
GUIA DE ESTUDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -
PRINCÍPIOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS
ROTATIVAS

PRINCÍPIOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS ROTATIVAS

Objetivo de Aprendizagem

Estudar os princípios dos motores elétricos.

Objetivos parciais

- Conhecer o princípio de funcionamento dos motores elétricos;
- Conhecer os principais tipos de motores elétricos;
- Conhecer as aplicações dos diferentes tipos de motores elétricos.

Aulas relacionadas

Este objetivo de aprendizagem está relacionado com a aula 06 da disciplina.

Pré-requisitos

Ter estudado o objetivo de aprendizagem 05 relacionado a transformadores.

Continuidade dos Estudos

O próximo objetivo de aprendizagem será o estudo dos motores de corrente contínua.

Roteiro para estudos

Os estudos referentes a este objetivo de aprendizagem consistem em:

1. Estudar este documento resumo, realizando as atividades propostas no mesmo;
2. Responder o quiz relacionado a este objetivo de aprendizagem;
3. Caso perceba necessidade, estudar a apresentação deste assunto ou consultar os livros texto indicados para esta disciplina;
4. Realizar os exercícios deste tópico da matéria;
5. Realizar a avaliação final para progredir ao próximo conteúdo.

Referências

- Material disponibilizado para a disciplina de Acionamentos Eletrônicos – 2021/1.
Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.
- STEPHAN, Richard M. Acionamento Comando e Controle de Máquinas Elétricas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

Check-list

Caro estudante, verifique se você completou as atividades deste objetivo de aprendizagem e obteve êxito para continuar seus estudos.

Assinale as atividades realizadas:

Estudo do documento resumo:

- Leitura do documento resumo;
- Exercícios do documento resumo;
- Atividade avaliativa do documento resumo.
- Obtive êxito e entendi o conteúdo deste documento;
- Ainda não entendi bem o conteúdo e estudarei o mesmo com mais profundidade.

Estou com dúvidas, irei estudar com mais detalhes este conteúdo:

- Assistir a apresentação relacionada ao conteúdo (apresentação 06);
- Ler este guia de estudo (objetivo de aprendizagem 06).

Ainda estou com dúvidas:

- Entrarei em contato com o professor.

Obtive êxito, então seguirei em frente:

- Responder ao quiz deste conteúdo no Moodle;
- Informar ao professor que estou avançando com o conteúdo.

Parabéns, continue estudando com afinco e vamos em frente!!

CONTEÚDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -
PRINCÍPIOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS
ROTATIVAS

1 Introdução

Anteriormente neste curso estudamos os princípios do eletromagnetismo e os transformadores, importantes componentes de circuitos eletroeletrônicos.

Este capítulo tem como objetivo o estudo dos princípios das máquinas elétricas rotativas, ou seja, dos motores elétricos.

1.1 Conteúdo – O que irei estudar

Estudaremos neste tópico:

- Princípio de funcionamento dos motores elétricos;
- Tipos de motores elétricos;
- Aplicações dos principais tipos de motores elétricos.

1.2 Metodologia – O que devo fazer e como fazer

Leia com atenção o conteúdo a seguir. Ao final deste tópico são apresentados exercícios resolvidos. Após são apresentados alguns exercícios propostos.

Ao realizar estas atividades e se sentir confiante para progredir, siga os passos indicados na primeira página deste documento.

Espera-se que após estudar este assunto, você consiga:

- Descrever o funcionamento de um motor elétrico;
- Citar tipos de motores elétricos;
- Explicar as principais aplicações dos motores elétricos.

A atividade avaliativa deste objetivo de aprendizagem consistirá em perguntar ao estudante para descrever o funcionamento de um motor elétrico, por exemplo.

Exemplo de atividade avaliativa:

1. Explicar com suas palavras o funcionamento de um motor elétrico.
2. Citar tipos de motores elétricos.
3. Citar os principais parâmetros dos motores elétricos.
4. Citar as principais grandezas elétricas relacionadas aos motores elétricos.
5. Citar aplicações dos motores elétricos.

2 Princípio de Funcionamento dos Motores Elétricos

2.1 Introdução

Os motores elétricos são dispositivos eletromagnéticos amplamente utilizados em eletricidade e eletrônica, desde o início do processo de uso da energia elétrica pelos seres humanos, para as mais diversas aplicações relacionadas com a necessidade de movimento de cargas.

Assim, neste capítulo será estudado o princípio de funcionamento dos motores elétricos, para na sequência se estudar seus tipos e as principais aplicações destas máquinas elétricas.

2.1 Definição de motor elétrico

O transformador é uma máquina elétrica estática, ou seja, que converte energia na forma elétrica, mas sem elementos que tenham movimento mecânico.

Por sua vez, os motores elétricos são conhecidos como máquinas elétricas rotativas, pois convertem a energia elétrica em movimento, no eixo do mesmo, para acionar alguma carga que utilize este movimento para deslocar objetos, por exemplo.

Em resumo, a definição de motor elétrico, no contexto das máquinas elétricas, é o dispositivo que transforma energia elétrica em mecânica.

