

manual de motores elétricos



VOGES
MOTORES

Os motores elétricos desempenham um papel importantíssimo no progresso da humanidade. Devido à sua extrema versatilidade, podem ser utilizados nos mais variados campos de aplicação. Seguramente, são o meio mais eficiente para a transformação de energia elétrica em mecânica.

Para que possam ser especificados corretamente, é necessário conhecê-los, saber quais os tipos existentes, seus princípios de funcionamento, suas características construtivas e as regras que devem ser seguidas para fazer a seleção do motor mais adequado a determinada aplicação.

Pensando nisto, a Voges Motores reúne neste manual, de forma simples e objetiva, os conhecimentos básicos necessários que possibilitam um trabalho consciente e criterioso no uso e seleção de motores. Uma ferramenta eficiente para uso no dia-a-dia.

Índice

1. NOÇÕES GERAIS	05	5.4 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO.....	44	10. INSTALAÇÃO	68
1.1 MOTORES ELÉTRICOS	06	5.5 TERMINAL DE ATERRAMENTO.....	45	10.1 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS.....	69
1.2 TIPOS DE MOTORES ELÉTRICOS.....	06	5.6 BALANCEAMENTO E VIBRAÇÃO.....	45	10.2 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS.....	74
1.3 MOTOR DE INDUÇÃO.....	06	5.7 NÍVEL DE RUÍDO.....	46	11. ACIONAMENTO E PROTEÇÃO	81
1.4 DEFINIÇÕES BÁSICAS	07	5.8 GRAU DE PROTEÇÃO.....	47	11.1 ACIONAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS.....	82
2. MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUÇÃO	11	5.9 PINTURA.....	48	11.2 PROTEÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS.....	90
2.1 MOTOR DE FASE DIVIDIDA.....	13	5.10 VENTILAÇÃO.....	49	12. OPERAÇÃO	93
2.2 MOTOR DE CAPACITOR DE PARTIDA.....	13	5.11 CONJUNTOS E COMPONENTES.....	50	12.1 VERIFICAÇÕES PRELIMINARES.....	94
2.3 MOTOR DE CAPACITOR PERMANENTE.....	14	6. ENSAIOS	56	12.2 ACIONAMENTO INICIAL.....	94
2.4 MOTOR COM DOIS CAPACITORES.....	14	6.1 ENSAIOS DE ROTINA.....	57	12.3 FUNCIONAMENTO.....	94
2.5 MOTOR DE CAMPO DISTORCIDO OU POLOS SOMBREADOS	15	6.2 ENSAIO DE TIPO.....	57	13. MANUTENÇÃO	95
3. MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUÇÃO	16	6.3 ENSAIOS DE PROTÓTIPO.....	57	13.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	96
3.1 CAMPO GIRANTE.....	18	6.4 ENSAIOS ESPECIAIS.....	57	13.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	97
3.2 VELOCIDADE SÍNCRONA.....	18	7. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	58	13.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	106
3.3 ESCORREGAMENTO.....	18	7.1 TEMPERATURA AMBIENTAL.....	59	13.4 ROTEIRO DE MANUTENÇÃO.....	110
4. CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO	19	7.2 ALTITUDE.....	59	13.5 AJUSTE DO ENTREFERRO - MOTOFREIO.....	112
4.1 CARACTERÍSTICAS DE PARTIDA	20	7.3 EFEITO SIMULTÂNEO DE ALTITUDE E TEMPERATURA.....	59	14. ASPECTOS DE GARANTIA	113
4.2 CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO.....	20	7.4 RESISTÊNCIA DE AQUECIMENTO.....	59	14.1 MOTORES ELÉTRICOS MONOFÁSICOS E TRIFÁSICOS.....	114
4.3 MOTOFREIO	34	7.5 DRENO.....	60	ANEXOS	
5. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS MOTORES DE INDUÇÃO	37	7.6 AMBIENTE DE FUNCIONAMENTO.....	60	01 Principais normas utilizadas em máquinas elétricas girantes.....	119
5.1 FORMAS CONSTRUTIVAS	38	8. SELEÇÃO E APLICAÇÃO	62	02 Sistema Internacional de Unidades.....	120
5.2 DIMENSIONAL.....	39	8.1 SELEÇÃO.....	63	03 Conversão de Unidades	121
5.3 CAIXA DE LIGAÇÃO.....	42	8.2 APLICAÇÃO.....	63	04 Frequência em Outros Países.....	124
		9. RECOMENDAÇÕES GERAIS	65	Anotações.....	125
		9.1 EMBALAGENS.....	66		
		9.2 RECEBIMENTO.....	66		
		9.3 ARMAZENAGEM.....	67		

Noções Gerais

1

Noções Gerais

1

1.1. MOTORES ELÉTRICOS

A primeira indicação de que poderia haver um intercâmbio entre energia elétrica e energia mecânica foi mostrada por Michael Faraday em 1831, através da lei da indução eletromagnética, considerada uma das maiores descobertas individuais para o progresso da ciência e aperfeiçoamento da humanidade. Baseando-se nos estudos de Faraday, o físico italiano Galileu Ferraris, em 1885, desenvolveu o motor elétrico assíncrono de corrente alternada.

Com uma construção simples, versátil e de baixo custo, aliado ao fato de utilizar como fonte de alimentação a energia elétrica, o motor elétrico é hoje o meio mais indicado para a transformação de energia elétrica em mecânica.

1.2. TIPOS DE MOTORES ELÉTRICOS

Através dos tempos, foram desenvolvidos vários tipos de motores elétricos para atender as necessidades do mercado.

A tabela ao lado mostra de modo geral os diversos tipos de motores hoje existentes.

1.3. MOTOR DE INDUÇÃO

De todos os tipos de motores elétricos existentes, este é o mais simples e robusto. É constituído basicamente de dois conjuntos: estator bobinado e conjunto do rotor.

O nome “motor de indução” se deriva do fato de que as correntes que circulam no secundário (rotor) são induzidas por correntes alternadas que circulam no primário

(estator). Os efeitos eletromagnéticos combinados das correntes do estator e do rotor produzem a força que gera o movimento.



1.4.1. CORRENTE CONTÍNUA

É a corrente que passa através de um condutor ou de um circuito elétrico somente em um sentido. Uma fonte de tensão contínua pode variar o valor de sua tensão de saída, mas se a polaridade for mantida, a corrente fluirá somente em um sentido.

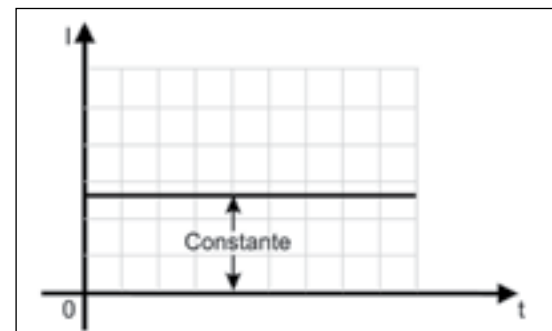


Fig. 1.1. Corrente contínua.

1.4.2. CORRENTE ALTERNADA

É a corrente que percorre um condutor ou um circuito elétrico ora num sentido e ora noutro. Normalmente estas mudanças de sentido e de intensidade se repetem regularmente (de forma senoidal) ao longo do tempo.

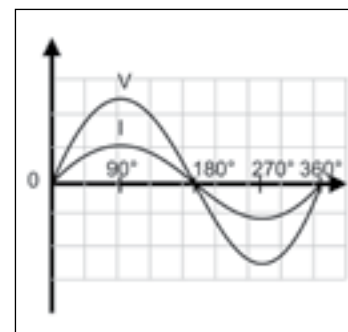


Fig. 1.2.a Circuito puramente resistivo.

1.4.2.1. CORRENTE ALTERNADA MONOFÁSICA

Se uma espira girar uniformemente dentro de um campo magnético compreendido entre dois polos (figura 1.2.), segundo a lei de indução, aparecerá nesta espira uma tensão induzida de forma senoidal. Colocando os terminais desta espira em curto-circuito, circulará na mesma uma corrente, chamada corrente elétrica senoidal.

Em circuitos puramente resistivos, a corrente estará em fase com a tensão, isto é, ambas atingirão os valores mínimos e máximos no mesmo instante (figura 1.2.a).

Para o caso de circuitos puramente indutivos, a corrente estará atrasada em 90° em relação à tensão (figura 1.2.b) e, em circuitos puramente capacitivos, a corrente estará adiantada em 90° em relação à tensão (figura 1.2.c).

Nos enrolamentos de motores elétricos de indução, que são circuitos predominantemente indutivos, a corrente estará atrasada em relação à tensão de um ângulo dependente do fator de potência do motor.

• VALOR MÁXIMO DE TENSÃO OU CORRENTE

O valor máximo (ou de pico) é o maior valor instantâneo que a tensão ou corrente pode atingir durante um ciclo.

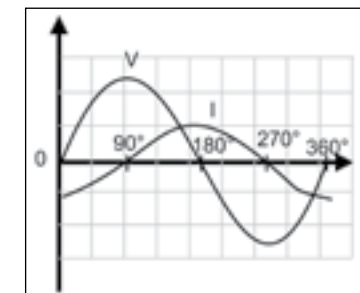


Fig. 1.2.b Circuito puramente indutivo.

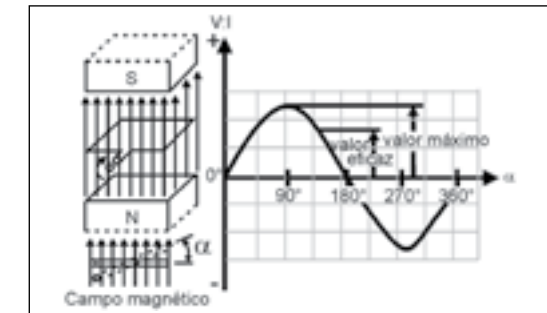


Fig. 1.2. Tensão alternada senoidal produzida pela rotação de um condutor girando em um campo magnético.

• VALOR EFICAZ DE TENSÃO OU CORRENTE

Como mostra a figura 1.2, os valores instantâneo de tensão ou corrente variam constantemente em sentido e intensidade. Porém, quando estas grandezas são medidas com um voltímetro ou um amperímetro, o valor apresentado é constante. Esse valor é chamado de valor eficaz de tensão ou de corrente e é igual ao valor de uma tensão ou corrente contínua que produz os mesmos efeitos caloríficos.

$$V_{\text{eficaz}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{eficaz}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

Usualmente, ao se falar em valores de tensão ou corrente (como 220V e 25A), está se fazendo referência, implicitamente, a valores eficazes.

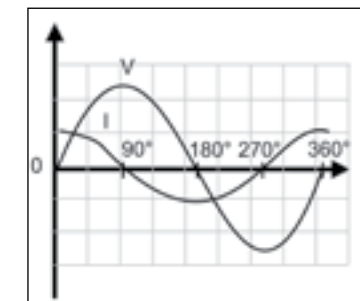


Fig. 1.2.c Circuito puramente capacitivo.

1.4.2.2. CORRENTE ALTERNADA TRIFÁSICA

A corrente alternada trifásica nada mais é do que a associação de três correntes alternadas monofásicas defasadas de 120 graus elétricos, ou seja, 1/3 de período.

Diz-se que o sistema trifásico está equilibrado quando as três correntes monofásicas associadas possuem o mesmo valor eficaz e a mesma defasagem entre elas.

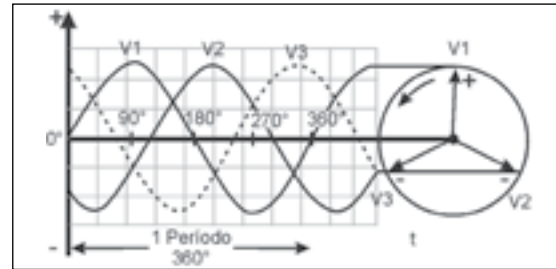


Fig. 1.3. Corrente alternada trifásica.

• LIGAÇÃO ESTRELA

Esta ligação se caracteriza por possuir um ponto comum entre as três fases. Neste ponto, pode ou não ser ligado um condutor, denominado de neutro, caracterizando assim dois tipos de ligação estrela (com neutro ou sem neutro). No caso de motores elétricos, é utilizada a ligação estrela sem neutro, uma vez que o desequilíbrio entre as fases é, normalmente, insignificante. As relações entre as tensões e correntes de linha e fase são dadas na figura 1.4.

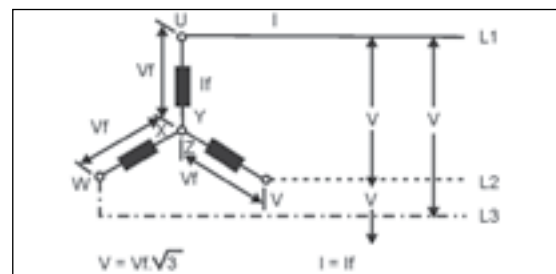


Fig. 1.4. Ligação trifásica estrela.

Exemplo: um motor trifásico conectado em estrela é ligado a uma rede trifásica de 220V. Qual é a tensão e a corrente em cada enrolamento, supondo uma corrente de linha igual a 10A?

Solução:

$$I = I_f = 10A$$

$$V_f = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{200}{\sqrt{3}}$$

$$V_f = 127V$$

• LIGAÇÃO TRIÂNGULO

Na ligação triângulo os três enrolamentos são ligados num circuito fechado. As relações entre as tensões e correntes de linha são dadas na figura 1.5

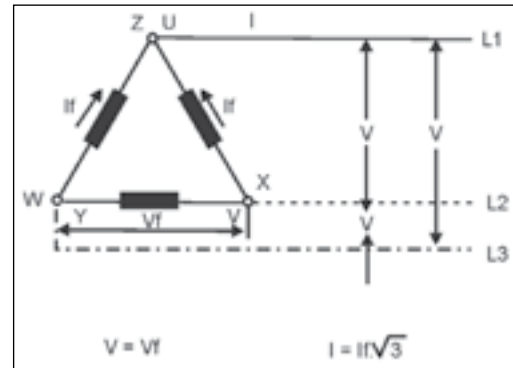


FIG. 1.5. Ligação trifásica triângulo.

Exemplo: um motor trifásico conectado em triângulo é ligado em uma rede trifásica de 220V. Sendo a corrente em linha igual a 10A, qual é a tensão e a corrente em cada enrolamento?

Solução:

$$V = V_f = 220A$$

$$I_f = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}}$$

$$I_f = 5.77 A$$

1.4.3. TRABALHO MECÂNICO

Define-se como trabalho mecânico o produto da força aplicada a um determinado corpo pelo deslocamento do mesmo.

$$W = F \cdot dA = [kgf \cdot m]$$

Exemplo: o trabalho necessário para elevar um corpo de 50kgf a uma altura de 3m é:

$$W = 50 \cdot 3 = 150 \text{ kgf} \cdot m$$

1.4.4. POTÊNCIA MECÂNICA

A potência mecânica é o trabalho mecânico realizado na unidade de tempo.

$$P_{mec} = \frac{W}{t} = [kgf \cdot m/s]$$

como, 1cv = 75 kgf.m/s então,

$$P_{mec} = \frac{F \cdot d}{t \cdot 75} [cv]$$

F=Força [kgf] d=Deslocamento [m] t=Tempo [s]

No exemplo anterior, a potência mecânica necessária para realizar o trabalho em 2 segundos é:

$$P_{mec} = \frac{W}{t} = \frac{150}{2} = 75 \text{ kgf} \cdot m/s$$

$$\text{OU}$$

$$P_{mec} = \frac{150}{2 \cdot 75} = 1 \text{ cv}$$

Para movimentos circulares, a distância é substituída pela velocidade periférica, isto é, pelo caminho percorrido em metros na periferia da peça girante em um segundo.

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} [m/s]$$

Onde, v = Velocidade angular em m/s
d = Diâmetro da peça em m
n = Velocidade em rpm.

Então:

$$P_{mec} = \frac{F \cdot v}{75} [cv]$$

Exemplo: qual a potência mecânica necessária para acionar uma polia de raio igual a 0,5m a uma velocidade de 300 rpm, com uma força igual a 30 kgf?

Solução:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 300}{60} = 15,7 \text{ m/s}$$

$$P_{mec} = \frac{F \cdot v}{75} = \frac{30 \cdot 15,7}{75} = 63 \text{ cv}$$

1.4.5. CONJUGADO

Uma força atuando sobre uma alavanca origina um conjugado (figura 1.6.item a). Este conjugado depende da intensidade da força e do comprimento do braço de alavanca, isto é, da distância onde a força é aplicada ao ponto de apoio. No caso de uma polia (figura 1.6. item b), o braço de alavanca é o próprio raio da polia.

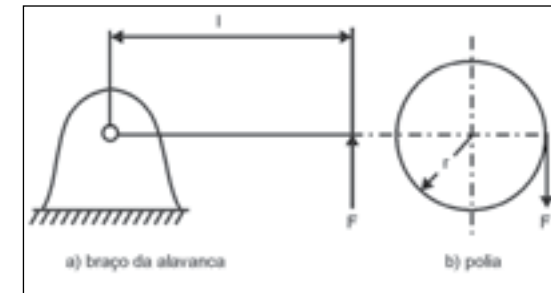


Fig. 1.6. Conjugado.

$$c = F \cdot l [kgf \cdot m]$$

ou, para movimentos circulares

$$c = F \cdot r [kgf \cdot m]$$

onde, C = Conjugado em kgf.m
F = Força em kgf
l = Braço de alavanca em m
r = Raio da polia em m

1.4.6. POTÊNCIA ELÉTRICA

1.4.6.1. Circuitos de corrente contínua

Em circuitos de corrente contínua, a potência elétrica pode ser obtida por:

$$\text{OU, } P = V \cdot I [W]$$

$$\text{OU, } P = R \cdot I^2 [W]$$

$$P = \frac{V^2}{R} [W]$$

onde, V = Tensão em V
I = Corrente em A
R = Resistência em ohm

A unidade usual para potência elétrica é o Watt (W), que corresponde a 1V x 1A.

1.4.6.2. Circuitos de corrente alternada

Nos circuitos de corrente alternada existem 3 formas de potência:

• Potência Aparente (Ps):

Em circuitos monofásicos a potência aparente é obtida pelo produto da tensão pela corrente.

$$P_s = V \cdot I [V \cdot A]$$

Para circuitos trifásicos a potência aparente é a soma das potências aparentes de cada fase.

$$P_s = 3 \cdot V_f \cdot I_f [V \cdot A]$$

Porém, como o sistema trifásico é ligado em triângulo ou estrela, temos que lembrar das relações:

Para triângulo: $V = V_f$ e $I = \sqrt{3} \cdot I_f$

Para estrela: $V = \sqrt{3} \cdot V_f$ e $I = I_f$

Assim sendo, para ambas as ligações, a potência aparente total é dada por:

$$P_s = \sqrt{3} \cdot V \cdot I [V \cdot A]$$

• Potência Ativa (P)

Potência ativa é a parte da potência aparente que é realmente transformada em energia. É obtida do produto entre a potência aparente e o fator de potência.

$$P = P_s \cdot \cos \phi [W]$$

$$\text{OU}$$

$$P_s = \frac{P}{\cos \phi} [W]$$

Obs.: se a carga for puramente resistiva, $\cos \phi = 1$, a potência ativa e a potência aparente terão o mesmo valor.

• Potência Reativa (Pq)

É a parte da potência aparente que é apenas transferida e armazenada nos elementos indutivos e capacitivos do circuito, não realizando trabalho.

$$P_q = P_s \cdot \sin \phi [Var]$$

$$\text{OU}$$

$$P_q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi [Var]$$

• **Triângulo de Potências**

As relações entre os três tipos de potência existentes em um circuito de corrente alternada pode ser ilustrada através do chamado triângulo de potências.

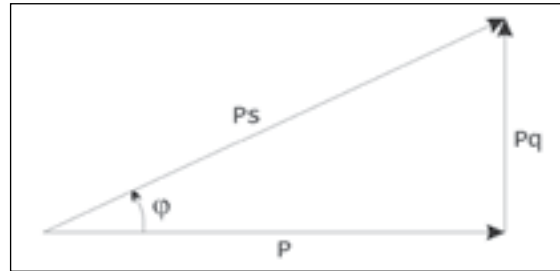


Fig. 1.7. Triângulo de potências.

1.4.7. FATOR DE POTÊNCIA

Fator de potência (cos) é o valor do cosseno do ângulo de defasagem entre a

corrente e a tensão. Indica a quantidade de potência ativa contida na potência aparente (figura 1.7).

$$\cos\phi = \frac{P}{P_s} = \frac{P}{\sqrt{3.V.I}}$$

1.4.8. RENDIMENTO

A relação entre a potência mecânica disponível no eixo do motor e a potência elétrica absorvida da rede é chamada de rendimento. Indica a eficiência da máquina na transformação de energia. Geralmente é dada em porcentagem.

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_s}$$

ou,

$$\eta \% = \frac{736.P_{mec}}{\sqrt{3.V.I.\cos\phi}} .100$$

1.4.9. RELAÇÃO ENTRE CONJUGADO E POTÊNCIA

Na especificação e seleção de motores pode ser importante a avaliação da qualidade de torque externo disponível numa polia ou eixo do motor para executar um determinado trabalho mecânico à velocidade nominal.

A equação que relaciona a potência fornecida, o torque externo e a velocidade é dada por:

$$P_{mec} = \frac{C.n}{716} \text{ [cv]}$$

ou,

$$P_{mec} = \frac{C.n}{974} \text{ [kW]}$$

Motores Monofásicos de Indução

2

Motores Monofásicos de Indução

2

De modo geral os motores elétricos de indução monofásicos são a alternativa natural aos motores de indução polifásicos, nos locais onde não se dispõe de alimentação trifásica, como residências, escritórios, oficinas e em zonas rurais.

Entre os vários tipos de motores elétricos monofásicos, os motores com rotor tipo gaiola se destacam pela simplicidade de fabricação e, principalmente, pela robustez, confiabilidade e longa vida sem necessidade de manutenção.

2.1. MOTOR DE FASE DIVIDIDA (SPLIT-PHASE)

Este motor possui um enrolamento principal e um auxiliar (para a partida), ambos defasados no espaço de 90 graus elétricos. O enrolamento auxiliar cria um deslocamento de fase que produz o conjugado necessário para a rotação inicial

e a aceleração. Quando o motor atinge uma rotação predeterminada, o enrolamento auxiliar é desconectado da rede através de uma chave que normalmente é atuada por uma força centrífuga (chave ou disjuntor centrífugo) ou, em casos específicos, por

relé de corrente, chave manual ou outros dispositivos especiais (figura 2.1). Como o enrolamento auxiliar é dimensionado para atuação somente na partida, seu não desligamento provocará a sua queima.

O ângulo de defasagem que se pode obter entre as correntes do enrolamento principal e do enrolamento auxiliar é pequeno e, por isso, esses motores têm conjugado de partida igual ou pouco superior ao nominal, o que limita a sua aplicação a potências fracionárias e a cargas que exigem reduzido ou moderado conjugado de partida, tais como máquinas de escritórios, ventiladores e exaustores, pequenos polidores, compressores herméticos, bombas centrífugas, etc.

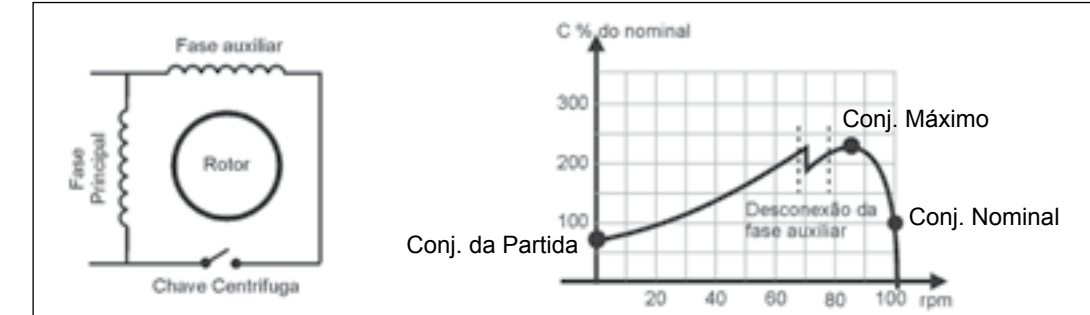


Fig. 2.1. Esquema básico e característica conjugado x velocidade.

2.2. MOTOR DE CAPACITOR DE PARTIDA (START-CAPACITOR)

É um motor semelhante ao de fase dividida. A principal diferença reside na inclusão de um capacitor eletrolítico em série com o enrolamento auxiliar de partida. O capacitor permite um maior ângulo de defasagem entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, proporcionando assim elevados conjugados de partida. Como no motor de fase dividida, o circuito auxiliar é desconectado quando o motor atinge entre 75% a 80% da velocidade síncrona. Neste intervalo de velocidades, o enrolamento principal sozinho desenvolve quase o mesmo conjugado que os enrolamentos combinados. Para velocidades maiores, entre 80% e 90% da velocidade síncrona, a curva de conjugado com os enrolamentos combinados cruza a curva de conjugado do enrolamento principal de maneira que, para velocidades acima deste ponto, o motor desenvolve menor conjugado, para

qualquer escorregamento, com o circuito auxiliar ligado do que sem ele.

Devido ao fato de o cruzamento das curvas não ocorrer sempre no mesmo ponto e, ainda, o disjuntor centrífugo não abrir sempre na mesma velocidade, é prática comum fazer com que a abertura aconteça, na média, um pouco antes do cruzamento das curvas. Após a desconexão do circuito

auxiliar, o seu funcionamento é idêntico ao do motor de fase dividida.

Com o seu elevado conjugado de partida (entre 200% e 350% do conjugado nominal), o motor de capacitor de partida pode ser utilizado em uma grande variedade de aplicações e é fabricado em potências que vão de 1/4 cv a 1,5 cv.

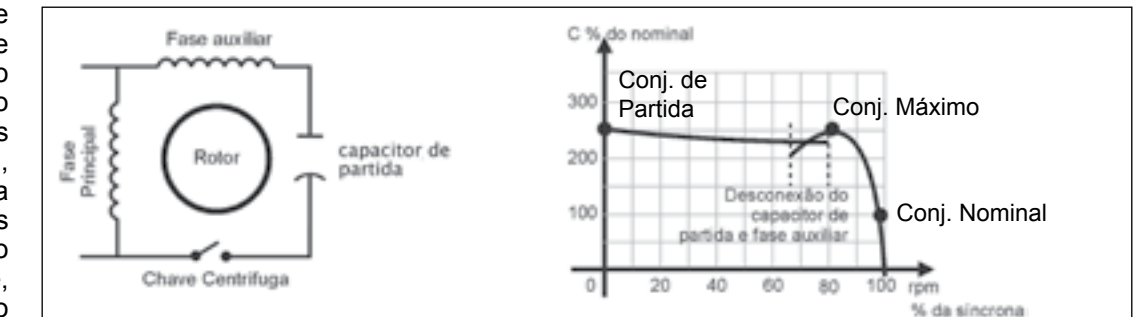


Fig. 2.2. Esquema básico e característica conjugado x velocidade.

2.3. MOTOR DE CAPACITOR PERMANENTE (PERMANENT-SPLIT CAPACITOR)

Neste tipo de motor, o enrolamento auxiliar e o capacitor ficam permanentemente energizados, sendo o capacitor do tipo eletrostático. O efeito deste capacitor é o de criar condições de fluxo muito semelhantes às encontradas nos motores polifásicos, aumentando, com isso, o conjugado máximo, o rendimento e o fator de potência, além de reduzir sensivelmente o ruído. Construtivamente são menores e isentos de manutenção pois não utilizam contatos e partes móveis, como nos motores anteriores. Porém, seu conjugado de partida normalmente é inferior ao do motor de fase dividida (50% a 100% do conjugado nominal), o que limita sua aplicação a equipamentos

que não requeiram elevado conjugado de partida, tais como: máquinas de escritório, ventiladores, exaustores, sopradores, bombas centrífugas, esmeris, pequenas serras, furadeiras, condicionadores de ar, pulverizadores, etc. São fabricados normalmente para potências de 1/50 a 1,5 cv.

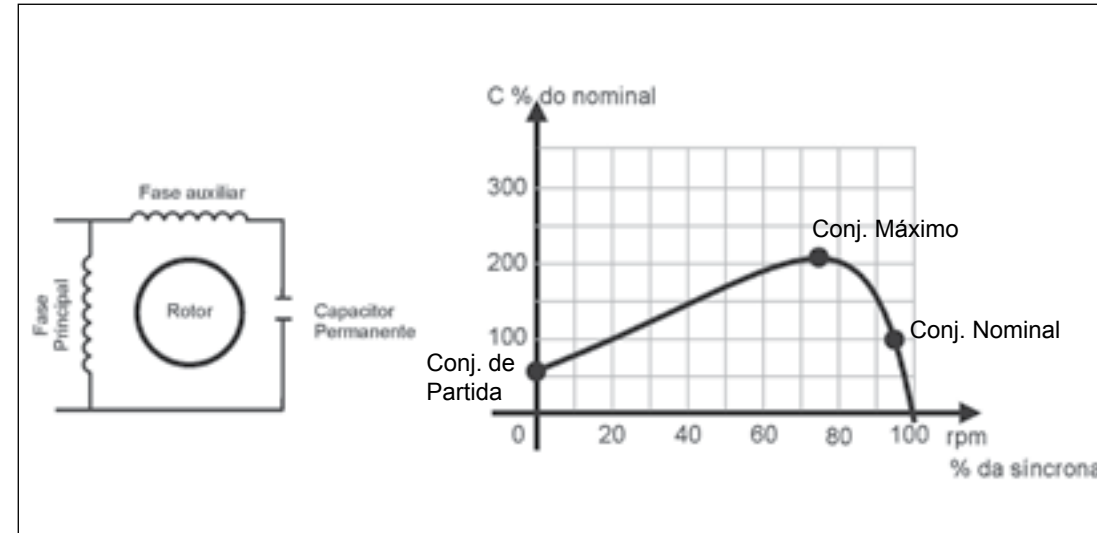


Fig. 2.3. Esquema básico e característica conjugado x velocidade.

2.4. MOTOR COM DOIS CAPACITORES (TWO-VALUE CAPACITOR)

É um motor que utiliza as vantagens dos dois anteriores: partida como a do motor de capacitor de partida e funcionamento em regime como a do motor de capacitor permanente (figura 2.4). Porém, devido ao seu alto custo, normalmente são fabricados em potências superiores a 1 cv.

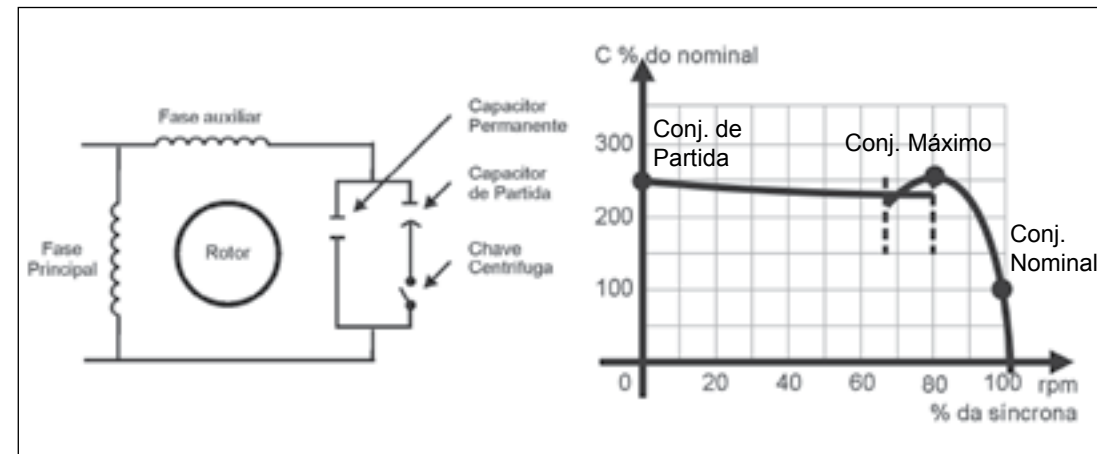


Fig. 2.4. Esquema básico e característica conjugado x velocidade.

2.5. MOTOR DE CAMPO DISTORCIDO OU POLOS SOMBREADOS (SHADED-POLE)

O motor de campo distorcido se destaca entre os motores de indução monofásicos por seu processo de partida, que é o mais simples, confiável e econômico.

Construtivamente existem três tipos: de polos salientes, tipo esqueleto e de enrolamentos distribuídos. Uma das formas mais comuns é a de polos salientes, ilustrada esquematicamente na figura 2.5. Observa-se que uma parte de cada

polo (em geral 25% a 35% do mesmo) é abraçada por uma espira de cobre em curto-circuito.

A corrente induzida nesta espira faz com que o fluxo que a atravessa sofra um atraso em relação ao fluxo da parte não abraçada pela mesma. O resultado disto é semelhante a um campo girante que se move na direção da parte não abraçada para a parte abraçada do polo, produzindo conjugado que fará o motor

partir e atingir a rotação nominal.

O sentido de rotação, portanto, depende do lado em que se situa a parte abraçada do polo. Conseqüentemente, o motor de campo distorcido apresenta um único sentido de rotação. Este geralmente pode ser invertido, mudando-se a posição da ponta de eixo do rotor em relação ao estator. Outros métodos para se obter inversão de rotação são possíveis, porém, tornam-se proibitivamente onerosos.

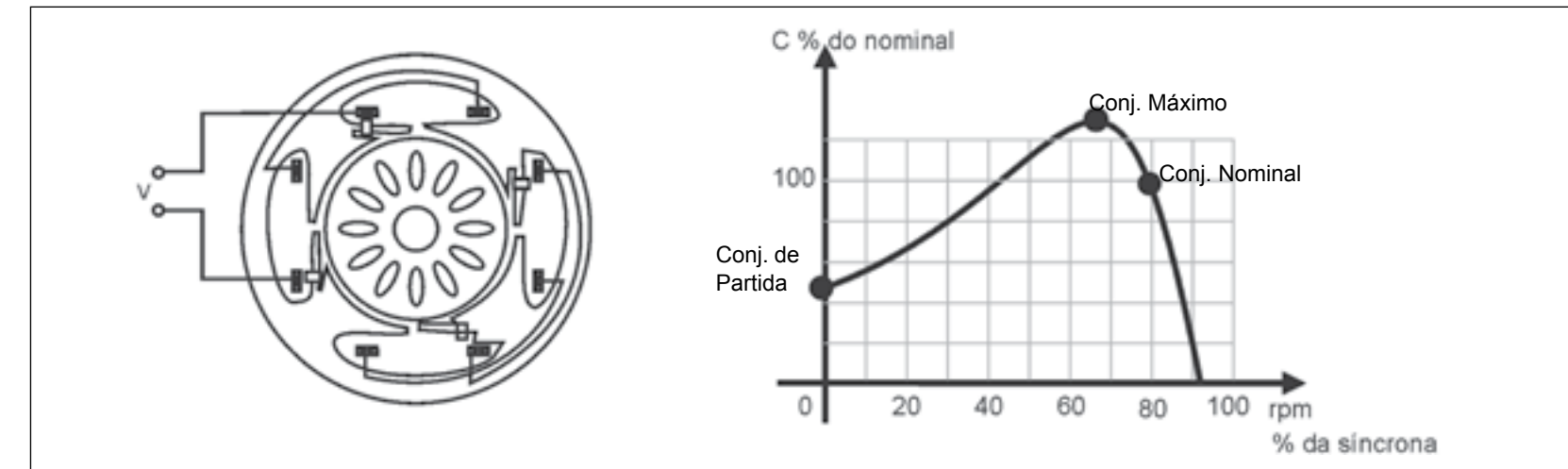


Fig. 2.5. Esquema básico e característica conjugado x velocidade.

Quanto ao desempenho dos motores de campo distorcido, apresentam baixo conjugado de partida (15% a 50% do nominal), baixo rendimento e baixo fator de potência. Devido a esse fato, eles são normalmente fabricados para pequenas potências, que vão de alguns milésimos de cv até 1/4 cv.

Pela sua simplicidade, robustez e baixo custo, são ideais em aplicações tais como: movimentação de ar (ventiladores, exaustores, purificadores de ambiente, unidades de refrigeração, secadores de roupa e de cabelo), pequenas bombas e compressores e aplicações domésticas.

Motores Trifásicos de Indução

3

Existem dois tipos de motores trifásicos de indução: com rotor bobinado e com rotor gaiola de esquilo. O princípio de funcionamento é o mesmo para ambos, porém, nos deteremos apenas no motor de gaiola, por ser o mais utilizado devido a maior simplicidade de construção e menor custo.

1. Carcaça: é confeccionada em liga especial de alumínio injetado sob pressão ou em ferro fundido cinzento assegurando unidades leves e de construção sólida e robusta.

2. Estator: é composto por chapas de aço com baixo teor de carbono (tratadas termicamente) ou por chapas de aço-silício, assegurando baixas perdas e elevada permeabilidade magnética.

3. Rotor: é composto por chapas de aço com as mesmas características do estator. Podem ser: bobinados, com anel de curto-circuito (fundido em alumínio injetado sob pressão) ou com barramento de cobre e latão.

4. Tampas: são fabricadas em alumínio injetado sob pressão ou em ferro fundido, garantindo ao motor elevada resistência mecânica.

5. Ventilador: pode ser de nylon, ferro fundido, ou de alumínio não faiscante. Projetado para obter um sistema de ventilação onde o motor obtenha o máximo de resfriamento, associado a um reduzido nível de ruído.

