

## 8 - Motor Elétrico

É uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica. Há vários tipos, mas devido a simplicidade de construção, custo e manutenção e atender praticamente a qualquer tipo de carga, utiliza-se os motores trifásicos de indução ou assíncronos, na sua grande maioria. O motor de indução ou assíncrono opera normalmente a uma velocidade constante, variando ligeiramente com a aplicação de carga mecânica no eixo. Antes de procedermos a uma caracterização dos motores, faremos algumas considerações sobre as rotações dos mesmos. Sabe-se que o número de rotações nos motores de corrente alternada e a formação de campo girante dependem:

- (a) Da frequência,  $f$ , do sistema que fornece energia elétrica. No Brasil, a legislação pertinente estabeleceu a frequência de 60 Hz;
- (b) Do número de pólos,  $p$ , do motor. A rotação síncrona de um motor em rpm é o número de rotações com que, para cada número de pólos e da frequência, ele é suscetível de girar. Assim a rotação síncrona,  $n$ , do motor é dada por:

$$n = \frac{120f}{p}$$

onde  $f$  é a frequência do sistema e  $p$  é o número de pólos do motor.

Nos motores de indução ou assíncronos, ocorre um deslizamento ou defasagem ou escorregamento em relação à rotação síncrona, daí o seu nome, de modo que, as rotações dos motores, dadas pela fórmula acima, passam a serem menores. O escorregamento,  $s$ , é expresso por:

$$s = \frac{n_{\text{síncrona}} - n_{\text{do motor}}}{n_{\text{síncrona}}}$$

Nos motores assíncronos a corrente que circula no motor é induzida pelo movimento relativo entre os condutores do rotor e campo girante, produzido pela variação da corrente no indutor fixo. São duas as partes essenciais do motor de indução: o indutor fixo (**estator**) e o **rotor** ou induzido. O **estator** consta de um enrolamento alojado em ranhuras existente na periferia do núcleo de ferro laminado (carcaça). A passagem da corrente trifásica vinda da rede gera um campo magnético que gira com velocidade síncrona (campo girante). O **rotor** ou induzido é composto de um núcleo ou tambor de ferro laminado, dotado de ranhuras onde se alojam os fios ou barras de cobre.

A corrente no estator gera um campo girante no interior da qual se acha o rotor. Os condutores do rotor são cortados pelo fluxo magnético do campo girante

e neles são induzidas forças eletromotrizes as quais dão origem as corrente elétricas. Estas correntes, por sua vez, reagem sobre o campo girante, produzindo um conjugado motor que faz o rotor girar no mesmo sentido que o campo. É importante ressaltar que a velocidade do rotor nunca pode se tornar igual à velocidade do campo girante, isto é, a velocidade síncrona, pois, se esta fosse atingida, não se produziria correntes induzidas no rotor.

A **N**ational **E**lectrical **M**anufacturing **A**ssociation (**NEMA**) classifica os motores em classes, de A a F.

Em termos gerais deveremos conhecer as características mais importantes do *sistema de alimentação* e da *carga a ser acionada*, tais como:

a) Característica da rede de alimentação:

- Freqüência – 60Hz
- Tensões – 127/220/380/440 Volts

b) Características dos motores

- Condições usuais de serviço;
- Condições especiais de serviço;
- Placa de identificação;
- Informativos técnicos do fabricante;

c) Características da carga a ser acionada

- Potência no eixo (CV) e altitude (m);
- Rotação (rpm) e temperatura ambiente (°C);
- Regime de funcionamento (contínuo, intermitente ou de curta duração)
- Local da instalação do motor (abrigado, ao tempo, submerso, poeira, umidade, inflamáveis, entre outros fatores).
- Na energização - situação de carga presente (presente, ausente ou parcialmente).