Máquina elétrica é um termo mais amplo, que engloba diferentes dispositivos, como motores, geradores e transformadores. Assim, máquinas elétricas rotativas são os motores e geradores elétricos.

2.2 Princípio de funcionamento do motor elétrico

Estudou-se no capítulo sobre revisão de eletromagnetismo, que um condutor percorrido por uma corrente elétrica e imerso em um campo magnético sofre a ação de uma força eletromagnética, conforme mostrado na Figura 1. A partir deste fenômeno tem-se o princípio motor, que determina que um conjunto de espiras imerso em um campo magnético estará sujeito a uma força, denominada de Força de Lorentz, conforme estudado por Hendrik Antoon Lorentz, por volta do ano 1892.

A força resultante sobre uma espira ou conjunto de espiras (bobina) conforme se observa na Figura 2, apontará para baixo na proximidade do polo norte do ímã permanente, enquanto apontará para cima nas proximidades do polo sul do ímã. A partir daí, a espira constituindo um elemento rotativo (rotor), estará sujeita a um movimento de giro, no sentido anti-horário, visto que de um lado a força a empurra para baixo, enquanto do outro lado a força a empurra para cima. Por conseguinte, uma bobina acoplada a um elemento mecânico de suporte, formando um rotor,

quando imersa em um campo magnético e pela qual estiver circulando uma corrente elétrica, irá girar, caracterizando o funcionamento do motor de corrente contínua, conforme mostrado na Figura 3.

A Figura 3 mostra diferentes posicionamentos para a espira ou bobina no interior do campo magnético, verificando-se que ao ocorrer alinhamento entre a espira e as linhas do campo magnético, se terá a força máxima, enquanto que, se a espira e o campo magnético estiverem perpendiculares entre si, a força resultante será nula. Ao se utilizarem comutadores e escovas para conexão da parte móvel (espiras e bobinas) com o circuito externo (parte fixa, fonte de alimentação), o sistema é montado de forma tal que, se deve ter a conexão mais efetiva durante os instantes em que se tem alinhamento entre o campo e a espira, visando força e torque máximos no rotor.

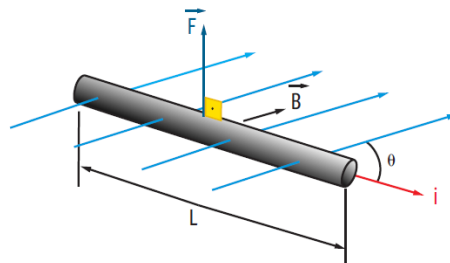


Figura 1 – Força em um condutor retilíneo.

Fonte: <https://guiadoestudante.abril.com.br>. Acessado em 17/06/2021.

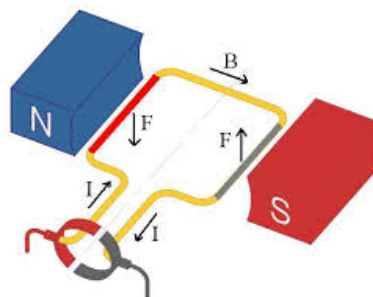


Figura 2 – Espira imersa em um campo magnética.

Fonte: <https://www.dt.fee.unicamp.br>. Acessado em 17/06/2021.

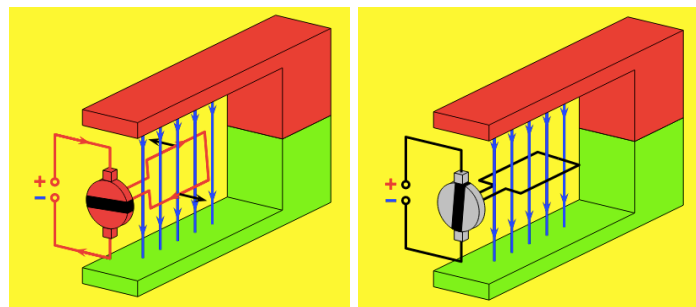


Figura 3 – Funcionamento do motor de corrente contínua.

Fonte: <https://www.walter-fendt.de>. Acessado em 17/06/2021.

2.3 Símbolo elétrico do motor

Os motores elétricos podem ter diferentes símbolos, mas em geral são representados por um círculo com a letra M de motor. Na Figura 4 mostra o símbolo típico para um motor elétrico, identificando-se sua tensão e corrente.

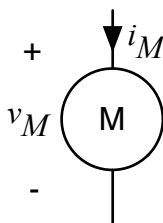


Figura 4 – Símbolo elétrico do motor.