6. Calota (Defletora): pode ser de chapas de aço ou ferro fundido. Sua principal função, além de proteger o ventilador, é de direcionar o ar sobre a superfície do motor.

7. Eixo: é confeccionado em aço projetado para suportar esforços radiais e axiais.

8. Bobinagem: os fios utilizados nos enrolamentos dos motores são de cobre, isolados por um verniz à base de poliéster. Os isolantes do estator podem ser de classe de

isolação B (130°C), F (155°C) ou H (180°C).

9. Caixa de Ligação: pode ser chapa de aço ou ferro fundido. A caixa de ligação permite um deslocamento de 90 em 90 graus, para a saída dos cabos de alimentação.

10. Placa de bornes: para uma perfeita ligação dos motores, as placas de bornes são confeccionadas em material alto-extinguível não higroscópico, resistente à corrente de fuga e de alta rigidez dielétrica (opcional).

11. Rolamentos: os mancais dos motores podem ser fornecidos com vários tipos de rolamentos. Normalmente são utilizados rolamentos de esfera dimensionados de forma a assegurar longa vida útil aos motores. Os rolamentos passam por uma criteriosa seleção antes de serem aprovados.

Para motores com rolamentos relubrificáveis o motor dispõe de uma engraxadeira que possibilita o escoamento do excesso de graxa.

12. Passador de fios: é utilizado para assegurar uma perfeita vedação entre a caixa de ligação e o ambiente externo (opcional).

13. Chaveta: projetada para assegurar o perfeito acoplamento do motor a carga, a chaveta é confeccionada em aço SAE 1045.

14. Olhal de suspensão: para facilitar a movimentação, transporte e instalação, os motores a partir da carcaça 112 são providos de olhais fixos ou de aço forjados rosqueados na carcaça.

15. Placa de identificação: confeccionada em alumínio ou aço inox, a placa de identificação possui todos os dados necessários para a identificação do motor conforme estabelece a NBR 17094.

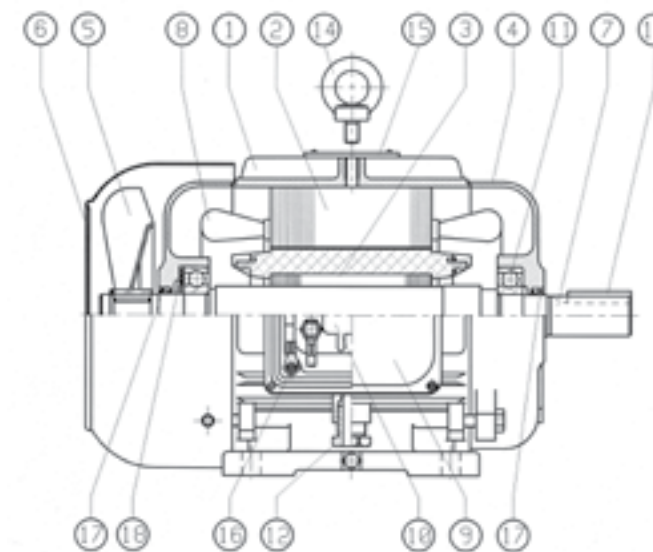
16. Aterramento: os motores possuem terminais para aterramento localizados no interior da caixa de ligação. Os terminais são confeccionados em latão assegurando desta forma um perfeito contato elétrico.

17. Anel de vedação V-RING: confeccionado em borracha, veda dinamicamente o interior do motor.

18. Mola de compensação: confeccionada em aço mola e destinada a fornecer pré-carga aos rolamentos.

Motores Trifásicos de Indução

3



3.1. CAMPO GIRANTE

Quando um enrolamento monofásico é percorrido por uma corrente alternada, cria-se ao redor deste um campo magnético alternado fixo, cuja intensidade varia proporcionalmente a corrente. Como sua orientação norte-sul é sempre a mesma, diz-se que o campo magnético criado é pulsante. Porém, quando três enrolamentos defasados em 120 graus no espaço são percorridos por correntes defasadas em 120 graus no tempo (caso das correntes dos sistemas de alimentação trifásica), o campo magnético

criado é girante, ou seja, sua orientação norte-sul gira continuamente e sua intensidade é constante.

Este campo magnético girante se forma em cada instante, devido à combinação de cada um dos campos magnéticos criados por cada enrolamento monofásico. A figura 3.1 ilustra a maneira como se produz um campo girante. No instante 1, o campo gerado pelo enrolamento na fase A prevalece sobre os demais, determinando a orientação do campo magnético resultante. No instante 2, a orientação do campo magnético resultante é dada pelo enrolamento da fase B que é a

predominante. No instante 3, a orientação é dada pelo enrolamento da fase C.

Da mesma forma para os instantes 4, 5 e 6, a orientação do campo resultante é dada respectivamente pelas fases A, B e C, porém, com sentido inverso como mostra a figura. No instante 7, completamos 360 graus e o ciclo é reiniciado.

O campo girante do estator atravessa as barras do rotor, induzindo forças eletromotrizes. Estas geram correntes que, interagindo com o campo girante do estator, produzem um conjugado motriz no mesmo sentido de rotação do campo.

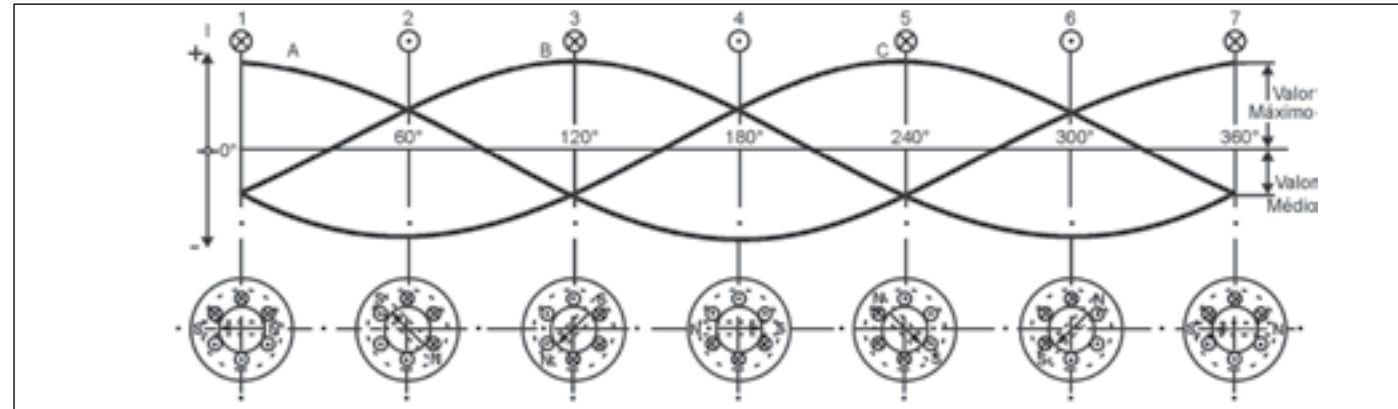


Fig. 3.1. Formação do campo girante.

3.2. VELOCIDADE SÍNCRONA

A velocidade síncrona (n_s) de um motor é definida pela velocidade de rotação do campo girante, a qual depende diretamente da frequência (f) da rede e do número de polos (p). Assim sendo, a velocidade síncrona de um motor é dada por:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \text{ [rpm]}$$

Exemplo: para um motor de 4 polos ligado a uma rede de alimentação de 60 Hz, a velocidade síncrona é:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 60}{4}$$

$$n_s = 1800 \text{ rpm}$$

3.3. ESCORREGAMENTO

Os motores de indução funcionam sempre a uma velocidade (n) menor que a velocidade síncrona. Esta diferença de velocidade é chamada de "escorregamento" e sua indicação é feita em porcentagem da rotação do campo girante do estator.

$$s(\%) = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100$$

onde,
 s = escorregamento em %
 n_s = rotação síncrona em rpm
 n = rotação nominal em rpm

Exemplo: qual o escorregamento do motor do exemplo anterior se sua rotação nominal é de 1750 rpm?

$$s = \frac{1800 - 1750}{1800} \cdot 100$$

$$s = 2,8\%$$

Características de Desempenho

4

4 Características de Desempenho

Existem dois pontos importantes a serem considerados quanto ao desempenho do motor elétrico: as características da partida e de operação, que serão analisadas a seguir:

4.1. CARACTERÍSTICAS DE PARTIDA

O termo “partida” é definido como sendo a passagem de uma máquina do estado de repouso à velocidade de regime, incluindo energização, arranque, aceleração e se necessário, a sincronização com a fonte de alimentação.

4.1.1. CONJUGADO

Na figura 4.1 temos uma curva típica da variação do conjugado em relação à velocidade. Ela mostra que, para a velocidade síncrona, o conjugado é zero, e que, conforme for adicionada carga ao

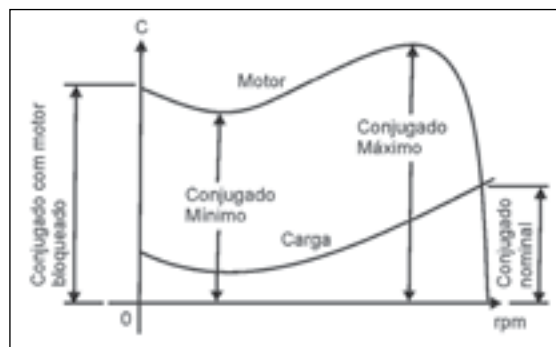


Fig. 4.1. Curvas conjugado x velocidade e conjugado resistente.

motor, sua rotação cairá gradativamente até atingir um valor máximo de conjugado. Se este valor for ultrapassado, a rotação cairá bruscamente, podendo até travar o motor.

Conjugado com rotor bloqueado (Cp) – Valor mínimo medido do conjugado de um motor com rotor bloqueado, sob tensão e frequência nominais. Este conjugado deve ser alto o suficiente para vencer a inércia da carga.

Conjugado nominal (Cn) – Conjugado fornecido no eixo do motor, correspondente à potência e velocidade nominais.

Conjugado máximo (Cmáx) – Maior conjugado que um motor de corrente alternada pode desenvolver sob tensão e frequência nominais. Deve ser o mais alto possível para vencer eventuais picos de carga que podem ocorrer em certas aplicações e para não perder bruscamente a velocidade no caso de ocorrer quedas de tensão excessivas.

Conjugado mínimo de partida (Cmin) – Menor valor do conjugado desenvolvido por um motor de corrente alternada, entre o repouso e a velocidade correspondente ao conjugado máximo, quando alimentado sob tensão e frequência nominais.

Observações:

1. Estes conjugados são especificados pela NBR 17094.

2. A curva Conjugado x Velocidade é obtida com tensão e frequência nominais.

4.1.2. CATEGORIAS

A NBR 17094 classifica os motores de indução trifásicos com rotor de gaiola quanto às características de conjugado em relação à velocidade e quanto à corrente de partida em três categorias:

Categoria	Conjugado com Rotor Bloqueado	Corrente com Rotor Bloqueado	Escoamento
N	Normal	Normal	Baixo
H	Alto	Normal	Baixo
D	Alto	Normal	Alto (>5%)

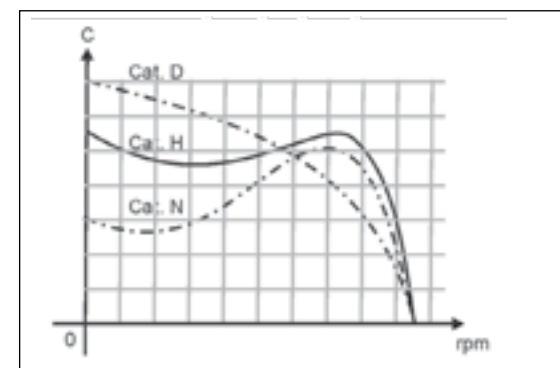


Fig. 4.2. Curvas conjugado x velocidade das diferentes categorias.

• Aplicações mais usuais

Categoria N: a maioria dos motores encontrados no mercado pertencem a esta categoria. São utilizados no acionamento de cargas normais como bombas e máquinas operatrizes.

Categoria H: utilizados em cargas que exigem alto conjugado de partida, como cargas de alta inércia, peneiras e correias transportadoras.

Categoria D: utilizadas em cargas que apresentam picos periódicos e que necessitam de alto conjugado com corrente de partida limitada. Exemplo: elevadores, prensas excêntricas, etc.

A tabela 4.1 indica os valores mínimos de conjugado exigidos para as categorias N e H segundo a NBR 17094.

Observações tabela 4.1:

1. Os valores de Cp para a categoria H são iguais a 1,5 vezes os valores correspondentes aos da categoria N, não sendo porém inferiores a 2,0.

2. Os valores de Cmin para a categoria H são iguais aos valores correspondentes aos da categoria N, não sendo porém inferiores a 1,4.

3. Os valores de Cmáx para a categoria H são iguais aos valores correspondentes aos da categoria N, não sendo porém inferiores a

1,9 ou ao valor correspondente de Cmin.

4. Os motores da categoria D deverão ter conjugado com rotor bloqueado superior a 2,75 vezes o Cnom. Os valores de Cmin e Cmáx não são especificados. Esta categoria se aplica a motores de potência até 150 cv.

5. A NBR 17094 não prevê motores de dois polos na categoria H.

6. Os valores de potência nominal adotados na tabela 4.1 são os valores padronizados dentro das faixas previstas na NBR 17094.

POLARIDADE	CONJUGADO COM ROTOR BLOQUEADO (Cp) CONJUGADO MÍNIMO (Cmin) E CONJUGADO MÁXIMO (Cmáx) DE MOTORES																							
	Potências Nominais		Categoria N												Categoria H									
			2		4		6		8		4		6		8									
cv	Kw	Cp	Cmin	Cmáx	Cp	Cmin	Cmáx	Cp	Cmin	Cmáx	Cp	Cmin	Cmáx	Cp	Cmin	Cmáx	Cp	Cmin	Cmáx	Cmin	Cmáx	Cmáx		
3/4	0,55	1,9	1,3	2,0	2,0	1,4	2,0	1,7	1,2	1,7	1,5	1,1	1,6	3,0	2,1	2,1	2,55	1,8	1,9	2,25	1,65	1,9		
1	0,75	1,8	1,2	2,0	1,9	1,3	2,0	1,7	1,2	1,8	1,5	1,1	1,7	2,85	1,95	2,0	2,55	1,8	1,9	2,25	1,65	1,9		
1,5	1,1	1,8	1,2	2,0	1,9	1,3	2,0	1,6	1,1	1,9	1,4	1,0	1,8	2,85	1,95	2,0	2,4	1,65	1,9	2,1	1,5	1,9		
2	1,5	1,8	1,2	2,0	1,9	1,3	2,0	1,6	1,1	1,9	1,4	1,0	1,8	2,85	1,95	2,0	2,4	1,65	1,9	2,1	1,5	1,9		
3	2,2	1,7	1,1	2,0	1,8	1,2	2,0	1,6	1,1	1,9	1,4	1,0	1,8	2,7	1,8	2,0	2,4	1,65	1,9	2,1	1,5	1,9		
4	3,0	1,6	1,1	2,0	1,7	1,2	2,0	1,5	1,1	1,9	1,3	1,0	1,8	2,55	1,8	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
5	3,7	1,6	1,1	2,0	1,7	1,2	2,0	1,5	1,1	1,9	1,3	1,0	1,8	2,55	1,8	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
6	4,5	1,5	1,0	2,0	1,6	1,1	2,0	1,5	1,1	1,9	1,3	1,0	1,8	2,4	1,65	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
7,5	5,5	1,5	1,0	2,0	1,6	1,1	2,0	1,5	1,1	1,8	1,3	1,0	1,8	2,4	1,65	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
10	7,5	1,5	1,0	2,0	1,6	1,1	2,0	1,5	1,1	1,8	1,3	1,0	1,7	2,4	1,65	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
12,5	9,0	1,5	1,0	2,0	1,6	1,1	2,0	1,5	1,1	1,8	1,3	1,0	1,7	2,4	1,65	2,0	2,25	1,65	1,9	2,0	1,5	1,9		
15	11	1,4	1,0	2,0	1,5	1,1	2,0	1,4	1,0	1,8	1,2	0,9	1,7	2,25	1,65	2,0	2,1	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
20	15	1,4	1,0	2,0	1,5	1,1	2,0	1,4	1,0	1,8	1,2	0,9	1,7	2,25	1,65	2,0	2,1	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
25	18,5	1,3	0,9	1,9	1,4	1,0	1,9	1,4	1,0	1,8	1,2	0,9	1,7	2,1	1,5	1,9	2,1	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
30	22	1,3	0,9	1,9	1,4	1,0	1,9	1,4	1,0	1,8	1,2	0,9	1,7	2,1	1,5	1,9	2,1	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
40	30	1,2	0,9	1,9	1,3	1,0	1,9	1,3	1,0	1,8	1,2	0,9	1,7	2,0	1,5	1,9	2,0	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
50	37	1,2	0,9	1,9	1,3	1,0	1,9	1,3	1,0	1,7	1,2	0,9	1,7	2,0	1,5	1,9	2,0	1,5	1,9	2,0	1,4	1,9		
60	45	1,1	0,8	1,8	1,2	0,9	1,8	1,2	0,9	1,7	1,1	0,8	1,7	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9		
75	55	1,1	0,8	1,8	1,2	0,9	1,8	1,2	0,9	1,7	1,1	0,8	1,7	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9		
100	75	1,0	0,7	1,8	1,1	0,8	1,8	1,1	0,8	1,7	1,0	0,7	1,6	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9	2,0	1,4	1,9		
250	185	0,8	0,6	1,7	0,9	0,7	1,7	0,9	0,7	1,6	0,9	0,7	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
300	200	0,8	0,6	1,7	0,9	0,7	1,7	0,9	0,7	1,6	0,9	0,7	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabela 4.1.

4.1.3. MOMENTOS DE INÉRCIA

O momento de inércia ou inércia rotacional é um parâmetro que define a resistência de um corpo se opondo às variações de velocidade em relação a um dado eixo. Observa-se que o momento de inércia de um corpo depende do eixo em torno do qual ele está girando, da forma do corpo e da maneira com que sua massa está distribuída.

É definido como sendo o produto da massa girante pelo raio da giração ao quadrado, expresso em kg x m².

É indispensável saber qual o momento de inércia da carga a ser acionada, para determinar o “tempo de aceleração” de um motor, isto é, para saber se o motor terá condições de acionar a carga dentro das condições normais e sem causar prejuízos ao motor.

Convém salientar que o momento de inércia total do sistema é a soma dos momentos de inércia da carga e do motor:

$$J_t = J_m + J_c$$

Se a carga estiver girando com uma velocidade diferente do motor, seu movimento de inércia deverá ser convertido à velocidade do motor antes de ser adicionada a inércia deste (figura 4.3).

$$J_{cr} = J_c \cdot \left(\frac{nc}{n}\right)^2 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

Onde,

J_t = momento de inércia total
J_{cr} = momento de inércia da carga referido ao eixo do motor
J_m = momento de inércia do motor
J_c = momento de inércia da carga
nc = velocidade da carga
n = velocidade nominal do motor

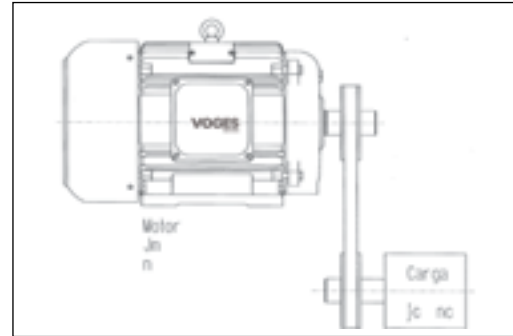


Fig. 4.3. Momento de inércia em rotações diferentes.

No caso de existir entre o motor e a carga mais do que uma redução de velocidade, deve ser levado em consideração os momentos de inércia em cada equipamento de redução.

Para a figura 4.4 temos:

$$J_{cr} = J_c \cdot \left(\frac{nc}{n}\right)^2 + J_{c1} \cdot \left(\frac{nc1}{n}\right)^2 + J_{c2} \cdot \left(\frac{nc2}{n}\right)^2$$

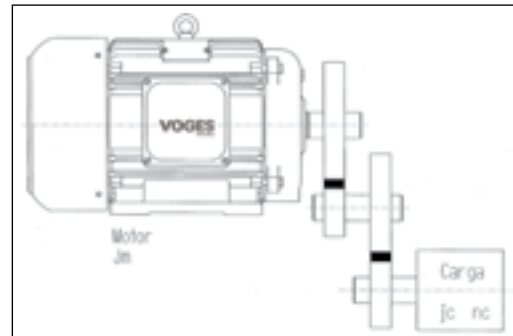


Fig. 4.4. Momento de inércia em rotações diferentes.

Exemplo: um motor de 4 polos (J_m = 0,3 kgm²) com velocidade nominal de 1740 rpm aciona uma carga com momento de inércia de J_c = 4 kgm² e rotação de 200 rpm. Para conseguir esta redução de velocidade,

são utilizados dois conjuntos de redutores com os seguintes dados:

Redutor 1 – J_{c1} = 0,5 kgm² Redução: 1740/600
 Redutor 2 – J_{c2} = 0,5 kgm² Redução: 600/200

Qual é o momento de inércia da carga (J_{cr}) referido ao eixo do motor? Qual o momento de inércia total do sistema?

Solução:

$$J_{cr} = 4 \cdot \left(\frac{200}{1740}\right)^2 + 0,5 \cdot \left(\frac{600}{1740}\right)^2 + 0,5 \cdot \left(\frac{1740}{1740}\right)^2$$

$$J_{cr} = 0,612 \text{ kgm}^2$$

$$J_t = J_m + J_{cr}$$

$$J_t = 0,3 + 0,612$$

$$J_t = 0,912 \text{ kgm}^2$$

4.1.4. TEMPO DE ACELERAÇÃO

Tempo de aceleração é o tempo que o motor leva para atingir a velocidade nominal desde o instante em que é acionado. Através deste tempo, pode-se verificar se o motor conseguirá acionar uma determinada carga sem sobreaquecimento dos enrolamentos e dimensionar equipamentos de partida e proteção. É calculado através da expressão:

$$t_a = \frac{GD^2 \cdot N}{375 \cdot (C_m - C_l)}$$

onde,

t_a = tempo de aceleração em s
N = variação de rotação do motor; no caso de se partir do repouso N é igual a rotação nominal em rpm.
GD² = efeito de inércia – é o produto da massa girante pelo diâmetro de giração ao quadrado em kgf .m²
C_m = conjugado motriz médio do motor em kgf .m
C_l = conjugado médio da carga em kgf .m
Observação: GD² = 4.J_t

A diferença entre os conjugados (C_m-C_l) é chamada de conjugado médio da aceleração (C_a). Seu valor deveria ser calculado para cada intervalo de rotação. Na prática, porém, este valor pode ser obtido graficamente como mostra a figura 4.5. Para encontrar os valores médios de um conjugado do motor (C_m) e da carga (C_l), basta que na figura a soma das áreas A1 + A2 seja igual a A3, e que a área B1 seja igual à área B2.

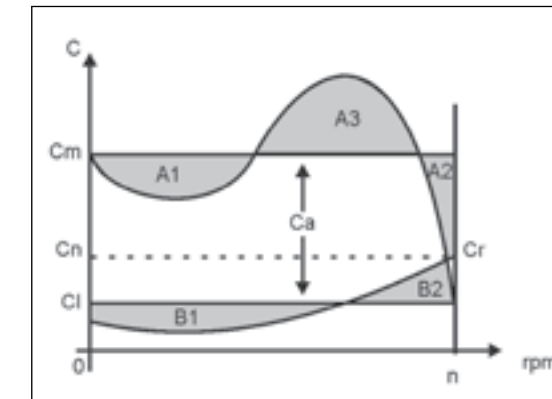


Fig. 4.5. Determinação gráfica do conjugado médio de aceleração (C_a).

C_n = conjugado nominal do motor em kgf .m
C_r = conjugado da carga em kgf .m
C_a = conjugado médio de aceleração em kgf .m
C_a = C_m – C_l
n = velocidade nominal do motor em rpm

Exemplo: supondo que desejamos saber qual é o tempo de aceleração de um motor 315SM, 4 polos, de 250 cv, 60 Hz, rotação

de 1780 rpm, se ao mesmo for acoplada diretamente uma carga cujo momento de inércia é de 10,1 kg.m².

Solução:

J_c = 10,1 kg.m² (momento de inércia da carga)
J_m = 3,4 kg.m² (momento de inércia do motor)
J_t = J_m + J_c = 13,5kg.m²
GD² = 4.J_t = 4.13,5
GD² = 54 kgf.m²

Supondo que o motor parta do repouso e com o conjugado médio de aceleração (C_a) seja constante e de valor igual a 42,86 kgf.m. então:

$$t_a = \frac{(GD^2 \cdot N)}{[375 \cdot (C_m - C_l)]}$$

$$t_a = \frac{(54 \cdot 1780)}{[375 \cdot (42,86)]}$$

$$t_a = 5,9 \text{ s}$$

4.1.5. REGIME DE PARTIDA

Durante o tempo de aceleração, ou seja, o tempo de partida, os motores de indução são submetidos a altos valores de corrente. Como a temperatura é diretamente proporcional às perdas ôhmicas e estas são proporcionais ao quadrado do valor de corrente, temos durante a partida uma rápida elevação da temperatura do motor.

Portanto, o intervalo entre partidas sucessivas deve ser suficientemente

grande de tal forma que o calor gerado no instante da partida possa ser dissipado, evitando-se assim que o motor queime ou que sua vida útil seja reduzida.

A NBR 17094 determina um regime de partida mínimo que os motores devem suportar:

a) a frio, duas partidas consecutivas com retorno ao repouso entre as partidas.

b) a quente, duas partidas após ter funcionado nas condições nominais.

c) uma partida suplementar será permitida somente se a temperatura do motor, antes da mesma, não exceder a temperatura de equilíbrio térmico sob carga nominal.

A condição “a” supõe que a primeira partida do motor é interrompida por um motivo qualquer, por exemplo, pela proteção do motor e permite que seja feita uma outra partida logo a seguir.

A condição “b” supõe o desligamento acidental ou não do motor em funcionamento e permite religá-lo logo a seguir.

Como foi dito anteriormente, o aquecimento do motor durante a partida está relacionado com as perdas, que são maiores ou menores, dependendo da inércia das partes girantes da carga acionada. A NBR 17094 estabelece os valores máximos de momento de inércia da carga (tabela 4.2) para os quais o motor deve ser capaz de atender as condições anteriormente citadas.

Potências Nominal	Kw	cv	Número de polos			
			2	4	6	8
			J kgm ²	J kgm ²	J kgm ²	J kgm ²
0,37	0,50		0,016	0,092	0,255	0,523
0,55	0,75		0,023	0,132	0,364	0,747
0,75	1		0,031	0,175	0,481	0,988
1,1	1,5		0,044	0,247	0,679	1,39
1,5	2		0,058	0,326	0,898	1,84
2,2	3		0,081	0,460	1,27	2,60
3,0	4		0,108	0,608	1,68	3,44
3,7	5		0,130	0,735	2,02	4,16
5,5	7,50		0,186	1,05	2,89	5,94
7,5	10		0,242	1,37	3,78	7,75
11	15		0,346	1,96	5,40	11,1
15	20		0,458	2,59	7,13	14,6
18,5	25		0,553	3,13	8,62	17,7
22	30		0,646	3,65	10,1	20,7
30	40		0,854	4,83	13,3	27,3
37	50		1,03	5,83	16,1	33,0
45	60		1,23	6,96	19,2	39,4
55	75		1,47	8,34	23,0	47,2
75	100		1,95	11,0	30,4	62,3
90	125		2,30	13,0	35,8	73,5
110	150		2,75	15,6	42,9	88,0
132	175		3,24	18,3	50,5	104
150	200		3,64	20,6	56,7	116
160			3,85	21,8	60,1	123
185	250		4,39	24,8	68,4	140
200			4,71	26,6	73,4	151
220	300		5,13	29,0	80,0	164
250	350		5,76	32,6	89,7	184
280			6,38	36,1	99,4	204
	400		6,67	37,7	104	213
300			6,78	38,4	106	217
315			7,09	40,1	110	227
	450		7,42	41,9	116	237
335			7,49	42,4	117	240
355			7,89	44,7	123	253
	500		8,15	46,1	127	261

Tabela 4.2. Momento de inércia externo (J) para as potências normalizadas (valores dados em termos de mr^2 , em que m é a massa e r é o raio médio de giração).

Observações:

a) Os valores da tabela 4.2 são dados em função de massa-raio ao quadrado. Eles foram calculados a partir da fórmula:

$$Jc = 0,04.Pn^{0,9}.p^{2,5}$$

onde,

Pn = potência nominal em kW

p = número de pares de pólos

b) Para os valores intermediários de potência nominal, o momento de inércia externo deve ser calculado pela fórmula da observação (a).

4.1.6. NÚMERO DE PARTIDAS E REVERSÕES PERMISSÍVEIS POR HORA

Um motor pode ser revertido Zo vezes por hora até o mesmo atingir o equilíbrio térmico no limite máximo de sua classe de isolamento, quando operado a vazio (livre de qualquer momento de inércia e carga externas). Assim, Zo é chamado de frequência de reversões a vazio. Da mesma forma, este equilíbrio é atingido se o motor partir a vazio Za vezes por hora (frequência de partida a vazio, com frenagem mecânica).

Os valores de Zo e Za dos motores Voges são mostrados na tabela 4.5. A frequência de partidas a vazio (Za) é maior que a de reversões (Zo), apesar de existir um momento de inércia adicional devido ao disco do freio.

Na NBR 17094 a operação em regime contínuo com reversões, isto é, incluindo a frenagem elétrica, é definida como regime tipo S7 (figura 4.15) e o regime periódico

intermitente com partidas (frenagem mecânica) com regime tipo S4 (figura 4.12).

A partir dos valores de Zo e Za e conhecendo-se algumas características da carga, podemos calcular a frequência de partidas ou reversões com carga ($Zperm$) através das seguintes fórmulas:

Frequência de reversões permissíveis (S7):

$$Zperm = ki.Kl.Zo \text{ (reversões/hora)}$$

Frequência de partidas permissíveis (S4):

$$Zperm = ki.kl.kg.Za \text{ (partidas/hora)}$$

As constantes ki , kl e kg , que levam em consideração a influência do momento de inércia, da carga e do conjugado de aceleração, são descritas a seguir:

4.1.6.1. Influência do momento de inércia

Se um motor está acoplado a uma massa girante que tem um momento de inércia (Jc) igual àquele do motor (Jm), os tempos de partida e reversão – e portanto as perdas – comparados aos tempos do motor a vazio, são duplicados. O equilíbrio térmico original pode ser restabelecido pela redução do número de reversões em 50%. A relação (ki) entre o tempo de reversão com carga permitido e o tempo de reversão a vazio permitido (Figura 4.6) é normalmente igual à relação entre o momento de inércia do motor e o momento de inércia total ($Jm + Jc$):

$$ki = \frac{zperm}{zo} = \frac{Jm}{Jm + Jc} = \frac{1}{FI}$$

O fator de inércia FI é a relação entre o momento de inércia total referido ao eixo do motor e o momento de inércia do motor.

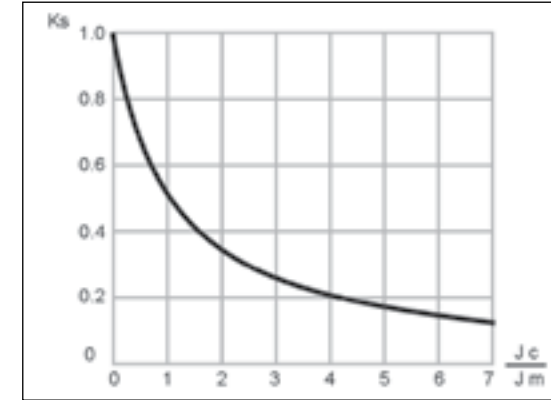


Fig. 4.6. Frequência de partidas e reversões permitidas em função do momento de inércia.

4.1.6.2. Influência da carga

Sempre que um motor elétrico for operado com carga, a frequência de partidas/reversões permitidas por hora ($Zperm$) será inferior à frequência de partidas/reversões a vazio (Za ou Zo) devido ao aumento das perdas eletromagnéticas. Para determinar ($Zperm$), é necessário saber a potência fornecida pelo motor e o regime de serviço em que este será utilizado. Pode-se considerar que as perdas em motores elétricos trifásicos de indução, na faixa de 50% a 150% da carga nominal, variam aproximadamente com o quadrado da potência fornecida pelo motor.

Assim, o fator de carga kl pode ser determinado através da fórmula:

$$kl = \frac{zperm}{zo} = 1 - \left(\left(\frac{Pop}{Pn} \right)^2 \cdot \frac{1}{1,21} \right)$$

onde:

kl = fator de carga

Pop = potência de operação de motor

Pn = potência nominal do motor

A figura 4.7 mostra a variação do fator de carga kl em função da potência fornecida pelo motor em operação contínua, regime tipo S7, com partidas e frenagens elétricas.

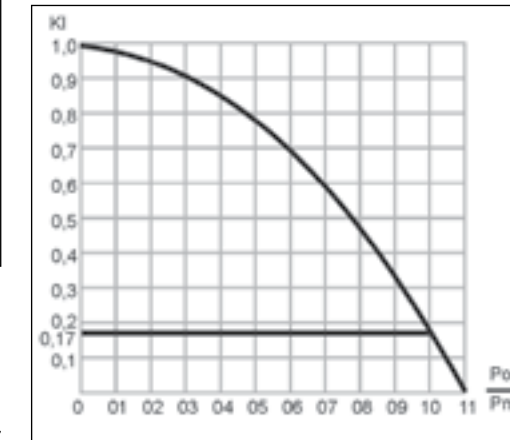


Fig. 4.7. Frequência de partidas e reversões permissíveis em função da potência de saída.

Para regimes intermitentes tipo S4, os valores da figura (4.8) podem ser usados como aproximação.

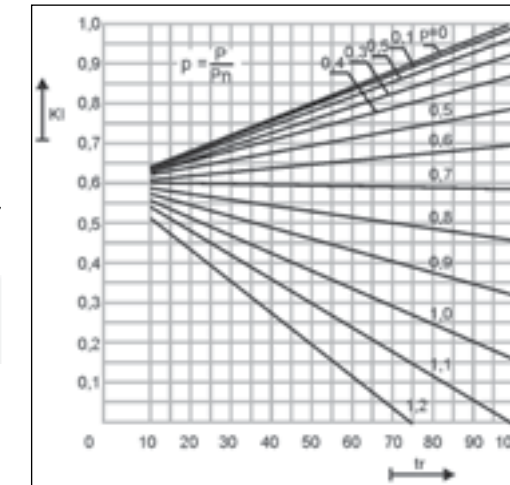


Fig. 4.8. Gráfico para determinar o fator de carga em regimes intermitentes.

kl = Fator de carga

$$tr = \frac{tb}{tb + tst} \cdot 100\% \text{ (Fator de duração do ciclo)}$$

P = relação entre a potência de operação e a potência nominal do motor

tb = Tempo de operação

tst = Tempo de parada

Pop = Potência de operação do motor

Pn = Potência nominal

4.1.6.3. Influência do conjugado de aceleração

O conjugado de aceleração é a diferença entre o conjugado motor Cm e o conjugado de carga da máquina acionada Cl . Para simplificar, o valor médio do conjugado de carga é muitas vezes usado. O tempo de aceleração é inversamente proporcional ao conjugado de aceleração.

No caso de reversões, os efeitos do conjugado de carga durante a partida e a frenagem geralmente se cancelam, mas o efeito deve ser levado em consideração pelo fator kg nos casos de partidas comparadas sem frenagem elétrica.

$$kg = \frac{zperm}{za} = \frac{Cm - Cl}{Cm}$$

4.1.7. CORRENTE DE ROTOR – BLOQUEADO

É o valor eficaz máximo da corrente em condições estáveis que percorrem o motor parado, quando alimentado sob tensões e frequência nominais.

A NBR 17094 estabelece valores máximos de corrente com rotor bloqueado em função da potência nominal do motor.

Estes valores são válidos para as categorias N, H e D, em qualquer polaridade e são expressos em função da potência aparente absorvida com rotor bloqueado em relação à potência nominal (kVA/cv ou kVA/kW). Esses valores são obtidos através da fórmula abaixo:

$$\text{kVA/cv} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot V}{P_n \cdot 1000}$$

I_p = corrente com rotor bloqueado em A
 V = tensão nominal em V
 P_n = potência nominal em cv

A tabela 4.3 indica os limites máximos de P_s/P_n para motores trifásicos.

VALORES MÁXIMOS DE POTÊNCIA APARENTE COMO ROTOR BLOQUEADO (S_p) PARA MOTORES COM TIPO DE PROTEÇÃO 'e', EXPRESSOS PELA RAZÃO PARA A POTÊNCIA DE SAÍDA NOMINAL (P_n)	
Faixa de Potência	P_s/P_n
kW	kVA / kW
$0,4 \leq P_n \leq 6,3$	12
$6,3 < P_n \leq 63$	11
$63 < P_n \leq 630$	10

Tabela 4.3.

A tabela 4.4 obtida a partir da tabela 4.3 mostra os valores máximos de corrente de partida (I_p) para as potências e tensões normalizadas.

A indicação da corrente de rotor bloqueado na placa de identificação, segundo a NBR 17094, é feita de maneira direta mostrando o valor da relação I_p/I_n (corrente de partida em relação à corrente nominal).

