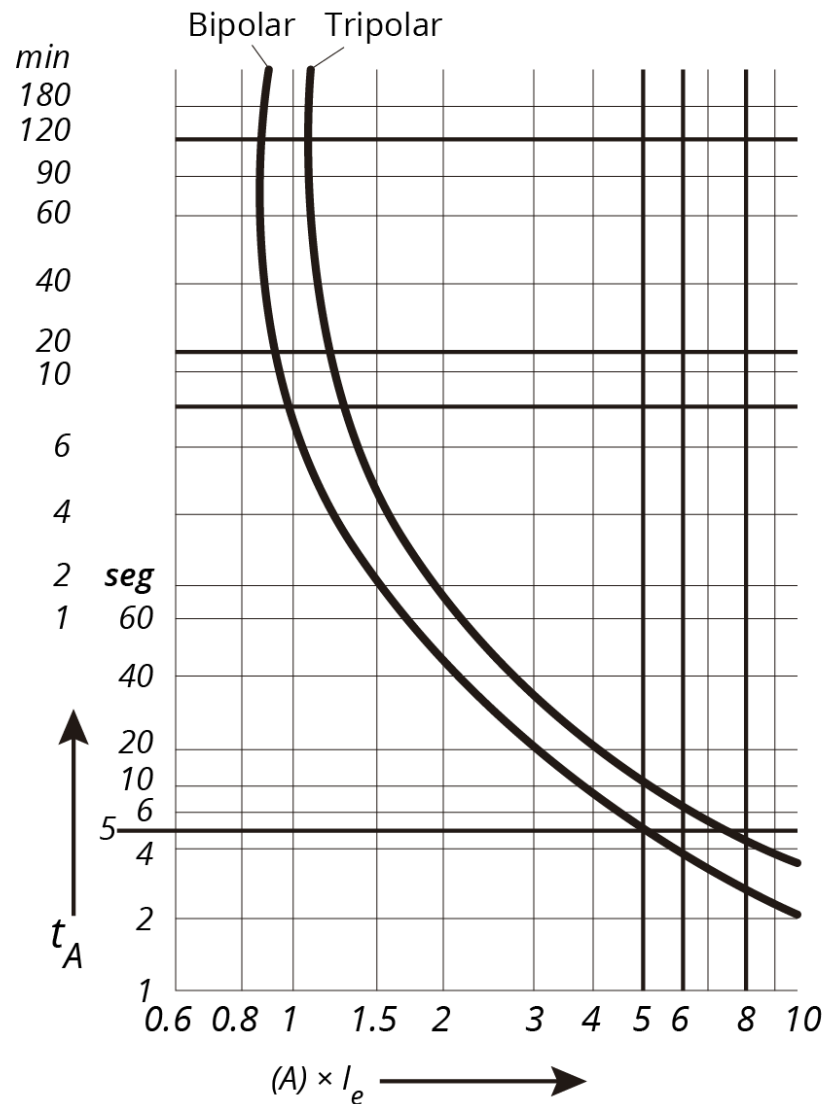
A curva característica de disparo é a relação entre tempo e corrente de desarme. Os limites da corrente de disparo, nos relés de sobrecarga bimetálicos RW para cargas trifásicas simétricas se situam entre 105% e 120% da corrente de ajuste.

A curva característica de disparo de um relé de sobrecarga RW é válida quando as três fases estiverem sob a mesma intensidade de corrente. Se ocorrer uma falta de fase, o tempo de desarme será mais longo ou um valor maior de corrente será necessário para que o mecanismo dispare.

Este valor maior de corrente necessário pode resultar em um dano à carga se permanecer durante muito tempo. Para evitar isso, os relés de proteção contra sobrecarga RW são equipados com um sensor de falta de fase, que acelera a atuação das duas fases ativas sobre o mecanismo de disparo, mantendo as características da curva de disparo adequada.

A figura com a curva a seguir mostra valores médios da faixa de tolerância, com temperatura ambiente de 20 °C partindo do estado frio. Ela mostra o tempo de disparo em relação à corrente nominal. Para uma temperatura de operação diferente, o tempo de disparo do relé térmico reduz-se para aproximadamente 25% do apresentado. A Figura 16 apresenta a curva de disparo de um relé.