2.4 Classificação dos motores elétricos

Os motores elétricos são classificados em dois grandes grupos, que são os motores de corrente contínua e os motores de corrente alternada; sendo que na Figura 5 se mostra uma possível classificação dos motores elétricos, tendo-se assim como resultado a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos motores elétricos.

| Níveis de classificação | | | | |
|-------------------------|------------------------|------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Motor CA | Monofásico | Assíncrono | Gaiola de esquilo | Fase dividida |
| | | | | Capacitor de partida |
| | | | | Capacitor permanente |
| | | | | Pólos sombreados |
| | | | | Capacitor dois valores |
| | | | Rotor bobinado | Repulsão |
| | | | Rotor maciço | Histerese |
| | | | Síncrono | Relutância |
| | | | | Imãs permanentes |
| | | Linear | | Indução |
| | | | | Imãs permanentes |
| | | Trifásico | Assíncrono | De gaiola |
| | Rotor bobinado | | | |
| | Imãs permanentes | | | |
| | Síncrono | | Relutância | |
| | | | Pólos lisos | |
| | | | Pólos salientes | |
| Universal | | | | |
| Motor CC | Excitação série | | | |
| | Excitação independente | | | |
| | Excitação composta | | | |
| | Imãs permanentes | | | |
| | Excitação paralela | | | |

Fonte: Adaptado de (WEG, 2006)¹.

¹ WEG. Motores Elétricos. Disponível em <https://www.weg.net>. Acessado em 27/06/2006.

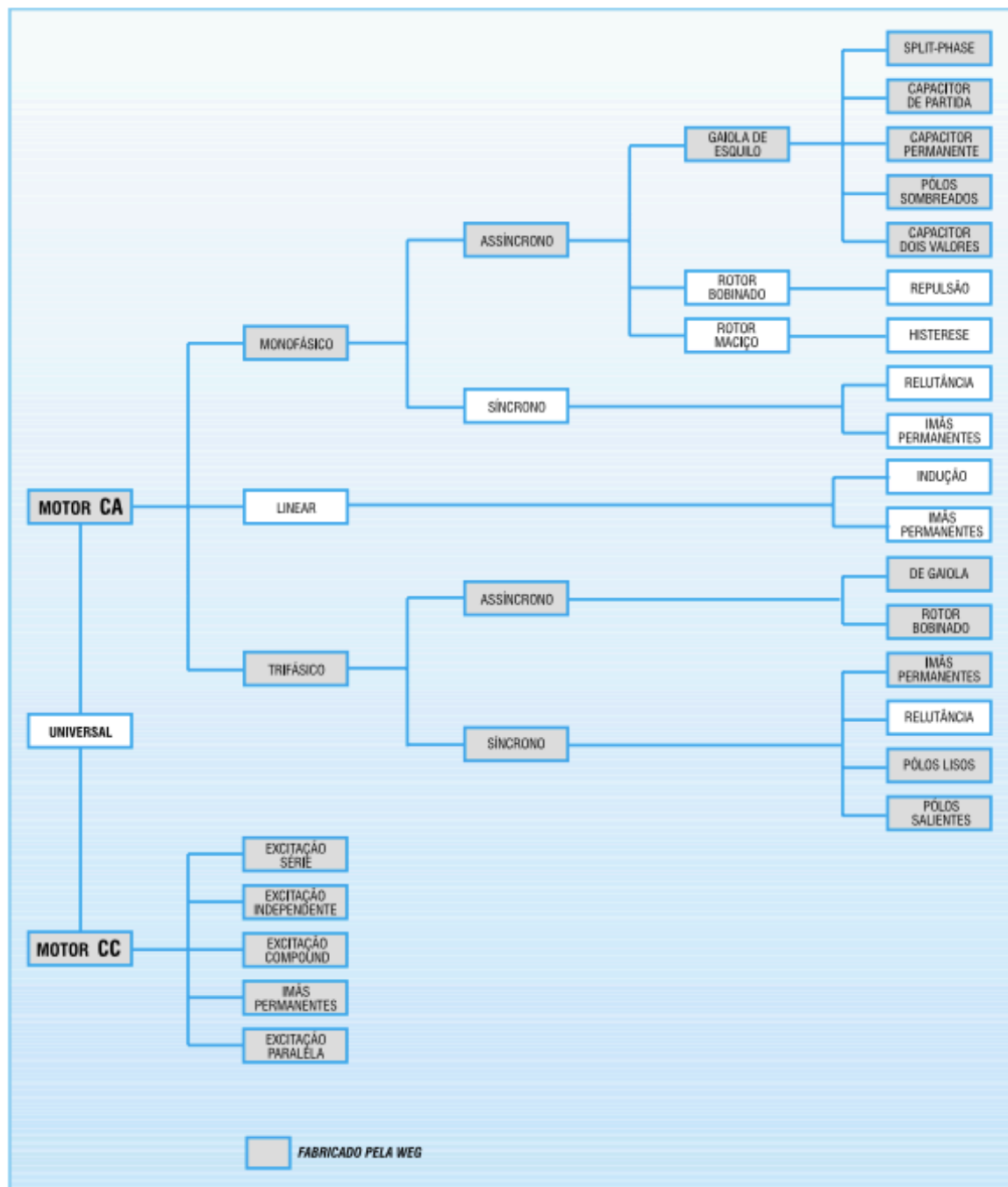


Figura 5 – Classificação dos motores elétricos.

Fonte: (WEG, 2006).

3 Tipos de Motores Elétricos

3.1 Introdução

A partir da classificação dos motores elétricos vista no capítulo anterior, serão apresentados os principais tipos de motores elétricos e suas aplicações.