VALORES MÁXIMOS CORRENTE DE PARTIDA				
Potência Nominal		Corrente com Rotor Bloqueado: Categoria N, H e D 60Hz		
cv	kW	220	380	440
0,5	0,4	11,8	6,8	5,9
0,75	0,6	17,7	10,3	8,9
1	0,8	23,6	13,7	11,8
1,5	1,1	35,4	20,5	17,7
2	1,5	47,2	27,3	23,6
3	2,3	70,9	41,0	35,4
4	3,0	94,5	54,7	47,2
5	3,8	118,1	68,4	59,0
6	4,5	141,7	82,0	70,9
7,5	5,6	177,1	102,6	88,6
10	7,5	216,5	125,3	108,3
12,5	9,4	270,6	156,7	135,3
15	11,3	324,8	188,0	162,4
20	15,0	433,0	250,7	216,5
25	18,8	541,3	313,4	270,6
30	22,5	649,5	376,0	324,8
40	30,0	866,0	501,4	433,0
50	37,5	1.082,5	626,7	541,3
60	45,0	1.299,0	752,1	649,5
75	56,3	1.623,8	940,1	811,9
100	75,0	1.968,2	1.139,5	984,1
125	93,8	2.460,3	1.424,4	1.230,1
150	112,5	2.952,4	1.709,3	1.476,2
175	131,3	3.444,4	1.994,1	1.722,2
200	150,0	3.936,5	2.279,0	1.968,2
250	187,5	4.920,6	2.848,8	2.460,3
300	225,0	5.904,7	3.418,5	2.952,4

Tabela 4.4.

EXEMPLOS

1) Calcular o número de reversão e partidas por hora, de um motor 71 b8 – 1/6cv – 8 polos – 220/380V – 60Hz, considerando:

- momento de inércia (GD^2) da carga igual a 10 vezes o GD^2 do motor;

- GD^2 do motor (catálogo) = 0,0041 kgm^2

- regime de serviço = contínuo

Solução:

Cálculo de K_I (fator de carga) supondo o motor operando na potência nominal.

$$\frac{P_{op}}{P_n} = 1$$

$$K_I = 1 - \left(\frac{P_{op}}{P_n} \right)^2 \cdot \frac{1}{1,21}$$

$$K_I = 1 - \frac{1}{1,21} = 0,173$$

Cálculo de K_i (influência do momento de inércia);

$$K_i = \frac{J_m}{J_m + J_c}$$

$$K_i = \frac{0,0041}{0,0041 + 0,041} = 0,09$$

Cálculo de k_g (influência do conjugado de aceleração); ver Fig. 4.5;

$$K_g = \frac{C_m - C_l}{C_m} \quad \text{onde:}$$

$C_m = 0,45$, característica do motor
 $C_l = 0,14$, característica da carga

$$K_g = \frac{0,45 - 0,14}{0,45} = 0,69$$

Cálculo do número de reversões por hora:

$$z_{perm.} = z_o \cdot K_I \cdot K_i$$

$$z_{perm.} = 9.800 \cdot 0,173 \cdot 0,09$$

$$z_{perm.} = 152 \text{ rev/hora}$$

Cálculo do número de partidas por hora:

$$z_{perm.} = z_a \cdot K_I \cdot K_i \cdot K_g$$

$$z_{perm.} = 24.500 \cdot 0,173 \cdot 0,09 \cdot 0,69$$

$$z_{perm.} = 263 \text{ part/hora}$$

2) Calcular o número de reversões e partidas por hora, para um motor 90 L4 – 3cv – 220/380V – 60Hz, considerando:

- momento de inércia da carga (GD^2) igual a 6 vezes o GD^2 do motor;
 - GD^2 do motor (catálogo) = 0,025 kgm^2 ;
 - regime de serviço contínuo.

Solução:

Supondo o motor operando a 70% da potência nominal,

$P = 0,7$, pelo gráfico da Fig. 4.7, temos que $K_I = 0,6$. P_n

Sendo o GD^2 da carga igual a 6 vezes o GD^2 do motor, pelo gráfico da Fig. 4.6, temos que $K_s = 0,14$.

Cálculo de K_g (influência do conjugado de aceleração), ver Fig. 4.5.

$$K_g = \frac{C_m - C_l}{C_m} \quad \text{onde:}$$

$C_m = 3,75$, característica do motor
 $C_l = 1,26$, característica da carga

$$K_g = \frac{3,75 - 1,26}{3,75} = 0,66$$

Cálculo do número de reversões por hora

$$z_{perm.} = z_o \cdot K_I \cdot K_s$$

$$z_{perm.} = 1.350 \cdot 0,6 \cdot 0,14$$

$$z_{perm.} = 113 \text{ rev/hora}$$

Cálculo do número de partidas por hora

$$z_{perm.} = z_o \cdot K_I \cdot K_s \cdot K_g$$

$$z_{perm.} = 3.000 \cdot 0,6 \cdot 0,14 \cdot 0,66$$

$$z_{perm.} = 166 \text{ part/hora}$$

CARCAÇA	NÚMERO DE PARTIDAS E REVERSÕES A VAZIO POR HORA (Z_a E Z_o)							
	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS	
	Z_o	Z_a	Z_o	Z_a	Z_o	Z_a	Z_o	Z_a
56a-b	6.000	15.000	7.200	20.000	-	-	-	-
63a-b	4.500	13.000	6.000	17.000	14.000	35.000	17.000	42.000
71a-b	2.500	6.200	4.300	12.000	7.200	18.000	9.800	24.500
80a-b	1.700	4.000	2.300	6.500	4.500	11.500	7.000	17.500
90Sa	-	-	-	-	3.000	7.500	3.500	8.700
90S	900	2.000	1.350	3.300	3.000	7.500	3.500	8.700
90La	-	-	-	-	-	-	3.500	8.700
90L	900	2.000	1.350	3.000	3.000	7.500	3.500	8.700
100La	-	-	1.350	3.000	-	-	2.800	7.000
100L	900	2.000	1.350	3.000	2.600	6.500	-	-
112Ma	900	2.000	1.300	2.800	-	-	2.800	7.000
112M	900	2.000	1.300	2.800	2.600	6.500	2.800	7.000
132Sa	-	-	-	-	1.600	3.800	2.200	5.600
132S	600	1.300	900	2.000	1.600	3.800	-	-
132Ma	600	1.300	900	2.000	1.600	3.800	2.200	5.600
132M	600	1.300	900	2.000	1.600	3.800	2.200	5.600
160Ma	350	520	-	-	700	1.600	1.100	2.700
160M	250	520	600	1.300	700	1.600	-	-
160L	250	520	600	1.300	700	1.600	1.100	2.700
180M	-	-	450	950	-	-	900	2.000
180L	180	370	-	-	600	1.250	900	2.000
200M	160	350	330	680	-	-	-	-
200La	160	350	-	-	540	1.100	-	-
200L	-	-	330	680	540	1.100	400	900
225S	-	-	220	440	-	-	350	750
225M	140	300	220	440	420	950	350	750
250S/M	110	240	-	-	-	-	-	-
250S/M	-	-	200	420	-	-	240	530
250S/M	-	-	-	-	390	850	240	530
250S/M	-	-	-	-	390	850	-	-
280S/M	80	170	150	300	-	-	-	-
280S/M	80	170	150	300	-	-	-	-
280S/M	-	-	-	-	260	550	200	440
280S/M	-	-	-	-	260	550	200	440
315S/M	60	130	90	180	120	250	120	250
315S/M	60	130	90	180	120	250	120	250
315S/M	60	130	90	180	120	250	120	250
315S/M	60	130	90	180	120	250	120	250

Tabela 4.5. Obs.: Para a partir da carcaça 315, consultar a engenharia.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO

4.2.1. REGIME DE SERVIÇO

É o regime ao qual o motor é submetido quando em funcionamento, abrangendo os intervalos a vazio, em repouso e desenergizado, bem como as suas durações e a sua sequência no tempo.

Normalmente os motores são projetados para operarem em regime contínuo.

A norma brasileira prescreve que a indicação do regime do motor deve ser feita pelo comprador, da forma mais exata possível. Nos casos em que a carga não varia ou nos quais varia de forma previsível, o regime poderá ser indicado numericamente ou por meio de gráficos que representem a variação em função do tempo das grandezas variáveis. Quando a sequência real dos valores no tempo for indeterminada, deverá ser indicada uma sequência fictícia não menos severa que a real, ou escolhido um dos regimes tipo relacionados em 4.2.1.1.

4.2.1.1. Regimes Padronizados

Os regimes tipo e os símbolos alfanuméricos a eles atribuídos são indicados a seguir:

A. Regime Contínuo (S1)

Funcionamento em carga constante, com duração suficiente para ser atingido o equilíbrio térmico.

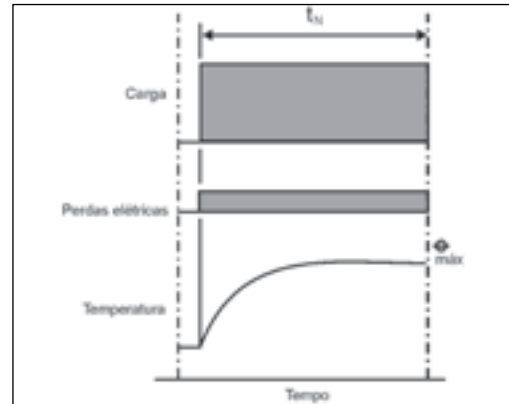


Fig. 4.9.

t_N = funcionamento em carga constante
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida

B. Regime de Tempo Limitado (S2)

Funcionamento em carga constante com duração insuficiente para ser atingido o equilíbrio térmico, seguido de um período de repouso e desenergizado, de duração suficiente para restabelecer a igualdade de temperatura com o meio refrigerante.

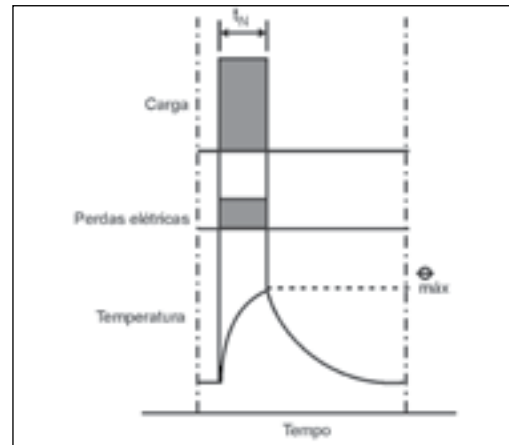


Fig. 4.10.

t_N = funcionamento em carga constante
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo

C. Regime Intermitente Periódico (S3)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual incluindo um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso e desenergizado, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico durante um ciclo de regime e no qual a corrente de partida não afeta significativamente a elevação de temperatura.

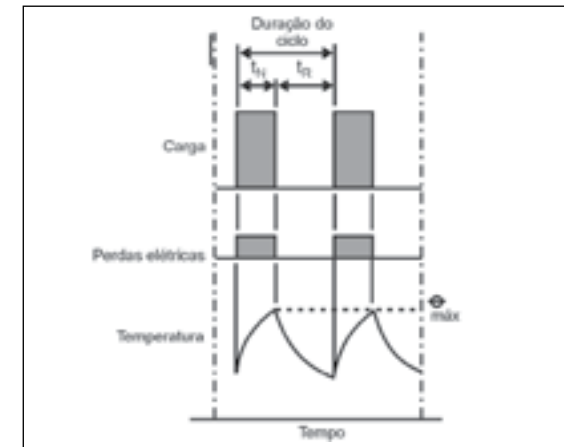


Fig. 4.11.

t_N = funcionamento em carga constante
 t_R = repouso
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo.

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_N}{t_N + t_R} \cdot 100\%$$

D. Regime Intermitente Periódico com Partida (S4)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a

carga constante e um período de repouso e desenergizado, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico em um único ciclo de regime.

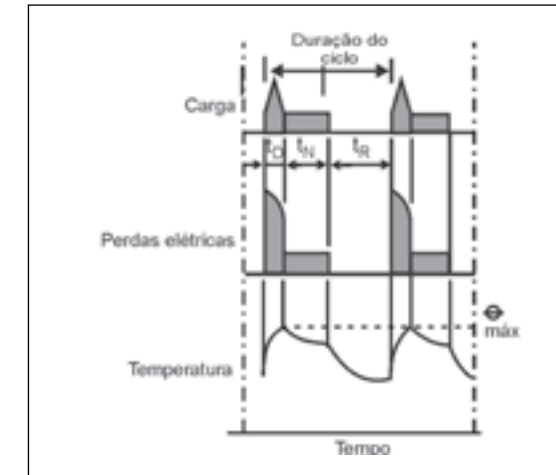


Fig. 4.12.

t_D = partida
 t_N = funcionamento em carga constante
 t_R = repouso
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_D + t_N}{t_D + t_N + t_R} \cdot 100\%$$

E. Regime Intermitente Periódico com Frenagem Elétrica (S5)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica rápida e um período de repouso

e desenergizado, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico em um único ciclo de regime.

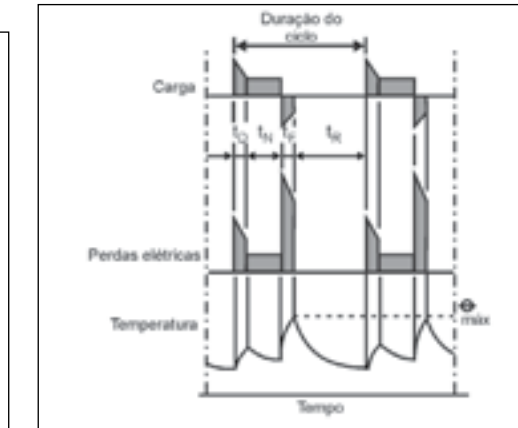


Fig. 4.13.

t_D = partida
 t_N = funcionamento em carga constante
 t_F = frenagem elétrica
 t_R = repouso
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_D + t_N + t_F}{t_D + t_N + t_F + t_R} \cdot 100\%$$

F. Regime de Funcionamento Contínuo com Carga Intermitente (S6)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento e carga constante e um período de funcionamento em vazio, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico em um único ciclo de regime.

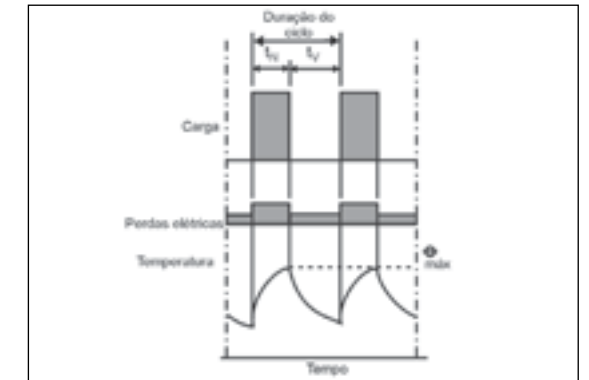


Fig. 4.14.

t_N = funcionamento em carga constante
 t_V = funcionamento em vazio
 $\theta_{máx}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_N}{t_N + t_V} \cdot 100\%$$

G. Regime de Funcionamento Contínuo com Frenagem Elétrica (S7)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem elétrica, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico em um único ciclo de regime.

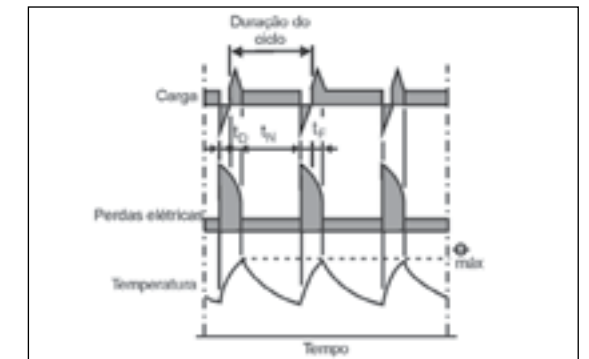


Fig. 4.15.

t_D = partida
 t_N = funcionamento em carga constante
 t_F = frenagem elétrica
 $\theta_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo Fator de duração do ciclo = 1

H. Regime de Funcionamento Contínuo com Variações Periódicas de Velocidade (S8)

Sequência de ciclos de regime idêntico, cada qual consistindo de um período de partida e um período de funcionamento a carga constante correspondente a uma determinada velocidade, seguido de um ou mais períodos de funcionamento e outras cargas constantes correspondentes a diferentes velocidades, sendo tais períodos demasiadamente curtos para ser atingido o equilíbrio térmico em um único ciclo de regime.

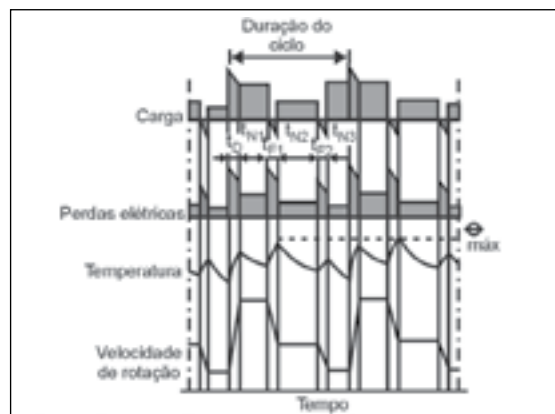


Fig. 4.16.

t_{F1} = frenagem elétrica
 t_D = partida
 t_{N1} t_{N2} t_{N3} = funcionamento em carga constante
 $\theta_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima atingida durante o ciclo

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_{F1} + t_{N2}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$$

$$\frac{t_D + t_{N1}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$$

$$\frac{t_{F2} + t_{N3}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$$

I. Regime com variações não periódicas de carga e de velocidade - Regime - tipo S9

Regime no qual geralmente a carga e velocidade variam não periodicamente, dentro da faixa de funcionamento admissível, incluindo frequentemente sobrecargas aplicadas que podem ser muito superiores às plenas cargas (ver figura 4.17).

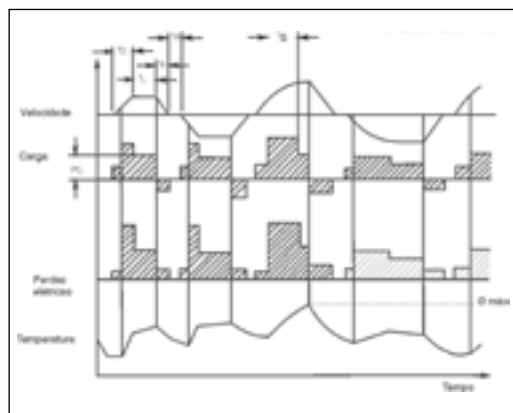


Fig. 4.17.

t_D = período de partida
 t_L = período de funcionamento com cargas variáveis
 t_F = período de frenagem elétrica
 t_R = período de repouso
 t_S = período de funcionamento com sobrecarga
 PC = plena carga
 $\theta_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima atingida

J. Regime com cargas constantes distintas - Regime - tipo S10

Regime incluindo no máximo quatro valores distintos de carga (ou cargas equivalentes), cada valor sendo mantido por tempo suficiente para que o equilíbrio térmico seja atingido (figura 4.18). A carga mínima durante um ciclo de regime pode ter o valor zero (funcionamento em vazio ou repouso).

Notas

1. Os valores distintos de carga são usualmente cargas equivalentes baseadas na integração de valores em um período de tempo. Não é necessário que cada ciclo de cargas seja exatamente o mesmo, mas somente que cada carga dentro de um ciclo seja aplicada por tempo suficiente para que o equilíbrio térmico seja atingido, e que cada ciclo de cargas possa ser integrado para dar a mesma expectativa de vida térmica.

2. Para este regime, uma carga constante adequadamente escolhida e baseada no regime - tipo S1 deve ser tomada como valor de referência para as cargas distintas (carga equivalente).

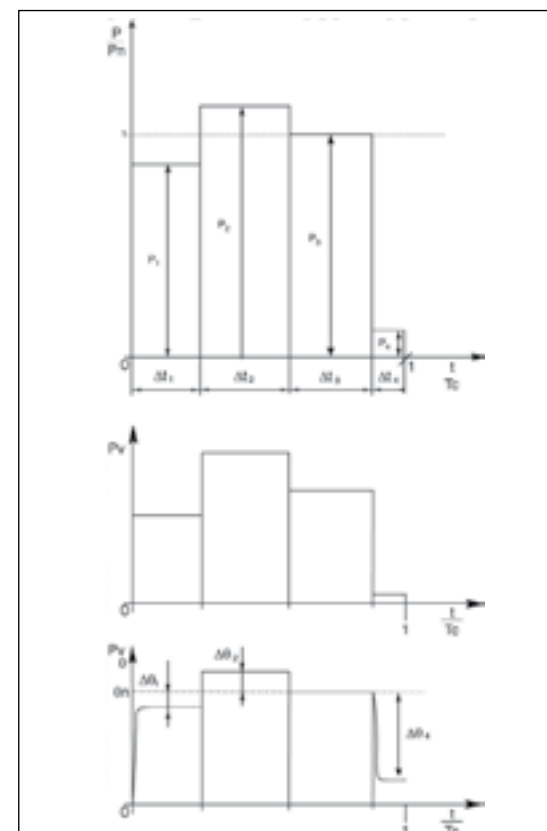


Fig. 4.18.

P = carga
 P_i = carga constante de um período de carga dentro de um ciclo de cargas
 P_n = carga nominal baseada no regime - tipo S1
 $P_1 = P_i/P_n$ = carga em p.u.
 T_c = duração de um ciclo de cargas
 t_i = duração de um período de carga dentro de um ciclo de cargas
 $\Delta t_i = t_i/T_c$ = duração em p.u. de um período de carga dentro de um ciclo de cargas
 P_v = perdas elétricas
 θ = temperatura
 θ_n = temperatura admissível à carga nominal baseada no regime tipo S1
 $\Delta\theta_i$ = aumento ou diminuição da elevação de temperatura dentro do 1º período de um ciclo de cargas
 t = tempo

4.2.1.2. Regimes Especiais

Para outros regimes que não se enquadram entre os padronizados, a escolha do motor deve ser feita mediante consulta à Voges Motores. Para tanto é necessário fornecer os seguintes dados:

- Descrição completa do ciclo (duração dos períodos com carga, em repouso ou a vazio).
- Potência necessária para acionar a carga.
- Conjugado resistente da carga.
- Momento de inércia total da máquina a ser acionada, referido à rotação nominal do motor.
- Número de partidas, reversões e frenagens em contracorrente.

4.2.1.3. Designação do regime tipo

O regime tipo é designado pelo símbolo aplicável de 4.2.1.1. No caso de regime contínuo, este pode ser indicado, em alternativa, pela palavra "contínuo". A designação dos regimes S2 e S8 é seguida das seguintes indicações:

- a) S2, do tempo de funcionamento em carga constante;
- b) S3 a S6, do fator de duração do ciclo;
- c) S8, de cada uma das velocidades nominais que constituem o ciclo, seguida da respectiva potência nominal e do seu respectivo tempo de duração.

No caso dos regimes S4, S5, S7 e S8, outras indicações a serem acrescentadas à designação deverão ser estipuladas mediante acordo entre fabricantes e

comprador.

Observação: como exemplo das indicações a serem acrescentadas, mediante o referido acordo, às designações de regimes tipo diferentes do contínuo, citam-se as seguintes, aplicáveis segundo o regime tipo considerado:

- a) número de partículas por hora;
- b) número de frenagens por hora;
- c) tipo de frenagem;
- d) constantes de energia cinética (H), na velocidade nominal, do motor e da carga, esta última podendo ser substituída pelo fator de inércia (FI).

Onde:

constante de energia cinética é a razão da energia cinética armazenada no rotor girando à velocidade nominal, para a potência aparente nominal. Fator de inércia é a relação entre a soma do momento de inércia total da carga (referido ao eixo do motor) e do momento de inércia do rotor.

Exemplo de como designar regimes:

- 1. S2 60min.
 - 2. S3 25%
 - 3. S6 40%
 - 4. S4 25% motor H.2 carga H.4
 - 5. S8 motor H.1, FI.10 33cv, 740rpm, 3min.
- Onde:
- H.1 significa uma constante de energia cinética igual a 1s.
 - FI.10 significa um fator de inércia igual a 10.

4.2.2. POTÊNCIA NOMINAL

É a potência mecânica disponível no eixo do motor quando este opera dentro de suas características nominais. Esta potência é limitada pela elevação da temperatura dos enrolamentos, isto é, o motor teria condições de acionar cargas de potências maiores que sua potência nominal, até próximo ao conjugado máximo, porém, se esta sobrecarga for excessiva, poderá comprometer a vida útil dos enrolamentos e até mesmo provocar sua queima.

4.2.3. POTÊNCIA REQUERIDA

Alguns tipos de carga funcionam com potência constante, mas outros demandam potência variável. Para cargas de potência constante a determinação da mesma para a escolha do motor é simplesmente adotar o motor padrão com potência nominal igual ou imediatamente superior.

No caso de potência variável (figura 4.19) determina-se a potência equivalente segundo a fórmula:

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{(P_1.t_1 + P_2.t_2 + P_3.t_3 + P_4.t_4 + P_5.t_5)}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}}$$

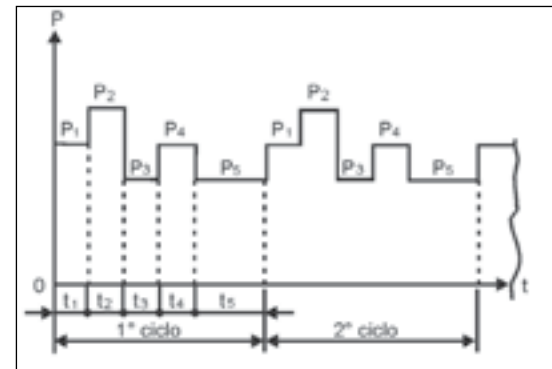


Fig. 4.19. Potência variável sem períodos de repouso.

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{P_1.t_1 + P_2.t_2 + P_3.t_3 + P_4.t_4}{(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) + (t_1 + t_2 + t_3)}}$$

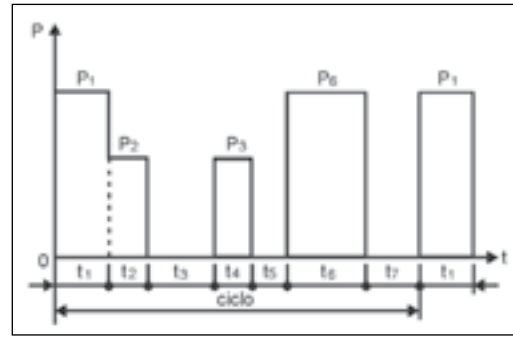


Fig. 4.20. Potência variável com períodos de repouso.

4.2.4. ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA

A diferença entre a potência consumida e a potência fornecida (transformação de energia elétrica em mecânica) representa as perdas totais do motor, as quais são transformadas em calor. Este calor gerado internamente é dissipado para o ambiente através da superfície do motor, evitando assim a excessiva elevação da temperatura do mesmo.

A elevação de temperatura é o aquecimento do motor, ou seja, a diferença entre a temperatura do enrolamento no estado de equilíbrio térmico e a temperatura ambiente.

Equilíbrio térmico: diz-se que um motor está em equilíbrio térmico quando o calor gerado internamente (pelas perdas) é igual ao calor dissipado pela superfície do motor. As perdas totais podem ser separadas em cinco (5) tipos:

- Perdas no Primário (enrolamento) – Pprim.

- Perdas no Secundário (rotor) – Psec.
- Perdas no ferro – Pfe.
- Perdas por Ventilação e Atrito – Pva.
- Perdas Adicionais – Pad.

Onde resulta:

$$P_{totais} = P_{prim.} + P_{sec.} + P_{fe.} + P_{va.} + P_{ad.}$$

4.2.5. CÁLCULO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA NO ENROLAMENTO

Existem vários métodos para a obtenção da elevação da temperatura, porém, o mais prático, confiável e preciso é o chamado método das resistências. Este método se baseia na variação da resistência ôhmica do enrolamento com variação da temperatura, segundo uma lei conhecida baseada nas propriedades físicas do condutor.

Para condutores de cobre, o cálculo da elevação da temperatura é feito através da fórmula:

$$\Delta t = \left(\frac{R_f}{R_i} - 1 \right) \cdot (234,5 + t_{ai}) - (t_{af} - t_{ai})$$

onde,

- Δt = elevação de temperatura do enrolamento
- R_i = resistência ôhmica medida antes do ensaio
- R_f = resistência ôhmica medida após o motor atingir o equilíbrio térmico
- t_{ai} = temperatura ambiente no início do ensaio
- t_{af} = temperatura ambiente no final do ensaio

4.2.6. CLASSE DE ISOLAMENTO

As classes de isolamento são definidas em função do limite de temperatura que

o conjunto de materiais que forma o isolamento pode suportar continuamente sem que a sua vida útil seja afetada. Os limites de elevação de temperatura (Δt) para cada classe de isolamento segundo a norma brasileira são os seguintes:

COMPOSIÇÃO DOS LIMITES DE ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA EM °C			
Classe de isolamentos	B	F	H
Temperatura ambiente	40	40	40
Temperatura máxima de operação, Δt	80	100	125
Diferença entre o ponto mais quente e a carcaça	10	15	15
Temperatura máxima suportada pelo isolamento	130	155	180

Tabela 4.6.

A vida útil de um motor depende fundamentalmente da isolação de seus enrolamentos. Ambientes corrosivos, umidade, vibração, são alguns fatores que afetam a isolação destes, porém, a temperatura de operação dos materiais isolantes é sem dúvida o fator mais crítico. Ultrapassar em dez (10) graus de temperatura da isolação significa reduzir praticamente a metade de sua vida útil.

Os motores elétricos Voges são projetados para trabalharem rigorosamente dentro dos limites estabelecidos acima para cada classe de isolamento.

4.2.7. FATOR DE SERVIÇO

O fator de serviço é o multiplicador que quando aplicado à potência nominal do motor indica sobrecarga permissível que pode ser aplicada continuamente sob condições específicas, sem aquecimento prejudicial. Ou, em outras palavras,

significa que o motor pode fornecer mais potência que a especificada na placa de identificação, uma vez mantida a tensão e a frequência previstas.

Por exemplo: um motor de 10cv, 60Hz, 220V, com um fator de serviço (FS) 1,15 pode ser usado com uma sobrecarga contínua de até 15% mantidos os 60Hz, 220V, isto é, 11,5cv sem aquecimento prejudicial.

4.2.8. CORRENTE NOMINAL

É a corrente que o motor absorve da rede elétrica quando em funcionamento com tensão, frequência e potência nominais.

Para motores trifásicos, pode ser calculada através da fórmula:

$$I = \frac{736 \cdot P(\text{cv})}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \eta \cdot \cos \phi} \text{ [A]}$$

4.2.9. RENDIMENTO

Conforme vimos no item 1.4.8, o rendimento indica a eficiência do motor na transformação de energia elétrica em mecânica. Seu valor varia de acordo com a carga do motor. Com pequenas cargas o rendimento é baixo, ou seja, a maior parte da energia consumida é transformada em calor.

É importante dimensionar os motores para uma condição de funcionamento entre 75% e 100% do valor nominal, onde estes apresentam valores de rendimento mais elevados, o que proporciona uma redução nos gastos com energia elétrica.

4.2.10. VELOCIDADE NOMINAL

É a velocidade do motor quando este

está operando com potência, tensão e frequência nominais. Depende da velocidade síncrona (conforme número de polos) e do escorregamento.

$$n = ns \cdot \left(\frac{1 - s}{100} \right) \text{ [rpm]}$$

onde,

- n = velocidade nominal em rpm
- ns = velocidade síncrona em rpm
- s = escorregamento em %

4.2.11. FATOR DE POTÊNCIA

Fator de potência é a relação entre a potência ativa e a potência aparente absorvidas pelo motor.

$$\cos \phi = \frac{P}{P_s}$$

É uma característica importante a ser considerada visto que as concessionárias de energia elétrica cobram uma sobretaxa para fornecimento de energia com fator de potência inferior a 0,92. O uso de motores com o fator de potência o mais alto possível diminui os custos com uma correção de fator de potência e dimensionamento de instalações. Além disso deve-se tomar cuidado quando da seleção e aplicação de motores, pois como mostra a figura 4.21, o fator de potência dos motores de indução varia com a carga, o que significa que um motor superdimensionado ou operando com carga muito abaixo da normal contribui significativamente para um baixo valor do fator de potência da instalação.

4.2.12. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Em instalações que contêm motores, transformadores, reatores, etc., o fator de potência tende a ser baixo devido à natureza indutiva destas cargas. A maneira mais simples e barata de se corrigir (aumentar) o fator de potência de uma instalação é adicionar capacitores em paralelo com a carga.

A escolha do capacitor (ou banco de capacitores) adequado pode ser feita utilizando-se a fórmula a seguir com o auxílio da tabela 4.7.

$$C = \frac{10^3 \cdot P \cdot K}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \eta \cdot V^2}$$

onde:

- P** = Potência total em kW
- K** = Constante (ver tabela 4.7)
- f** = Frequência da rede em Hz
- V** = Tensão da rede em V
- C** = Capacitância em μF
- η** = Rendimento

Observação:

O valor de K é obtido da tabela 4.7 em função dos valores do fator de potência atual e do desejado.

4.2.13. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUÇÃO

As curvas características típicas em função da carga são mostradas na figura 4.21. Normalmente são mostradas as curvas de corrente, rendimento, rotação e fator de potência.

4.3. MOTOFREIO

4.3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os motofreios Voges foram projetados

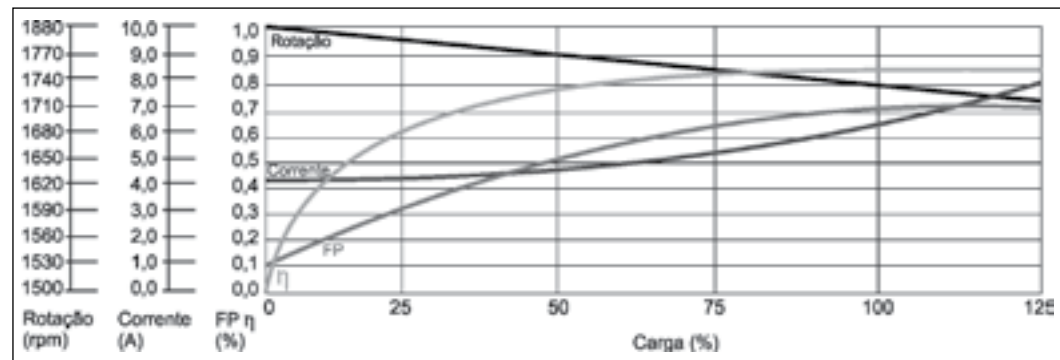


Fig. 4.21. Curvas características de motores de indução trifásicos.

para atender as aplicações onde são necessários paradas rápidas, seja por questão de segurança, posicionamento ou economia de tempo.

Consistem de um motor de indução assíncrono trifásico, acoplado a um freio monodisco, formando uma unidade integral compacta e robusta. O motor é totalmente fechado com ventilação externa, isolamento classe F (155°C), grau de proteção IP55, com potências desde 1/12 até 50cv.

O freio possui poucas partes móveis, assegurando longa duração com o mínimo de manutenção. A dupla face de encosto com o disco de frenagem forma uma grande superfície de atrito, o que proporciona pressão específica adequada sobre os elementos de fricção, evitando o aquecimento exagerado e mantendo assim o mínimo de desgaste.

Além disso, o freio é resfriado pela própria ventilação do motor. Como resultado, o conjunto apresenta vida útil mais longa, enfrentando sem problemas os serviços mais pesados.

A bobina de acionamento do eletroímã é protegida com resina epóxi, funciona com tensões contínuas obtidas através de uma ponte retificadora, alimentada com tensões

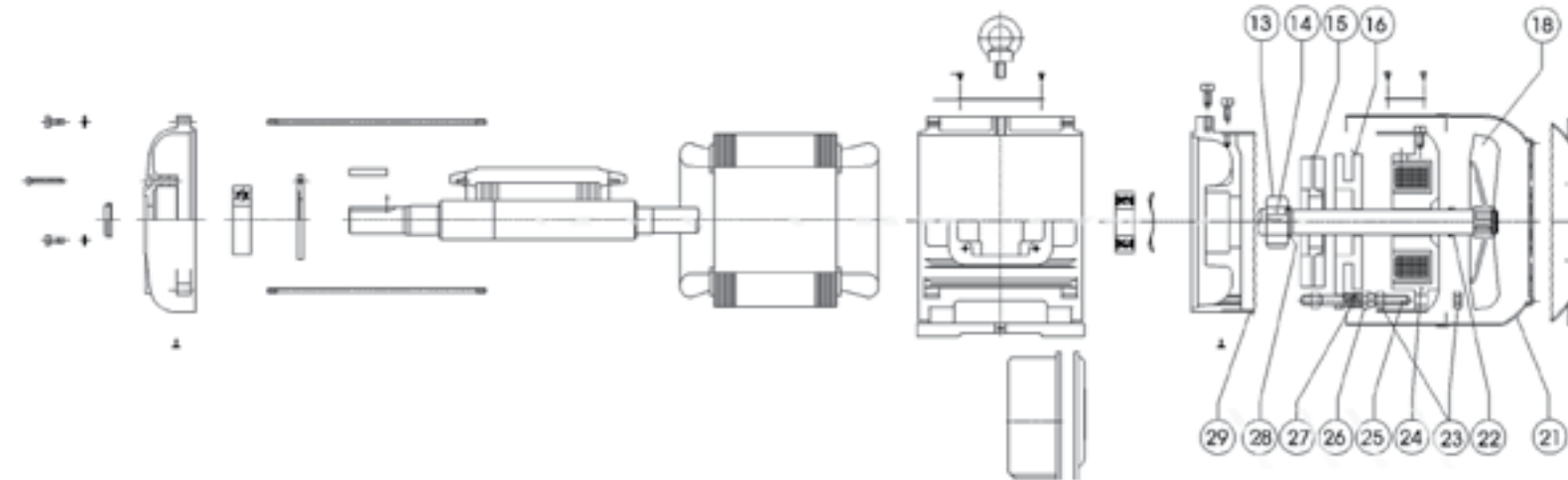
alternadas de 110, 220, 380 ou 440V, e que pode ser obtida de uma fonte externa ou dos próprios terminais do motor. Possui ainda projetos especiais para funcionar diretamente de bateria, com tensão de 12V.

