

Eletricidade: acionamento de motores elétricos

Um problema

Como se pode converter energia elétrica em energia mecânica? Considere a situação descrita a seguir.

Tic-tac, blamp-blump, zuuummmm... São as máquinas em movimento.

É o movimento automatizado das máquinas que substitui na prática o trabalho humano.

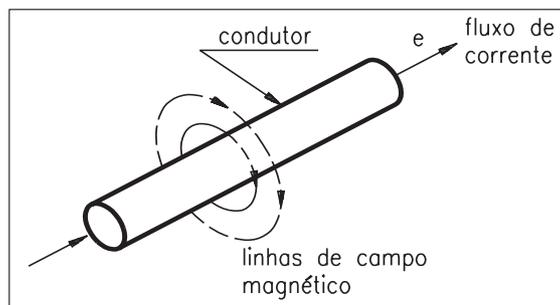
Vamos examinar o trabalho mecânico das máquinas. Quando as lâminas de um liquidificador giram para triturar uma fruta, ou quando um robô ergue uma peça, podemos dizer que essas máquinas estão desenvolvendo sua capacidade de trabalho mecânico, isto é, sua energia mecânica. Mas energia é alguma coisa muito séria para ser produzida por uma máquina.

Em geral, as máquinas não produzem energia. Elas apenas convertem a energia que recebem em outra forma de energia. As máquinas elétricas convertem energia elétrica em energia mecânica para poderem trabalhar. Pode reparar: o liquidificador tem lá um motorzinho que gira quando ligado na tomada, o robô tem motores elétricos que são acionados para movimentar mecanismos que erguem, giram, agarram e soltam. E outras máquinas também possuem motores elétricos que são os responsáveis pela conversão da energia elétrica em energia mecânica.

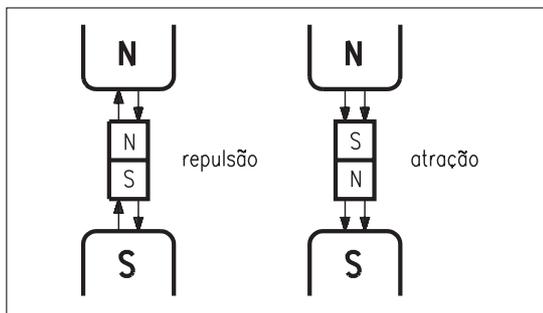
Nesta aula, vamos estudar o princípio de funcionamento dos motores elétricos, tão importantes para a automação de equipamentos e processos de fabricação quanto os motores a combustão para os automóveis. Sem eles, simplesmente não haveria automação. Apresentaremos também alguns dos modelos de motores elétricos existentes, destacando suas diferenças e aplicações.

Princípio de funcionamento

O funcionamento dos motores se baseia num princípio físico relativo ao campo magnético gerado ao redor de um condutor quando percorrido por uma corrente elétrica.



Campos magnéticos de mesma polaridade se repelem e campos magnéticos de polaridade diferente se atraem.

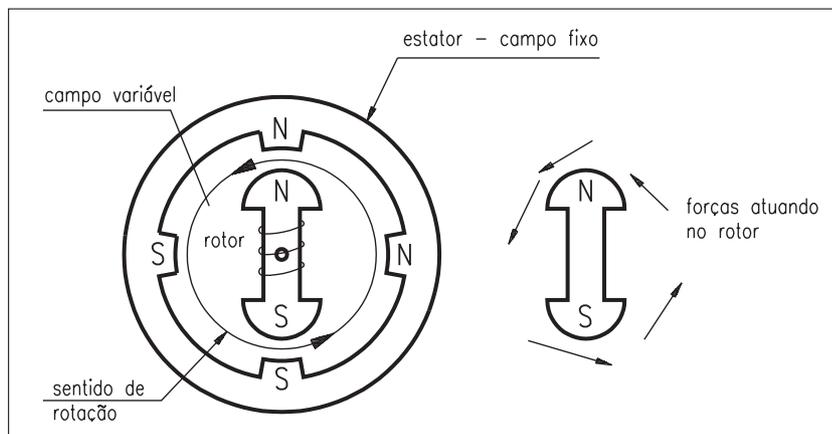


A finalidade de um motor elétrico é gerar movimento. Assim, sua construção deve prever peças móveis que se movimentem de acordo com o campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre os condutores do motor.

Os elementos básicos de um motor são:

Estator – pelo nome, podemos deduzir que se trata de uma parte fixa. Nesta parte do motor normalmente existem campos magnéticos fixos, criados por ímãs permanentes ou eletroímã.