3.2 Motores de corrente contínua, indução, síncronos e universais

Os motores de corrente contínua possuem um custo elevado, necessitando de alimentação em tensão contínua, permitindo o ajuste de sua velocidade e sendo aplicados, principalmente, em cargas que exigem controle de grande flexibilidade e precisão.

As principais aplicações dos motores de corrente contínua são, catálogo de motores do fabricante Siemens²:

- Máquinas de papel;
- Bobinadeiras e desbobinadeiras;
- Laminadores;
- Máquinas de impressão;
- Extrusoras;
- Prensas;
- Elevadores;
- Movimentação e elevação de cargas;
- Moinhos de rolos;
- Indústria de borracha;
- Mesa de testes de motores.

Além destas, conforme o catálogo de motores do fabricante WEG, se tem as seguintes aplicações para os motores de corrente contínua:

- Máquinas de papel;
- Máquinas operatrizes em geral;
- Bombas a pistão;
- Torques de fricção;
- Ferramentas de avanço;

² SIEMENS. *Motores de Corrente Contínua – Guia rápido para uma especificação precisa, edição 01, 2006.* Disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt.html>.

- Tornos;
- Bobinadeiras;
- Mandrilhadoras;
- Máquinas de moagem;
- Máquinas têxteis;
- Guinchos e guindastes;
- Pórticos;
- Veículos de tração;
- Prensas;
- Máquinas de papel;
- Tesouras rotativas;
- Indústria química e petroquímica;
- Indústrias siderúrgicas;
- Fornos, exaustores, separadores e esteiras para indústria cimenteira e outras.

Por sua vez, os motores de corrente alternada são muito utilizados por permitirem sua conexão diretamente na rede de energia elétrica em tensão alternada. Podem ser de dois tipos:

- Motor síncrono – permite o funcionamento com velocidade fixa ou variável, sendo utilizado para grandes potências, devido a seu alto custo;
- Motor de indução – funciona com velocidade constante, mas que varia conforme a carga aplicada em seu eixo. São motores simples, robustos e de baixo custo, sendo uns dos mais utilizados para as aplicações convencionais. Permite o controle da velocidade pela comutação de diferentes enrolamentos ou pelo uso de inversores de frequência (conversores cc-ca).

A diferença entre um motor síncrono e um motor assíncrono pode ser resumida como:

- Motor síncrono – pelo seu princípio de funcionamento tem velocidade constante, independente da variação da carga;
- Motor assíncrono – tem velocidade variável em função da carga aplicada em seu eixo. A diferença entre a velocidade sem carga e com carga é denominada de escorregamento.

Em geral, para a maioria das aplicações se utilizam motores assíncronos, visto terem custo menor do que os motores síncronos. Neste sentido, os motores de indução são amplamente

utilizados para usos residenciais, comerciais e industriais, tendo como aplicações³:

- Bombas;
- Ventiladores;
- Compressores;
- Indústria química e petroquímica;
- Estações de tratamento de água;
- Britadores;
- Moinhos;
- Esteiras transportadoras;
- Máquinas operatrizes;
- Sopradores e moinhos de cimento;
- Veículos automotores.

Por sua vez, quando se exigem operação com velocidade constante, maiores rendimentos, correção de fator de potência e diminuição da corrente de partida, podem ser aplicados os motores síncronos, apesar de seu maior custo, serão adequados para as aplicações industriais específicas.

Os motores universais podem operar tanto em corrente contínua como em corrente alternada, tem elevado torque de partida e podem operar com velocidade variável. Possuem rotor bobinado e quando operam sem carga, podem desenvolver altas velocidades, perigosas inclusive.

Algumas aplicações dos motores universais são:

- Aspiradores;
- Furadeiras portáteis;
- Liquidificadores;
- Moedores;
- Ventiladores;
- Linha branca (utensílios para cozinha);
- Misturadores de bebidas;
- Máquinas de costura.

³ PEA 3311. O motor de indução e seu uso. Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia, 2019. Acessado em: <https://edisciplinas.usp.br>.



Figura 6 – Exemplos de tipos de motores elétricos.

Fonte: <https://www.weq.net> e <https://www.mecanicaindustrial.com.br>. Acesso em 08/07/2021.

3.3 Motores monofásicos de corrente alternada

Os motores monofásicos de corrente alternada são amplamente utilizados para aplicações de uso geral, bombas, condicionadores de ar, ventilação, compressores, eletrodomésticos da linha branca (lavadoras, secadoras, etc.), processadores de alimentos e linhas dedicadas, dentre outras, conforme mostrado na Figura 7.

As potências dos motores monofásicos de corrente alternada podem ser desde alguns watts até dezenas de quilowatts, sendo preferidos nas situações onde se tem a rede de energia elétrica de dois fios (fase e neutro) disponível, por exemplo, visando-se diminuir complexidade e custos com fiação, como seria o caso para os motores trifásicos.