4.3.2. FUNCIONAMENTO

O motofreio é composto basicamente por um eletroímã e um disco de freio. Enquanto o motor está ligado, o eletroímã atua, comprimindo as molas e não deixando o disco de freio atuar. No momento em que o motor é desligado, a corrente da bobina do eletroímã também é cortada, fazendo com que o mesmo deixe de atuar. Com isto as molas empurram o platô na direção do motor, o disco é então comprimido entre o platô e a tampa traseira do motor. As lonas de freio recebem pressão contra as duas superfícies de atrito, do platô e da tampa traseira, fazendo com que o motor pare.

Em uma nova partida, o controle liga a corrente do eletroímã, que forma um campo magnético que vence a força das molas e atrai o platô contra a flange. Com isto o motor terá novamente liberdade de movimento para partir.

Partes do motofreio:



LISTA DE PEÇAS

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 13 - Bucha ranhurada | 23 - Porca Sextavada |
| 14 - Chaveta paralela | 24 - Conjunto de flange com eletroímã |
| 15 - Conjunto do disco de frenagem | 25 - Prisioneiro |
| 16 - Platô do freio | 26 - Porca autofrenagem |
| 18 - Ventilador | 27 - Mola de compressão |
| 21 - Calota de Proteção | 28 - Anel elástico |
| 22 - Anel V-Ring | 29 - Cinta de proteção |

CONSTANTE K PARA DETERMINAÇÃO DOS KVAR NECESSÁRIOS À CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Fator de Potência Original	FATOR DE POTÊNCIA CORRIGIDO ($\cos \phi$)															
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,403	1,481	1,529	1,589	1,732
0,51	1,067	1,094	1,120	1,147	1,175	1,203	1,231	1,261	1,292	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,484	1,687
0,52	1,023	1,050	1,076	1,103	1,131	1,159	1,187	1,217	1,248	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0,53	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,497	1,600
0,54	0,939	0,966	0,992	1,019	1,047	1,075	1,103	1,133	1,164	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
0,55	0,899	0,926	0,952	0,979	1,007	1,035	1,063	1,093	1,124	1,156	1,190	1,227	1,268	1,316	1,376	1,519
0,56	0,860	0,887	0,913	0,940	0,968	0,996	1,024	1,054	1,085	1,117	1,151	1,188	1,229	1,277	1,337	1,480
0,57	0,822	0,849	0,875	0,902	0,930	0,958	0,986	1,016	1,047	1,079	1,113	1,150	1,191	1,239	1,299	1,442
0,58	0,785	0,812	0,838	0,865	0,893	0,921	0,949	0,979	1,010	1,042	1,076	1,113	1,154	1,202	1,262	1,405
0,59	0,749	0,776	0,802	0,829	0,857	0,885	0,913	0,943	0,974	1,006	1,040	1,077	1,118	1,166	1,226	1,369
0,60	0,713	0,740	0,766	0,793	0,821	0,849	0,877	0,907	0,938	0,970	1,004	1,041	1,082	1,130	1,190	1,333
0,61	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,156	1,299
0,62	0,646	0,673	0,699	0,726	0,754	0,782	0,810	0,840	0,871	0,903	0,937	0,974	1,015	1,063	1,123	1,266
0,63	0,613	0,640	0,666	0,693	0,721	0,749	0,777	0,807	0,838	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233
0,64	0,581	0,608	0,634	0,661	0,689	0,717	0,745	0,775	0,806	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
0,65	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,713	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,918	0,966	1,026	1,169
0,66	0,518	0,545	0,571	0,598	0,626	0,654	0,682	0,712	0,743	0,775	0,809	0,846	0,887	0,935	0,995	1,138
0,67	0,488	0,515	0,541	0,568	0,596	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,965	1,108
0,68	0,458	0,485	0,511	0,538	0,566	0,594	0,622	0,652	0,683	0,715	0,749	0,786	0,827	0,875	0,935	1,078
0,69	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,906	1,049
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,564	0,594	0,625	0,657	0,691	0,728	0,769	0,817	0,877	1,020
0,71	0,372	0,399	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992
0,72	0,344	0,371	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,73	0,316	0,343	0,369	0,424	0,452	0,480	0,510	0,541	0,573	0,607	0,644	0,685	0,733	0,783	0,843	0,986
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,665	0,706	0,766	0,909
0,75	0,269	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,604	0,652	0,712	0,855
0,77	0,209	0,236	0,262	0,289	0,317	0,345	0,373	0,403	0,434	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829
0,78	0,182	0,209	0,235	0,262	0,290	0,318	0,346	0,376	0,407	0,439	0,473	0,510	0,551	0,599	0,659	0,802
0,79	0,156	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,633	0,776
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,609	0,750
0,81	0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,555	0,698
0,83	0,052	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,529	0,672
0,84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,85	0,000	0,027	0,053	0,080	0,108	0,136	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,86		0,000	0,026	0,053	0,081	0,109	0,137	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,342	0,390	0,450	0,593
0,87			0,000	0,027	0,055	0,083	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,88				0,000	0,028	0,056	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,89					0,000	0,028	0,056	0,086	0,117	0,149	0,183	0,220	0,261	0,309	0,369	0,512
0,90						0,000	0,028	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,233	0,281	0,341	0,484
0,91							0,000	0,030	0,061	0,093	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313	0,456
0,92								0,000	0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,283	0,426
0,93									0,000	0,032	0,066	0,103	0,144	0,192	0,252	0,395
0,94										0,000	0,034	0,071	0,112	0,160	0,220	0,363
0,95											0,000	0,037	0,079	0,126	0,186	0,329
0,96												0,000	0,041	0,089	0,149	0,292
0,97													0,000	0,048	0,108	0,251
0,98														0,000	0,060	0,203
0,99															0,000	0,143
1,0																0,000

Características Construtivas dos Motores de Indução

5

5 Características Construtivas dos Motores de Indução

Os motores elétricos são construídos segundo as normas que determinam formas construtivas, dimensões, grau de proteção, potências, etc.

A Voges fabrica motores de indução segundo as normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), IEC

(International Electrotechnical Commission) e NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

5.1. FORMAS CONSTRUTIVAS

A norma ABNT que padroniza as formas construtivas é a NBR 5031.

Apresentamos abaixo uma tabela contendo as principais formas construtivas usadas para motores elétricos de indução.

Configuração							
REFERÊNCIA	B 3 E	B 3 D	B 5 E	B 5 D	B 3 TD	B 35 TD	B 34 TD
CARCAÇA	COM PÉS	COM PÉS	SEM PÉS	SEM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	COM PÉS
PONTA DE EIXO	A ESQUERDA	A DIREITA	A ESQUERDA	A DIREITA	A DIREITA	A DIREITA	A DIREITA
FIXAÇÃO	BASE	BASE	FLANGE FF	FLANGE FF	BASE	BASE ou FLANGE FF	BASE ou FLANGE
LIMITES DE CARCAÇA	56 A 355	56 A 355	63 A 225	63 A 225	71 A 355	71 A 355	71 A 355
Configuração							
REFERÊNCIA	B 14 E	B 14 D	B 34 E	B 34 D	B 35 E	B 35 D	V1
CARCAÇA	SEM PÉS	SEM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	SEM PÉS
PONTA DE EIXO	A ESQUERDA	A DIREITA	A ESQUERDA	A DIREITA	A ESQUERDA	A DIREITA	PARA BAIXO
FIXAÇÃO	FLANGE C	FLANGE C	BASE ou FLANGE FF	BASE ou FLANGE	BASE ou FLANGE FF	BASE ou FLANGE FF	FLANGE FF
LIMITES DE CARCAÇA	56 A 132	56 A 132	56 A 132	56 A 132	63 A 355	63 A 355	63 A 355
Configuração							
REFERÊNCIA	V 3	V 5	V 6	V 15	V 36	V 18	V 19
CARCAÇA	SEM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	COM PÉS	SEM PÉS	SEM PÉS
PONTA DE EIXO	PARA CIMA	PARA BAIXO	PARA CIMA	PARA BAIXO	PARA CIMA	PARA BAIXO	PARA CIMA
FIXAÇÃO	FLANGE FF	PAREDE	PAREDE	PAREDE ou FLANGE FF	PAREDE ou FLANGE FF	FLANGE C	FLANGE C
LIMITES DE CARCAÇA	63 A 225	56 A 250	56 A 225	63 A 355	63 A 355	56 A 132	56 A 132

Para motores com caixa de ligações lateral, as letra E e D, colocadas após a designação da forma construtiva, indicam a posição do eixo em relação à caixa – ou seja, tendo-se como vista frontal a caixa de ligação, indica-se a letra E quando o eixo estiver à esquerda da caixa de ligações; e a letra D, quando o eixo estiver à direita.

5.2. DIMENSIONAL

A norma brasileira que padroniza as dimensões de ponta de eixo e fixação por pés e por flanges dos motores elétricos é a NBR 15623, que segue a padronização internacional IEC 60072.

A altura e o comprimento da carcaça são as dimensões de maior importância para identificação do modelo do motor.

Define-se como altura, a distância da face inferior dos pés ao centro do eixo do motor e, como comprimento, a distância entre os furos de fixação dos pés dianteiros e traseiros. Para uma mesma altura podem existir até três comprimentos, representados pelas letras S, M e L, do inglês Short, Medium e Long.

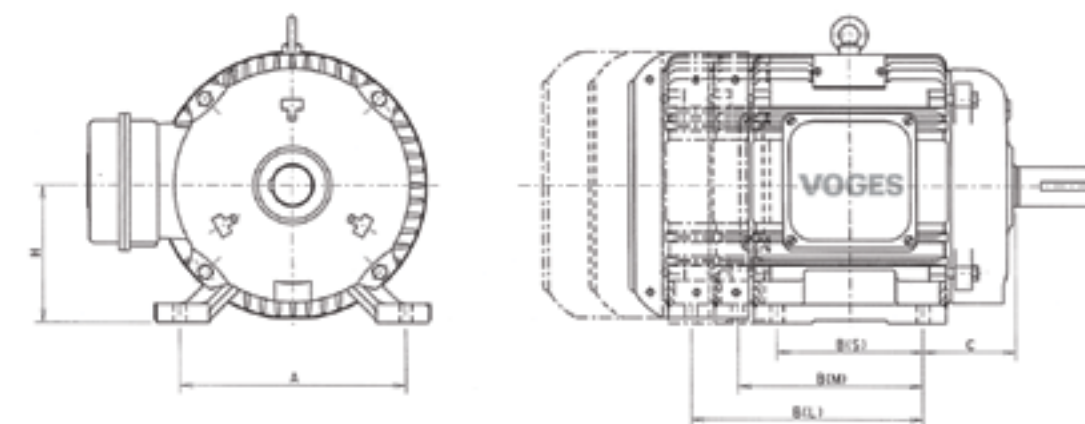
5.2.1. FIXAÇÃO

A fixação dos motores pode ser feita por pés, flanges ou ambos. Os flanges dos motores podem ser de dois tipos diferentes:

- Flange tipo C** – Com furos rosqueados não acessíveis pela traseira do flange. De acordo com as normas DIN ou NEMA.
- Flange tipo F** – Com furos passantes acessíveis pela traseira do flange. De acordo com as normas IEC, ABNT e flange tipo D, de acordo com a norma NEMA.

Existem empresas e/ou usuários que aplicam motores com dimensional padronizado pela NEMA.

EXEMPLO DE COMPRIMENTO DE CARCAÇA



MOTOR MODELO	DIMENSÕES				CARCAÇA 132
	A	B	C	D	
132S	216	140	89	132	S(curta)
132M	216	178	89	132	M(média)
132L	216	203	89	132	L(longa)

Fig. 5.1.

CONFORME NORMA DIN 42677 E DIN 42948

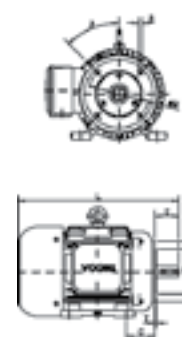


Tabela 5.2.

CARCAÇA (ABNT)	FLANGE (ABNT)	DIMENSÕES DA FLANGE "C" DIN - "B14"							QT. DE FUROS
		C	ØM	ØN	ØP	ØS	T	Ø	
56	C 80	36	65	50 j6	80	M5	2,5	45°	4
63	C 90	40	75	60 j6	90	M5	2,5	45°	4
71	C 105	45	85	70 j6	105	M6	2,5	45°	4
80	C 120	50	100	80 j6	120	M6	3,0	45°	4
90S	C 140	56	115	95 j6	140	M8	3,0	45°	4
90L	C 140	56	115	95 j6	140	M8	3,0	45°	4
100L	C 160	63	130	110 j6	160	M8	3,5	45°	4
112M	C 160	70	130	110 j6	160	M8	3,5	45°	4
132S	C 200	89	165	130 j6	200	M10	3,5	45°	4
132M	C 200	89	165	130 j6	200	M10	3,5	45°	4

CONFORME
NORMA
NBR 15623-1

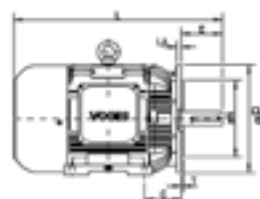
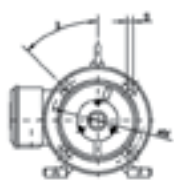


Tabela 5.3.

CARCAÇA (ABNT)	DIMENSIONAL PARA FLANGE TIPO "FF" DIN (mm)									
	FLANGE (ABNT)	C	LA	ØM	ØN	ØP	ØS	T	Ø	QT. DE FURROS
56	FF 100	36	10	100	80j6	120	7	3,0	45°	4
63	FF 115	40	5	115	95j6	140	10	3,0	45°	4
71	FF 130	45	10	130	110j8	160	10	3,5	45°	8
80	FF 165	50	12	165	130j6	200	12	3,5	45°	8
90S	FF 165	56	12	165	130j6	200	12	3,5	45°	8
90L	FF 165	56	12	165	130j6	200	12	3,5	45°	8
100L	FF 215	63	14	215	180j6	250	15	4,0	45°	4
112M	FF 215	70	13,5	215	180j6	250	15	4,0	45°	8
132S	FF 265	89	14	265	230j6	300	15	4,0	45°	4
132M	FF 265	89	14	265	230j6	300	15	4,0	45°	4
160M	FF 300	108	15	300	250j6	350	19	5,0	45°	4
160L	FF 300	108	15	300	250j6	350	19	5,0	45°	4
180M	FF 300	121	15	300	250j6	350	19	5,0	45°	4
180L	FF 300	121	15	300	250j6	350	19	5,0	45°	4
200M	FF 350	133	15	350	300j6	400	19	5,0	45°	4
200L	FF 350	133	15	350	300j6	400	19	5,0	45°	4
225S/M	FF 400	149	16	400	350j6	450	19	5,0	22°30'	8
250S/M	FF 500	168	18	500	450j6	550	19	5,0	22°30'	8
280S/M	FF 500	190	18	500	450j6	550	19	5,0	22°30'	8
315S/M	FF 600	216	22	600	550j6	660	24	6,0	22°30'	8
355M/L	FF 740	254	22	740	680j6	800	24	6,0	22°30'	8

CONFORME
NORMA
NEMA MG1 11.34 E
MG1 11.35

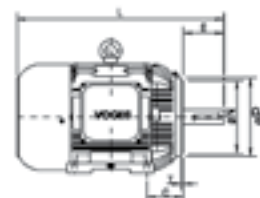
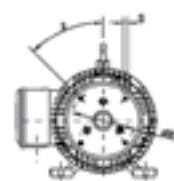


Tabela 5.4.

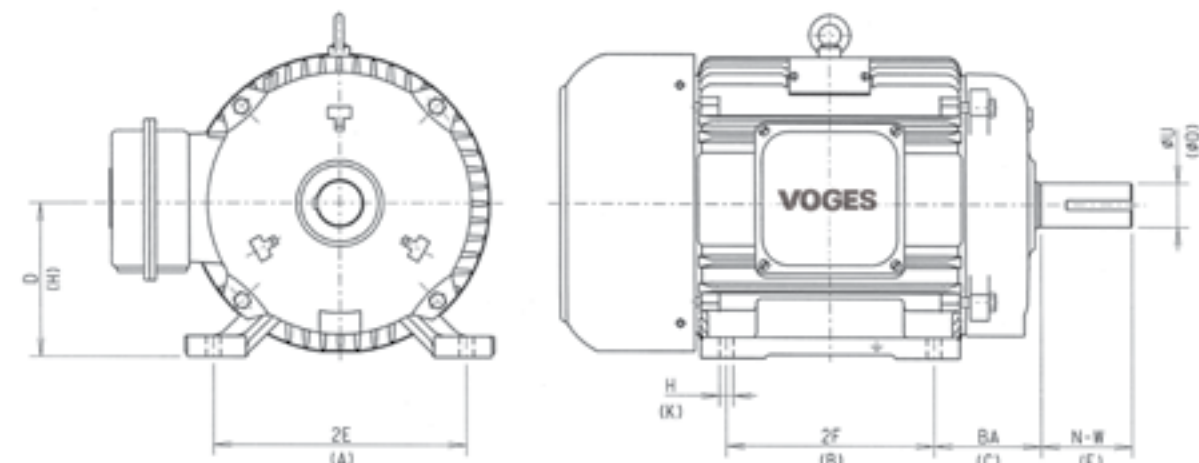
CARCAÇA (ABNT)	DIMENSIONAL PARA FLANGE TIPO "C" - NEMA (mm)									
	FLANGE (ABNT)	C	ØM	ØN	ØP	ØS	T	Ø	QT. DE FURROS	
63	FC 95	40	95,2	76,2 h8	135	1/4" 20 UNC	4	45°	4	
71	FC 95	45	95,2	76,2 h8	143	1/4" 20 UNC	4	45°	4	
80	FC 95	50	95,2	76,2 h8	120	1/4" 20 UNC	4	45°	4	
90S	FC 149	56	149,2	114,3 h8	165	3/8" 16 UNC	4	45°	4	
90L	FC 149	56	149,2	114,3 h8	165	3/8" 16 UNC	4	45°	4	
100L	FC 149	63	149,2	114,3 h8	168	3/8" 16 UNC	4	45°	4	
112M	FC 184	70	184,2	215,9 h8	220	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
132S	FC 184	89	184,2	215,9 h8	220	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
132M	FC 184	89	184,2	215,9 h8	220	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
160M	FC 184	108	184,2	215,9 h8	255	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
160L	FC 184	108	184,2	215,9 h8	255	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
180M	FC 228	121	228,6	266,7 h8	281	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
180L	FC 228	121	228,6	266,7 h8	281	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
200M	FC 228	133	228,6	266,7 h8	330	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
200L	FC 228	133	228,6	266,7 h8	330	1/2" 13 UNC	7	45°	4	
225S/M	FC 279	149	279,4	317,5 h8	349	5/8" 11 UNC	7	22°30'	8	
250S/M	FC 279	168	279,4	317,5 h8	392	5/8" 11 UNC	7	22°30'	8	
280S/M	FC 355	190	355,6	406,4 h8	450	5/8" 11 UNC	7	22°30'	8	
315S/M	FC 368	216	368,3	419,1 h8	455	5/8" 11 UNC	7	22°30'	8	
355M/L	FC 368	216	368,3	419,1 h8	455	5/8" 11 UNC	7	22°30'	8	

5.2.2. COMPARATIVOS ABNT/IEC x NEMA

Em razão de empresas e usuários que empregam motores padronizados por normas diferentes, apresentamos a seguir uma tabela contendo o comparativo dimensional entre

ABNT/IEC x NEMA.

Deve-se comparar as dimensões H, A, B, C, K, D e E da ABNT/IEC com 2E, 2F, BA, H, U e N-W da NEMA, identificados entre parênteses.



CARCAÇA	ABNT/IEC	NEMA	(H)	D	(A)	2E	(B)	2F	(c)	BA	(K)	H	(ØD)	ØU	(E)	N-W
90S	143T	90	88,9	140	139,6	100	191,6	56	57,15	10	8,7	24j6	22,2	50	57,15	
90L	145T	90	88,9	140	139,7	125	127	56	57,15	10	8,7	24j6	22,2	50	57,15	
112S	182T	112	114,3	190	190,4	114	114,4	70	70	12	10,7	28j6	28,6	60	69,9	
112M	184T	112	114,3	190	190,4	140	136,4	63	70	12	10,7	28j6	28,6	60	69,9	
132S	213T	132	133,4	216	216	140	139,6	89	89	12	10,7	38K6	34,9	80	85,7	
132M	215T	132	133,4	216	216	178	177,6	89	89	12	10,7	38K6	34,9	80	85,7	
160M	254T	160	155,8	254	254	210	209,6	108	108	15	13,5	42K6	41,3	110	101,6	
160L	256T	160	155,8	254	254	254	254	108	108	15	13,5	42K6	41,3	110	101,6	
180M	284T	180	177,8	279	279,6	241	241,2	121	121	15	13,5	48K6	47,6	110	117,5	
180L	286T	180	177,8	279	279,6	279	279,6	121	121	15	13,5	48K6	47,6	110	117,5	
200M	324T	-	203,2	-	317,6	-	266,8	-	133	-	16,7	-	54	-	133,4	
200L	326T	200	203,2	318	317,6	305	304,8	133	133	19	16,7	65M6	54	110	133,4	
225S	364T	225	228,6	356	355,6	286	285,6	149	149	19	16,7	60M6	60,3	140	149,2	
225M	365T	225	228,6	356	355,6	286	285,6	149	149	19	16,7	60M6	60,3	140	149,2	
250M	405T	254	254	406	406,4	349	349,2	168	168	24	20,6	65M6	73	140	184,2	
280S	444T	280	279,4	457	457,2	368	368,4	190	190	24	20,6	75M6	85,7	140	215,9	
280M	445T	280	279,4	457	457	419	419,2	190	190	24	20,6	75M6	85,7	140	215,9	

Tabela 5.5.

COMPARATIVOS DE POTÊNCIA - ABNT / IEC x NEMA (HP)

CARCAÇA		2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
ABNT/IEC	NEMA	ABNT	NEMA	ABNT	NEMA	ABNT	NEMA	ABNT	NEMA
90S	143T	3	1,5	2	1	1-1,5	0,75	0,5	0,5
90L	145T	4	2	3	1,5-2	-	1	0,75-1	0,75
100L	-	5	-	4-5	-	2-3	-	1,5	-
-	182T	-	3	-	1,5	-	-	-	1
112M	184T	6-7,5	5	6-7,5	5	4	2	2	1,5
132S	213T	10	7,5	10	7,5	5-6	3	3	2
132M	215T	12,5-15	10	12,5-15	10	7,5-10	5	4-5	3
160M	254T	20-25	15	20	15	12,5-15	7,5	7,5	5
160L	256T	30	20	25	20	20	10	10	7,5
180M	284T	-	25	30	25	-	15	-	10
180L	286T	-	30	-	30	25	20	15-20	15
200M	324T	40	40	40	40	-	25	-	20
200L	326T	50	50	50	50	30-40	30	25	25
225S	364T	60	60	60	60	-	40	30	30
225M	365T	75	75	75	75	50	50	40	40
250S	404T	-	-	-	-	60	60	50	50
250M	405T	100	100	100	75	75	75	60	60
280S	444T	125	125	125	125	100	100	75	75
280M	445T	150	150	150	150	125	125	110	110

Tabela 5.6.

5.3. CAIXA DE LIGAÇÃO

Os motores elétricos de indução para aplicação geral possuem, normalmente, uma caixa de ligação acoplada à carcaça em local de fácil acesso com espaço suficiente para se efetuar a conexão dos cabos de alimentação da rede elétrica. A entrada dos cabos pode ser feita por qualquer um dos quatro lados da caixa.

Para manter o grau de proteção e permitir a conexão de eletrodutos ou prensa-cabos, as caixas poderão possuir roscas normalizadas, conforme indica a tabela 5.7.

ROSCAS PARA CAIXAS DE LIGAÇÕES

CARCAÇAS	Rosca Pg DIN 40430		Rosca BSP (Gás) - RWG DIN 259		Rosca NPT ASA B2-1	
	Normal	Máxima	Normal	Máxima	Normal	Máxima
71	PG 9	PG 13,5	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
80	PG 9	PG 13,5	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
90	PG 13,5	PG 16	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
100	PG 13,5	PG 16	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
112	PG 16	PG 21	1"	1"	1"	1"
132	PG 21	PG 21	1"	1"	1"	1"
160	PG 29	PG 36	1x1 1/2"	1x1 1/2"	2x1 1/2"	2x1 1/2"
180	2xPG 29	2xPG 36	1x1 1/2"	1x1 1/2"	2x1 1/2"	2x1 1/2"
200	2xPG 29	2xPG 42	1x2"	1x2"	2x2"	2x2"
225	2xPG 36	2xPG 42	2x2"	2x2"	2x2"	2x2"
250	2xPG 36	2xPG 42	2x2"	2x2"	2x2"	2x2"
280	2xPG 42	2xPG 48	2x2"	2x3"	2x2"	2x3"
315	2xPG 48	2xPG 48	2x3"	2x3"	2x3"	2x3"
355	2xPG 48	2xPG 48	2x3"	2x3"	2x3"	2x3"

Tabela 5.7.

5.3.1. PRENSA-CABOS

Os prensa-cabos asseguram a vedação da caixa de ligação na entrada dos cabos de alimentação. São fabricados em nylon ou latão de alta resistência mecânica e corrosiva. Possuem no seu interior um anel de borracha que impede a penetração de líquidos ou sólidos no interior do motor.

Rosca Pg	P/Cabos φ mm	φ D	Rosca BSP	P/Cabos φ mm	φ D
PG 7	3,5 a 7	12,5	3/8"	6 a 9	16,6
PG 9	6 a 9,5	15,2	1/2"	9 a 12	20,9
PG 11	7 a 10	18,6	3/4"	11 a 17	26,4
PG 13,5	8,5 a 13	20,4	1"	18 a 26	33,2
PG 16	9,5 a 15	22,5	1x1/2"	30 a 36	47,8
PG 21	12 a 18	28,3	2"	38 a 46	59,6
PG 29	16 a 25	37	2x1/2"	48 a 58	75,1
PG 36	22 a 32	47	3"	58 a 68	87,8
PG 42	30 a 38	54			
PG 48	36 a 45	59,3			

Tabela 5.8. Prensa-cabos



Prensa cabo-completo

Corpo

Anel de vedação

Arruela de deslizamento

Luva

5.3.2. PLACA DE LIGAÇÕES (BORNES)

Para uma perfeita e segura ligação à rede, o motor poderá possuir, opcionalmente, uma placa de bornes confeccionada em material autoextinguível, não higroscópico, resistente à corrente de fuga e com alta rigidez dielétrica, conforme norma DIN 53480 – VDE 0303/76.

Esta placa possui parafusos, arruelas e pontes de ligação em latão, que proporcionam perfeita condutividade elétrica e facilidade de ligação do motor.



Fig. 5.2. Conjunto de caixa de ligações

1. Tampa da caixa

2. Caixa

3. Placa de ligações

4. Conexão do fio terra

5. Prensa-cabos

5.4. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

A placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características nominais da rede de alimentação e desempenho do motor (figura 5.3).

Estas informações devem ser facilmente legíveis, apresentadas de maneira objetiva e não sujeitas a interpretações errôneas.

A placa é confeccionada em material resistente ao ambiente de funcionamento do motor e é afixada em local facilmente visível.

Os dados principais que devem constar na mesma, bem como as abreviações recomendadas, são definidas pela NBR 17094, conforme discriminadas a seguir:

- Nome do fabricante;
- Tipo de motor;
- Modelo do motor (MOD);
- Número de série (N°);
- Potência nominal (cv e kW);
- Tensão nominal em que o motor pode operar (V);

- Número de fases;
- Corrente nominal (A);
- Frequência da rede de alimentação (Hz);
- Velocidade de rotação nominal (rpm);
- Classe de temperatura de isolamento (ISOL);
- Categoria de desempenho (CAT);
- Rendimento;
- Fator de potência (cos ϕ);
- Massa (kg);
- Tipo e quantidade de graxa;
- Rolamentos utilizados;
- Relação entre a corrente do rotor bloqueado e a corrente nominal (Ip/In);
- Número da norma;
- Grau de proteção do motor (IP);
- Regime tipo (REG);
- Fator de serviços (FS);
- Diagrama de ligações para cada tensão de trabalho.



Fig. 5.3. Placa de identificação.

5.4.1. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO PARA MOTORES DE USO NAVAL

As sociedades classificadoras (ver apêndice) exigem que as placas sejam de material resistente à corrosão e que contenham algumas informações adicionais, que são:

- Ano de fabricação;
- Temperatura do ambiente (Temp. Amb.);
- Tipo de serviço (essencial ou não essencial).

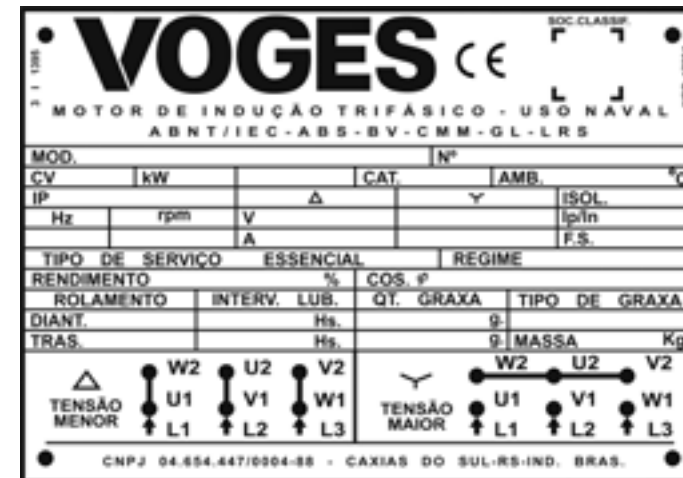


Fig. 5.4. Placa de identificação para motor de uso naval.

5.4.2. DETERMINAÇÃO DO MODELO DO MOTOR

A Voges Motores identifica o modelo dos motores através de símbolos formados por letras e números. O princípio de identificação é determinado pelos números padronizados que indicam altura da carcaça.

À esquerda deste número são colocadas letras maiúsculas que determinam as aplicações especificadas. À direita, são colocadas letras maiúsculas que determinam o comprimento da carcaça, letras maiúsculas que diferenciam a potência para motores de mesma carcaça, números que indicam a polaridade e códigos que identificam especialidades exigidas pelo comprador.

A seguir explicamos o significado dos símbolos.

À esquerda da identificação da carcaça:

- VN** - Linha de motores para uso naval;
- VP** - Linha de motores para bombas;
- V** - Linha de motores para aplicação geral – IP 55;
- BD** - Linha de motores de dupla velocidade com 1 enrolamento;
- BA** - Linha de motores de dupla velocidade com 2 enrolamentos;
- BK** - Linha de motores monofásicos;
- M** - Linha de motores para refrigeração (carcaça 56);
- L** - Linha de motores para refrigeração (carcaça 80);
- VMF** - Linha de motofreios;
- RBK** - Linha de motores para uso rural;
- DP** - Linha de motores IP 23S;

À direita da indicação da carcaça:

- S** – Carcaça curta;

- M** - Carcaça média;
- L** - Carcaça longa;
- J** - Extra longa.

Observação: para atender às necessidades dos usuários de motores elétricos, a Voges Motores desenvolveu um sistema de fixação com a furação dos pés que combina os comprimentos S/M e M/L, para algumas carcaças.

Exemplo: M/L – Carcaça L com furação de carcaça M e de carcaça L para fixação. As letras a, b, e c indicam o dimensional interno do motor para a mesma carcaça. Os numerais 2, 4, 6, 8, 2/4, 4/8, 4/6, 6/8, indicam o número de polos.

Exemplos:

- V90 S4: motor com grau de proteção IP 55, carcaça 90S de 4 polos.
- VN 315 S/M2: motor de uso naval, com grau de proteção IP55, carcaça 315S/M de 2 polos.
- MBK 56 a 4: motor para refrigeração, grau de proteção IP54, monofásico, carcaça 56a de 4 polos.
- BA 100L 4/6: motor com grau de proteção IP55, de dupla velocidade com 2 enrolamentos, carcaça 100L de 4 e 6 polos.

5.5. TERMINAL DE ATERRAMENTO

Os motores elétricos possuem terminal de aterramento que possibilita contato entre suas partes externas metálicas e a terra.

O aterramento oferece segurança ao contato humano, às instalações e aos equipamentos, contra possíveis anormalidades, desviando o fluxo de corrente para a terra.

A tabela 5.9 indica a localização dos terminais de aterramento dos motores Voges.

localização dos terminais de aterramento		
Carcaça	Fixação do motor	Local de fixação do terminal de aterramento
56 a 160	Através dos pés	No interior da caixa de ligação No pé próximo à caixa de ligação (opcional)
	Através do Flange	No interior da caixa de ligação
180 a 400	Através dos pés	No interior da caixa de ligação No pé próximo à caixa de ligação (opcional)
	Através do Flange	No interior da caixa de ligação Na parte traseira do flange (opcional)

Tabela 5.9.

5.6. BALANCEAMENTO E VIBRAÇÃO

5.6.1. BALANCEAMENTO

Balanceamento é o processo que procura melhorar a distribuição de massas de um corpo, a fim de reduzir as forças centrífugas livres que agem nos mancais de apoio.

O desbalanceamento ocorre quando o eixo principal de inércia não coincide com o eixo de rotação; efeito este causado por uma assimetria na distribuição de massas de um corpo rotativo.

• Balanceamento do conjunto do rotor:

Emprega-se o sistema de correção em dois planos localizados nas extremidades opostas do rotor (balanceamento dinâmico) conforme NBR 8008.



• **Balanciamento do ventilador:**

O uso de somente um plano de correção é suficiente, já que a distância entre os mancais de apoio é normalmente grande e o deslocamento axial é pequeno (balanciamento estático).

5.6.2. VIBRAÇÃO

Apesar do balanceamento preciso, obtido pelos sistemas descritos anteriormente, o desbalanceamento residual (sempre existente) geralmente é a causa principal de vibrações encontradas em um motor.

Não são apenas os rotores desbalanceados que causam vibrações. Os rolamentos e sistemas de acoplamento também podem produzir vibrações mecânicas. Isto significa que qualquer elemento da máquina que possui movimento excita vibrações.

As amplitudes de vibrações máximas em rotores, provocadas por resíduos de massas desbalanceadas, são limitados por normas. A NBR 17094 especifica limites de amplitudes de vibração para motores elétricos a partir da carcaça 80. Estes valores variam com a rotação do motor conforme a tabela 5.10.

LIMITES DE AMPLITUDE DE VIBRAÇÃO	
Polaridade	Amplitude Máxima (mm)
2	0,0254
4	0,0381
6	0,0508
8	0,0635

Tabela 5.10.

A tabela 5.11. dá os limites máximos de vibrações (Veff.) expressos em milímetros por segundo para as várias carcaças e para os três (3) graus de qualidade, os que

são chamados “N” (normal), “R” (reduzido) e “S” (especial).

Grau de Qualidade	Nº de Polos	Veff. (mm/s) SEGUNDO NORMA ISO 2373/1974		
		Carcaça		
N	2 a 8	1,80	1,80	4,50
	2	1,12	1,80	2,80
R	4 a 8	0,71	1,12	1,80
	2	0,71	1,12	1,80
S	4 a 8	0,45	0,71	1,12

Tabela 5.11.

5.7. NÍVEL DE RUÍDO

A preocupação com a saúde ocupacional é uma constante nas empresas. E o nível de ruído causado pelos motores elétricos, motivo de atenção.

As principais fontes de ruído em motores elétricos são:

I – Ruídos Magnéticos

a) Vibrações de núcleo – A maior fonte de ruído magnético em um motor reside na coroa do estator. As vibrações da coroa à carcaça possuem ao menos um componente situado na faixa audível, propagando-se para o meio ambiente ou à estrutura onde está fixado o motor.

b) Harmônicas – Fluxos harmônicos também produzem vibrações indesejáveis. Seus efeitos, entre os quais o ruído, podem ser reduzidos a níveis aceitáveis através da escolha de parâmetros apropriados de projeto.

c) Efeito da Potência sobre o ruído – Para motores elétricos com projetos elétricos e magnéticos semelhantes, demonstra-

se que o ruído aumenta a mesma taxa progressiva com o aumento da potência.

dB α L . P

dB = Nível de ruído

L = Dimensões lineares do estator e rotor

P = Potência do motor

Para um mesmo motor, o nível de ruído aumenta diretamente proporcional ao aumento da potência exigida, isto é: dB α P.