Rotor – é uma parte móvel do motor, ligada ao eixo de transmissão de movimento. Nesta parte do motor normalmente existem bobinas, percorridas por correntes elétricas que geram campos magnéticos. Em função da polaridade, os campos magnéticos submetem o rotor a forças de atração e repulsão, produzindo o movimento giratório do rotor.



Coletor ou comutador – esta parte do motor liga as bobinas à rede elétrica, de modo que o rotor se movimenta sem curtos-circuitos nos fios ligados à rede elétrica.

Bobinas – são enrolamentos de condutores percorridos por corrente elétrica. Devido ao fluxo de elétrons, os enrolamentos ficam submetidos a um campo magnético que interage com o campo magnético do estator, gerando o movimento desejado.

Escovas – são contatos do comutador.

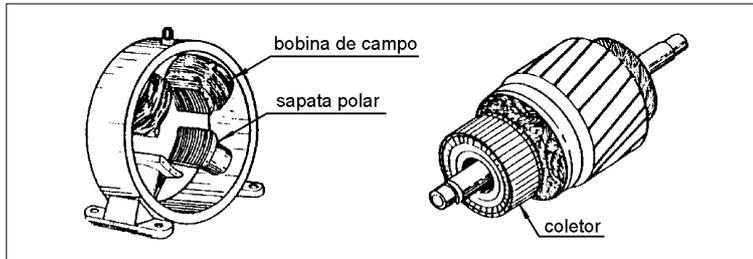
Em resumo, o magnetismo de ímãs em movimento gera corrente elétrica em circuitos fechados ou bobinas de condutores. Também ocorre o efeito contrário: corrente elétrica num condutor gera magnetismo ao seu redor, formando um **campo magnético**.

Campo magnético: espaço localizado ao redor de um ímã ou de um fio percorrido por corrente elétrica, e no qual ocorrem fenômenos magnéticos de atração e repulsão entre corpos.

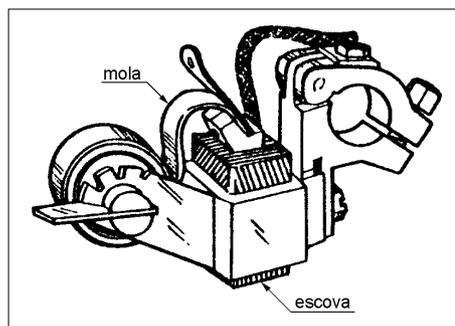
Os motores são construídos para que se possa aproveitar os efeitos magnéticos da corrente elétrica.

Motores de corrente contínua

Como você pode ver na figura a seguir, o motor de corrente contínua é constituído de uma parte fixa e outra móvel.



A parte fixa, que chamamos de estator, possui peças fixas (sapatas polares) em torno das quais se enrolam fios de cobre, formando bobinas. Com a passagem da corrente contínua, criam-se pólos magnéticos ao redor das peças polares, que substituem os ímãs apresentados na segunda figura do tópico **Princípio de funcionamento**. Duas escovas de grafita também ficam presas ao estator e recebem os pólos da tensão elétrica contínua que alimenta o motor.



A parte móvel, chamada rotor, pode girar em torno do estator, pois as bobinas do estator são percorridas por uma corrente elétrica que chega até elas pelo comutador.

O fio movimenta-se ao ser atravessado pela corrente e faz girar o rotor. Isso acontece devido ao magnetismo dos campos permanentes do estator, que exercem uma **força magnética** sobre os elétrons em movimento no interior do condutor, tentando modificar suas trajetórias; o sentido da força depende do sentido da corrente.

Ao girar, o fio perde o contato com as escovas ligadas ao comutador. Entretanto, este movimento logo coloca um novo par de terminais de fio em contato com as escovas, e o rotor continua em movimento.

O comutador funciona como uma combinação automática de chaves que mantém a corrente sempre no mesmo sentido no condutor. Para inverter o sentido de rotação do motor basta inverter a polaridade da tensão elétrica aplicada às escovas.

Motores de corrente contínua podem movimentar cargas pesadas, desde que possuam uma construção resistente. São empregados em guindastes, elevadores, locomotivas, prensas, estamparias e máquinas-ferramenta.