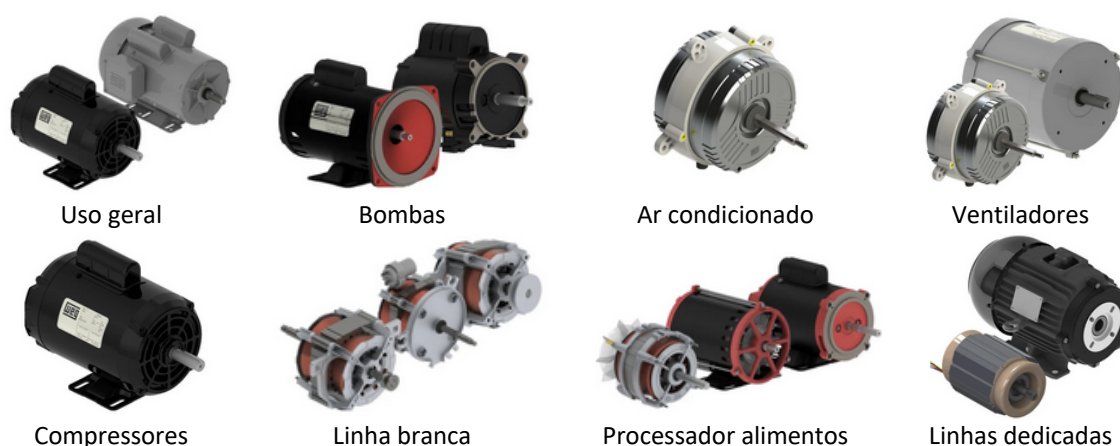


Figura 7 – Exemplos de motores indução monofásicos.

Fonte: <https://www.weq.net>. Acesso em 08/07/2021.

3.4 Motores trifásicos de corrente alternada

Os motores trifásicos de corrente alternada são utilizados quando se tiver disponível uma rede de energia trifásica, em substituição aos motores de indução monofásicos, para as mais diversas aplicações, como por exemplo: uso geral, alta eficiência, em atmosferas explosivas, bombas, ventiladores, linhas dedicadas, dentre outras, conforme mostrado na Figura 8.



Figura 8 – Exemplos de motores de indução trifásicos.

Fonte: <https://www.weg.net>. Acesso em 08/07/2021.

3.5 Motores de corrente contínua

Os motores de corrente contínua são utilizados em diferentes aplicações associados ou não aos equipamentos eletrônicos, tais como: impressoras, limpadores de para-brisas, vidros elétricos, fresadoras, robótica, brinquedos, parafusadeiras, furadeiras, motores de partida, dentre outras, conforme mostrado na Figura 9.



Figura 9 – Exemplos de motores de corrente contínua.

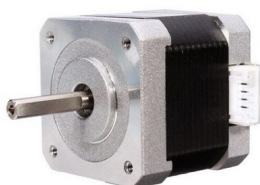
Fonte: <https://www.americanas.com.br>. Acesso em 08/07/2021.

3.6 Motores de passo

Os motores de passo são utilizados em situações onde se precisa realizar deslocamentos precisos, por exemplo em impressoras, fresadoras, braços robóticos, injeção eletrônica de automóveis, mesas digitalizadoras, dentre outras aplicações, conforme mostrado na Figura 10.



Impressora



Fresadora



Robótica



Injeção eletrônica

Figura 10 – Exemplos de motores de passo.

Fonte: <https://www.filipeflop.com/> e <https://www.americanas.com.br>. Acesso em 08/07/2021.

3.7 Servomotores

Os motores do tipo servomotores (ou atuadores) podem ser para corrente contínua ou alternada, aplicados quando é necessário o controle de movimento com posicionamento de alta precisão, reversão rápida e alto desempenho, como por exemplo em robótica, sistemas automatizados, máquinas CNC (controle numérico computadorizado), freio eletromagnético, dentre outras, conforme mostrado na Figura 11.

Os servomotores tem semelhanças e diferenças em relação aos motores de passo. Enquanto os motores de passo têm velocidade e torque intermediários, onde o torque cai com o aumento da velocidade, nos servomotores se tem, em geral, torque constante até a velocidade nominal máxima da máquina.



Automação



Esteiras



Robótica



Brinquedos

Figura 11 – Exemplos de servomotores.

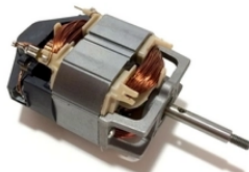
Fonte: <https://www.americanas.com.br> e <https://www.directindustry.com>. Acesso em 08/07/2021.

3.8 Motores universais

Os motores universais são aplicados em eletrodomésticos, ferramentas elétricas, ventiladores, dentre outras aplicações, conforme mostrado na Figura 12.



Ventilação



Aparador de grama



Aspirador de pó



Furadeira

Figura 12 – Exemplos de motores universais.

Fonte: <https://www.americanas.com.br>. Acesso em 08/07/2021.

3.9 Motores *brushless* (sem escovas)

Os motores brushless (sem escovas) tem maior vida útil e velocidade constante, pois são motores de corrente contínua sem escovas, sendo utilizados em drones, aeromodelos, ferramentas elétricas, instrumentação, robótica, veículos elétricos, empilhadeiras, máquinas de costura, dentre outras, conforme mostrado na Figura 13. Estes motores podem operar em velocidades muito altas, requeridas em diversas aplicações, como aeromodelos, nautimodelos (pequenos barcos) e automodelos (pequenos carros elétricos).