II – Ruído dos Mancais

Em mancais de rolamento identificam-se as seguintes causas de ruído:

a) Folgas – Tanto o excesso quanto a ausência de folgas provocam ruído. É utilizado nos motores elétricos com dois rolamentos de esferas (blindados), uma mola em um dos mancais. Esta mola, exercendo esforço axial em uma das pistas, causa um deslocamento relativo entre ambas as pistas. Essa modificação não afeta significativamente a acomodação necessária devido à expansão térmica do eixo e tem se tornado prática comum na redução do ruído.

b) Acabamento das superfícies de rolamento.

c) Presença de impurezas entre as pistas de rolamento.

d) Deformação ou dano localizado nas esferas, rolos ou pistas de rolamentos.

e) Lubrificação imprópria.

III – Balanciamento Mecânico

Qualquer desbalanceamento do rotor produz vibrações que, se amplificadas por um sistema ressonante, provocam ruído.

IV – Ventilação

O contínuo aumento da potência em motores elétricos tem sido possível, principalmente pela melhora e aumento da ventilação. Isto em geral resulta em maior ruído no motor.

O ruído do ventilador é função de parâmetros de projeto, tais como: ângulo, largura e espessura da pá, velocidade, e ainda proximidade da calota.

A norma que especifica os limites de ruído para máquinas elétricas girantes é a NBR 7565 (tabela 5.12) e o método de ensaio de nível de ruído transmitido através do ar é normalizado pela NBR 7566.

5.8. GRAU DE PROTEÇÃO

Os invólucros das máquinas elétricas são construídos de acordo com o tipo de utilização, de modo a atender especificações de proteção contra a penetração prejudicial de corpos sólidos e líquidos. A norma brasileira NBR IEC 60529 define os graus de proteção através das letras IP seguidas de dois numerais característicos, com os seguintes significados:

Primeiro Numeral Característico: indica o grau de proteção contra contatos acidentais de pessoas e a penetração prejudicial de corpos sólidos.

Segundo Numeral Característico: indica o grau de proteção contra a penetração prejudicial de água.

Embora seja possível combinar de diferentes maneiras os numerais anteriormente definidos, os graus de proteção geralmente aplicados na prática são os mostrados na tabela 5.15.

Primeiro Numeral	
Número	Indicação
0	Não protegido.
1	Protegido contra objetos sólidos maiores que 50mm.
2	Protegido contra objetos sólidos maiores que 12mm.
3	Protegido contra objetos maiores que 2.5mm.
4	Protegido contra objetos sólidos maiores que 1.0mm.
5	Protegido contra poeira prejudicial ao motor.
6	Totalmente protegido contra poeira.

Tabela 5.13.

Segundo Numeral	
Número	Indicação
0	Não protegido.
1	Protegido contra quedas verticais de gotas de água.
2	Protegido contra a queda de gotas de água p/ uma inclinação máxima de 15°.
3	Protegido contra água aspergida de um ângulo de 60° da vertical (chuva).
4	Protegido contra projeção de água de qualquer direção.
5	Protegido contra jato de água de qualquer direção.
6	Protegido contra ondas do mar ou da água projetada em jatos potentes
7	Protegido contra imersão em água, sob condições definidas de tempo e pressão
8	Protegido para submersão contínua em água nas condições especificadas pelo fabricante.

Tabela 5.14.

LIMITE MÁXIMO DE POTÊNCIA SONORA, NORMALIZADOS, PARA MOTORES TOTALMENTE FECHADOS						
Velocidade Nominal (rpm) "n"	n<960	960<n≤1320	1320<n≤1900	1900<n≤2360	2360<n≤3150	3150<n≤3750
Motores Faixas de Potências Nominais cv	Nível de Potência Sonora dB					
P ≤ 1,5	76	78	80	82	84	88
1,5 < P ≤ 3,0	79	80	83	86	88	91
3,0 < P ≤ 7,5	82	84	87	90	92	95
7,5 < P ≤ 15	85	88	91	94	96	99
15 < P ≤ 30	88	91	95	98	100	102
30 < P ≤ 50	91	94	97	100	103	104
50 < P ≤ 75	93	97	99	102	100	106
75 < P ≤ 150	96	100	103	105	107	108
150 < P ≤ 300	99	103	106	108	109	110

Tabela 5.12.

Observação: os motores elétricos industriais Voges de aplicação geral são fabricados com grau de proteção IP 55, permitindo a padronização de produtos e oferecendo vantagens para as aplicações que requeiram menor proteção. Para aplicações específicas em ambientes mais favoráveis, a Voges fabrica motores com graus de proteção inferiores.

GRAUS DE PROTEÇÃO USUAIS				
Motor		1º Numeral		2º Numeral
grau de proteção		Proteção contra contato	Proteção contra corpos sólidos	Proteção contra água
Aberto	IP 11	Toque acidental com a mão.	Corpos sólidos com dimensões de 50mm.	Pingos de água na vertical.
	IP 12			Pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical.
	IP 13			Água de chuva de uma inclinação de 60° com a vertical.
	IP 21	Toque com os dedos.	Corpos sólidos com dimensões acima de 12mm.	Pingos de água na vertical.
	IP 22			Pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical.
	IP 23			Água de chuva até uma inclinação de 60° com a vertical.
Totalmente Fechado	IP 44	Toque com as ferramentas.	Corpos sólidos de dimensões acima de 1mm.	Respingos de todas as direções.
	IP 54	Proteção completa contra toques	Protegido contra acúmulo de poeira nociva ao motor.	Respingos de todas as direções.
	IP 55			

Tabela 5.15.

5.8.1. LETRAS SUPLEMENTARES

As normas de motores elétricos permitem a utilização de informações suplementares, através de letras junto aos numerais característicos, que indicam procedimentos especiais durante os ensaios ou utilização sob condições atmosféricas especiais.

As letras S, M ou W só devem ser utilizadas com os seguintes significados:

W – Colocado entre as letras IP e os numerais característicos, indica que o equipamento é projetado para utilização sob condições atmosféricas específicas

e prevê medidas ou procedimentos complementares de proteção previamente combinados entre fabricantes e usuários.

As letras S e M, colocadas após os numerais característicos, indicam condições específicas de ensaio.

S – Indica que o ensaio contra penetração de água deve ser efetuado com o equipamento em repouso.

M – Indica que o mesmo ensaio deve ser efetuado com o equipamento em funcionamento.

5.9. PINTURA

É um revestimento aplicado sobre o motor que busca, além da função estética do acabamento, dar proteção contra a corrosão.

a) Pintura em motores de aplicação geral
Prepara-se a superfície dos componentes e aplica-se um primer (fundo) com esmalte sintético de base alquídica, por imersão.

Após a montagem do motor dá-se o acabamento com tinta da mesma base, conferindo a aparência final com cor e textura definidas.

A tinta de base alquídica é de fácil aplicação e apresenta excelentes propriedades de aderir à superfície, proteger contra a corrosão e suportar temperaturas de até 150°C.

Em motores elétricos Voges, as peças de alumínio ou de chapa de aço SAE 1010 recebem antes da aplicação do primer um tratamento especial, através dos processos de alodinação e de fosfatização a quente.

As peças de alumínio recebem o processo de alodinação. Já as peças de chapa, o processo de fosfatização a quente.

Estes processos de banhos (alumínio e chapa) e primer (ferro fundido) nas peças, além de possibilitar uma ótima ancoragem da tinta de acabamento sobre a superfície da peça, protegem estas quando as mesmas estão em almoxarifados intermediários.

b) Pintura em motores para ambientes especiais

Os ambientes agressivos requerem tratamentos e pinturas especiais. Sob consulta, estuda-se, para cada tipo específico destes ambientes, a proteção adequada aos motores.

5.10. VENTILAÇÃO

O equilíbrio térmico de um motor elétrico ocorre quando o calor gerado internamente, durante a transformação de energia elétrica em mecânica, é igual ao calor dissipado. A ventilação é a principal maneira de reduzir a temperatura do motor elétrico.

• Os sistemas usuais de ventilação são:

1 – Motor aberto: o motor aberto fornece

livre circulação do meio refrigerante, apresentando contato direto do ar com as partes aquecidas no interior do mesmo.

2 – Motor totalmente fechado: a transferência de calor é feita na superfície externa do motor, pois não existe fluxo do meio refrigerante entre o interior e o exterior da carcaça. Quanto maior for a área de dissipação térmica disponível, mais calor é retirado do motor. Por este motivo, são projetadas carcaças com aletas bem distribuídas.

Em motores para aplicações gerais são utilizados ventiladores radiais, de pás retas,

de forma que, em qualquer sentido que o motor gire, a vazão seja a mesma. Deste modo é importante que a calota de proteção do ventilador permita a entrada axial do ar, conduzindo-o de forma laminar pela superfície da carcaça.

O sistema de ventilação é adequado para movimentar grande volume de ar, varrendo toda a superfície externa do motor, onde se dá a troca de calor.

Obtém-se, assim, um resfriamento máximo, associado a um reduzido nível de ruído.

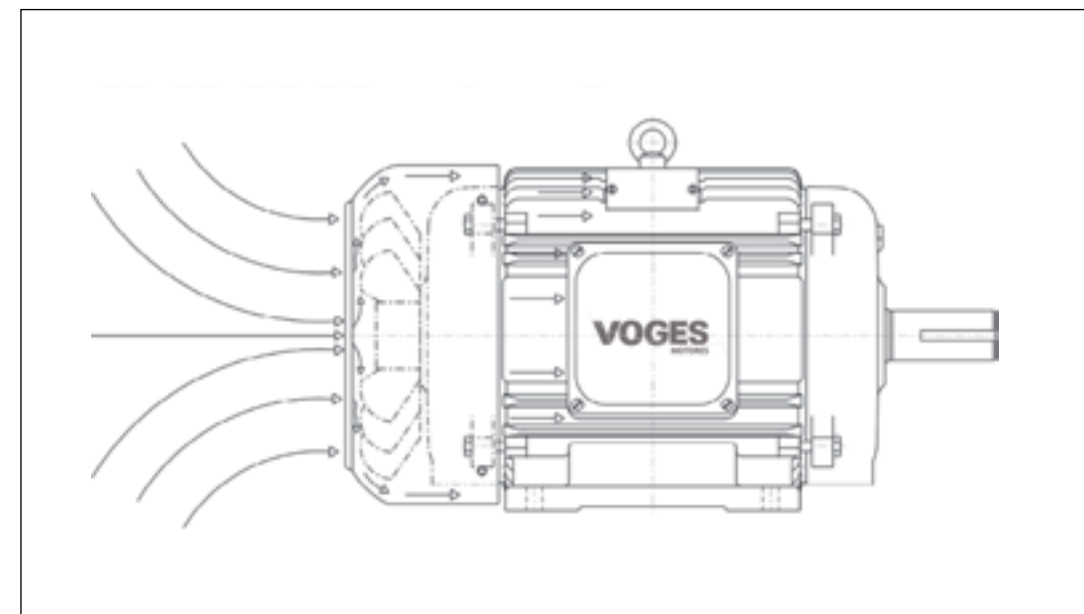


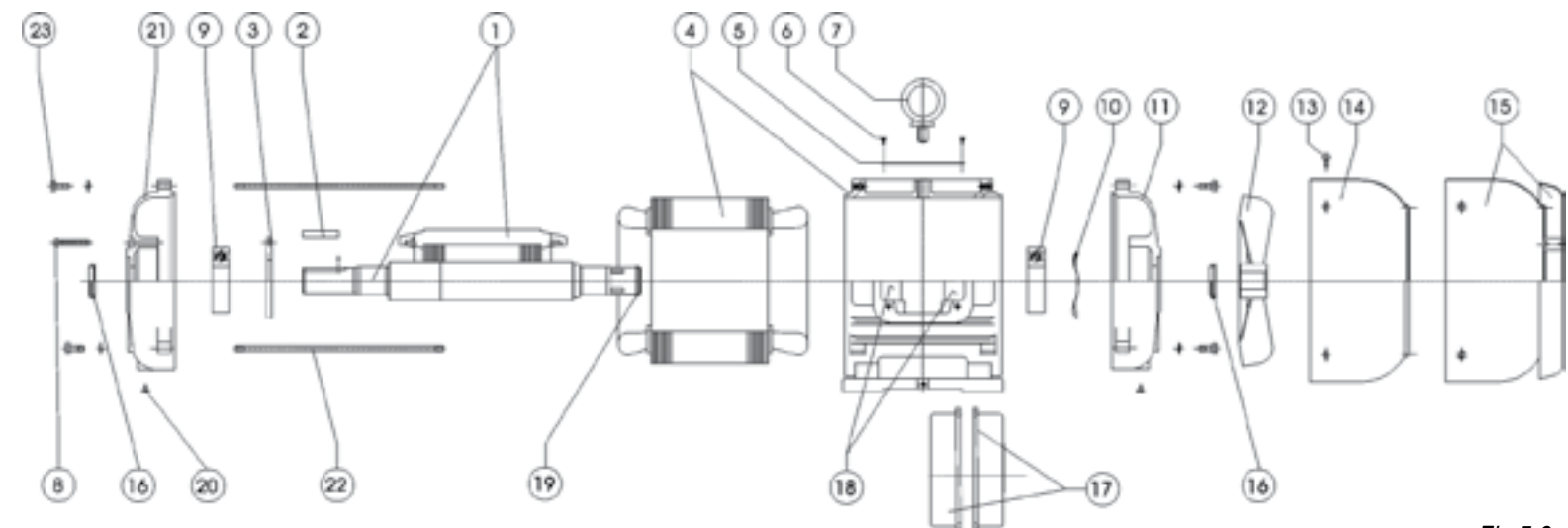
Fig. 5.5. Método de ventilação para motores totalmente fechados.

5.11. Conjuntos e Componentes

Para que se mantenha linguagem uniforme, sem qualquer dúvida quanto à identificação de peças e componentes, os desenhos a seguir apresentam a posição, quantidade e designação destes materiais

nos motores industriais, carcaças 56 a 160, 180 a 355, motores rurais, motores Nema, motores IP 23S e motofreios (Fig. 5.6 a 5.11).

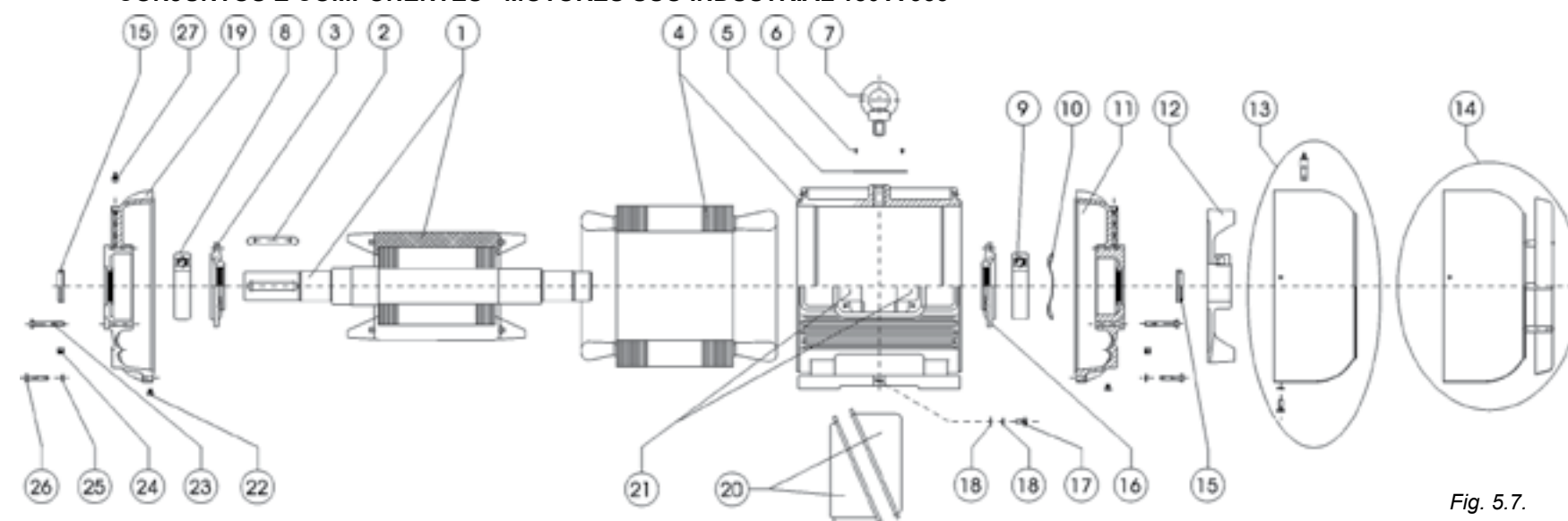
CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES USO INDUSTRIAL 56 A 160



POSICÃO	QUANTI-DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do rotor	Acrescentar na informação dos dados de placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
02	01	Chaveta	
03	01	Flange interna (motores flangeados)	
04	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Acrescentar na informação dos dados de placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
05	01	Placa de identificação	
06	02	Rebite	
07	01	Olhal de suspensão	(71 a 100) opcional/02 (UN) Para forma B5 ou B14
08	03	Parafuso de fixação da flange interna	
09	02	Rolamento	
10	01	Mola de compensação	
11	01	Tampa lado oposto acoplamento	
12	01	Ventilador	
13	04	Parafuso trilobular	
14	01	Calota de proteção	
15	01	Conjunto de montagem da proteção superior	Opcional
16	01	Anel V-Ring	
17	01	Conjunto caixa de borne	Placas de Borne - Sob solicitação
18	02	Espuma PU expandida	
19	01	Anel elástico	
20	02	Plug para dreno	
21	01	Tampa lado do Acoplamento B3	Flange FF (B5), C DIN (B14) e NEMA C (intercambiável)
22	*	Conjuntos de tirantes, arruelas e porcas	Para motores 56 a 100
23	*	Conjuntos de parafusos e arruelas	Para motores 112 a 160

Fig. 5.6.

CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES USO INDUSTRIAL 180 A 355



POSICÃO	QUANTI-DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do rotor	Acrescentar na informação dos dados de placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
02	01	Chaveta	
03	01	Flange interna lado acoplamento	
04	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Acrescentar na informação dos dados de placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
05	01	Placa de identificação	
06	02	Rebite	
07	01	Olhal de suspensão	Duas unid. para forma B5
08	01	Rolamento lado acoplamento	
09	01	Rolamento lado oposto acoplamento	
10	01	Mola de compensação	
11	01	Tampa B3 lado oposto acoplamento	
12	01	Ventilador	
13	01	Conjunto montagem calota	Em chapa de aço para motores 180 a 250
14	01	Conjunto montagem proteção superior	Em chapa de aço para motores 180 a 250
15	02	Anel V-Ring	
16	01	Flange interna lado oposto acoplamento	
17	01	Parafuso para aterramento	
18	02	Arruelas para aterramento	
19	01	Tampa B3 lado acoplamento	Flange FF (B5) e NEMA C (Intercambiável)
20	01	Conjunto caixa de bornes	
21	02	Espuma expandida	
22	02	Plug para dreno	
23	06	Parafuso para flange	
24	02	Válvula de retenção	
25	08	Arruela de pressão	
26	08	Parafuso fixação tampa	
27	02	Lubrificador	

Fig. 5.7.

CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES USO RURAL - 71 A 132

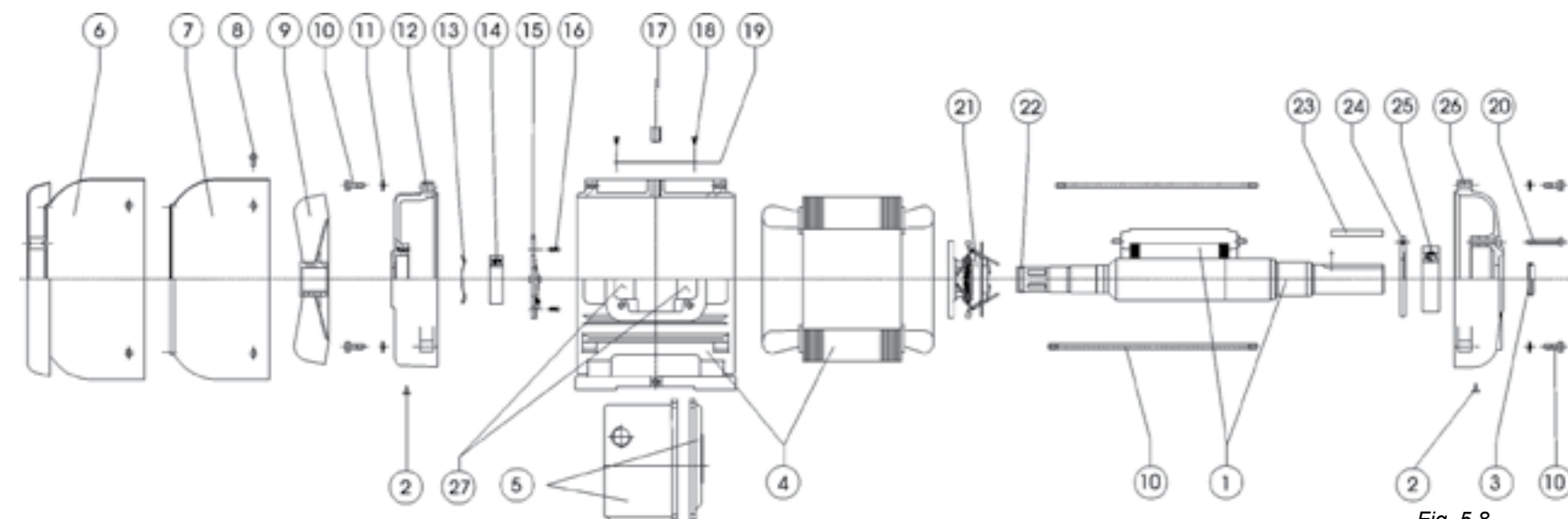


Fig. 5.8.

POSICÃO	QUANTI- DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do rotor	Acrescentar na informação dos dados de placa o nº de ranhuras e comp. do pacote
02	02	Plug para dreno	
03	01	Anel V-Ring	
04	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Acrescentar na informação dos dados de placa o nº de ranhuras e comp. do pacote
05	01	Conjunto da caixa de borne	Capacitores
06	01	Conjunto montagem da proteção superior	Opcional
07	01	Calota de proteção	
08	04	Parafuso trilobular	
09	01	Ventilador	
10	08	Parafuso fixação tampa	Tirantes para as carcaças 90 e 100
11	04	Arruela de pressão	
12	01	Tampa B3 lado oposto ao acoplamento	
13	01	Mola de compensação	
14	01	Rolamento lado oposto acoplamento	
15	01	Conjunto da placa de contatos	
16	02	Parafuso para placa de contatos	
17	01	Olhal de suspensão	
18	02	Rebite	
19	01	Placa de identificação	
20	03	Parafuso da Flange interna	
21	01	Conjunto do centrífugo	
22	01	Anel elástico	
23	01	Chaveta	
24	01	Flange interna	
25	01	Rolamento lado acoplamento	
26	01	Tampa lado acoplamento B3	Flange FF (B5) e C DIN (B14)
27	02	Espuma PU expandida	

CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES NEMA - N48 e N56

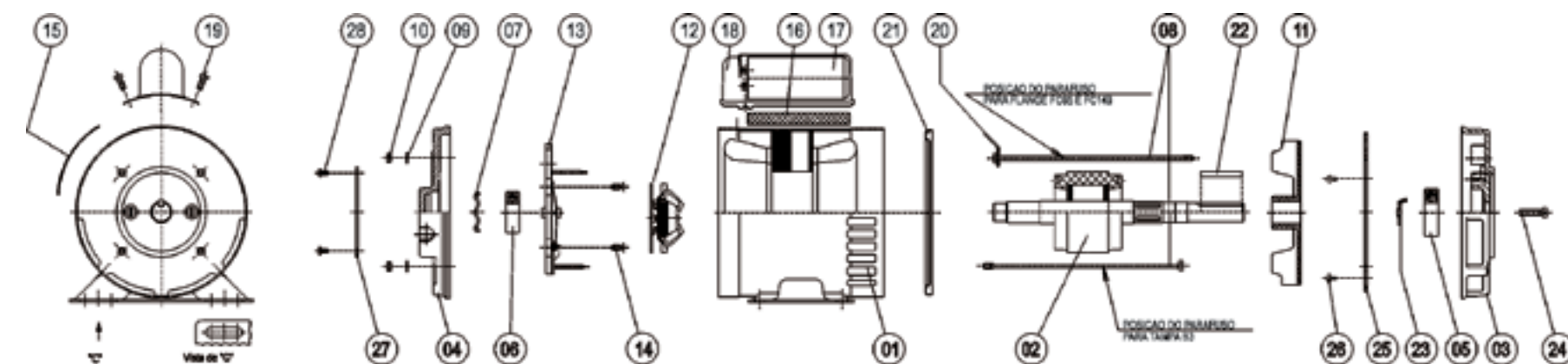


Fig. 5.9.

POSICÃO	QUANTI- DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Com ou sem base
02	01	Conjunto do rotor	
03	01	Tampa lado do aterramento	Formas B3 ou flanges Fc95 ou FC 149
04	01	Tampa lado oposto do acoplamento	
05	01	Rolamento lado do acoplamento	
06	01	Rolamento lado oposto do acoplamento	
07	01	Mola de compensação	
08	04	Parafuso de fechamento	
09	04	Arruela de pressão	
10	*	Porca	(04 Unidades) Somente para forma B3
11	01	Ventilador	
12	01	Conjunto do centrífugo	Somente para motores monofásicos
13	01	Conjunto da placa de contato	Somente para motores monofásicos
14	02	Parafuso para fixar placa de contato	Somente para motores monofásicos
15	01	Etiqueta de identificação	
16	01	Espuma isolante para capacitor	Somente para motores monofásicos
17	01	Capacitor	Somente para motores monofásicos
18	01	Alojamento do capacitor	Somente para motores monofásicos
19	01	Parafuso para fixar alojamento	Somente para motores monofásicos
20	01	Terminal terra	
21	01	Defletora interna	Somente para motores nova ventilação
22	01	Chaveta	
23	02	Flange do bloqueio	Somente para usar com flanges FC95 ou FC 149
24	02	Parafuso para fixar flange do bloqueio	Somente para usar com flanges FC95 ou FC 149
25	01	Anel defletor	Somente para usar com flanges FC95 ou FC 149 e ventilação antiga
26	03	Rebite para fixar anel defletor	Somente para usar com flanges FC95 ou FC 149 e ventilação antiga
27	01	Tampa de borne	
28	02	Parafuso para fixar tampa de borne	

CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES IP 23S - CARÇAÇA 180 A 315

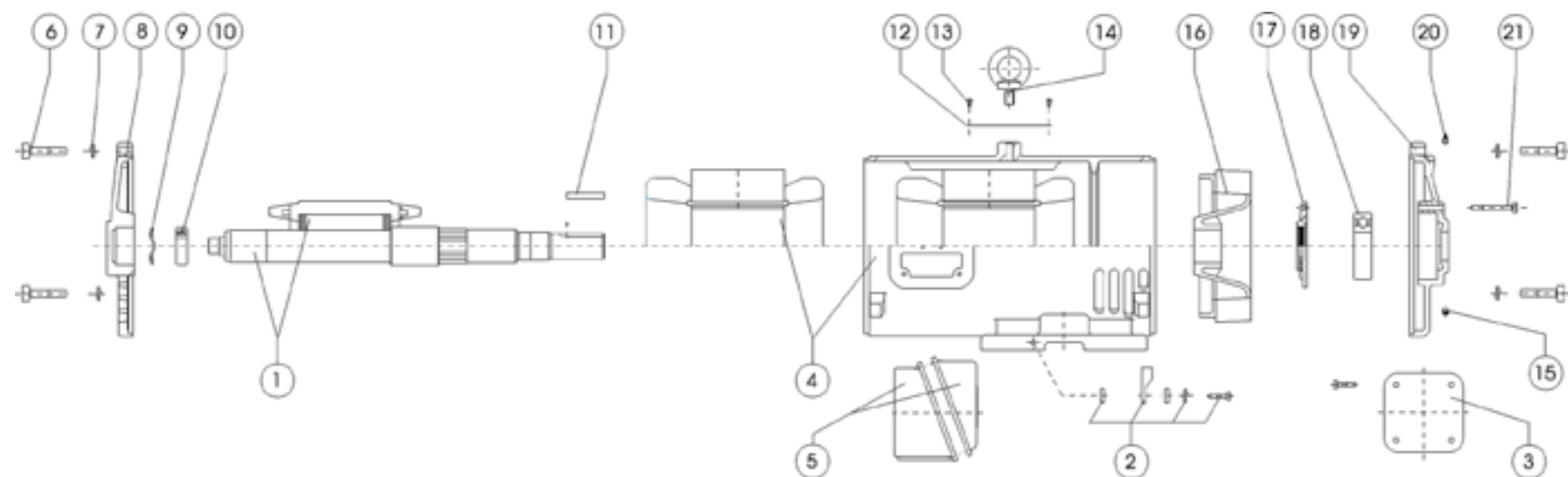


Fig. 5.10.

POSICÃO	QUANTI-DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do rotor	
02	01	Conjunto de aterramento	
03	01	Base de borne	
04	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Carcaça de ferro fundido
05	01	Conjunto da caixa de borne	
06	08	Parafuso fixação da tampa	
07	08	Arruela de pressão	
08	01	Tampa B3 lado oposto ao acoplamento	
09	01	Mola de compensação	
10	01	Rolamento lado oposto ao acoplamento	
11	01	Chaveta	
12	01	Placa de identificação	
13	04	Rebites para placa	
14	01	Olhal de suspensão	
15	01	Válvula de retenção	
16	01	Ventilador	
17	03	Flange interna	
18	01	Rolamento lado acoplamento	
19	01	Tampa lado acoplamento	Forma B3 ou FF (B5)
20	01	Lubrificador	Carcaça 280 a 315 existe lado oposto acoplamento
21	03	Parafuso para flange interna	

CONJUNTOS E COMPONENTES - MOTORES TIPO MOTOFREIO CARÇAÇA 63 A 200

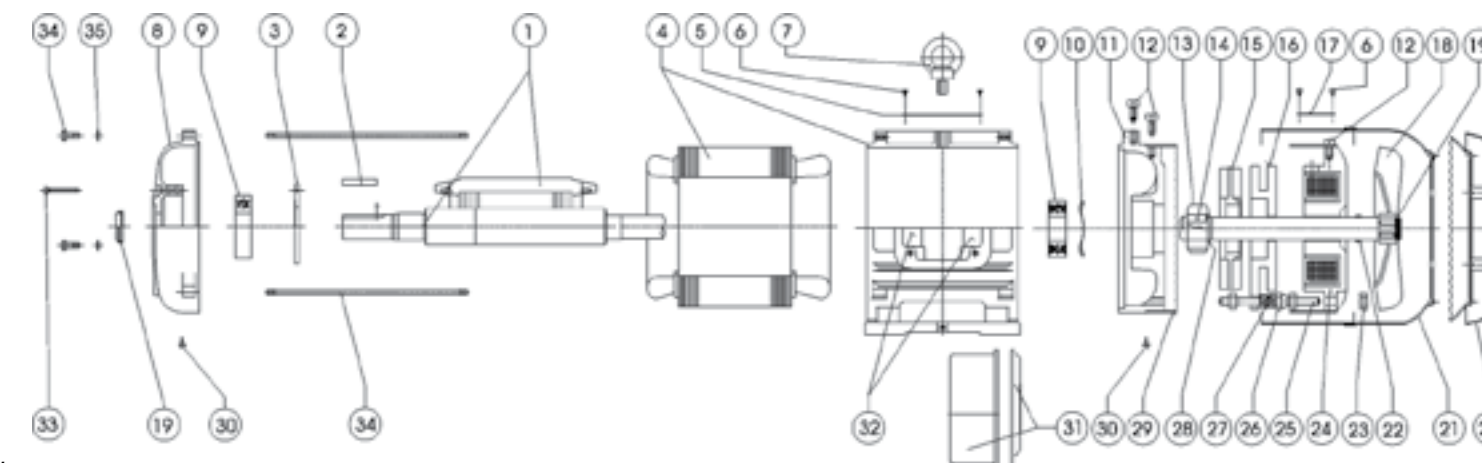


Fig. 5.11.

POSICÃO	QUANTI-DADE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
01	01	Conjunto do rotor	Acrescentar na informação dos dados de placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
02	01	Chaveta paralela	
03	01	Flange interna	
04	01	Conjunto do estator bobinado com carcaça	Acrescentar na informação dos dados da placa, o nº de ranhuras e comp. do pacote
05	01	Placa de identificação	
06	04	Rebite	
07	01	Olhal de suspensão	(71 a 100) opcional
08	01	Tampa lado acoplamento	
09	02	Rolamentos	
10	01	Mola de compensação	
11	01	Tampa lado oposto acoplamento	
12	10	Parafuso sextavado	Fixar calota e cinta de proteção
13	01	Bucha ranhurada	
14	01	Chaveta paralela	
15	01	Conjunto do disco de frenagem	
16	01	Plato do freio	
17	01	Placa de identificação do freio	
18	01	Ventilador	
19	01	Anel elástico	
20	01	Conjunto de montagem de proteção superior	
21	01	Calota de Proteção	
22	02	Anel V-Ring	
23	09	Porca Sextavada	Carcaça 132 - 12 porcas - Carcaça 160 a 200 - 18 porcas
24	01	Conjunto de flange com eletroímã	
25	03	Prisioneiro	Carcaça 132 - 4 prisioneira - Carcaça 160 a 200 - 6 prisioneiros
26	03	Porca auto frenagem	Carcaça 132 - 4 portas - Carcaça 160 a 200 - 6 porcas
27	03	Mola de compressão	Carcaça 132 - 4 molas - Carcaça 160 a 200 - 6 molas
28	01	Anel elástico	
29	01	Cinta de proteção	
30	02	Plug para dreno	
31	01	Conjunto de caixa de borne	
32	02	Espuma PU expandida	
33	02	Parafuso fixação flange interna	
34	08	Parafuso fixação das tampas	Tirantes para as carcaças 63 a 100
35	08	Arruelas	

Ensaaios 6

Os ensaios de motores elétricos são classificados (segundo a NBR 17094) em quatro (4) grupos: de rotina, de tipo, de protótipo e especiais. Para a realização destes ensaios deve ser seguida a NBR 5383, que define os procedimentos a serem seguidos para a execução dos ensaios.

Abaixo estão listados os ensaios normalizados que podem ser solicitados, com ou sem a presença de inspetor.

Outros ensaios não citados podem ser realizados pelo fabricante desde que exista um acordo entre as partes interessadas.

6.1. ENSAIOS DE ROTINA

- a) Ensaio de resistência elétrica, a frio.
- b) Ensaio em vazio. Medição da corrente e potência absorvida com tensão nominal.
- c) Ensaio com rotor bloqueado. Medição da corrente, potência consumida e conjugado em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).
- d) Ensaio de tensão secundária para motores com rotor enrolado.
- e) Ensaio de tensão suportável.

6.2. ENSAIOS DE TIPO

- a) Ensaio de resistência elétrica, a frio.
- b) Ensaio em vazio. Medição da corrente e potência absorvida com tensão nominal.
- c) Ensaio com rotor bloqueado. Medição da corrente, potência consumida e conjugado em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).
- d) Ensaio de tensão secundária para motores com rotor enrolado.
- e) Ensaio de elevação de temperatura.

f) Ensaio da resistência elétrica, a quente.

g) Ensaio relativos à potência fornecida. Medição do rendimento, fator de potência, corrente e velocidade com 50%, 75% e 100% da potência nominal.

h) Ensaio de conjugado máximo em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).

i) Ensaio de tensão suportável.

6.3. ENSAIOS DE PROTÓTIPO

- a) Ensaio de resistência elétrica, a frio.
- b) Ensaio em vazio. Medição da corrente e potência absorvida com tensão nominal.
- c) Ensaio em vazio. Levantamento das curvas características da corrente e da potência absorvida em função da tensão. A tensão deve ser nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).
- d) Ensaio com rotor bloqueado. Medição da corrente, potência consumida e conjugado em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).
- e) Ensaio de tensão secundária para motores com rotor enrolado.
- f) Ensaio de elevação de temperatura.
- g) Ensaio da resistência elétrica, a quente.
- h) Ensaio relativos à potência fornecida. Medição do rendimento, fator de potência, corrente e velocidade com 50%, 75% e 100% da potência nominal.
- i) Ensaio relativos à potência fornecida. Levantamento das curvas características do rendimento, fator de potência, corrente e velocidade de rotação em função da potência fornecida.

Ensaaios 6



j) Ensaio de conjugado máximo em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).

k) Ensaio de tensão suportável.

6.4. ENSAIOS ESPECIAIS

- a) Ensaio com o rotor bloqueado. Levantamento das curvas características da corrente, potência consumida e conjugado em função da tensão.
- b) Ensaio de partida. Levantamento das curvas características de conjugado e corrente em função da velocidade. A tensão deve ser nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal).
- c) Ensaio de sobrevelocidade.
- d) Ensaio de nível de ruído.
- e) Ensaio de tensão no eixo.
- f) Ensaio de vibração.

Características Ambientais

7

Os motores elétricos de modo geral são construídos para funcionar em ambientes que apresentam condições ditas “normais” as quais são definidas pela NBR 17094 da ABNT como:

- Temperatura ambiente: 0° a 40°C;
- Altitude até 1000m acima do nível do mar;
- Ausência de atmosfera e materiais agressivos ou perigosos.

Caso deixem de existir essas condições normais, deverá ser analisado cada caso específico para a seleção do motor adequado.