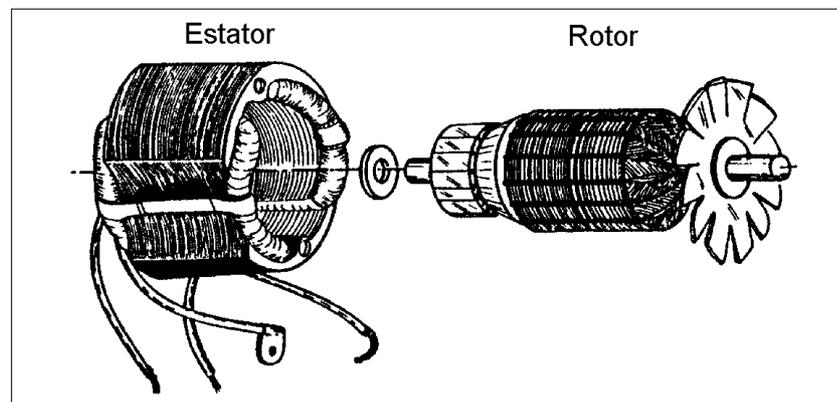
Força magnética: força de natureza magnética que age sobre corpos que apresentam cargas elétricas (elétrons) em movimento no interior de um campo magnético. Qualquer fio sob a ação de um campo magnético é movimentado pela força magnética ao ser percorrido por uma corrente elétrica.

Motores universais de corrente alternada

Os motores de corrente alternada podem ser ligados diretamente à rede elétrica. Graças à maneira como são construídos, aproveitam o efeito da corrente alternada para funcionar.

A figura a seguir mostra estator e rotor de um motor de corrente alternada. Ele é muito parecido com o motor de corrente contínua, pois pode funcionar também com este tipo de corrente. Por isso recebe o nome de motor universal, pois funciona com corrente alternada ou contínua.

É um motor de baixa potência (até 500 watts), muito utilizado em máquinas como liquidificadores, enceradeiras, aspiradores de pó, serras e lixadeiras.



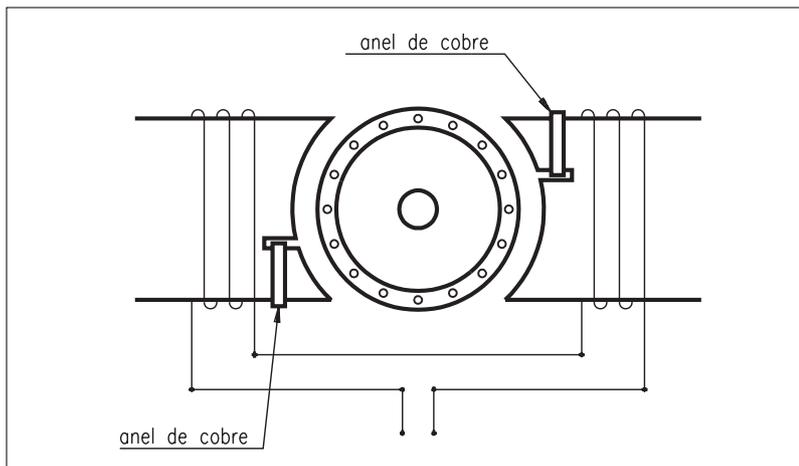
Quando o motor universal recebe corrente alternada, há uma mudança no sentido da corrente nas bobinas do estator e nos fios, mas essa variação não altera o sentido de giro do motor. Só é possível inverter o sentido do movimento de rotação trocando as ligações das escovas pelas bobinas do estator. Assim, o campo magnético fixo muda de polaridade.

Motores de indução de anel

Existem também os motores de corrente alternada sem escovas. São chamados motores de indução. Nestes motores, o magnetismo do estator, ao variar com a corrente alternada que o atravessa, induz correntes no rotor. Essas correntes induzidas no rotor formam ao seu redor um magnetismo que se opõe ao magnetismo do estator. Assim, o motor tende a ficar parado!

Se o rotor estiver em movimento, por inércia ele continuará girando, pois, como os campos se anulam, o resultado das forças é zero. Desta forma, o motor de indução, para funcionar, necessita de um “empurrãozinho” para sair da inércia, do estado parado. Como estamos falando de automação, é claro que esta “mãozinha” não será dada por um homem, mas por uma alteração na construção do motor, que permitirá a partida automática.

A figura a seguir mostra o esquema de um motor de indução, com um anel de cobre no estator. Este anel afeta o campo magnético; portanto, as forças de atração e repulsão se alteram e o resultado deixa de ser zero, fazendo o rotor se movimentar.



Motores de indução de bobina auxiliar

Outros motores utilizam uma bobina auxiliar, que dá aquela “mãozinha” no início. Há duas bobinas no estator: uma de fio mais grosso e com grande número de voltas (é a bobina principal) e outra de fio mais fino e com poucas voltas, usada somente na partida.