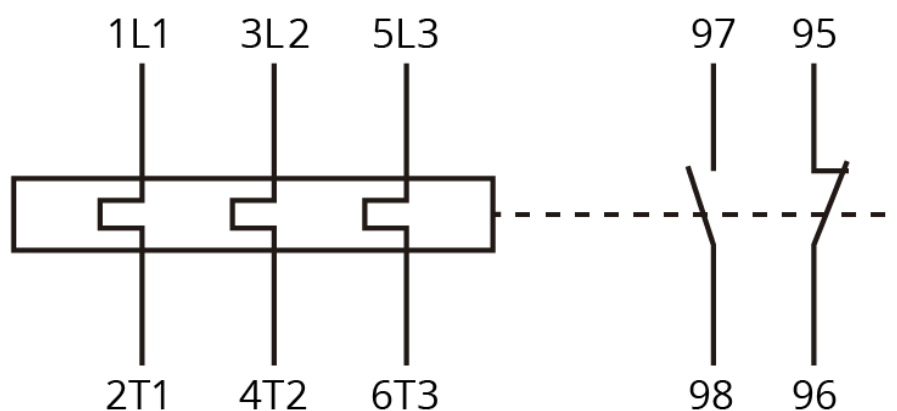
Figura 16 - Curva de disparo versus tempo para um relé



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016b).

Os relés térmicos são equipados normalmente com dois contatos auxiliares (NA – 97,98 e NF – 95,96) que são utilizados na linha de comando. A representação simbólica do relé e dos contatos pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 - Esquema de ligação de um relé térmica



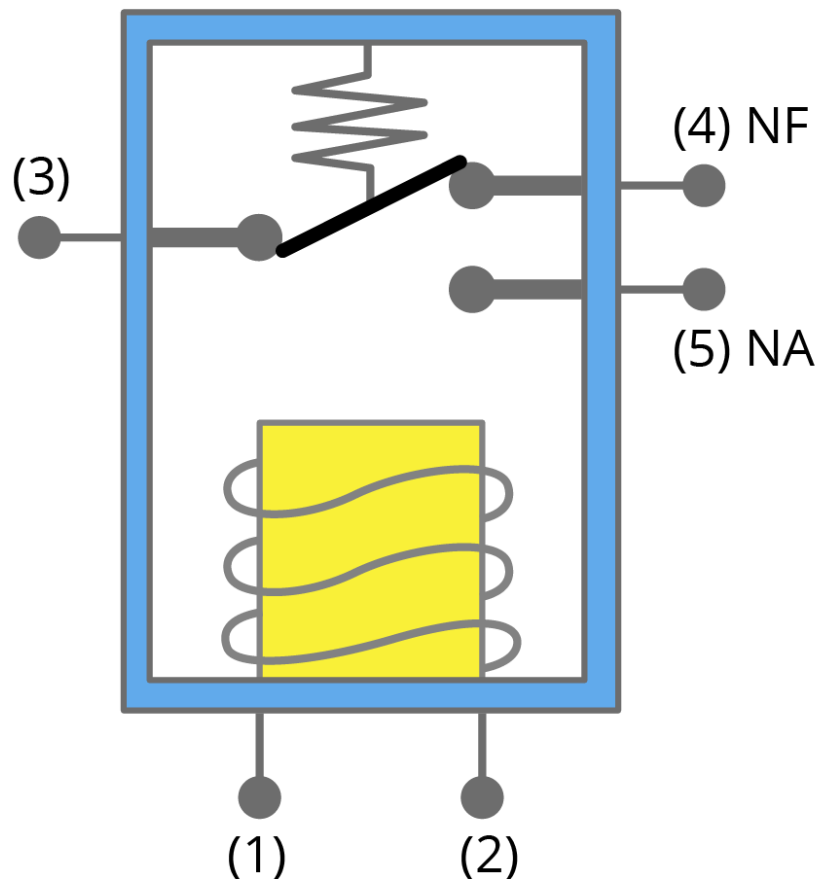
Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016b).