7.1. Temperatura Ambiente

Na faixa de 0°C o motor deve fornecer sua potência nominal em sobreaquecimento. Para os casos em que a temperatura ambiente seja superior a 40°C é necessário um projeto especial, utilizando materiais isolantes especiais ou reduzir a potência nominal do motor.

Temperaturas muito baixas também trazem problemas aos motores, tais como:

- Endurecimento das graxas ou lubrificantes dos mancais. Neste caso é necessário o emprego de lubrificantes especiais ou graxas anticongelantes;
- Excesso de condensação, o que exige a

instalação de um dreno adicional.

7.2. Altitude

Em altitudes superiores a 1000m a densidade do ar é menor, diminuindo sua capacidade de dissipar o calor e aumentando assim a elevação de temperatura do motor.

Para evitar que um sobreaquecimento ocasionado por este fato venha causar danos na isolação do motor, podem ser tomadas as seguintes providências:

- Utilizar potência inferior à nominal;
- Utilizar um motor com classe de isolação superior;
- Utilizar um motor com fator de serviço maior que 1,0, porém não ultrapassando a sua potência nominal.

A NBR 17094 estipula uma redução de 1% no limite normal de elevação de temperatura para cada 100 m de altitude acima de 1000m.

Exemplo: se um motor com isolação classe B, cuja elevação de temperatura pode chegar a 80°C em altitudes inferiores a 1000m, for instalado a uma altitude de 1500m, sua elevação de temperatura não poderá ultrapassar a 76°C.

Características Ambientais

7

7.3. Efeito Simultâneo de Altitude e Temperatura

As correções estipuladas para elevação de temperatura admissível em condições normais são simplesmente somadas quando ocorrem simultaneamente condições especiais de altitude e temperatura. Como a elevação de temperatura pode ser corrigida nos dois sentidos, para cima e para baixo, uma temperatura ambiente mais baixa pode compensar uma altitude maior. Assim, para altitudes superiores a 1000m, o motor poderá funcionar com potência nominal, se a temperatura ambiente não exceder os limites estipulados na tabela 7.1.

Altitude (m)	temperatura do meio ambiente (°C) classe de temperatura		
	B	F	H
1000	40	40	40
2000	32	30	28
3000	24	20	15
4000	16	10	3

Tabela 7.1.

7.4. Resistência de Aquecimento

Quando um motor elétrico totalmente fechado é instalado em ambientes extremamente úmidos, com a possibilidade de ficar desligado por um

período relativamente longo, ocorrerá, a cada partida, o acúmulo de água no interior do motor pela condensação do ar úmido. O acúmulo de água pode, em pouco tempo, atingir o enrolamento do motor, danificando-o.

Resistências elétricas para aquecimento são instaladas no interior do motor, fazendo com que a temperatura interna do mesmo seja superior à do ambiente externo. Essas resistências são ligadas no período em que o motor está desligado, aquecendo seu interior e evitando a entrada de umidade.

Os motores Voges carcaças 71 a 400 podem ser fornecidos com resistências de aquecimento, sob encomenda, nas tensões de 110/220 V, dependendo da ligação das mesmas (Figuras 7.1).

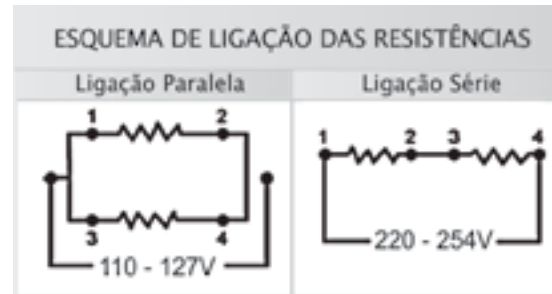


Fig.7.1.

A tabela 7.2 relaciona a potência das resistências (watts) com a carcaça do motor.

Carcaça	Potência das resistências
71-80-90	20 watts
100-112-132	30 watts
160-	70 watts
180-200	100 watts
225-250	200 watts
280-400	300 watts

Tabela 7.2.

7.5. Dreno

Consiste de furos localizados na parte mais baixa do motor (considerando sua forma construtiva) que permitem a saída de água condensada, possuindo um tampão plástico removível.

Os furos de dreno são especificados de acordo com a carcaça, conforme indicado abaixo:

CARCAÇA	QUANTIDADE	DIÂMETRO
56-400	02	06mm

Tabela 7.3.

7.6. Ambiente de Funcionamento

7.6.1. Áreas Perigosas

De um modo geral, diz-se que uma área é perigosa quando nesse local são processados, armazenados ou transportados materiais explosivos. Contudo, normalmente se classifica uma área perigosa considerando-se todos os parâmetros envolvidos no grau de perigo da área.

A classificação de uma determinada área se refere a:

- Divisão (NEC) ou Zona (IEC);
- Classe;
- Grupo.

A divisão de uma área define a probabilidade relativa do material perigoso estar presente no ar, formando uma mistura em concentração de ignição ou explosão.

Já a classe se relaciona com o estado físico da substância inflamável.

Grupo, associado à classe, é uma especificação química mais detalhada, da substância inflamável.

• Classificação das Áreas Perigosas

As tabelas 7.4, 7.5 e 7.6 apresentam a classificação das áreas segundo as normas IEC e NEC que são adotadas no Brasil.

Dentro desta classificação, os motores Voges para área classificada com proteção IP 55 e isolamento classe B podem ser utilizados nas seguintes áreas:

CLASSE	DIVISÃO	GRUPO
I	2	A B C D
II	1-2	E F G
III	1-2	-

Tabela 7.4.

7.6.2. Presença de agentes agressivos ao motor

A vida útil de um motor pode ser drasticamente reduzida se existirem agentes agressivos no ambiente de funcionamento do mesmo. Entende-se como agentes agressivos quaisquer elementos que provoquem danos ou prejudiquem o bom desempenho do motor. Para evitar ou minimizar os efeitos negativos destes agentes, utiliza-se os seguintes meios:

7.6.2.1. Grau de proteção

Os motores totalmente fechados são ideais para aplicações onde haja exposição a condições adversas como exposição ao tempo, fumaças, poeiras e determinados produtos químicos. O invólucro destes motores impede ou minimiza que esses elementos prejudiciais atinjam o seu interior. O motor fechado tem o sistema de ventilação projetado de tal modo que

não permite acúmulo suficiente de poeiras e fibras na superfície da carcaça, o que dificulta a transferência de calor.

No motor aberto, poeiras e fibras em suspensão provocam, com o tempo, obstrução das passagens de ar para refrigeração.

Conforme visto no capítulo 5.8, o grau de proteção é dado através de um código (IP), que indica a capacidade de proteção que o invólucro tem contra a penetração de elementos estranhos (sólidos e líquidos) para o interior do motor.

7.6.2.2. Materiais resistentes aos agentes agressivos

Mesmo com o motor totalmente fechado, existe troca de ar entre o interior do motor e o ambiente externo, pois quando o motor é posto em funcionamento, sua temperatura se eleva, expandindo o ar interior e fazendo com que parte dele saia por intermédio das folgas e passagens dos cabos. Quando o motor para, sua temperatura diminui, o ar do interior se contrai e ocorre a penetração do ar externo para compensar a diferença de pressão. Com isto, haverá penetração de elementos que, dependendo de sua natureza, poderão causar deterioração nas partes vitais do motor. Para isto, procura-se utilizar materiais e tratamentos resistentes à ação de agentes agressivos.

Como os agentes agressivos atuam tanto interna como externamente, podem ser feitas modificações em relação ao motor normal de acordo com a aplicação, como por exemplo: impregnação das cabeceiras de bobina com resina alquídica ou epóxi, pintura externa especial, placa de identificação em aço inoxidável, etc.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS QUANTO À DIVISÃO	
Divisão I	O elemento perigoso está presente no ambiente nas condições normais de operação e instalação.
Divisão II	O elemento não está presente normalmente no ambiente, porém pode ocorrer em operação anormal ou em consequência de falhas, como por exemplo, vazamento.

Tabela 7.5.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS SEGUNDO AS CLASSES E GRUPOS		
Classificação IEC	Classificação NEC	
Grupo I Grupo II Grupo IIA Grupo IIB Grupo IIC	Classe I Grupo d Grupo c Grupo B Grupo a	Não publicada ainda pela IEC Gases e vapores Acetona, amônia, etanol, gasolina, metano, propano Acetaldeído, etileno, gás de carvão (gás de rua) Hidrogênio, bissulfeto de carbono Acetileno
Grupo III	Classe II Grupo e Grupo f Grupo g Classe III	Poeiras inflamáveis (não elaborada ainda pela IEC) Poeiras metálicas (magnésio e alumínio) Poeiras de carbono, carvão e coque Poeiras não condutoras (cereais, madeira, plástico, etc.) Fibras e fios

Tabela 7.6.

Seleção e Aplicação

8

A seleção e a aplicação de motores elétricos são, sem sombra de dúvida, dois pontos dos mais importantes a serem considerados quando da utilização de um motor.

Envolvem uma grande quantidade de fatores que dizem respeito a instalação, operação e, conseqüentemente, sua manutenção.

8.1. SELEÇÃO

A seleção do tipo de motor para uma determinada aplicação deve ser precedida pela análise de todos os fatores relevantes a esta aplicação. De modo geral, devem ser levados em conta os fatores:

- A) O sistema de alimentação;
- B) As características do ambiente;
- C) As características de desempenho do motor;
- D) As características da carga.

A. Sistema de Alimentação

As condições da rede de alimentação, assim como a influência do motor sobre a rede, devem ser consideradas. Os fatores mais importantes são:

- tensão nominal da rede de alimentação, variações mínimas, máximas e distúrbios de tensão sob os quais o motor deverá

funcionar;

- frequência da rede e variações que possam ocorrer;

- efeitos ou distúrbios que podem ser provocados na rede de alimentação, pelo motor, devido à corrente de partida ou devido às condições de potência demandadas pela carga.

B. Características do Ambiente (vide item 7)

Conforme visto no capítulo 7, as principais características no ambiente a se levar em consideração na seleção adequada dos motores elétricos são:

- altitudes;
- temperatura ambiente;
- atmosfera ambiente.

C. Características de Desempenho do Motor

As características mais importantes para a seleção de motores quanto ao desempenho (normalmente encontradas em catálogos) são:

- potência nominal;
- velocidade, rotação (rpm) ou número de polos do motor;
- conjugados (nominal, mínimo, máximo e de rotor bloqueado);
- rendimento;

Seleção e Aplicação

8

- fator de potência;
- correntes (nominal e de rotor bloqueado);
- condições de trabalho (regime contínuo ou intermitente).

D. Características da Carga

Os dados mais importantes da carga para a correta seleção de motor são:

- velocidade requerida (rpm);
- conjugados exigidos (nominal, máximo e de partida ou curva características conjugado x velocidade de carga);
- tipo de carga (constante, irregular, cíclica, etc...);
- momento de inércia da carga;
- comportamento da carga sob transitórios ou influências sobre outros dispositivos, principalmente eletrônicos (o chaveamento dos motores monofásicos tipo fase dividida, capacitor de partida e duplo capacitor) podem provocar ruídos ou interferências.

Podemos dizer que o motor está corretamente selecionado quando ele consegue atender às exigências específicas de sua aplicação, técnica e economicamente.

8.2. APLICAÇÃO

A tabela 8.1. mostra, de modo geral, as principais aplicações de motores elétricos tomando-se como base as características de desempenho de cada projeto.

MOTORES DE INDUÇÃO - ROTOR EM GAIOLA DE ESQUILO			
TIPOS DE MOTORES	CARACTERÍSTICA	CATEGORIA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Monofásicos Capacitor permanente	Baixo conjugado de partida Rendimento normal Alto fator de potência	Não Especificado	Portas automáticas, ordenhadeiras, agitadores, misturadores, ventiladores, exaustores, furadeiras, lixadeiras, serras, máquinas têxteis e de costura, máquinas de lavar roupas, esmeris, bombas, carbonatadores, condicionadores de ar, renovadores de ar, climatizadores de ar, etc.
Monofásico Capacitor de partida	Alto conjugado de partida Rendimento normal Baixo fator de potência	Não Especificado	Máquinas de lavar roupas, cortadores de grama, serra de disco, bombas, compressores, máquinas de secar roupas, etc.
Monofásico Duplo capacitor	Alto conjugado de partida Alto rendimento Alto fator de potência	Não Especificado	Moinhos, trituradores, bombas centrífugas, etc.
Monofásico Shaded-pole	Baixo conjugado de partida Baixo rendimento Baixo fator de potência	Não Especificado	Máquinas de secar roupas, ventiladores, exaustores, condensadores, evaporadores, desumidificadores, refresqueiras de ambiente, churrasqueiras e unidades de refrigeração em geral.
Monofásico Split-fase	Conjugado de partida normal Rendimento normal Baixo fator de potência	Não Especificado	Máquinas de secar roupas, extratores de sucos, ventiladores, desumidificadores, climatizadores, etc.
Trifásicos Uma velocidade	Conjugado de partida normal Corrente de partida normal Baixo escorregamento (<5% da rotação síncrona)	N	Máquinas operatrizes, laminadoras, instalações frigoríficas, condensadores, evaporadores, agitadores, rebaixadores, compactadoras, britadores sem volante, ventiladores, máquinas têxteis, compressores, exaustores, bombas, trituradores, moinhos, torres de aquecimento, correias transportadoras, etc.
	Alto conjugado de partida Corrente de partida normal Baixo escorregamento (<5% da rotação síncrona)	H	Misturadores de pasta, correias transportadoras, elevadores caçamba, pontes rolantes, etc.
	Alto conjugado de partida Corrente de partida normal Alto escorregamento (>5% da rotação síncrona)	D	Elevadores, correias transportadoras, estampadoras e guilhotinas que exigem elevado torque com aplicação de carga súbita, etc.
Trifásico Dupla velocidade	Conjugado de partida normal Corrente de partida normal Baixo escorregamento (<5% da rotação síncrona)	Não Especificado	Tomos, retificas, fresas, furadeiras, mandriladoras, plainas, pontes rolantes, correias transportadoras, etc.
Trifásico Alta rotação	Alto conjugado de partida Alto rendimento Alto fator de potência	Não Especificado	Lixadeiras, serras circulares, serras fitas, coladeiras de bordo, fresadoras, copiadoras, filtradoras, desempenadeiras, separadoras, centrífugas, etc.

Tabela 8.1.

Recomendações Gerais

9

A diversificação das funções na área eletromecânica, bem como o aperfeiçoamento tecnológico, obrigam profissionais especializados no ramo a manterem constante atualização técnica. Preocupada com isto, a Voges Motores propicia a estes profissionais uma reciclagem técnica, mantendo-os preparados e atualizados para esclarecer eventuais dúvidas que possam surgir em seu produto.

Nos itens a seguir, estão relacionadas as providências a serem observadas com respeito a embalagem, recebimento e armazenagem dos motores elétricos Voges.



Fig. 9.1. Motor em embalagem de papelão

9.1. EMBALAGENS

Os motores Voges são embalados de forma a facilitar o manuseio e transporte, bem como protegê-los contra possíveis danos causados durante estas operações.

De acordo com o modelo, os motores são embalados em caixas de papelão fechadas e identificadas externamente ou fixados pelos pés ou flanges em engradados de madeira com livre acesso aos dispositivos de suspensão, bem como a visualização dos dados constantes na placa de identificação (fig. 9.1 e fig. 9.2).

9.2. RECEBIMENTO

Ao receber os motores elétricos Voges, o responsável deve verificar se o produto corresponde ao especificado. É importante submetê-lo à inspeção visual, identificando quaisquer possíveis danos provenientes do transporte, como:

- avarias nos mancais: gire o eixo com a mão para verificar se está girando livremente;
- penetração de água;
- trinca ou quebra de peças;
- falta de peças e/ou acessórios;
- avarias na ponta de eixo ou flange de acoplamento.

Atenção: antes de colocar o motor em funcionamento ler o capítulo 12 deste manual (operação).

Caso seja constatada qualquer anormalidade, faça observação no conhecimento da transportadora e imediatamente comunique à Voges ou o seu representante.

9.2.1. TRANSPORTE E MANUSEIO

Quando do recebimento dos motores e posterior transporte para depósito, devem ser tomados alguns cuidados especiais, sendo os principais:



Fig. 9.2. Motor em embalagem de madeira

-transportar pequenas unidades, preferencialmente em carrinhos com rodas de câmara de ar e em piso uniforme;

- acondicionar grandes unidades (ou de grande peso) em estrados de madeira, transportando-os com empilhadeira, carrinho ou ponte rolante, suspendendo-os pelos olhais.

Atenção: os ganchos olhais são projetados apenas para suportar o peso do motor, portanto não levantar o motor acoplado a qualquer tipo de sistema.

Ao deslocar ou depositar os motores, fazê-lo suavemente, sem choques bruscos, pois existe o risco de danos nos rolamentos ou quebra de caixa de bornes, pés, calota, etc. A figura 9.3 ilustra uma das maneiras adequadas de transporte.

9.3. ARMAZENAGEM

O ambiente destinado à armazenagem



Fig. 9.3. Transporte de motores com carrinho

de motores deve estar isento de umidade, gases, fungos, agentes corrosivos, poeira, carvão, óleo ou partículas abrasivas e dotado de temperatura uniforme. Não deve ser tolerada a presença de roedores ou insetos, que poderão inutilizar peças ou componentes dos motores. Os almoxarifados não devem estar próximos de máquinas que provoquem excessivas vibrações, pois isto pode afetar os rolamentos dos motores.

A posição de trabalho dos motores (forma construtiva), preferencialmente, deve ser considerada para escolha da posição de armazenagem. Além disto, deve-se colocar os motores sempre sobre estrados ou em prateleiras apropriadas, e não em contato direto com piso (evitar umidade), assim como utilizar altura máxima de 1 (um) metro para empilhamento de caixas de papelão.

Os motores que não forem imediatamente instalados, ou que forem armazenados por um período prolongado,

poderão sofrer oxidação nos rolamentos e queda da resistência do isolamento. Os mancais devem receber cuidados especiais durante o período de armazenagem, pois o peso do conjunto do rotor tende a cortar o filme de óleo entre os corpos rolantes e as pistas do rolamento, levando ao contato entre metais, desgaste prematuro e corrosão. Isto é evitado girando-se o eixo com a mão em intervalos periódicos. No caso de motores com mais de dois anos de armazenagem deve-se trocar os rolamentos ou substituir totalmente a graxa lubrificante após a limpeza. Motores monofásicos em estoque por dois anos ou mais devem ter seus capacitores substituídos (quando houver).

Em relação às variações de resistência de isolamento deve-se manter o controle com testes periódicos, conforme descrito na página 96, item 13.1.1, Manutenção Elétrica.



Fig. 9.4. Motores em estoque

Instalação 10

Os profissionais que trabalham em instalações elétricas, seja na montagem, na operação ou na manutenção, deverão ser permanentemente informados e atualizados sobre as normas e prescrições de segurança que regem o serviço e aconselhados a segui-las.

Recomenda-se que estes serviços sejam efetuados por pessoal qualificado que siga a NBR 5410 (instalações elétricas de baixa tensão).

10.1. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

10.1.1. FIXAÇÃO

O local escolhido para fixação do motor deve permitir fácil acesso aos dispositivos de lubrificação e inspeção periódica.

10.1.1.1. Entrada de ar

Não se deve restringir a livre circulação de ar sobre o motor, seja por coberturas ou excessiva proximidade entre a entrada de ar e a parede.

O afastamento entre a entrada de ar e a parede (Cota A) deve ser no mínimo de 1/4 do diâmetro (\varnothing) da abertura da entrada de ar do motor, sendo que, para motores pequenos, a distância mínima recomendada é de 30mm, conforme figura 10.1.

O ar que circula pelo motor deve ser isento de qualquer elemento agressivo como vapores corrosivos e partículas que possam danificar o ventilador.

Nota:

a) Os motores Voges permitem, através do giro de 90° da caixa de bornes, a escolha da melhor posição para entrada dos cabos de alimentação.

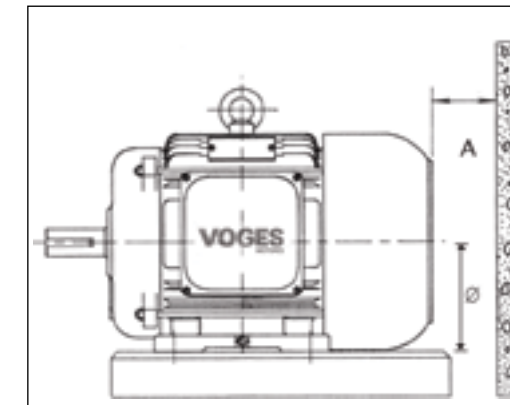


Fig. 10.1.

b) Assegurar que os drenos do motor se situem na parte inferior do motor quando a forma de montagem seja diferente da especificada na compra do motor.

10.1.1.2. Tipos de fixação

A base de fixação deve ser perfeitamente plana para que não ocorram concentrações de forças que possam danificar a estrutura dos pés e suficientemente rígidas para suportar as solicitações dos esforços das partidas, bem como evitar vibrações, pois danificam os mancais e afrouxam os elementos de fixação. O comprador é totalmente responsável pela preparação da mesma.

a) Chumbadores

Utilizados quando se fixa o motor diretamente na fundação, principalmente no caso de acoplamento direto. O controle da altura do eixo do motor em relação ao eixo do equipamento deve ser feito por intermédio de calços colocados entre a fundação e os pés do motor, conforme

Instalação 10

figura 10.2.

Devem ser observados o nivelamento e os ajustes do acoplamento antes da concretagem e aperto dos parafusos de fixação.

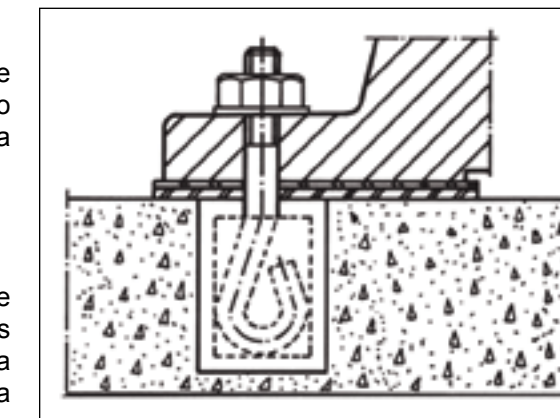


Fig. 10.2.

b) Bases deslizantes

São as mais recomendadas para transmissão por correia, pois permitem um ajuste perfeito da tensão da mesma.

A fixação da base deslizante sobre a base fixa deve seguir as recomendações dadas no item Transmissão de Potência, (10.1.3) para um perfeito posicionamento da polia.

c) Base rígida

Utilizada quando o motor é fixo em bases metálicas ou diretamente no equipamento.

Neste caso, devem ser observados o alinhamento e o nivelamento.

d) Flanges

O equipamento onde está sendo fixado o motor deverá prever um correto posicionamento dos furos de fixação, observando que todos os furos da flange devem ser utilizados, para não haver concentração de esforços.

10.1.2. BALANCEAMENTO

Balanceamento é o processo que procura melhorar a distribuição de massas de um corpo, a fim de reduzir as forças centrífugas livres que agem nos mancais de apoio.

O desbalanceamento ocorre quando o eixo principal de inércia não coincide com o eixo de rotação; efeito este causado por uma assimetria na distribuição de massas de um corpo rotativo.

- Balanceamento do conjunto do rotor: Emprega-se o sistema de correção em dois planos localizados nas extremidades opostas do rotor (balanceamento dinâmico) conforme NBR 8008.

- Balanceamento do ventilador: O uso de somente um plano de correção é suficiente, já que a distância entre os mancais de apoio é normalmente grande e o deslocamento axial é pequeno (balanceamento estático).

10.1.3. SISTEMA DE ACOPLAMENTO

O rendimento mecânico e a vida dos mancais estão diretamente ligados à forma utilizada para transmitir a potência fornecida pelo motor.

No projeto do equipamento, deve-se

prever a possibilidade da utilização de transmissões que não causem grandes esforços sobre os mancais, assim como observar que na instalação das mesmas, os mancais não sejam submetidos a cargas desnecessárias.

Na sequência, são apresentados os tipos usuais de transmissões relacionando suas principais características e cuidados.

10.1.3.1. Acoplamento direto

Divide-se em rígido e elástico e se caracteriza pelo baixo custo, segurança, ausência de deslizamento e por não causar cargas radiais sobre os rolamentos, desde que o eixo do motor esteja perfeitamente alinhado com o eixo da máquina acionada.

a) Acoplamento rígido: requer precisão no alinhamento do eixo do motor como eixo do equipamento. Caso contrário, teremos vibração, grandes esforços sobre os rolamentos e, em casos mais críticos, a ruptura do eixo.

Recomenda-se executar o alinhamento utilizando relógios comparadores colocados um em cada semilua, de modo a verificar desalinhamentos axiais e radiais, de acordo com a figura 10.3.

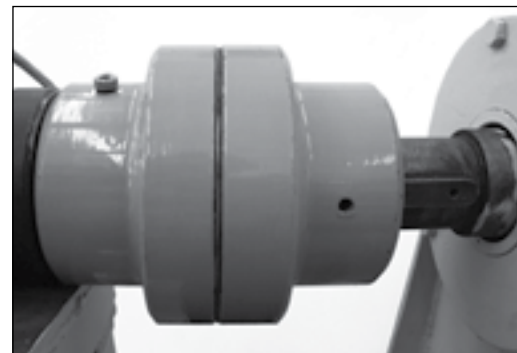


Fig. 10.3 Alinhamento de acoplamento rígido

Desta forma, com um giro completo do eixo é possível verificar os desvios de paralelismo e concentricidade das luvas.

b) Acoplamento elástico: é o mais indicado por compensar pequenos movimentos longitudinais, radiais e diferenças angulares dos eixos, além de absorver choques de partida e reversão. Sua montagem é simples. A figura 10.4. ilustra um tipo de acoplamento elástico.

ALINHAMENTO

Os acoplamentos (rígidos ou elásticos) devem ser alinhados para garantir um perfeito funcionamento do equipamento. Para um alinhamento adequado, verifique que a folga B e a diferença de A1 e A2 sejam conforme informações abaixo:

Até 1800 rpm = 0,05mm
Acima 1800 rpm = 0,03mm

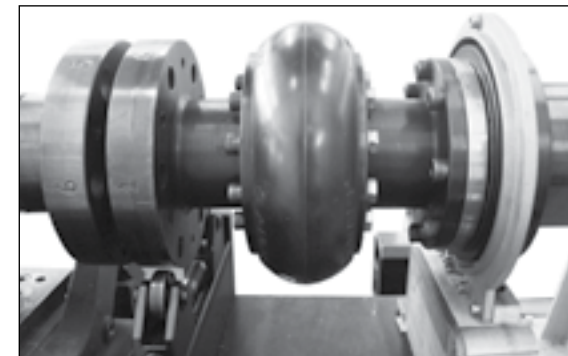
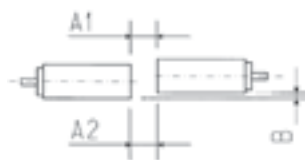


Fig. 10.4. Acoplamento Elástico

Obs.: medida A deve ser no mínimo de 4mm.



10.1.3.2. Acoplamento por polia/correia

De uso mais frequente quando se deseja transmissão de potência com relação de velocidade e baixo custo, dividem-se basicamente em transmissão por correia plana, trapezoidal ou em "V" e correias dentadas.

a) Correia plana: deve ser evitada por ser o tipo de transmissão que causa maior força radial sobre os rolamentos.

Necessita estar perfeitamente tensionada para não ocorrerem deslizamentos e requer o uso de tensores como ilustra a figura 10.5.

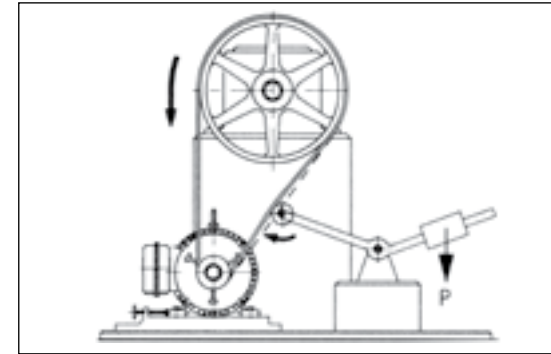


Fig. 10.5. Correia plana

b) Correia trapezoidal ou em "V": é a mais recomendada por necessitar de pequena tensão para transmitir o movimento. Não desliza devido ao efeito de cunha sobre a polia. A figura 10.6 ilustra este tipo de correia.

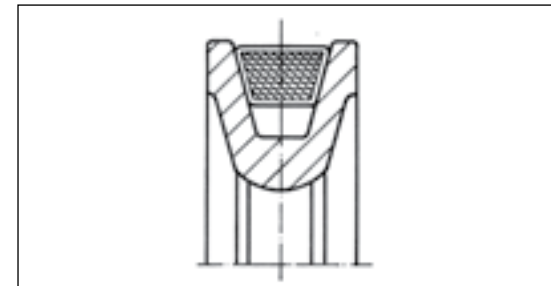


Fig. 10.6. Correia trapezoidal

c) Correia dentada: é utilizada quando se deseja sincronismo entre a polia motora e a polia conduzida. Não exige pré-tensão devido ao engrenamento entre polia e correia. Figura 10.7.

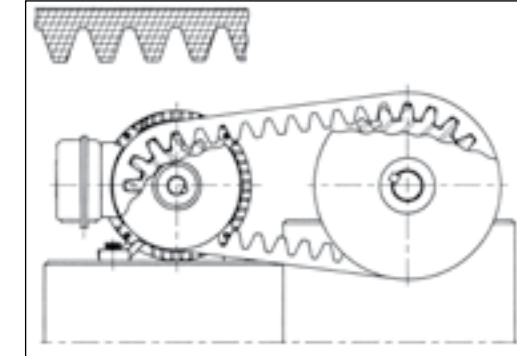


Fig. 10.7. Correia dentada

10.1.3.2.1. Montagem de polias

Para a montagem de polias nos motores Voges de carcaças 56 até 160, recomenda-se aquecer a polia aproximadamente a 80°C utilizando os dispositivos conforme figura 10.8, onde o eixo fica apoiado na extremidade do ventilador, evitando esforços nos rolamentos. O ajuste deve ser pressado pois estes motores não dispõem de ponta de eixo com furo roscado.

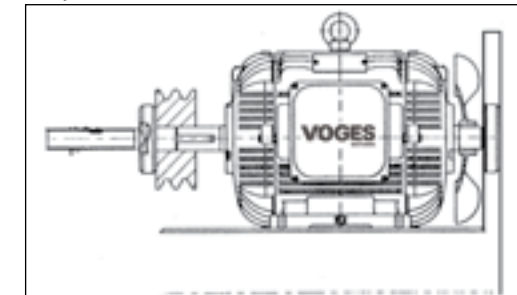


Fig. 10.8. Montagem de polias

Obs.: para que esta operação seja executada é necessário retirar a calota de proteção do ventilador, recolocando-a após a execução do trabalho.

Nos motores Voges de carcaças 180 a 400, com o esforço manual do montador, a polia deve encaixar até a metade da chaveta e posteriormente ser prensada utilizando o furo roscado na ponta de eixo para a fixação.

Para obtenção da máxima vida útil dos mancais devem ser observados os seguintes aspectos: montagem correta das polias; polia motora e movida devem estar no mesmo plano; dimensionamento e posicionamento ideal das polias e seguir as recomendações sobre tensão de correias, dadas pelos fabricantes das mesmas.

Na prática, confirma-se a tensão correta para as correias pressionando e medindo conforme ilustra a figura 10.9. A deflexão deverá ser de aproximadamente 1,6 mm para cada 100 mm de distância entre os centros dos eixos.

$$y = \frac{1,6 \cdot L}{100} \quad y \text{ e } L \text{ em mm}$$

y = deflexão máxima (mm)
L = distância entre os centros dos eixos (mm)

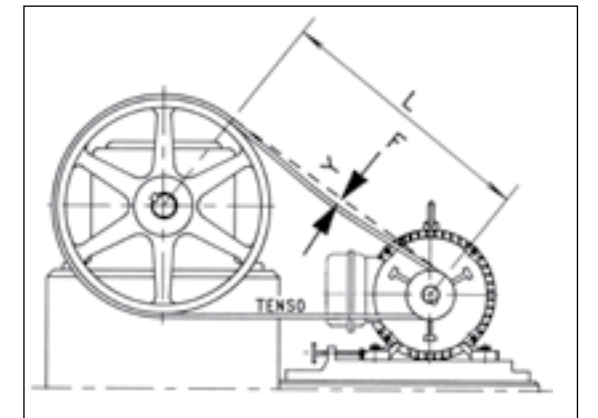


Fig. 10.9.

Nota: Uma excessiva tensão nas correias danificará os rolamentos e pode provocar a quebra do eixo.

POLIAS MÍNIMAS				
MOTOR	POLIAS MÍNIMAS			
Carcaça	Polaridade	DPxL (mm)	Canais	Perfil
63 a	2	50 x 19	1	F2
	4-6	63 x 19	1	F2
63 b	2-4	56 x 19	1	F2
	6-8	71 x 19	1	F2
71 a	2-4-6	71 x 19	1	F2
	8	90 x 23	1	F3
71 b	2-4 e NEMA 48	63 x 34	2	F2
	6-8	80 x 23	1	F3
80 a	2-4 e NEMA 56	71 x 34	2	F2
	6	71 x 42	2	F3
	8	80 x 23	1	F3
	2	71 x 34	2	A
80 b	4	71 x 49	3	A
	6	71 x 42	2	F3
	8	80 x 23	1	F3
	6-8	80 x 42	2	F3
80 c	2-4	80 x 49	3	A
	6	90 x 49	3	A
90 S	8	80 x 42	2	F3
	2	100 x 34	2	A
90 L	4	112 x 34	2	A
	6	110 x 49	3	A
	8	90 x 42	2	F3
	2	90 x 49	3	A
100 L	4	140 x 42	2	B
	6	110 x 64	4	A
	8	112 x 49	3	A
	2	112 x 64	4	A
112 M	4	140 x 64	4	A
	6	125 x 64	4	A
	8	112 x 64	4	A
	2	125 x 64	4	A
132 M	4	160 x 80	4	B
	6-8	125 x 80	4	B
132 S	2	140 x 79	5	A
	4-6-8	180 x 80	4	B
160 M	2	160 x 156	8	B
	4	200 x 99	5	B
	6	224 x 137	7	B
	8	180 x 118	6	B
160 L	2	200 x 156	8	B
	4	224 x 137	7	B
	6	250 x 175	9	B
	8	200 x 118	6	B
180 M	4-6-8	160 x 175	9	B
180 L	4-6-8	180 x 175	9	B
200 L	4-8	200 x 194	10	B
225 S/M	6	200 x 213	11	B
250 M	4-6-8	250 x 209	8	C
	4	280 x 235	9	C
	6-8	250 x 235	9	C
	4	355 x 336	9	D
280 S/M	6	315 x 300	8	D
	8	315 x 260	10	C
315 S/M	4	400 x 373	10	D
	6-8	375 x 336	9	D
355 M/L	4	400 x 481	13	D
	6-8	375 x 444	12	D

Tabela 10.1

A tabela 10.1 indica os valores de diâmetro primitivos mínimos recomendados para correias trapezoidais ou em "V".

Dp = diâmetro primitivo ou diâmetro nominal
L = Largura da polia

Obs.: para motores que operam em 50 Hz multiplicar o diâmetro obtido da tabela 10.1 pelo fator 0,83.

Os valores de diâmetro máximos não são indicados, pois dependem do material utilizado, a confecção da polia e da velocidade de rotação.

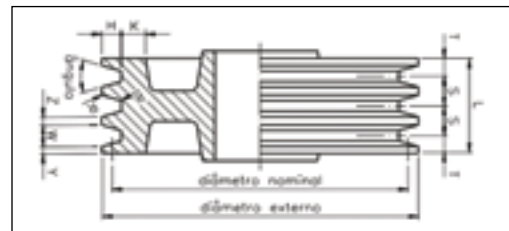


Fig. 10.

10.1.3.3. Transmissão por engrenagens

Devem ser observados os mesmos cuidados referentes ao ajuste de um acoplamento rígido.

Um engrenamento correto significa

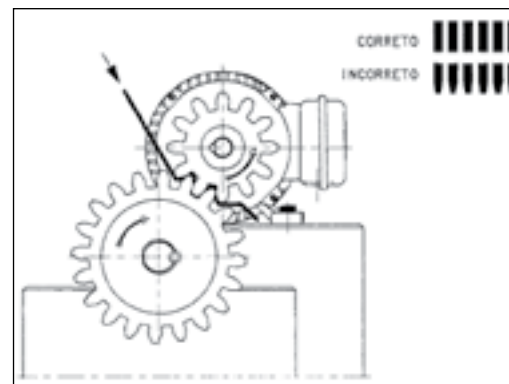


Fig. 10.10.

vida para os mancais e pode ser verificado através da impressão dos dentes previamente pintados sobre uma tira de papel, após um giro completo do eixo, de acordo com a figura 10.10.

10.1.4. ESFORÇOS SOBRE OS MANCAIS

Os esforços sobre os mancais dividem-se em dois tipos principais, conforme o sentido de aplicação da força: carga axial, quando a força atua no sentido do eixo, e carga radial, quando a força atua perpendicularmente ao eixo, conforme figura 10.11.