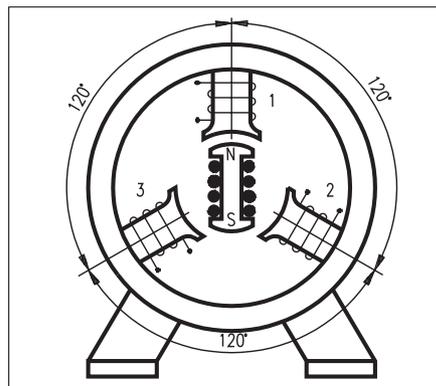
Este motor gira porque há uma diferença entre os magnetismos gerados nas bobinas. Enquanto a bobina auxiliar está operando, o magnetismo decorrente da diferença entre as duas bobinas vai mudando de posição e fazendo o rotor girar. Depois da partida, um interruptor automático existente no motor corta a corrente da bobina auxiliar e o motor continua funcionando normalmente, apenas com o magnetismo da bobina principal.

Motores de indução de anel têm potência máxima na faixa dos 300 watts, e são usados para acionar cargas leves. Os de bobina auxiliar chegam a 600 watts. E, por encomenda, pode-se obter motores de potência ainda maior.

Máquinas trifásicas

Os motores de corrente alternada, de que tratamos até aqui, funcionam com uma só tensão elétrica: 110 V, 220 V ou outras. Estas tensões são aplicadas por meio de dois fios, um deles chamado **fase** e o outro **neutro**. Motores que funcionam assim são chamados monofásicos.

As turbinas das hidrelétricas produzem três tensões, porque têm três bobinas com seus centros distanciados cerca de 120 graus um do outro. As tensões se apresentam em três fases e suas variações são descompasadas (atrasadas umas em relação às outras), embora variem sempre no mesmo ritmo (60 vezes por segundo). Esse sistema é chamado trifásico, e é muito usado em instalações industriais.



As máquinas elétricas se dividem em:

- alternadores, que geram energia elétrica a partir do movimento mecânico rotor;
- motores, que empregam energia elétrica para realizar um movimento (energia mecânica).

Motor elétrico trifásico

O estator do motor trifásico possui três enrolamentos, distantes 120° um do outro. São preparados para receber as tensões do sistema trifásico.

Quando as tensões elétricas do trifásico, atrasadas entre si, são aplicadas às três fases do estator, forma-se um magnetismo que vai mudando de posição e gira conforme o tempo vai passando.

Esse magnetismo giratório induz correntes no rotor. A partir daí, já sabemos o que acontece: o magnetismo força o rotor, sustentado por mancais que acompanham seu movimento.

Nos fios do rotor bobinado pode-se ligar resistências externas que permitem controlar a corrente no rotor. Altas correntes significam altas velocidades.

Os motores trifásicos são utilizados em aplicações que requerem acionamento de cargas pesadas, como guindastes, pontes rolantes e equipamentos transportadores. Podem ser ligados em tensões elétricas de 220 V, 380 V, 440 V e 760 V.

Posição e velocidade dos motores elétricos

Os motores elétricos usados em sistemas de automação geralmente requerem algum controle. Pense num robô que retira uma peça usinada de um torno CNC e a coloca sobre a bandeja de um veículo de transporte. Seus movimentos seriam:

- saindo de uma posição conhecida, partir e acelerar;
- ao aproximar-se de uma posição favorável de ataque à peça, desacelerar até parar;
- aproximar-se da peça a baixa velocidade;
- parar e agarrar a peça;
- partir de volta e acelerar;
- desacelerar até parar numa posição favorável para soltar a peça no veículo;
- soltar a peça.

Os motores elétricos envolvidos neste movimento devem ter controle de velocidade (para aceleração e desaceleração) e de posicionamento. São controles críticos porque se o robô se aproximar da peça numa trajetória errada, dependendo da velocidade de aproximação poderá colidir com algum acessório ou quebrar a peça. O mesmo poderia acontecer na hora de soltar a peça.

Em outras situações, esses controles são determinantes para a qualidade e confiabilidade do trabalho produzido pelas máquinas. Para fresar uma peça numa máquina CNC, costuma-se utilizar três motores elétricos: um para movimentos horizontais, outro para movimentos verticais e um terceiro para movimentos em profundidade. O controle de velocidade e de posicionamento dos três motores mantém as peças dentro de especificações quanto à posição de furos, à profundidade de cavidades etc.