1.4 Relés

Os relés são 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. São fabricados para três tipos de atuação, sendo uma para temporização, outra para proteção e para o controle de nível.

Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais, como pode ser visto na Figura 18. Os terminais (1) e (2) correspondem à bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada (comum), e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente.

Figura 18 - Diagrama esquemático de um relé



Fonte: Adaptado de SOUZA, N. S. Disponível em: <https://www.saladaeletrica.com.br/wp-content/uploads/2016/09/contator-de-pot%C3%A2ncia.jpg>. Acesso em: 18 out. 2017.

Uma característica importante dos relés, como pode ser observada na Figura 17 é que a tensão nos terminais da sua bobina (1) e (2) pode ser diferente do valor da tensão aplicada aos terminais (3), (4) e (5), elas podem trabalhar com tensões diferentes porque não há ligação física entre o circuito da bobina e o circuito que aciona e os terminais de trabalho.

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

- **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.
- **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.

1.4.1 Relés temporizadores

Os relés são dispositivos eletrônicos que permitem, em função de tempos ajustados, comutar um sinal de saída de acordo com a sua função. São dispositivos muito utilizados em automação de máquinas e processos industriais como partidas de motores, quadros de comando, fornos industriais, injetoras, entre outros.

Em nossas aulas, utilizaremos as informações de catálogo do fabricante WEG. O mesmo segue as Normas IEC/EN 1812-1, 60497-1, 60497-5-1 e UL 508 CAN/CSA C22.2 na fabricação dos componentes.

Os relés possuem eletrônica digital que proporciona elevada precisão, repetibilidade e imunidade a ruídos. São projetados de acordo com normas internacionais, um exemplo é o RTW, que constitui uma solução compacta e segura, em caixas com 22,5mm de largura para montagem em trilho DIN 35mm, como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Relé temporizador



Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016b).

Os relés são fabricados nas configurações com 1 ou 2 saídas NA/NF e alimentado em corrente alternada nas tensões de 24V 50/60Hz, 48V 50/60Hz, 110-10V 50/60Hz, 220-240V 50/60Hz ou 24Vdc. Com 7 faixas de temporização, o RTW pode ser ajustado de 0,3 segundos a 30 minutos com elevada confiabilidade e precisão. Quando o LED vermelho estiver aceso indica que o contato de saída comutou e o LED verde aceso indica que o relé está energizado. Este relé tem as seguintes funções de temporização que poderá ser escolhida pelo usuário:

- RE – Retardo na Energização;
- PE – Pulso de Energização;
- CI – Cíclico 2 ajustes Início Ligado;
- CIR – Cíclico 2 ajustes Início desligado;
- CIL – Cíclico 1 ajuste Início Ligado;
- CID – Cíclico 1 ajuste Início Desligado;
- RD – Retardo na desenergização com comando;

- RD – Retardo na desenergização sem comando;
- ET – Estrela – Triângulo.



Atenção

Você poderá saber mais detalhes sobre essas funções consultando o manual da WEG mencionado em nossa aula, é importante que você adote essa referência em seus estudos e consulte-o sempre que precisar!

1.4.2 Relés de proteção

Os relés protetores são produzidos para o monitoramento do sistema trifásico na proteção contra falta de fase, falta do neutro da rede e inversão da sequência de fase. Eles são muito importantes na operação dos atuadores por diversos motivos, entre eles temos que máquinas podem sofrer avarias ou serem destruídas, na falta de tensão, ou até a inversão de fases. Assim, os processos fatalmente serão interrompidos, ocasionando graves prejuízos. A Figura 20 apresenta uma imagem do relé de proteção.