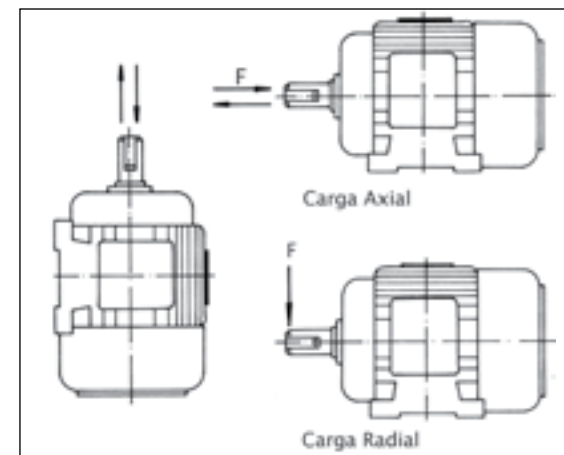


Fig. 10.11.

Cargas excessivas significam redução da vida útil dos rolamentos e, para que elas não ocorram, devem ser seguidas as recomendações sobre a forma de transmissão de potência dadas anteriormente.

Para que os rolamentos tenham uma vida útil aproximada de 20.000 horas em 60 Hz e 24.000 horas em 50 Hz, as cargas axiais e radiais máximas admissíveis nos mancais dos motores Voges são as indicadas na tabela 10.2.

Cargas axiais e radiais (kgf) admissíveis para motores com frequência de 60Hz																				
POLOS POSIÇÃO CARÇAÇA	2 POLOS					4 POLOS					6 POLOS					8 POLOS				
	I	II	III	IV	R	I	II	III	IV	R	I	II	III	IV	R	I	II	III	IV	R
56	14	16	15	15	21	20	22	21	21	26	25	27	26	26	30	29	30	29	29	33
63	19	21	20	20	28	28	31	29	29	35	34	36	35	35	40	38	41	39	39	45
71	26	29	27	27	36	37	41	38	38	46	46	50	47	47	53	52	56	54	54	59
80	32	39	34	34	46	48	55	50	50	58	59	66	62	62	67	68	75	71	71	73
90	31	42	35	35	51	48	59	52	52	62	61	72	65	65	71	71	82	75	75	78
100	41	54	46	46	71	64	80	70	70	90	81	99	88	88	103	96	113	102	102	114
112	60	90	66	61	103	91	135	98	122	130	115	137	122	122	149	135	161	143	143	164
132	79	120	93	93	144	131	169	145	145	181	169	207	182	182	209	198	236	212	212	229
160	87	167	114	114	185	156	236	183	183	234	204	284	231	231	268	243	323	270	270	295
180	125	200	150	150	225	216	290	243	243	284	271	378	306	306	325	320	435	358	358	350
200	121	237	170	164	304	276	357	287	287	333	276	444	336	336	358	332	511	397	397	485
225	125	272	178	178	302	226	414	294	294	429	299	509	376	376	490	357	588	441	441	542
250	119	315	191	191	395	232	475	320	320	498	308	589	411	411	570	373	677	484	484	630
280	89	345	183	183	481	200	576	337	337	607	296	715	443	443	695	370	811	530	530	767
315	127	529	280	280	479	171	753	400	400	645	271	884	494	494	742	367	1013	602	602	816
355	116	583	310	310	524	140	840	440	440	1009	254	935	608	608	1156	308	1037	610	610	1272

Tabela 10.2.

Posição I - motor na vertical com a carga atuando para baixo.

Posição II - motor na vertical com a carga atuando para cima.

Posição III - motor na horizontal com a carga atuando para dentro.

Posição IV - motor na horizontal com a carga atuando para fora.

Os casos em que forças axiais e radiais são aplicadas no mancal simultaneamente devem ser tratados individualmente, mediante consulta.

Os valores da tabela 10.2 referem-se à carga radial máxima admissível concentrada na extremidade da ponta de eixo.

Para não haver sobrecarga nos mancais devem ser evitados:

- Uso de polias estreitas localizadas próximas à extremidade da ponta de eixo, que causa grandes reações sobre os rolamentos. (figura 10.12).

- Acoplamento de componentes de grande porte diretamente ao eixo do motor, sem mancais de apoio, conforme figura 10.13.

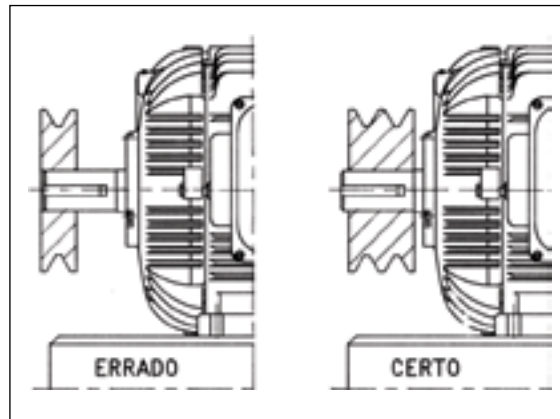


Fig. 10.12.

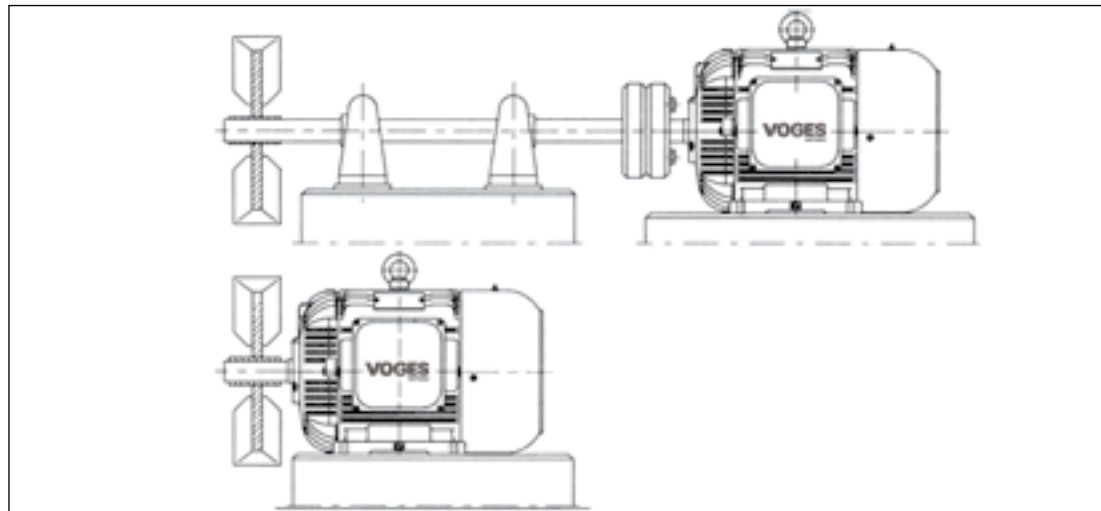


Fig. 10.13.

10.2. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

10.2.1. ALIMENTAÇÃO

Ao alimentar um motor elétrico, deve-se considerar dois tópicos: as características da rede de serviço e o dimensionamento dos cabos de alimentação.

As características da rede elétrica devem obedecer a NBR 17094 que padroniza as tensões e frequências utilizadas, bem como as tolerâncias admissíveis para as mesmas.

Para o dimensionamento de cabos de alimentação dos motores elétricos, que é determinado através de sua corrente nominal, obedece-se aos padrões indicados pela NBR 5410 que estabelece, entre outros aspectos, os valores máximos de corrente para cada condutor.

Nas tabelas 10.3 e 10.4, têm-se o dimensionamento das bitolas dos condutores necessários à ligação de motores através de eletrodutos e redes aéreas, considerando a distância dos motores até a entrada de serviço, a tensão de alimentação e a corrente máxima dos cabos ou fios, para comparar com valores de corrente nominal dos motores.

INSTALAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS																									
Queda de Tensão Máxima - 5% Linhas Aéreas																									
distância do Circuito (m)	Bitola do Fio ou Cabo - AWG																								
	Corrente (A)																								
220V	380V	440V	20	25	40	55	80	105	140	195	225	260	300	340	375	455	515	575	630	680					
20	35	40	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
30	50	60	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
40	70	80	12	10	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
60	100	120	10	10	8	6	4	2	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
80	140	160	8	8	6	4	2	2	1/0	2/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
100	170	200	8	8	4	4	2	1/0	1/0	3/0	3/0	4/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
120	200	240	8	6	4	2	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	250M	300M	400M	400M	500M	600M	700M	800M					
150	260	300	6	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	400M	400M	500M	600M	600M	700M	800M					
200	345	400	4	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	300M	400M	400M	500M	500M	600M	700M	800M	800M	-	-					
250	430	500	4	4	1/0	1/0	3/0	4/0	250M	400M	400M	500M	600M	600M	700M	800M	-	-	-	-					
300	520	600	4	2	1/0	2/0	3/0	250M	300M	500M	500M	600M	700M	800M	800M	-	-	-	-	-					
350	600	700	2	2	1/0	2/0	4/0	300M	400M	500M	600M	700M	800M	-	-	-	-	-	-	-					
400	690	800	2	1/0	2/0	3/0	250M	300M	400M	600M	700M	800M	-	-	-	-	-	-	-	-					
450	780	900	2	1/0	2/0	4/0	250M	400M	500M	700M	700M	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

Tabela 10.3.

Nota: a conexão dos cabos na rede deve ser feita por uma pessoa qualificada e com muita atenção para assegurar um contato perfeito e permanente. Caso isto não ocorra trará ao motor um desempenho indesejável.

CABOS DE ALIMENTAÇÃO PARA INSTALAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS E MONOFÁSICOS																										
Queda de Tensão Máxima - 5% Eletroduto																										
distância do Circuito (m)	Bitola do Fio ou Cabo - AWG																									
	Corrente (A)																									
110V	220V	380V	440V	15	20	30	40	55	70	85	125	145	165	195	215	240	280	320	355	385	400					
10	20	35	40	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
15	30	50	60	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
20	40	70	80	12	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
25	50	80	100	12	10	8	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
30	60	100	120	12	10	8	6	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
40	80	140	160	10	8	6	6	4	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
50	100	170	200	8	8	6	4	4	2	1/0	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
60	120	200	240	8	6	6	4	2	2	1/0	1/0	2/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
70	140	240	280	8	6	4	4	2	1/0	1/0	2/0	3/0	3/0	4/0	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
80	160	280	320	6	6	4	2	2	1/0	2/0	3/0	3/0	4/0	250M	250M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
90	180	310	360	6	6	4	2	2	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0	250M	300M	300M	400M	500M	600M	700M	800M					
100	200	350	400	6	4	4	2	1/0	1/0	2/0	4/0	4/0	250M	300M	300M	400M	400M	500M	600M	700M	800M					
125	250	430	500	6	4	2	1/0	1/0	2/0	3/0	250M	250M	300M	400M	400M	500M	500M	600M	700M	700M	800M					
150	300	520	600	4	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	300M	300M	400M	500M	500M	500M	600M	700M	800M	800M	-					

Tabela 10.4.

Observe que estas tabelas já consideram uma capacidade de condução de corrente igual ou superior a 125% da corrente nominal de alimentação do motor. Além disso, as bitolas consideradas possuem as correspondentes seções em milímetros conforme tabela 10.5.

Para o caso dos motores funcionarem em regime não contínuo, a corrente nominal a ser considerada para a utilização das tabelas 10.3 e 10.4 deverá ser multiplicada pelo fator de ciclo de serviço, conforme a tabela 10.6.

A seguir, alguns exemplos de utilização das tabelas, onde faz-se o dimensionamento dos fios e cabos

condutores utilizados em motores elétricos.

Ex. 1: um motor trifásico de 30 cv, 2 polos, 380 V, em regime contínuo com corrente nominal de 43 A deve ser instalado a 48m do ramo de entrada.

Qual a bitola dos condutores de alimentação a ser utilizada, se instalados em eletrodutos?

Solução: sendo $I_n = 43$ A (corrente nominal), $L=48$ m (distância do circuito) e 380 V (tensão utilizada), observa-se a tabela 10.4. de onde, para uma distância de 50m em 380 V e uma corrente de 40 A, escolhe-se o cabo 8 AWG.

FIOS E CABOS - RELAÇÃO		
Seção (mm ²)	Bitola (mm)	Bitola (AWG)
2,08	1,5	14
3,31	2,5	12
5,26	4	10
8,37	6	8
13,30	10	6
21,15	16	4
33,63	25	2
53,46	50	1/0
67,44	70	2/0
85,02	70	3/0
107,20	95	4/0
126,67	120	250M
152,10	150	300M
202,68	185	400M
253,35	240	500M
304,02	300	600M
354,69	-	700M
403,36	400	800M

Tabela 10.5.

Ex. 2: dois motores trifásicos de 50 e 75 cv, 4 polos, em regime contínuo com corrente nominal de 119 e 186 A, respectivamente, devem ser instalados a 85 e 125 m do ramo de entrada, em uma rede aérea de 220 V. Qual a bitola dos condutores a ser utilizada neste caso?

Solução: sendo as correntes nominais, $I_{n1} = 119$ A e $I_{n2} = 186$ A e as distâncias, $l_1 = 85$ m e $l_2 = 125$ m, com 220 V de tensão aplicada, utiliza-se para consulta às tabelas, o somatório das correntes e a maior distância. Assim, com $I_t = I_{n1} + I_{n2}$ ∴ $I_t = 305$ A e $l = 125$ m, observa-se a tabela 10.4, onde para uma distância de 150 m em 220 V e uma corrente de 300 A,

determina-se o cabo 400M AWG.

Ex. 3: uma ponte rolante, com tempo de serviço nominal de 45 minutos, utiliza um motor de 15 cv, 4 polos, com corrente nominal de 22 A em 380 V, estando instalada a 96 m do quadro de comando. Nestas condições, qual o cabo a ser utilizado, para rede aérea?

Solução: neste caso, deve-se considerar o fato do ciclo de serviço ser intermitente com tempo de serviço nominal de 45 minutos. A corrente nominal deve, então, ser multiplicada pelo fator 0.90, conforme a tabela 10.7. Logo $In' = 22 \cdot 0.90$. $In' = 19.8$ A. Com estes dados, $l = 19.8$ A e $l = 96$ m, entra-se na tabela 10.4 onde para uma distância de 100 m, tensão de 380 V e uma corrente de 20 A, obtém-se o cabo 10 AWG.

FATOR DE CICLO DE SERVIÇO (NBR 5410)				
tempo de serviço nominal do motor	5 min.	15 min.	30/60 min.	Contínuo
Classificação de serviço				
curto (operação de válvulas, atuação em contatos, etc).	1,10	1,20	1,50	-
Intermitente (elevadores de passageiros ou carga, ferramentas, bombas, pontes-rolantes, etc).	0,85	0,85	0,90	1,40
Periódico (laminadores, máquinas de mineração, etc).	0,85	0,90	0,95	1,40
Variável	1,10	1,20	1,50	2,00

Tabela 10.6.

Ex. 4: um grupo de motores trifásicos apresenta-se com as seguintes características:

M1: 7.5 cv, 2 polos, 380 V, 12 A, regime contínuo.

M2: 25 cv, 4 polos, 380 V, 36 A, serviço curto, tempo nominal de 5 minutos.

M3: 12.5 cv, 6 polos, 380 V, 21 A, regime contínuo.

M4: 100 cv, 6 polos, 380 V, 144 A, serviço intermitente, tempo nominal de 15 minutos.

Se este grupo deve ser alimentado por cabos a uma distância de 210 m do ramal de entrada, para M4, qual a bitola recomendada para eletrodutos e rede aérea?

Solução: sendo as correntes nominais, $In1 = 12$ A, $In2 = 36$ A, $In3 = 21$ A e $In4 = 144$ A, a corrente a ser considerada será o somatório de $In1$ a $In4$, ou seja, I_t .

Porém, os motores M2 e M4 possuem um regime de funcionamento não-contínuo, e suas correntes nominais devem ser multiplicadas pelos respectivos fatores, de acordo com a tabela 10.6 ou seja, para M2, $In2 = 36 \cdot 1,10$. $In2' = 39,6$ A e para M4, $In4 = 144 \cdot 0,85$. $In4' = 122,4$ A. Desta maneira, $I_t = In1 + In2' + In3 + In4'$. $I_t = 12 + 39,6 + 21 + 122,4$. $I_t = 195$ A.

Com estes dados, $I_t = 195$ A e $l = 210$ m, observa-se para eletrodutos a tabela 10.4., de onde para uma distância de 240 m em 380 V e uma corrente de 195 A, escolhe-se o cabo 4/0 AWG. Para uma rede aérea, observa-se a tabela 10.3, de onde, para uma distância de 200 m em 380 V e uma corrente de 195 A, escolhe-se o cabo 3/0 AWG.

Ex. 5: dois motores trifásicos de

dupla velocidade, um deles com 2/4 polos, 11.5/10.5 cv e 16/14 A de corrente nominal e outro com 6/8 polos, 13/9.5 cv e 19/16.5 A de corrente nominal, estão localizados a 180 m do quadro de comando.

Se alimentarmos em 440 V, 60 Hz, por uma rede aérea, qual a bitola recomendada para os cabos de alimentação se estes trabalham em regime contínuo?

Solução: neste caso, de acordo com a NBR 5410, deve ser considerado o maior valor dentre as correntes nominais de plena carga dos motores, ou seja $In1 = 16$ A e $In2 = 19$ A. Assim, a corrente a ser considerada será o somatório de $In1$ e $In2$, que resultará em 35 A. Utilizando-se a tabela 10.3. para uma distância de 200 m em 440 V e uma corrente de 40 A, obtém-se o cabo 4 AWG.

10.2.1.1. Esquema de ligação à rede

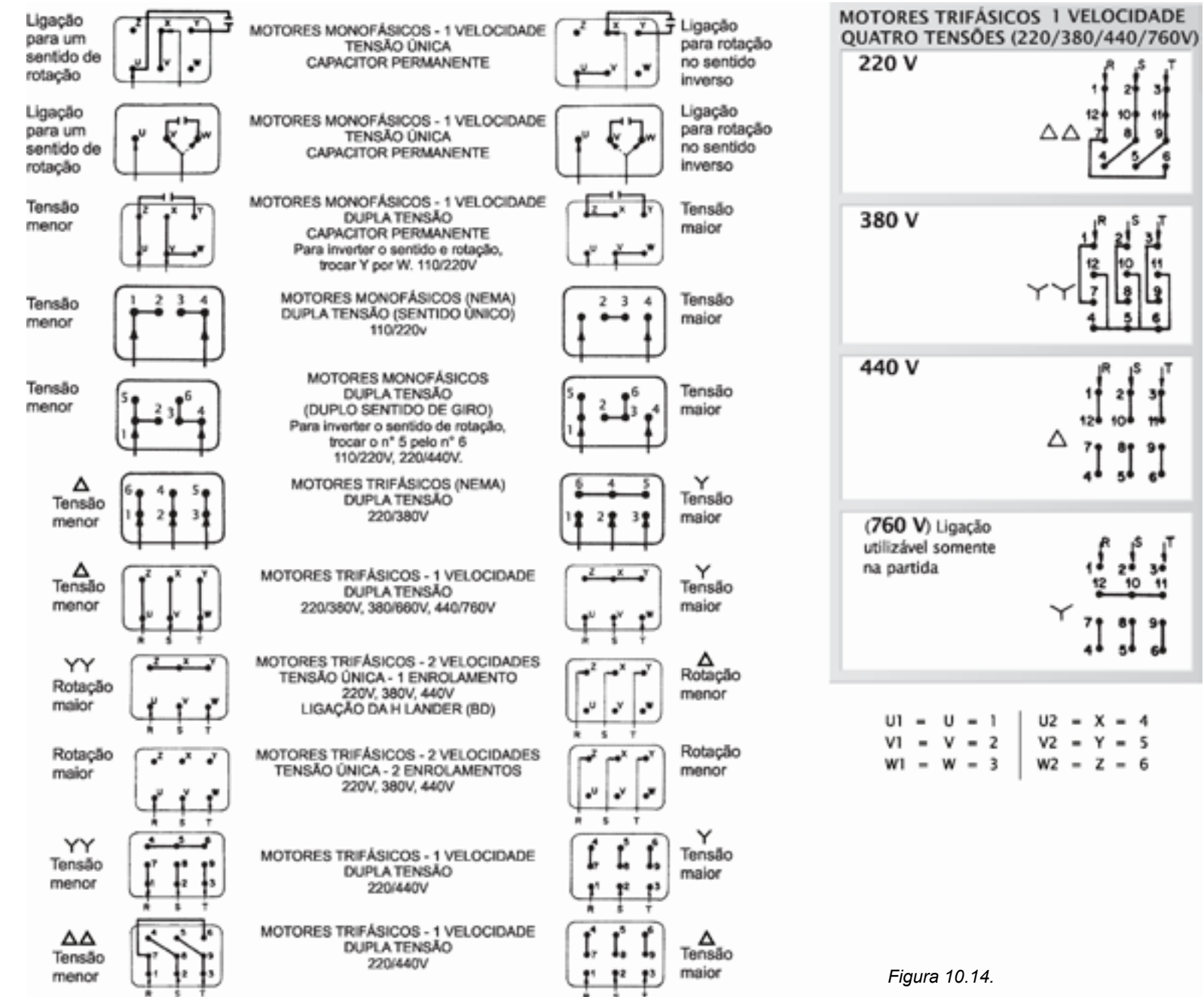


Figura 10.14.

10.2.1.1. Esquema de ligação à rede conforme NBR 15367

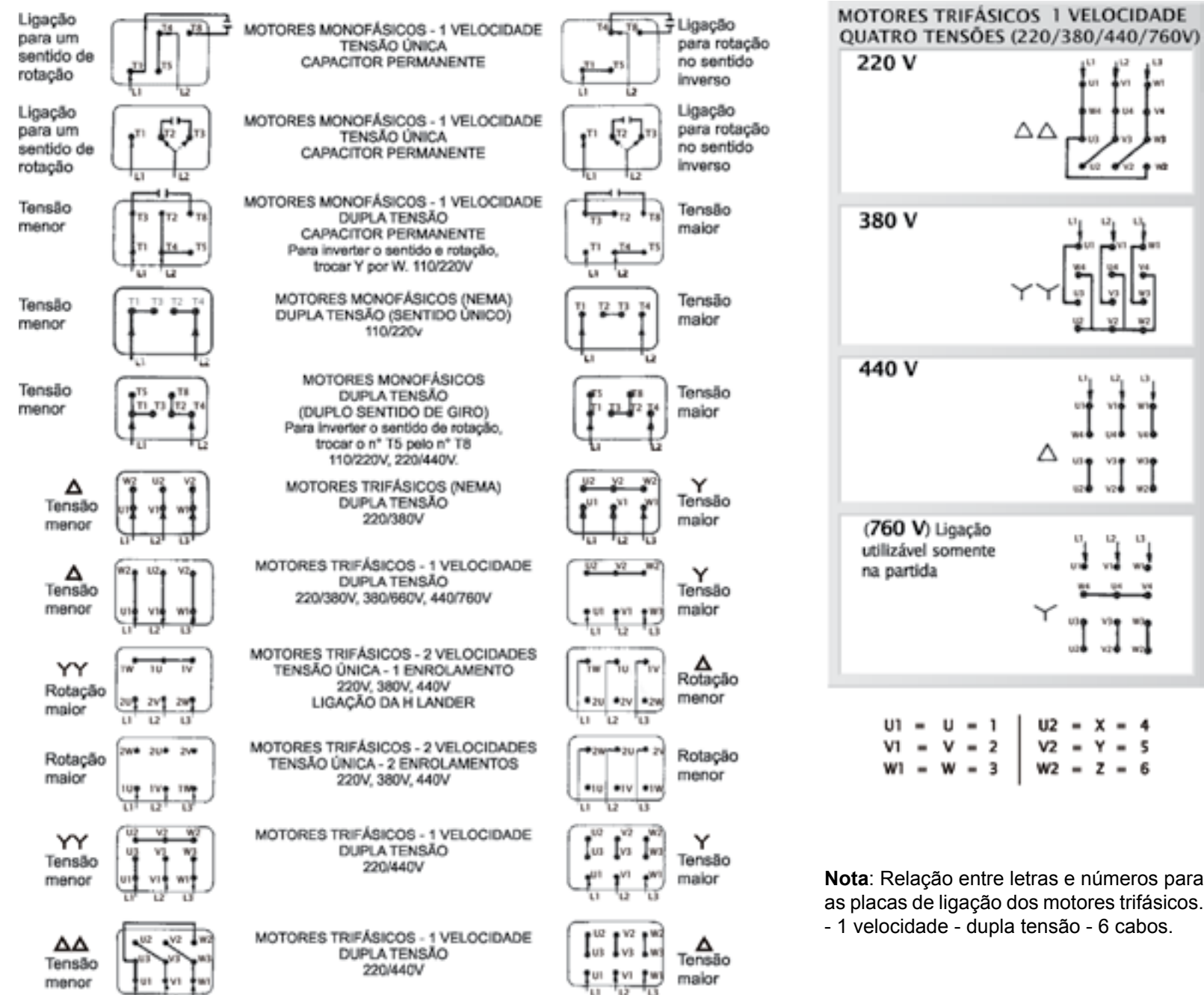


Fig. 10.14.

Nota: Relação entre letras e números para as placas de ligação dos motores trifásicos. - 1 velocidade - dupla tensão - 6 cabos.

IDENTIFICAÇÃO DOS CABOS SEGUNDO NBR 15367

A norma NBR 15367 regulamenta a identificação dos cabos de motores elétricos. Esta norma baseou-se nas normas IEC, para motores trifásicos, e NEMA, para motores monofásicos.

Abaixo a equivalência da nova identificação com os números e letras utilizados anteriormente.

MOTORES TRIFÁSICOS

Motores de 3 Terminais:

Deverão ter as letras U, V e W substituídos por U1, V1 e W1, respectivamente.

U	U1
V	V1
W	W1

Motores de 6 Terminais:

Deverão ter as letras U, V, W, X, Y e Z substituídos por U1, V1, W1, U2, V2 e W2 respectivamente.

U	U1	X	U2
V	V1	Y	V2
W	W1	Z	W2

Motores de 9 Terminais:

Deverão ter números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 substituídos por U1, V1, W1, U2, V2, W2, U3, V3 e W3 respectivamente.

1	U1	4	U2
2	V1	5	V2
3	W1	6	W2
7	U3		
8	V3		
9	W3		

Motores de 12 Terminais:

Deverão ter números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 substituídos por U1, V1, W1, U2, V2, W2, U3, V3, W3, U4, V4 e

W4 respectivamente.

1	U1	4	U2
2	V1	5	V2
3	W1	6	W2
7	U3	10	U4
8	V3	11	V4
9	W3	12	W4

Motores de 6 Terminais – Série BD e SD.

Deverão ter as letras U, V, W, X, Y e Z substituídos por 2U, 2V, 2W, 1U, 1V, 1W, respectivamente.

U	2U	X	1U
V	2V	Y	1V
W	2W	Z	1W

Motores de 9 Terminais – Série BD e SD.

Deverão ter as letras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, e 9 substituídos por 1U, 1V, 1W, 2U, 2W, 2V, 3U, 3W e 3V, respectivamente.

1	1U	4	2U
2	1V	5	2W
3	1W	6	2V
7	3U		
8	3W		
9	3V		

Motores Série BA e SA – 6 Terminais – Dupla Velocidade – 2 Enrolamentos Independentes – 3 terminais por enrolamento:

Deverão ter as letras U, V, W, X, Y e Z substituídos por 1U1, 1V1, 2U1, 2V1, 2W1 respectivamente.

U	1U1	X	2U1
V	1V1	Y	2V1
W	1W1	Z	2W1

Motores Série BA e SA – 12 Terminais – Dupla Velocidade – 2 Enrolamentos Independentes – 6 terminais por enrolamento:

Deverão ter as letras U1, V1, W1, X1, Y1 e Z1 substituídos por

1U1, 1V1, 1W1, 1U2, 1V2, 1W2, respectivamente, e as letras U2, V2, X2, Y2 e Z2.

U1	1U1	X1	1U2
V1	1V1	Y1	1V2
W1	1W1	Z1	1W2
U2	2U1	X2	2U2
V2	2V1	Y2	2V2
W2	2W1	Z2	2W2

MOTORES MONOFÁSICOS :

Motores de 6 terminais – Uma velocidade – Dupla tensão: Deverão ter as letras ou números U(1), X(3), Z(2), V(4), W(5) e Y(6) substituídos por T1, T2, T3, T4, T5, e T8, respectivamente.

U(1)	T1	V(4)	T4
X(3)	T2	W(5)	T5
Z(2)	T3	Y(6)	T8

Motores de 6 terminais – Dupla tensão – Duplo sentido de giro: Deverão ter as letras ou números U(1), X(3), Z(2), V(4), W(5) e Y(6) substituídos por T1, T2, T3, T4, T5, e T8, respectivamente.

U(1)	T1	V(4)	T4
X(3)	T2	W(5)	T5
Z(2)	T3	Y(6)	T8

Motores de 4 terminais – Uma velocidade – Tensão única – Capacitor permanente: Deverão ter as letras U, V, Y e X substituídos por T1, T5, T8 e T4, respectivamente.

U	T1	Y	T8
V	T5	X	T4

Motores de 3 terminais – Uma velocidade – Tensão única – Sentido Inverso: Deverão ter as letras U, V e W substituídos por T1, T2 e T3 respectivamente.

U	T1
V	T2
W	T3

Obs.: Os esquemas de bobinagem deverão ser indicados acrescentando /1 e ou /1 A.

10.2.1.2. Ligação do motor à terra - Aterramento

Para maior proteção do usuário, o motor, assim como todo equipamento elétrico, deve possuir uma conexão que o ligue à terra.

Os motores Voges dispõem de terminal próprio para a conexão no interior da caixa de borne ou na base (pé ou flange). Estes pontos de ligação devem oferecer ótimo contato e devem ser mantidos limpos e bem conectados. Conforme fig. 10.15.



Fig. 10.15

O dimensionamento dos cabos de aterramento dos motores elétricos está descrito na tabela 10.8. O condutor é dimensionado em relação aos cabos de alimentação do motor.

Nota: antes de energizar os terminais do motor, certifique-se que o aterramento seja feito de acordo com o procedimento acima, pois é fundamental contra riscos de acidentes.

BITOLA EM AWG	
Cabos de alimentação do motor	Cabos de aterramento
14	14
12	12
10	10
8	8
6	6
4	4
2	4
1	4
0	55% do Ø
2/0	55% do Ø
3/0	55% do Ø
4/0	55% do Ø

Tabela 10.8

10.2.2. ESQUEMAS DE LIGAÇÃO DO ELETROÍMÃ CC (MOTOFREIO)

O Motofreio com o eletroímã acionado por corrente contínua, fornecido pela ponte retificadora localizada na caixa de bornes, admite três sistemas de ligações, proporcionando frenagens lentas, médias e rápidas.

A – Frenagem Lenta. A alimentação da ponte retificadora é feita diretamente dos bornes do motor, sem a interrupção, com 110/220/380/440 Vac conforme a tensão do freio da Figura 10.16. item A

B – Frenagem Média. Intercala-se um contato para interrupção da tensão de alimentação da ponte retificadora, no circuito de alimentação CA. É essencial que este seja um contato auxiliar tipo normalmente aberto (N.A.) do próprio contactor que comanda o motor, para garantir que se ligue e desligue o freio simultaneamente com o motor. Figura 10.16. item B

C – Frenagem Rápida. Intercala-se um contato para interrupção diretamente de um dos fios de alimentação do eletroímã, no circuito de corrente contínua (CC). É necessário que este seja um contato auxiliar tipo normalmente aberto (N.A.), do próprio contactor que comanda o motor. Figura 10.16. item C

D – Alimentação Independente. Para motores com tensão diferente do freio, (ex. motor 440V e freio 220V) deve-se ligar os terminais da ponte retificadora a uma rede de alimentação independente, porém sempre com interrupção simultânea do motor e do freio. Portanto, deve-se utilizar um contato auxiliar normalmente aberto (N.A.) do contactor que comanda o motor. Para teste tipo de alimentação independente não é possível fazer a frenagem lenta, pois neste tipo de frenagem alimentamos a ponte com os fios que alimentam o motor. Portanto só poderemos fazer uma frenagem lenta quando o motor, ponte e bobina de eletroímã tiverem a mesma tensão. Figura 10.16. item D

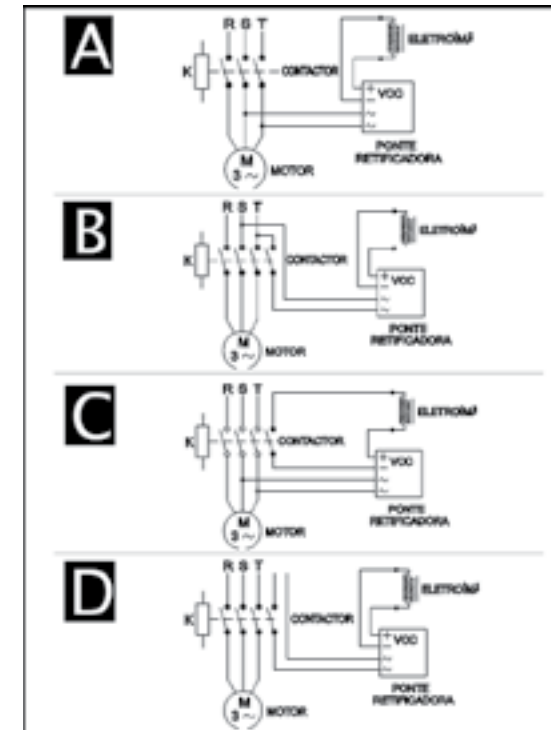


Fig. 10.16.

Nota: existe somente um tipo de ponte retificada, que observa as tensões 110/220/380/440 VCA.

Acionamento e Proteção

11

Acionamento e Proteção

11

Quando da instalação de motores elétricos devem ser tomadas algumas precauções em relação aos dispositivos adequados de acionamento e proteção a serem utilizados.

A seguir, estes tópicos são analisados com o intuito de esclarecer qual a alternativa adequada.

11.1. ACIONAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS

Os sistemas de acionamento têm como funções básicas:

a) A conexão e desconexão do motor à rede de alimentação.

b) O comando e o controle das características de desempenho durante a partida (velocidade, conjugado, potência, corrente, etc.)

Os sistemas mais simples consistem em chaves liga-desliga e os mais complexos condicionam a energia elétrica de excitação de forma a se obter as características de desempenho desejadas.

11.1.1. CARACTERÍSTICAS DA REDE DE ALIMENTAÇÃO

11.1.1.1. Tensões e tolerâncias

Os valores de tensão padronizados no

Brasil são:

a) Em redes industriais trifásicas:
Baixa tensão: 220V, 380V e 440V
Média tensão: 2300V, 4160V e 6600V

b) Em redes monofásicas:
127V, 220V, 254V e 440V.

A NBR 17094 especifica que os motores elétricos de indução devem funcionar de forma satisfatória, à frequência e potência nominais, sob variação ocasional da tensão dentro do limite de mais ou menos 10% do valor nominal.

11.1.1.2. Tolerância de variação de tensão e frequência

Conforme norma ABNT NBR 17094, para motores de indução as combinações de variações de tensão e de frequência são classificadas como zona A ou zona B, de acordo com a figura 11.1.

Um motor de indução deve ser capaz de prover torque nominal continuamente dentro da **Zona A** da figura 11.1, mas pode não atender completamente as suas características de desempenho à tensão e frequência nominais (ver ponto de características nominais na figura 11.1.), apresentando alguns desvios. As elevações de temperatura podem ser superiores aquelas obtidas à tensão e frequência nominais.

Um motor de indução deve ser capaz de prover torque nominal na **Zona B**, mas pode apresentar desvios superiores àqueles da Zona A, no que se refere as características de desempenho à tensão e frequências nominais. As elevações de temperatura podem ser superiores às verificadas com tensão e frequências nominais e muito provavelmente superiores àquelas da Zona A. O funcionamento prolongado na periferia da Zona B não é recomendado.

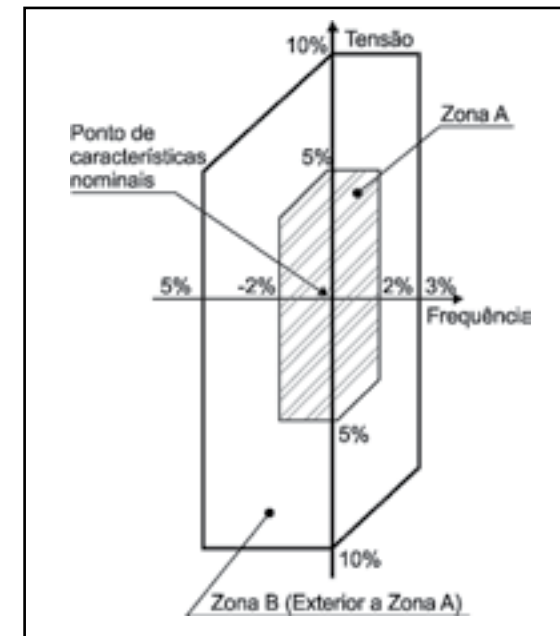
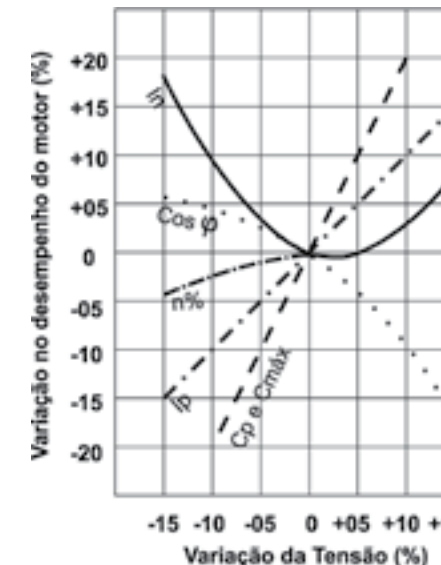


Fig. 11.1. Limites das variações de tensão e de frequência em funcionamento

11.1.1.3. Efeitos aproximados da variação de tensão



onde,

- Cp** - Conjugado de partida
- Cmáx** - Conjugado máximo
- IP** - Corrente de partida
- η%** - Rendimento
- COSφ** - Fator de potência
- In** - Corrente nominal

11.1.1.4. Efeitos de um sistema de tensões desequilibrado sobre as características de funcionamento de um motor

Também conhecido como efeitos do desbalanceamento de fases, os efeitos de desequilíbrio de tensões são graves para o funcionamento de um motor, no entanto é comum existir em desequilíbrio de 3 a 5%.