## 8.1 - Placa de identificação do motor

Quando um fabricante projeta um motor, ele tem que partir de certos valores adotados para:

- a) Características da rede de alimentação;
- b) Características da carga a ser acionada;
- c) Condições em que o motor vai funcionar.

O conjunto desses valores constitui as “**características nominais do motor**”. O fabricante comunica estas informações ao cliente são através de:

- a) Informações padronizadas por norma, que não precisam ser declaradas na placa de identificação, estão as condições sob as quais o motor de fabricação normal foi construído para funcionar, ou seja, as condições usuais de serviço, tais como:
  - Meio refrigerante: na maioria dos casos é o ar do meio ambiente;
  - Temperatura ambiente não superior a 40°C;
  - Localização à sombra;
  - Altitude não superior à 100m acima do nível do mar;
- b) Informativos técnicos de motores;
- c) Condições especiais de serviço: Tudo que não se enquadra nas condições usuais de serviço será considerado como condições especiais de serviço. As mais comuns são:
  - Ambiente contendo elementos prejudiciais ao motor, tais como: fumaça umidade excessiva, poeiras condutoras, vapor d'água, ar salgado ou ambiente corrosivo;
  - Funcionamento em locais perigosos, locais contendo poeiras, gases ou vapores inflamáveis ou corrosivos;
  - Funcionamento em lugar pouco ventilado;
  - Exposições à temperatura constantemente inferior à 10°C, os mancais podem necessitar de lubrificantes especiais;
  - Exposições à temperatura superior à 40°C, os enrolamentos podem atingir temperaturas prejudiciais a **isolação**. Este fato pode ser compensado por

um projeto especial do motor, ou pela redução da potência nominal do motor, conforme a tabela abaixo:

Temperatura Ambiente	Carga Admissível	Temperatura Ambiente	Carga admissível
40°C	100%	55°C	83%
45°C	95%	60°C	67%
50°C	89%	70°C	64%

A seguir iremos identificar todas as informações contidas na placa de identificação do motor necessárias para a elaboração de um projeto industrial.

1. Número de Modelo - **MOD**:

É a referência do fabricante para registro das características nominais do motor e seus detalhes construtivos;

2. Potência Nominal – **CV**:

É a potência que o motor pode fornecer no eixo em regime contínuo, sem que os limites de temperatura dos enrolamentos sejam excedidos aos valores máximos permitidos por norma nas condições usuais de serviço;

3. Tensão Nominal – **V**:

É a tensão da rede para o qual o motor foi projetado. As tensões mais utilizadas são 220, 380 ou 440V;

4. Frequência Nominal – **Hz**:

É a frequência da rede para o qual o motor foi projetado. Por norma, o motor deve funcionar satisfatoriamente quando alimentado com tensão nominal e houver uma variação de 5% na frequência;

5. Corrente Nominal – **A**:

É a corrente que o motor solicita da rede de alimentação, trabalhando à potência nominal sob tensão e frequência nominais. A corrente nominal é calculada pela equação abaixo:

$$I_N = \frac{P(\text{CV}) * 736}{\sqrt{3} * U_N * \cos\phi * \eta}$$

6. Velocidade Nominal – **rpm**:

É a velocidade do motor, funcionando à potência nominal sob tensão e frequência nominais.

7. Fator de Serviço – **FS**:

É um número que pode ser multiplicado pela potência nominal do motor a fim de se obter a carga permissível que o mesmo pode acionar em regime contínuo, dentro de condições estabelecidas por norma;

8. Regime de Funcionamento - **REG**:

Indica a forma de utilização do motor no acionamento de uma carga.