Figura 20 - Relé de proteção



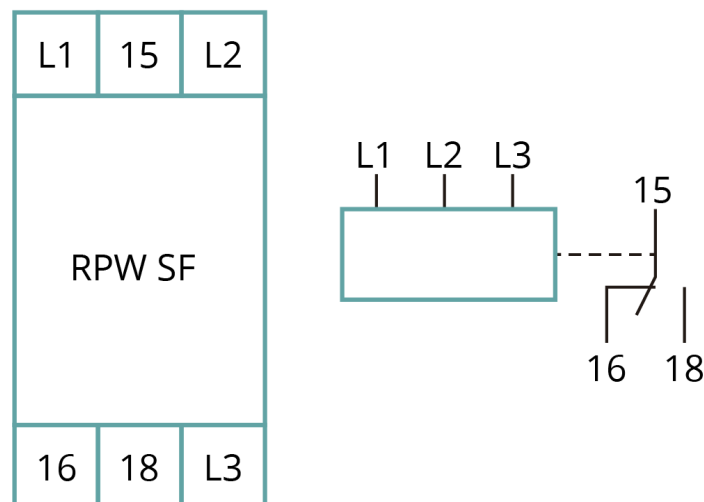
Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016b).

Eles são muito importantes na operação dos atuadores por diversos motivos, entre eles temos que máquinas podem sofrer avarias ou serem destruídas, na falta de tensão, ou até a inversão de fases. Assim, os processos fatalmente serão interrompidos, ocasionando graves prejuízos. Suas funções de proteção estão listadas abaixo:

- RPW SF – Protetor, Sequência de Fase;
- RPW FF – Protetor Falta de Fase;
- RPW FSF – Protetor Falta e Sequência de Fase;
- RPW SS – Protetor Sub e Sobretensão;
- RPW PTC – Protetor para monitoramento de temperatura do motor com sonda PTC.

O esquema de ligação dos relés de proteção é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Esquema de ligação de um relé de proteção



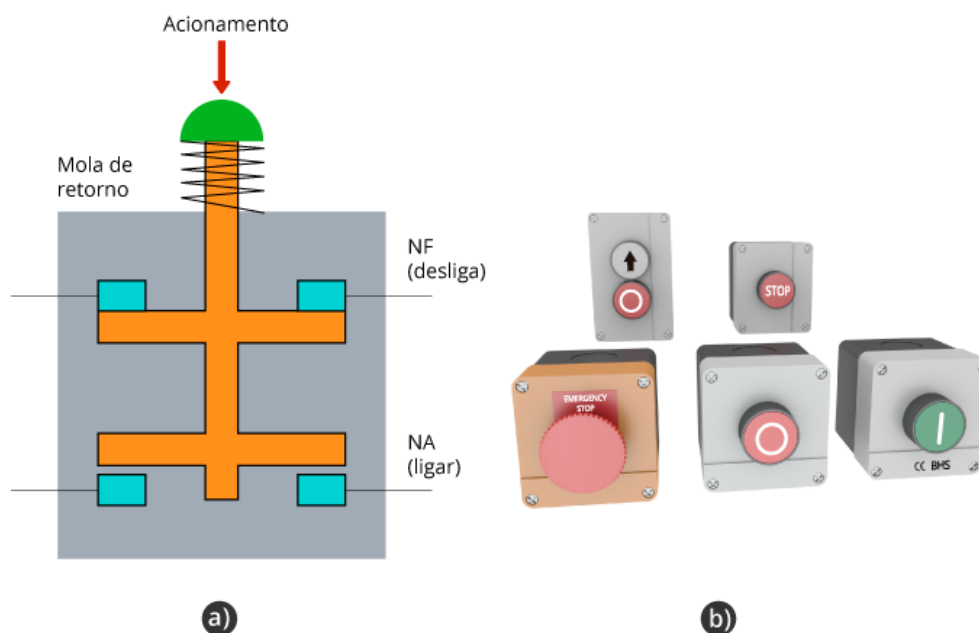
Fonte: Adaptado de WEG S.A. (2016b).

1.4.3. Botoeiras para comando

Quando se fala em ligar um motor, o primeiro elemento que vem à mente é o 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, destas 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 para 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 22. O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porquê da existência de um selo no circuito de comando.

Figura 22 - Diversos modelos de botoeiras



A botoeira faz parte da classe de componentes denominada “elementos de sinais”. Estes são dispositivos pilotos e nunca são aplicados no acionamento direto de motores. Esta é uma forma elementar de intertravamento. Note que o retorno é feito de forma automática através de mola. Existem botoeiras com apenas um contato. Estas últimas podem ser do tipo NA ou NF.