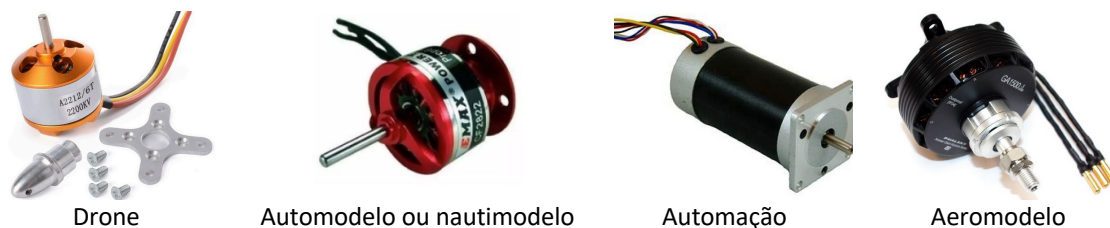


Figura 13 – Exemplos de motores sem escovas.

Fonte: <https://www.americanas.com.br> e <https://www.tekkno.com.br>. Acesso em 08/07/2021.

4 Grandezas Elétricas e Mecânicas de Motores

4.1 Introdução

Ao utilizar e realizar a instalações de motores elétricos para suas diferentes aplicações, é importante se conhecer as principais grandezas elétricas e mecânicas dos mesmos, para seu correto e seguro funcionamento. Assim, na sequência serão apresentadas as principais grandezas elétricas e mecânicas para os motores elétricos.

Em geral, os motores possuem placas de identificação, com as principais grandezas e características, conforme mostrado na Figura 14 para um motor de indução trifásico, onde:

1. Código do motor;
2. Número de fases;
3. Tensão nominal de operação;
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;
20. Especificação do rolamento traseiro;
21. Tipo de graxa para os rolamentos;
22. Esquema de ligação;
23. Tempo de relubrificação;
24. Certificações;
25. Relação da corrente de partida pela corrente nominal;
26. Categoria de conjugado;
27. Corrente no fator de serviço.

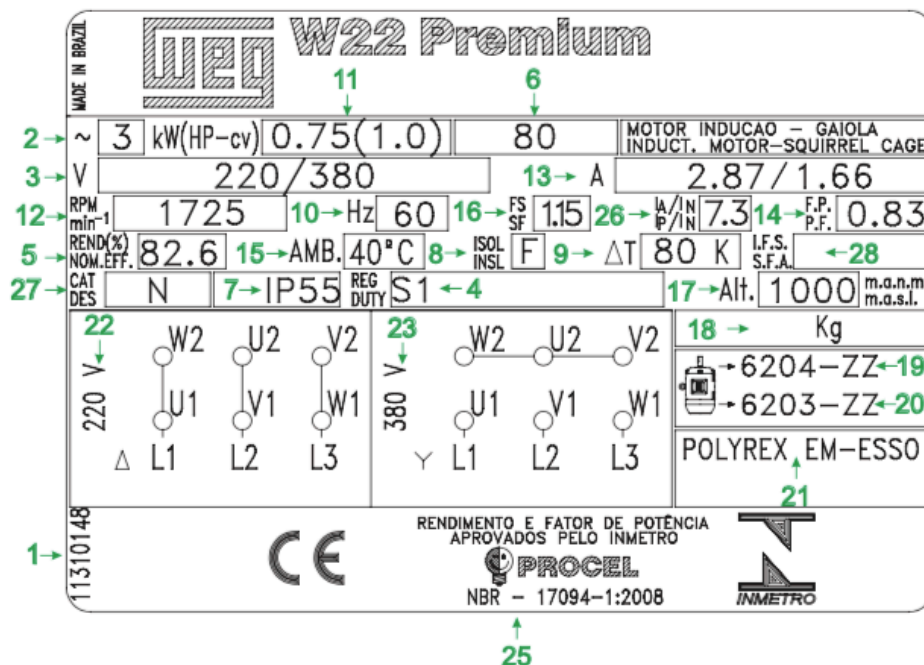


Figura 14 – Exemplo de placa de identificação de motor de indução trifásico.

Fonte: (WEG, 2015)⁴.