- a) **regime contínuo (S1)**: Os motores em geral, são projetados para trabalhar regularmente com carga constante, por tempo indeterminado, desenvolvendo potência nominal,
- b) **regime S2**: Regime de tempo limitado
- c) **regime S3**: Regime intermitente periódico

9. Classe de Isolamento – **ISOL CL**:

Indicada por norma como a máxima temperatura que o material isolante pode suportar continuamente, sem que seja afetada sua vida útil. A vida útil de um motor está ligada diretamente ao aquecimento das bobinas do enrolamento. O aquecimento, fator principal da redução da vida útil do motor, provoca o envelhecimento gradual e generalizado do isolamento até o limite da tensão a que está submetido, quando o motor ficará sujeito a um curto-circuito interno de conseqüências desastrosas. São as seguintes as classes de isolamento empregadas em máquinas elétricas:

Classe	Limite de Temperatura	Classe	Limite de Temperatura
A	105°C	F	155°C
E	120°C	H	180°C
B	130°C		

10. Categoria – **CAT**:

Todo motor dimensionado para acionar adequadamente uma determinada carga acoplada ao seu eixo necessita durante a partida, em cada instante, o conjugado

motor superior ao conjugado resistente da carga. A Curva do conjugado motor deve guardar uma distância da curva do conjugado resistente, durante o tempo de aceleração do conjunto (motor/carga) até que o motor adquira a velocidade de regime. Este intervalo de tempo é especificado pelo fabricante, acima do qual o motor deve sofrer sobreaquecimento, podendo danificar a isolação dos enrolamentos. Conforme as suas características de conjugado em relação a velocidade, os motores de indução trifásicos são classificados em **categorias**, definidas em norma.

#### 11. Grau de Proteção – **IP**:

Os invólucros dos equipamentos elétricos, conforme as características do local em que serão instalados e de sua acessibilidade devem oferecer um determinado grau de proteção. O grau de proteção reflete na proteção do motor quanto a entrada de corpos estranhos e penetração de água pelos orifícios destinados à entrada e saída do ar refrigerante. A norma define o grau de proteção dos equipamentos elétricos por meio das letras características **IP** seguidas por dois algarismos. O primeiro algarismo indica o grau de proteção quanto a penetração de corpos sólido e contatos acidentais enquanto que, o segundo algarismo indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do motor.

##### Primeiro Algarismo

0	Sem proteção
1	Corpos estranhos a partir de 50mm
2	Corpos estranhos a partir de 12mm
3	Corpos estranhos a partir de 2,5mm
4	Corpos estranhos a partir de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulo de poeira
6	Proteção penetração de poeira

##### Segundo Algarismo

0	Sem proteção
1	Pingos d'água na vertical
2	Pingos d'água até a inclinação de 15° com a vertical
3	Água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical
4	Respingos em todas as direções
5	Jatos d'água em todas as direções
6	Imersão temporária

#### 12. Código de Partida – **COD**:

É um número que indica a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal, ou seja,

$$\text{Constante de partida} \Rightarrow X = \frac{I_p}{I_N}$$

A letra-código é convencionada conforme os valores da relação entre a potência aparente (kVA) demandada à rede e a potência em CV, com o rotor bloqueado (locked rotor), isto é, de acordo com o valor kVA/CV. Naturalmente o motor não opera nestas condições, porém, no instante de partida, ele não está girando, de modo que esta condição pode ser considerada válida até que o rotor comece a girar. A tabela abaixo indica a letra código

Letra-código	X
A	0,00 – 3,14
B	3,15 – 3,54
C	3,55 – 3,99
D	4,00 – 4,49
E	4,50 – 4,99
F	5,00 – 5,59
G	5,60 – 6,29
H	6,30 – 7,09
J	7,10 – 7,99
K	8,00 – 8,99
L	9,00 – 9,99
M	10,00 – 11,19
N	11,20 – 12,49
P	12,50 – 13,99
R	14,00 e maiores

A corrente nominal e de partida de um motor e dadas por:

$$I_N = \frac{P_{CV} \times 736}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta}$$

$$I_p = \frac{X \times P_{CV} \times 1000}{\sqrt{3} \times U}$$

onde  $I_N$  é a corrente nominal e  $I_p$  é a corrente de partida do motor.