Ao substituir o botão manual por um rolete, tem-se a chave fim de curso, como visto na Figura 23 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.

Figura 23 - Fim de curso com rolete



Fonte: Adaptado de ELETRO PEÇAS. Disponível em:

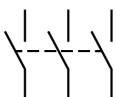
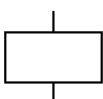
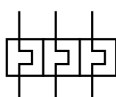
https://www.eletopecas.com/uploads/ProdutoDestaque/ProdutoDestaque_3161_orig.jpg.

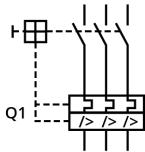
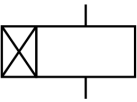
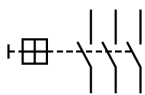
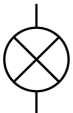
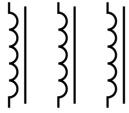
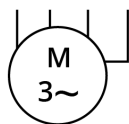
Acesso em: 18 out. 2017.

Outros tipos de elementos de sinais são os Termostatos, Pressostatos, as Chaves de Nível e as chaves de fim de curso (que podem ser do tipo de roletes). Todos estes elementos exercem uma ação de controle discreta, ou seja, ligar/desligar, 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, ele irá atuar religando o mesmo.

Essa operação de ligar e desligar deve ser representada através de um desenho, no qual haverá a divisão em um circuito de força, representando a estrutura de maior potência para acionar o motor e um de comando, que representa um mínimo valor de potência. Em ambos circuitos devemos representá-los através de símbolos acompanhados de números indicando a sua posição e função.

Desta forma é importante que saibamos utilizar estes símbolos no desenvolvimento dos projetos destes circuitos. A seguir mostraremos através da Tabela 01 a simbologia dos principais componentes de força e de comandos que estão sendo utilizados para o desenvolvimento do acionamento de motores elétricos.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NA 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 aberto (NF)

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	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

Nas próximas aulas, retomaremos a explicação sobre alguns dos itens dessa tabela, agora com esse conteúdo sobre simbologia dos componentes encerramos a nossa quinta aula.

Você estudou os diversos componentes que podem fazer parte das chaves de partida de motores elétricos, com suas características operacionais, suas especificações e aprendeu a selecionar os componentes para uma aplicação adequada.

Caso tenham percebido algum problema no decorrer da aula, fiquem à vontade para usar o fórum e expor suas dúvidas! Estamos à disposição para discutir cada ponto levantado e melhorar o entendimento de vocês e, consequentemente, o material!



Leitura complementar

STEPHAN, Richard M. **Acionamento, comando e controle de máquinas elétricas**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2012.

WEG S. A. **Automação**: comando e sinalização: linha CEW. Jaraguá do Sul: [s. n.], 2017. Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/WEG-comando-e-sinalizacao-linha-cew-50009829-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.



Resumo

Nesta aula, conhecemos os diversos componentes que podem fazer parte das chaves de partida de motores elétricos, com suas características operacionais, suas especificações e aprendemos a selecionar os componentes para uma aplicação adequada.



Autoavaliação

1. Qual a função dos fusíveis e disjuntores em uma chave de partida?
2. Porque não devemos utilizar botoeira sem mola de retenção nas partidas dos motores?
3. No processo de escolha de contadores qual a importância que se deve ter com a CATEGORIA DE EMPREGO?
4. No relé de sobrecarga se o botão de RESERT for posicionado na posição "A" irá ocasionar o rearme do relé, quando este sofrer uma ação de disparo. Caso o motor esteja sofrendo uma sobrecarga no eixo, seria prudente ajustar o relé para essa posição, ou escolher outra posição satisfatória? Justifique sua resposta.



Referências

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. São Paulo: Ed. Érica, 2013.

WEG S. A. **Automação**: fusíveis aR e gL/gG: tipo NH: contato faca, NH flush end e diametral. Jaraguá do Sul: [s. n.], 2016a. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-fusiveis-ar-e-gl-gg-50009817-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

WEG S. A. **Automação**: catálogo geral contadores e relés de sobrecarga. Jaraguá do Sul: [s. n.], 2016b. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-contadores-e-reles-de-sobrecarga-catalogo-geral-50026112-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.