⁴ WEG. Guia Prático de Treinamento Técnico Comercial - Motores Elétricos. Módulo I. Disponível em

4.2 Grandezas elétricas

As principais grandezas elétricas para os motores elétricos variam conforme o tipo de motor, destacando-se:

- Tensão elétrica – Tensão de operação do motor, em corrente contínua será o valor médio e em corrente alternada será o valor eficaz;
- Potência elétrica – A potência elétrica nos motores pode ser apresentada em watts ou unidades específicas, como cavalo vapor (HP ou cv), onde 1 HP equivale a 746 W e 1 cv equivale a 736 W. A potência elétrica na entrada do motor é diferente da potência mecânica disponível no eixo do mesmo em virtude das perdas internas no motor, sendo que, em geral, a potência apresentada na placa corresponde a potência útil em termos mecânicos para a carga acoplada ao eixo do motor;
- Corrente elétrica – De modo similar a tensão elétrica, em corrente contínua será a corrente média drenada pelo motor, em corrente alternada será o valor eficaz. A corrente pode variar conforme o acionamento do motor, por exemplo se for utilizada modulação por largura de pulsos (PWM), corrente máxima será diferente da corrente média, mesmo para motores de corrente contínua. Além disso, a corrente em regime permanente é diferente da corrente de partida, conforme o tipo de motor e sua carga (no eixo do mesmo);
- Frequência – Para motores de corrente alternada se apresenta a frequência de operação dos mesmos, em geral sendo 50 ou 60 Hz;
- Fator de potência – Corresponde a relação entre a potência ativa e aparente do motor, sendo indutivo devido a característica eletromagnética dos motores;
- Rendimento – É a relação entre a potência ativa (em watts) na saída e a potência consumida na entrada do motor, isto é, corresponde a relação entre a potência mecânica útil no eixo do motor e a potência elétrica na entrada da máquina.

4.3 Grandezas mecânicas

As principais grandezas mecânicas para os motores elétricos são:

- Potência mecânica – É a potência útil em watts disponível no eixo do motor, que será utilizada para o dimensionamento da carga acoplada ao mesmo;

<https://www.weq.net>. Acessado em 09/07/2021.

- Conjugado – É a medida do esforço necessário para girar o eixo, também é chamado de torque, momento ou binário, sendo medido em Newton metro (Nm);
- Rotação – É o número de giros (voltas) do eixo do motor por unidade de tempo, sendo normalmente expressa em rotações por minuto (rpm). Para motores de indução, onde o número de polos do campo magnético pode ser de 2 a 8, se teria: 2 polos rotação de 3.600 rpm, 4 polos rotação de 1.800 rpm, 6 polos rotação de 1.200 rpm e 8 polos rotação de 900 rpm. A rotação pode ser apresentada como sendo síncrona, correspondendo neste caso ao valor nominal sem escorregamento;
- Escorregamento – É a diferença entre a rotação ou velocidade síncrona e a rotação efetiva no eixo do motor, variando em função da carga ou da tensão de alimentação do motor. Se aplica aos motores assíncronos, sendo que nos motores síncronos o escorregamento será considerado nulo;
- Grau de proteção – É a proteção do motor contra a entrada de elementos (corpos) estranhos, tais como poeiras, fibras, etc; também contra contato acidental e penetração de água. O grau de proteção é identificado por um código, do tipo IPxx, onde o código IP21 e IP23 caracteriza motores abertos, enquanto IP55, IP56, IP65 e IP66 se aplica a motores fechados, por exemplo;
- Regime de serviço – Representa o grau de regularidade da carga acoplada ao motor. Podem ser para regime contínuo, para operação com carga constante ou regime variável, onde a carga é alterada ao longo do tempo;
- Fator de serviço – Indica a carga permissível a ser aplicada acima da potência nominal no eixo do motor. Assim, um motor com fator de serviço FS = 1 indica que o motor foi projetado para operar continuamente com potência igual ou inferior a nominal;
- Carcaça – Apresenta as medidas e o desenho geométrico da parte mecânica externa do motor;
- Ventilação – Característica relativa a refrigeração do motor, onde os motores abertos tem ventilação interna, enquanto os motores fechados tem ventilação externa.

4.4 Outras Grandezas

Em termos de motores elétricos, a depender do seu tipo e aplicação, podem-se ter diferentes grandezas, destacando-se:

- Classe de isolamento – Especifica o isolamento térmico do motor, isto é,

determina a máxima temperatura que o bobinado do motor pode suportar sem danos ao mesmo. Por exemplo, motores classe B suportam 135 °C, classe F 150 °C e classe H 180 °C;

- Temperatura ambiente – Temperatura ambiente máxima para operação adequada do motor;
- Conjugado versus velocidade – Os motores podem ser classificados em categorias, conforme suas características de conjugado em relação à velocidade e corrente de partida. A categoria N apresenta conjugado de partida normal, corrente de partida normal e baixo escorregamento; categoria H tem alto conjugado de partida, corrente de partida normal e baixo escorregamento; e categoria D tem alto conjugado de partida, corrente de partida normal e alto escorregamento. A Figura 15 mostra curvas típicas para a relação conjugado versus velocidade para motores trifásicos de indução com rotor de gaiola.