O controle de velocidade e de posicionamento é feito em ciclos de realimentação (*feedback*), nos quais a posição e a velocidade de deslocamento constituem informações importantes para o controle do motor.

Motores elétricos utilizados em ciclos de realimentação normalmente já vêm com sensoriamento acoplado ao seu eixo. Neste caso, o motor passa a receber a designação de “servomotor”, pois torna-se um “escravo” total do ciclo de realimentação. Existem servomotores de corrente contínua e de corrente alternada.

Ao receber os sinais elétricos dos sensores, o módulo de controle opera de modo a variar a potência elétrica do motor. Isto costuma ser feito alterando-se os valores das tensões elétricas entregues ao motor ou, ainda, controlando-se o tempo durante o qual o motor recebe essas tensões.

Hoje, o elemento de comparação é construído por meio de computador ou, no mínimo, com dispositivo eletrônico com características de computador.

O computador deve estar preparado com um programa capaz de receber sinais (na forma de tensões elétricas), compará-los com valores preestabelecidos e devolver sinais para o controle assumir as ações necessárias em relação ao motor: partir, acelerar, desacelerar, parar, conforme o caso.

Motor de passos

Os ciclos de realimentação, que incluem sensores para indicar a posição e a velocidade do motor, tornam complicado aquilo que parecia simples. Para girar um motor até uma determinada posição, com velocidade controlada, são necessários equipamentos sofisticados. Entretanto, existe um tipo de motor que, como veremos, não requer sensoriamento, pois se “comporta muito bem”: é o **motor de passos**.

Este motor, como diz o nome, gira a partir de combinações de tensões que são aplicadas em suas bobinas. Na realidade, para que eles funcionem, é necessária a informação de quantos passos o motor deve se deslocar, a partir da posição original. Portanto, não é necessário um sistema de sensoriamento para verificar a posição em que o motor se encontra, pois ele sempre estará a N passos da posição de origem (N é o número de passos indicado pelo controlador).

A precisão do deslocamento destes motores é indicada pelo valor de cada passo, dado em graus. Por exemplo: se um motor de passos tem precisão de $1,8^\circ$, isto significa que, em cada combinação de tensão aplicada ao motor, ele se desloca $1,8^\circ$, ou seja $1/200$ avos de uma volta completa. Para o motor dar uma volta completa de 360° , é necessário que o controlador gere 200 combinações de tensões, isto é, 200 passos.

A potência desses “motorzinhos” é pequena, por isso sua aplicação principal é o acionamento de cargas leves. Utilizam-se motores de passos em periféricos de computador (impressoras, *plotters*, acionadores de disco). Também aparecem em robôs transportadores de cargas leves, e mesmo em algumas máquinas-ferramenta CNC de pequeno porte.

Tic-tac, blamp-blump, zuuummmm.....

Agora, toda vez que você ouvir o barulho do movimento das máquinas, esperamos que se lembre dos motores elétricos.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Exercício 1

Assinale **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) diante das afirmações a seguir, sobre motores elétricos de corrente contínua:

- a) () devem ser alimentados com tensão elétrica contínua;
- b) () seu rotor deve ser energizado com corrente alternada;
- c) () mudam o sentido do giro quando se invertem os pólos da tensão contínua aplicada;
- d) () podem ser ligados diretamente na rede elétrica.

Exercício 2

Associe, corretamente, a primeira coluna à segunda:

- | | | |
|--------------|--------|--|
| a) Estator | 1. () | Recebe a tensão elétrica que alimenta o comutador. |
| b) Rotor | 2. () | Parte fixa do motor. |
| c) Comutador | 3. () | Parte móvel do motor. |
| d) Escovas | 4. () | Funciona como uma espécie de chave automática para os fios do rotor. |

Exercício 3

Marque com X a alternativa que aponta a principal diferença entre o motor de corrente alternada universal e o motor de indução:

- a) () o motor de indução não possui estator, enquanto o motor universal possui;
- b) () o motor de indução tem rotor bobinado, enquanto o motor universal não tem;
- c) () o motor de indução não necessita de corrente elétrica para funcionar, enquanto o motor universal necessita de corrente;
- d) () no motor de indução, a corrente no rotor é induzida pelo campo magnético variável do estator, enquanto no motor universal a corrente vem da rede elétrica.

Exercício 4

Escolha as palavras que melhor completam a seguinte frase:

Nos fios do rotor bobinado de um motor trifásico pode-se ligar externas que permitem controlar a no rotor.

- a) resistências, corrente;
- b) lâmpadas, faísca;
- c) chaves, sujeira;
- d) cargas, tensão.