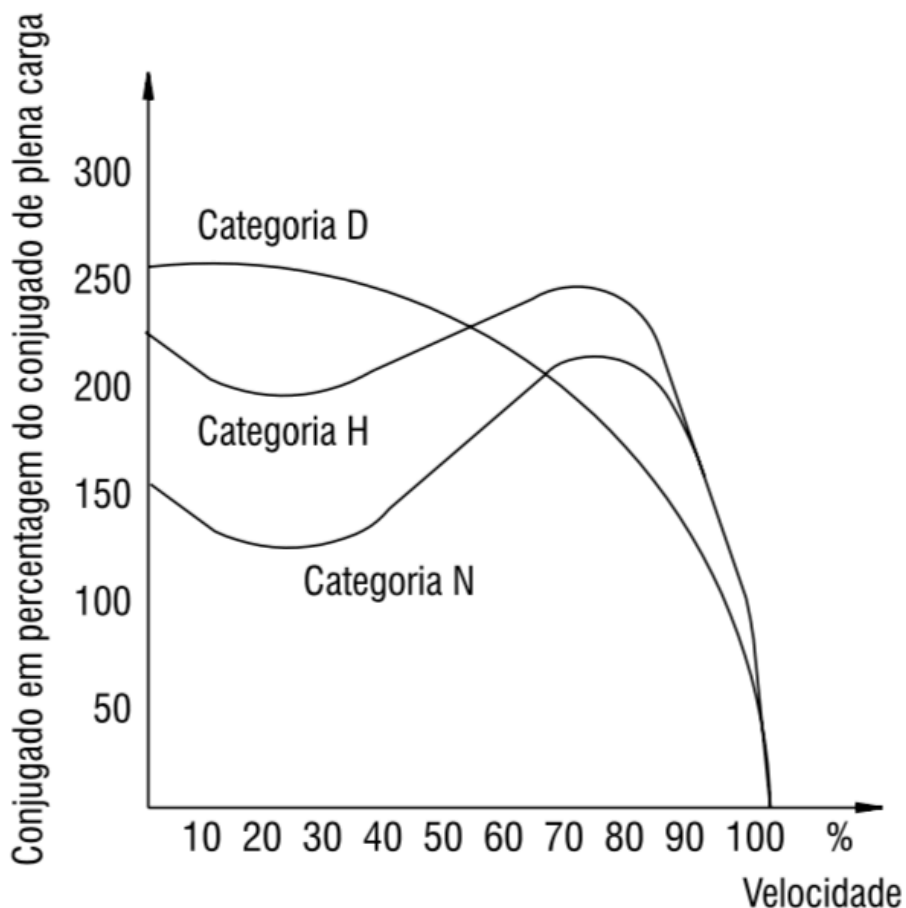


Figura 15 – Curvas conjugado x velocidade para diferentes categorias de motores.

Fonte: (WEG, 2006).

5 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01. Defina motor elétrico.

Motor elétrico é uma máquina rotativa que converte energia elétrica em energia mecânica.

ER 02. Quais os tipos de motores elétricos, considerando-se a classificação mais geral para os mesmos.

Motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e motores universais.

ER 03. Qual a diferença entre motores síncronos de motores assíncronos?

Os motores síncronos tem a velocidade constante no eixo, isto é, a rotação do eixo é a rotação nominal do motor. Por sua vez, os motores assíncronos apresentam diferença entre a rotação do eixo e a rotação nominal, representada pelo escorregamento, que aumenta na medida que se aumenta a carga no eixo do motor.

ER 04. O que são motores universais?

São motores que podem operar tanto em tensão alternada como em tensão contínua.

ER 05. Cite aplicações para os motores universais?

Ferramentas elétricas, utensílios de cozinha e de casa, máquinas de costura, dentre outras.

Exercícios Propostos

EP 01. Explique com suas palavras como funciona um motor elétrico?

EP 02. O que é grau de proteção de um motor elétrico?

EP 03. Cite aplicações para os motores de corrente contínua?

EP 04. Cite alguns tipos de motores monofásicos de corrente alternada.

EP 05. Comente sobre as aplicações dos motores de passo.

6 Atividade Avaliativa

6.1 Introdução – O que preciso saber

Ao final deste objetivo de aprendizagem são apresentadas cinco questões, que devem ser respondidas sem consultar o material. Se você conseguir responder as questões e conferir as respostas com o gabarito abaixo, parabéns, você concluiu com êxito este tópico. Caso tenha errado alguma questão, revise o conteúdo relacionado com a mesma e refaça a questão, procurando se concentrar mais desta vez, para acertar o exercício e fixar bem o conteúdo.

AA 01. O que é a classe de isolamento de um motor elétrico?

AA 02. Comente sobre os motores *brushless* (sem escovas).

AA 03. Cite três tipos de motores elétricos.

AA 04. Cite exemplos de dados da placa de um motor elétrico.

AA 05. Comente sobre as aplicações dos motores de indução.

AA 01. A classe de isolamento determina a temperatura máxima de operação motor, visto representar a temperatura aceitável no bobinado do motor.

AA 02. Os motores *brushless* não possuem escovas, exigindo menos manutenção. São síncronos e podem operar com altas velocidades, sendo utilizados em drones, robótica e veículos elétricos, como aeromodelos, nautimodelos e automodelos.

AA 03. Motores universais, motores de corrente contínua e motores de passo.

AA 04. Tensão de operação, potência mecânica, fator de potência, regime de serviço, etc.

AA 05. Os motores de indução são de baixo custo, pouca e simples manutenção, sendo os mais utilizados para as aplicações convencionais, quando os equipamentos são conectados na rede de energia elétrica, podendo ser monofásicos ou trifásicos.