A percentagem de desequilíbrio das tensões é calculada facilmente a partir da medição das tensões nas três fases e utilizando a equação:

$$\text{Onde: } (\%) = \frac{DmáxV}{VM} \cdot 100$$

DmáxV = Desvio máximo das tensões em relação ao valor médio
VM = Valor médio

Exemplo: Para os valores de tensões entre fases de 220V, 215V e 210V, o valor médio da tensão é de 215V e o desvio máximo da tensão em relação ao valor médio é de 5V. Daí resulta:

$$(\%) = \frac{5}{215} \cdot 100 = 2,3\%$$

Nota: a equação é dada para comodidade do usuário do motor e é somente uma aproximação do valor relativo do componente de sequência negativa da tensão. A determinação mais precisa pode ser feita pela decomposição do sistema trifásico em suas componentes simétricas. Para desequilíbrios das tensões superiores a 5% é necessário um estudo da componente de sequência negativa das correntes.

Efeitos do desequilíbrio

O desequilíbrio provoca uma sobre elevação da corrente e, por consequência, um superaquecimento na bobina, podendo levar à queima da mesma. Segundo a norma NEMA (*National Electrical Manufactures Association*), este aumento de temperatura será aproximadamente duas vezes o quadrado do percentual do desequilíbrio de tensões entre as fases.

% desequilíbrio entre fases	Aumento de corrente (%)	Aumento de temperatura (%)
2,5	21,0	12,5
2,0	16,7	8,0
1,5	12,5	4,5
1,0	8,0	2,0
0,5	3,8	0,5

O conjugado de partida fica reduzido, dificultando a entrada em funcionamento do motor.

O conjugado a plena carga fica igualmente reduzido, produzindo um escorregamento além do normal e diminuindo o rendimento do motor.

Como minimizar os efeitos do desequilíbrio de tensões:

- Melhorar a distribuição das cargas nas redes trifásicas, procurando o melhor equilíbrio possível;
- Bitolas de cabos adequadas à rede e ao sistema;
- Localizar e avaliar equipamentos mal dimensionados;
- Proteção interna nas três fases com termistores ou termostatos e relé de sobrecarga com chave magnética;
- Manutenção preventiva nos quadros elétricos, verificando: o desgaste dos contatos dos contatores; a fixação dos terminais; o dimensionamento dos cabos.

11.1.1.5. Frequência e tolerâncias

Existem dois padrões internacionais de frequência para redes elétricas: 50 e 60 Hz. No Brasil, a frequência padronizada é de 60 Hz. A frequência de operação dos motores está especificada em sua placa de identificação e a NBR 17094 prescreve que os mesmos devem funcionar de modo satisfatório sob tensão e potência nominais, com variação de frequência dentro de mais ou menos 5% da nominal ou sob variação conjunta de tensão e frequência de mais ou menos 10%, desde que a última não supere os 5%.

11.1.1.6. Utilização de motores com variação de tensão e frequência.

Os motores elétricos de indução são projetados para operarem de acordo com as suas características nominais. Algumas vezes, entretanto, eles são utilizados em circuitos com tensão e frequência diferentes das projetadas. Conforme essas variações a performance do motor irá variar em relação aos valores nominais. Os resultados aproximados destas variações são os apresentados a seguir.

a) Variação de tensão

EFEITOS DA VARIAÇÃO DE TENSÃO		
Características do motor	Tensão 10% acima da nominal	Tensão 10% abaixo da nominal
Temperatura	Depende da carga	Depende da carga
Fator de potência	Diminui	Aumenta
Conjugado Máximo	$1,21 \times C_n$	$0,81 \times C_n$
Conjugado de Partida	$1,21 \times C_n$	$0,81 \times C_n$
Escorregamento	Diminui	Aumenta

Tabela 11.1.

b) Motor de 50 Hz ligado em 60 Hz, mantendo a tensão constante:

- Tensão: $V_n(60\text{Hz}) = V_n(50\text{Hz})$
- Potência: $P_n(60\text{Hz}) = P_n(50\text{Hz})$
- Velocidade Síncrona: $\text{rpm}(60\text{Hz}) = 6/5 \text{rpm}(50\text{Hz})$
- Conjugado Nominal: $C_n(60\text{Hz}) = 5/6 C_n(50\text{Hz})$
- Conjugado com Rotor Bloqueado: $C_p(60\text{Hz}) = 5/6 C_p(50\text{Hz})$
- Conjugado Máximo: $C_{m\acute{a}x}(60\text{Hz}) = 5/6 C_{m\acute{a}x}(50\text{Hz})$

- Corrente Nominal: $I_n(60\text{Hz}) = 0,95 I_n(50\text{Hz})$
- Corrente com Rotor Bloqueado: $I_p(60\text{Hz}) = 5/6 I_p(50\text{Hz})$

c) Motor de 60 Hz ligado em 50 Hz, porém alterando a tensão proporcionalmente à frequência:

- Tensão: $V_n(50\text{Hz}) = 5/6 V_n(60\text{Hz})$
- Potência: $P_n(50\text{Hz}) = 5/6 P_n(60\text{Hz})$
- Velocidade Síncrona: $\text{rpm}(50\text{Hz}) = 5/6 \text{rpm}(60\text{Hz})$
- Conjugado Nominal: $C_n(50\text{Hz}) = C_n(60\text{Hz})$
- Conjugado com Rotor Bloqueado: $C_p(50\text{Hz}) = C_p(60\text{Hz})$
- Conjugado Máximo: $C_{m\acute{a}x}(50\text{Hz}) = C_{m\acute{a}x}(60\text{Hz})$

- Corrente Nominal: $I_n(50\text{Hz}) = I_n(60\text{Hz})$
- Corrente com Rotor Bloqueado: $I_p(50\text{Hz}) = 0,95 I_p(60\text{Hz})$

11.1.2. TIPOS DE ACIONAMENTO

Os dispositivos de acionamento podem ser classificados em dois grupos, descritos a seguir:

11.1.2.1. Partida a plena tensão

Para partida a plena tensão são utilizadas chaves com dois tipos básicos de acionamento: manual e magnético.

a) Partida com chave manual:

É utilizada para pequenos motores.

Consiste de um mecanismo operado manualmente que conecta e desconecta o motor à rede (figura 11.2.).

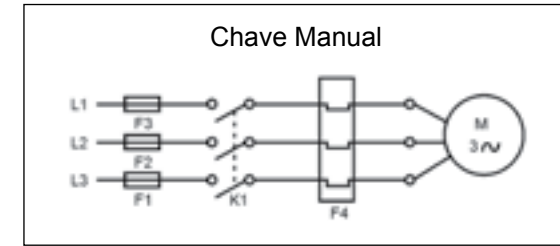


Fig. 11.2. Partida manual de motores

b) Partida com chave magnética (contactora):

Este dispositivo contém um mecanismo de abertura e fechamento de contatos no circuito do motor e pode ter acoplado uma proteção térmica contra sobreaquecimento. Quando a bobina é energizada, o circuito do motor é fechado através de contatos móveis. Desenergizando-se a bobina, os contatos abrem o circuito, através de uma mola. Estes dispositivos frequentemente são controlados por botoeiras, chaves fim de curso, temporizadores, relés, interruptores de pressão, chaves boia, etc. (figura 11.3.).

11.1.2.2. Partida com tensão reduzida

Determinadas cargas ou máquinas necessitam de partidas suaves e acelerações gradativas, não suportando os altos valores de conjugado produzidos na partida do motor a plena tensão. Além disso, em redes de distribuição em baixa tensão, a maioria das concessionárias de energia elétrica limita a potência de partida direta em 5 e 7,5cv (220 e 380V, respectivamente) devido aos altos picos da corrente de partida e consequente

flutuação de tensão ocasionada na rede de alimentação.

Para limitar a corrente de partida dos motores, são utilizados dispositivos redutores de tensão durante a partida, que são brevemente descritos a seguir:

a) Resistor ou Reator Primário

O dispositivo resistor primário é utilizado como redutor da tensão de partida. O seu custo de instalação é pequeno, especialmente nos motores menores, devido à sua simplicidade. O conjugado do motor é reduzido proporcionalmente ao quadrado da tensão aplicada aos terminais do estator, porém a corrente da linha é reduzida apenas na proporção da redução de tensão.

O circuito do reator primário é similar ao circuito do resistor primário,

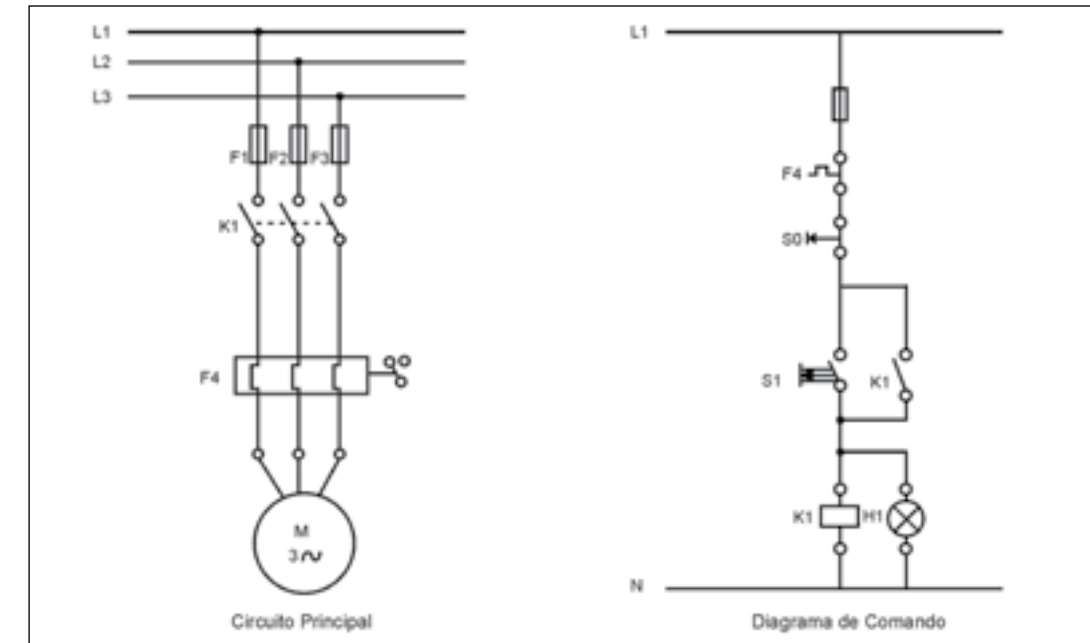


Fig. 11.3. Diagrama trifilar e de comando de uma partida magnética a plena tensão.

exceto na substituição de resistores por reatores. É utilizado principalmente em aplicações de média tensão, pois o reator, devido a características próprias, isola o equipamento.

Na figura 11.4 item a, é mostrado o circuito acima descrito, no qual tanto as resistências como as bobinas de reatância podem ser usadas para produzir redução da tensão de partida. A figura 11.4. item b mostra a curva conjugado-velocidade para o motor a plena tensão.

Usando resistência primária ou reatância primária, haverá uma redução na tensão do instante da partida que produzirá uma redução do conjugado. Se esta tensão (e a corrente primária) fosse constante, a curva do conjugado seria igual àquela que segue a linha pontilhada. Conforme o motor acelera, entretanto,

a tensão aplicada ao estator aumenta devido à redução na corrente de linha.

A partida com tensão reduzida através de resistências em série com o estator melhorará o fator de potência da partida, mas produzirá maiores perdas. Além disso, o conjugado máximo não será tão grande como seria para a mesma impedância em série usando um reator equivalente. A corrente e o conjugado de partida são os mesmos, tanto para um reator como para um resistor inserido. As vantagens da partida com reator, entretanto, são contrabalançadas pelo seu maior custo.

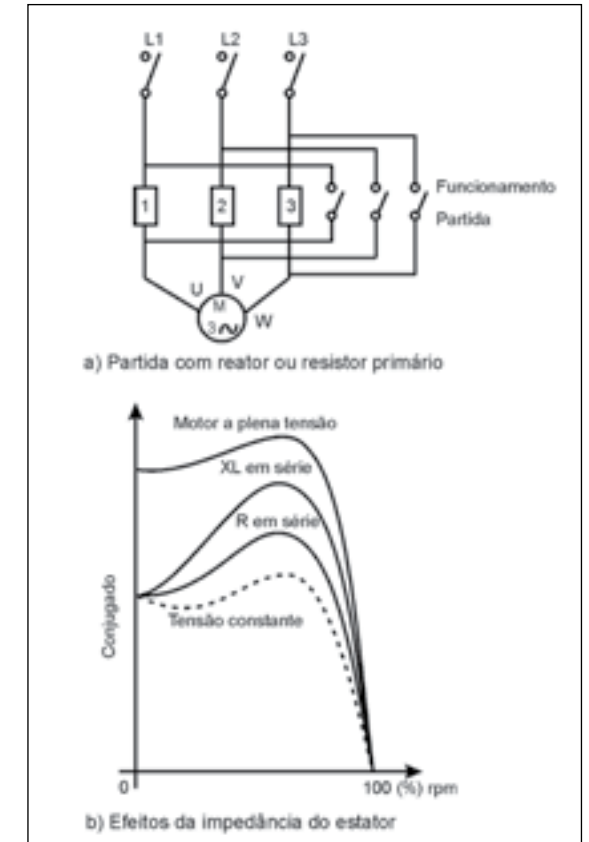


Fig. 11.4.

b) Chave compensadora ou autotransformador de partida

Quando a limitação da corrente de partida é importante, este dispositivo é normalmente utilizado. Ele possibilita baixa corrente de linha e baixas perdas durante a partida. Este dispositivo, devido à ação do transformador, permite o maior conjugado por unidade de corrente elétrica. Frequentemente, os autotransformadores são utilizados para partida de motores sob carga. Estes equipamentos possuem conexões de 50, 65 e 80% da tensão nominal e deve ser adotada a conexão adequada para atingir o conjugado de aceleração necessário ao conjunto motor-máquina. A figura 11.5 mostra o diagrama de ligação de motores utilizando chave compensadora.

Exemplo: seja um motor ligado a um circuito de 220V, cuja corrente de partida (I_p) é 100 A.

- Sejam:
- V** = tensão do circuito
- I** = corrente no circuito, antes do autotransformador
- I_m** = corrente no motor
- V_m** = tensão nos terminais do motor

Com o autotransformador no TAP de 65%, obtemos:

$V_m = 65\% \cdot V = 0,65 \cdot 220V = 143V$
 $I_m = 65\% \cdot I_p = 0,65 \cdot 100A = 65 A$

$I = (I_m \cdot V_m)/V = (65 \cdot 143)/220 = 42,25A$
 Devemos ter em mente que a potência é igual na entrada e na saída do autotransformador, isto é:

$I \cdot V = 0,65 \cdot V \cdot I_m$

O conjugado de partida é proporcional ao quadrado da tensão aplicada aos terminais do motor. Então:

$C_p \propto V^2$
 $C_p \propto 0,65 \cdot 0,65$
 $C_p \propto 0,42$

Neste caso, com o TAP de 65%, o conjugado de partida do motor é 42% do conjugado de partida a plena tensão.

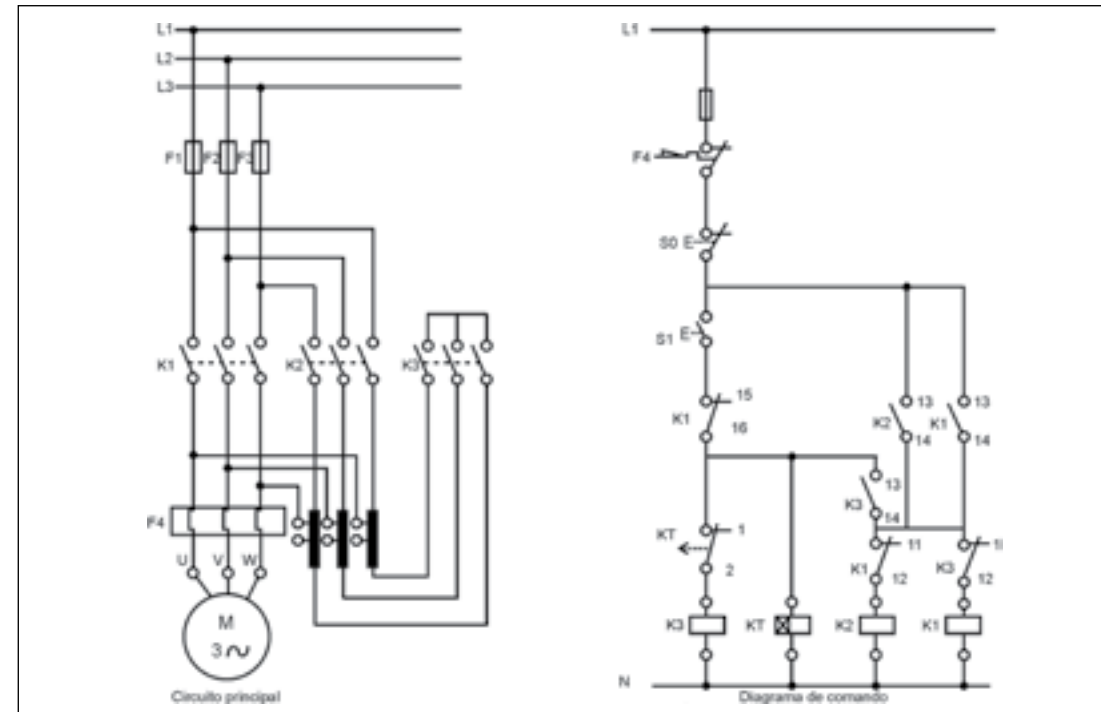


Fig. 11.5. Diagrama trifilar e de comando para partida de motores com chave compensadora.

• Forma de Operação

Ligação: o botão pulsador S1 aciona o relé temporizador KT e o contator K3. O contato fechador 13-14 de K3 aciona o contator K2.

Comutação: decorrido o tempo pré-ajustado, o relé KT comuta, o contator K3 é desligado e o contator K1 é acionado através dos contatos 13-14 de K2 e 11-12 de K3. O contator K2 é desligado através do contato 11-12 de K1, que se mantém ligado através de seu contato 13-14 e pelo contato 11-12 de K3. Nesta condição, o motor opera sob tensão nominal.

Interrupção: pode ser feita acionando-se o botão SO ou através de uma sobrecarga pelo contato 95-96 do relé térmico F4.

c) Chave estrela-triângulo

Este dispositivo possibilita uma redução de até 1/3 da corrente de partida do motor. Para isto, o motor deverá possuir dupla tensão. A menor tensão deverá ser igual à tensão de rede e a outra $\sqrt{3}$ vezes maior, conforme indicado na tabela 11.2.

Ao utilizar a chave estrela-triângulo, deve-se tomar algumas precauções, tais como:

– Quando o motor estiver ligado em estrela, o conjugado resistente, ou seja, da carga, não deverá ser superior ao conjugado do motor;

– A comutação de ligação (estrela para triângulo) deverá ser alvo de um estudo criterioso pois uma comutação realizada antes do motor ter acelerado acarretará um significativo acréscimo de corrente, o que pode invalidar a utilização do dispositivo.

A figura 11.6, item a, dá uma ideia do que foi dito: o conjugado da carga ($Cr1$) mantém-se abaixo do conjugado do motor em estrela (Cy), o qual acelera a carga até 95% da rotação nominal, quando ocorre a comutação para triângulo. Neste instante, a corrente atinge 2,3 vezes a nominal, ou seja, praticamente igual à da partida em estrela. Caso o conjugado da carga fosse mais elevado ($Cr2$) – ver figura 11.6 item b –, o motor não aceleraria suficientemente e a comutação se daria antes do motor atingir 95% da rotação nominal (por exemplo, em 75%). Nesse caso, a corrente atingiria um valor de 4,7 vezes a nominal, o que não é vantagem, uma vez que na partida a corrente era somente 2,3 vezes a nominal.

Observação: para motores de quatro

tensões (220-380-440-760V), dependendo da rede de alimentação, deve-se optar pela ligação 220-380V ou 440-760V.

Relação entre tensões da rede e do motor que permitem a ligação estrela - triângulo		Rede de Alimentação
Motor	Ligação	
220/380V	Δ Y	220V
380/660V	Δ Y	380V
440/760V	Δ Y	440V

Tabela 11.2.

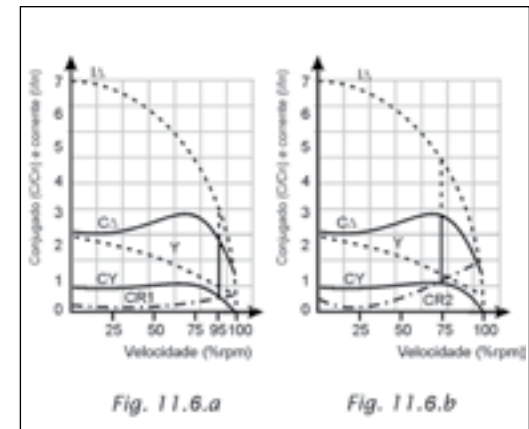


Fig. 11.6. Comutação da chave estrela-triângulo: (a) com 95% da velocidade; (b) com 75% da velocidade.

• Forma de operação (Fig. 11.7.)

Ligação: o botão pulsador S1 aciona o relé temporizador KT que imediatamente aciona o contator K3 através de seu contato 1-2 e 23-24 de K2.

Por sua vez o contator K3 energiza K1

através de seu contato 13-14; ao mesmo tempo seu contato de intertravamento 23-24 impedirá que K2 seja acionado.

Com K1 e K3 ligados, o motor começa a girar na ligação estrela. O contator K1 se mantém ligado através de seus contatos 13-14 e 23-24; K3 se mantém ligado através dos contatos 13-14 de K1, 1-2 de KT e 23-24 de K2.

Comutação: ao final da temporização, o contato 1-2 do relé KT abrirá, desenergizando K3. Ao mesmo tempo, o contato com retardo 3-4 de KT permanecerá fechado por alguns microssegundos, tempo suficiente para energizar K2. Neste instante acontece a comutação da ligação estrela para a ligação triângulo (com plena tensão de rede).

O contator triângulo K2 se mantém ligado através de seu contato 13-14, do contato 13-14 de K1 e 23-24 de K3. O contato de intertravamento 23-24 de K2 impedirá que K3 seja religado.

Interrupção: um novo arranque não é possível, a não ser depois de uma desconexão pelo pulsador SO, ou em caso de sobrecarga pelo contato de abertura 95-96 do relé térmico F4.

• Comparativo entre as Chaves Compensadoras e Estrela-triângulo

• Chave Compensadora Vantagens:

1- Na passagem da tensão reduzida para a tensão da rede, o pico de corrente é bastante reduzido, visto que

o autotransformador por curto espaço de tempo torna-se uma reatância;
2- Partida de carga com alta inércia, como bombas, ventiladores ou outras máquinas que demoram para atingir a velocidade nominal;
3- Pode ser utilizada com qualquer que seja a tensão nominal do motor.

Desvantagens:

1- A redução da corrente é ajustada conforme o TAP utilizado no auto-

transformador;
2- A determinação do autotransformador adequado requer que seja conhecida a frequência de manobras;
3- Grande volume, devido ao autotransformador;
4- Maior custo.

• Chave Estrela-Triângulo

Vantagens:

1- Menor custo;

2- Não possui limite em relação ao número de manobras;
3- Os componentes necessitam de pouco espaço físico.

Desvantagens:

1- O conjugado de partida reduz-se a um terço do conjugado nominal, durante a partida;
2- A tensão da rede deve coincidir com a tensão em triângulo do motor;
3- A chave só pode ser aplicada a motores que possuam seis ou doze terminais acessíveis;
4- Com a comutação de estrela para triângulo antes do tempo previsto, haverá um pico de corrente muito elevado, o que invalida o uso do dispositivo.

d) Chave série-paralela

Este dispositivo exige que os motores a serem acionados possuam dupla tensão. A menor tensão deverá ser igual à tensão de rede e para isto, os motores devem possuir nove terminais acessíveis.

Durante a partida, o motor deverá ser ligado em série. Quando o mesmo atingir sua rotação nominal, deverá ser feita a comutação para a configuração em paralelo.

As figuras 11.8.a e 11.8.b indicam as duas formas de ligação: em estrela e em triângulo.

Observação: todos os motores elétricos Voges possuem, em sua placa de identificação, os esquemas de ligação possíveis de serem realizados.

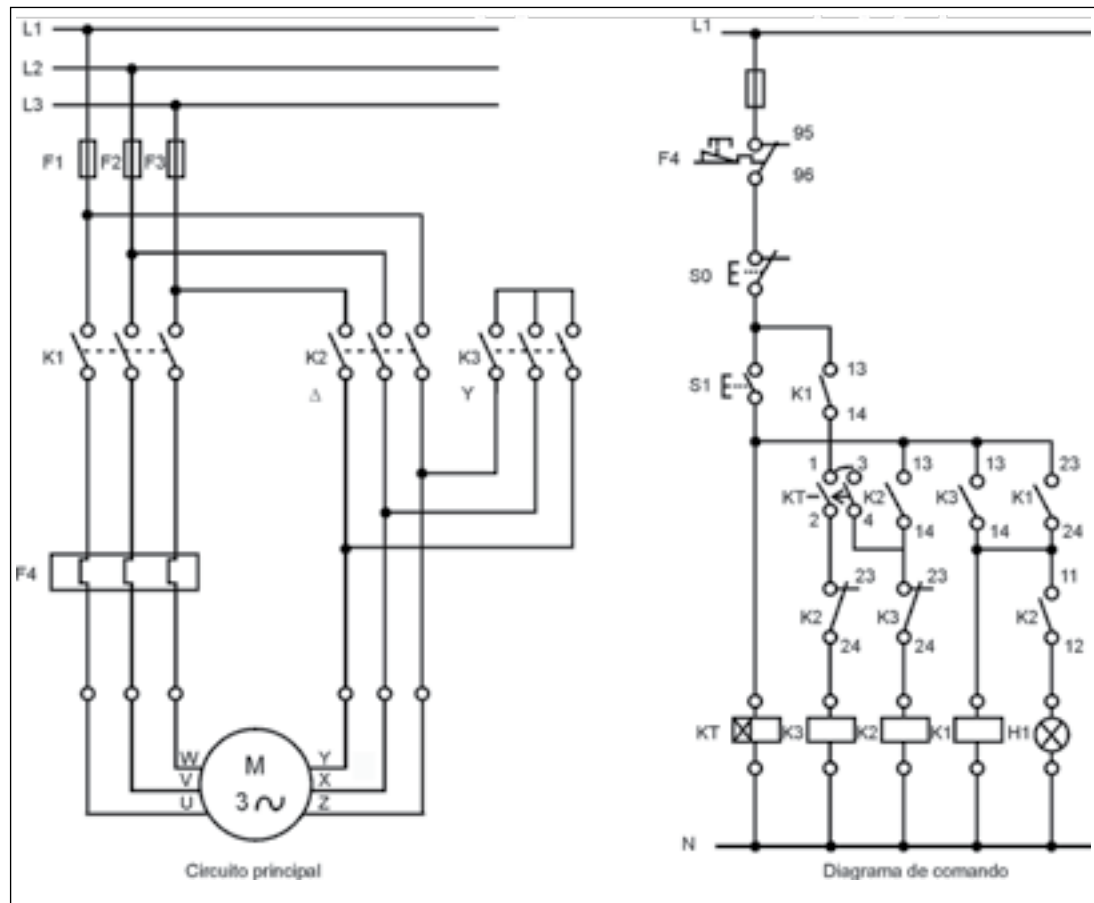


Fig. 11.7. Diagrama trifilar e de comando para chave estrela-triângulo.

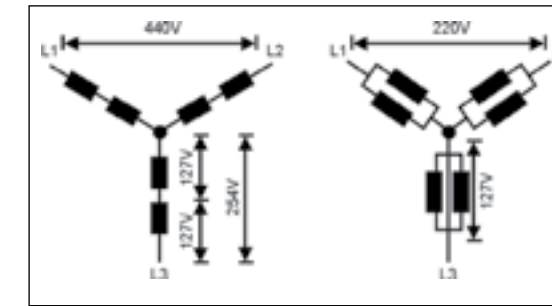


Fig. 11.8.A. Ligação série-paralela estrela.

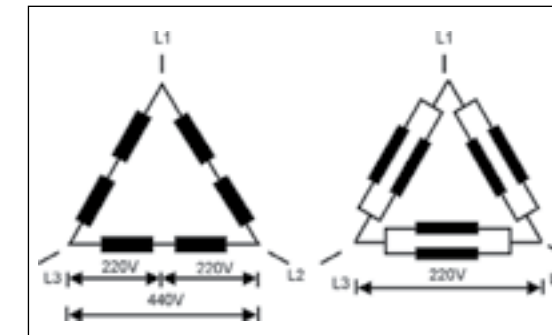


Fig. 11.8.B. Ligação série-paralela triângulo.

e) Dispositivos de Partida com Semicondutores

É a partida de motores utilizando-se semicondutores, ao invés de contatos mecânicos. Neste caso, tem-se a aceleração do motor constante, fazendo com que sua velocidade varie de zero até a nominal pela variação da tensão de alimentação de zero à tensão nominal, como mostra a figura 11.9.

Estes dispositivos produzem uma baixa corrente de partida (próxima da nominal), uma aceleração suave e normalmente possuem proteções contra sobrecarga, falta e inversão de fase.

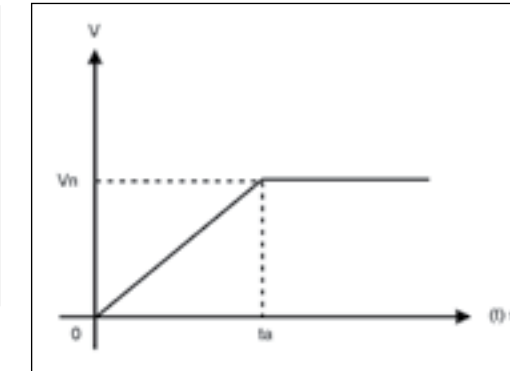


Fig. 11.9. Sinal tipo tampa ascendente.

A figura 11.10 mostra a configuração básica de um dispositivo de partida a estado sólido.

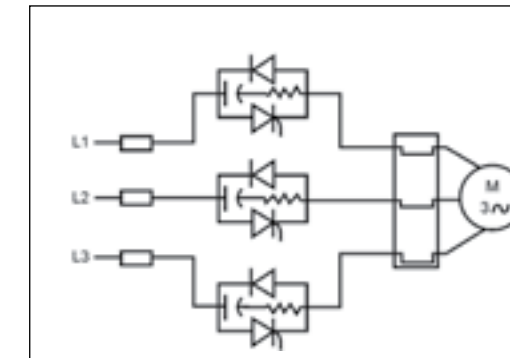


Fig. 11.10. Dispositivo de partida a estado sólido.

11.1.2.3. Dispositivos variadores de frequência

O motor de indução é usualmente considerado um motor de velocidade constante, e de fato o é, quando conectado a uma fonte de alimentação com frequência constante. Entretanto, essa velocidade pode ser ajustada se o motor for alimentado por uma fonte de frequência variável.

A figura 11.11. mostra as características

básicas de um motor de indução 60 Hz, 4 polos, controlado por variador de frequência.

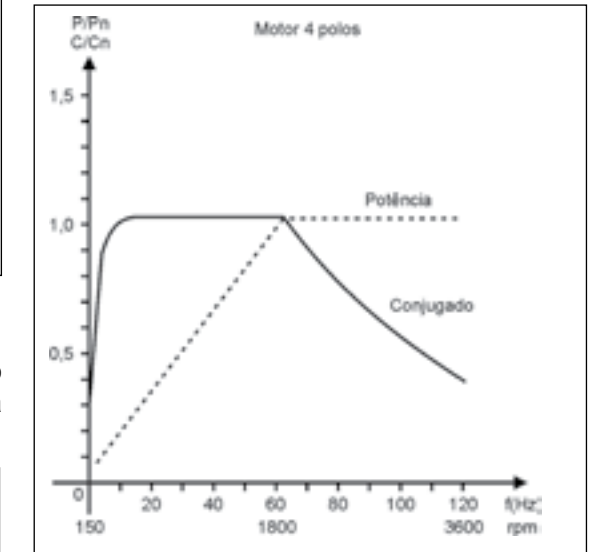


Fig. 11.11. Curvas características de um motor acionado por variador de frequência.

Com frequência inferior à nominal, (60Hz), a tensão varia na mesma proporção da frequência e o motor pode fornecer conjugado constante. Com frequência superior à nominal, a tensão permanece a mesma e o motor pode fornecer potência constante.

11.1.2.4. Dispositivos de correntes parasitas

Os elementos principais de um dispositivo de acionamento por correntes parasitas são: um motor CA, um acoplamento de correntes parasitas, um tacômetro e um regulador a estado sólido. A figura 11.12 mostra-nos a configuração do dispositivo.

O acoplamento de correntes parasitas

consiste em dois membros rotativos: um tambor acionado a velocidade constante pelo motor CA e, concêntrico ao tambor, um rotor para acionamento da carga.

O conjugado é transmitido do tambor para o rotor através de um campo magnético ajustável. Este campo magnético é estabelecido em uma lacuna de ar existente entre o rotor e o tambor, originado pela transferência de energia do regulador para uma bobina do rotor. O regulador ajusta a excitação da bobina a um nível onde a velocidade de saída indicada por um tacômetro seja igual àquela indicada no potenciômetro de referência.

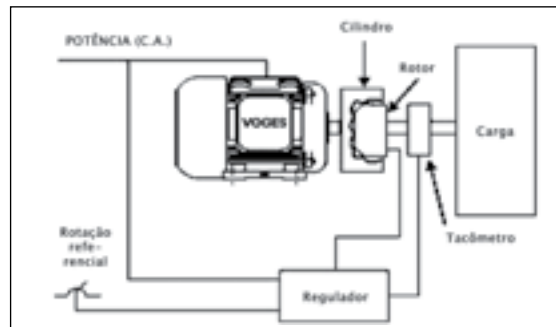


Fig. 11.12. Dispositivo de acionamento por correntes parasitas.

Acionadores por correntes parasitas possuem até 30 faixas de variação de velocidade com torque constante, produzem 0,5% de regulação de velocidade desde em vazio até a plena carga. Além disso, quando o motor sofre um decréscimo acentuado de velocidade o regulador fornece o máximo de energia sem pulsações.

11.2. PROTEÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

Os sistemas de proteção de motores elétricos destinam-se a impedir

condições de operação perigosas que possam causar danos pessoais e aos equipamentos.

Os dispositivos de proteção atuais têm sua atuação baseada num dos seguintes parâmetros:

- a) Corrente de linha do motor;
- b) Temperatura interna do motor.

Normalmente sua atuação ocorre por somente um dos parâmetros acima, porém existem protetores que utilizam as duas características.

Convém informar que a seleção do protetor adequado requer um criterioso estudo do regime de funcionamento do motor, o que evitará problemas futuros.

11.2.1. PROTETORES COM RESPOSTA À CORRENTE

Estes dispositivos estão normalmente localizados entre o motor e o seu sistema de controle. Seu princípio básico de funcionamento reside no fato de que um aumento na corrente de linha provoca uma consequente elevação da temperatura devido às perdas ocasionadas no material condutor do dispositivo.

Os protetores com resposta à corrente fornecem adequada segurança contra as mais comuns causas de sobrecargas, onde o aumento da corrente de linha seja apreciável. Entretanto, estes dispositivos não respondem a sobretemperaturas causadas por condições ambientais (temperatura ambiente acima de 40°C e por falhas de ventilação). A seguir são analisados alguns dos dispositivos mais comumente utilizados em baixa tensão.

11.2.1.1. Fusíveis

São elementos ligados em série com as fases do circuito. Sua operação consiste na fusão de um elemento condutor de pequena seção transversal que, devido à

sua alta resistência, sofre um aquecimento maior que os demais condutores. Para motores são utilizados fusíveis com retardo para evitar a “queima” dos mesmos com as altas correntes originadas durante a sua partida.

Os fusíveis proporcionam a melhor proteção contra as correntes de curto-circuito, porém são inadequados como proteção para sobrecargas, principalmente devido aos mesmos serem fabricados em calibres padronizados (2, 4, 6, 10A, etc.). Além disso, para pequenas sobrecargas de 1,0 a 2,0 vezes a corrente nominal, o tempo de fusão é demasiadamente longo, podendo danificar o isolamento do motor.

A figura 11.13 mostra a composição de um fusível (no caso mais geral).

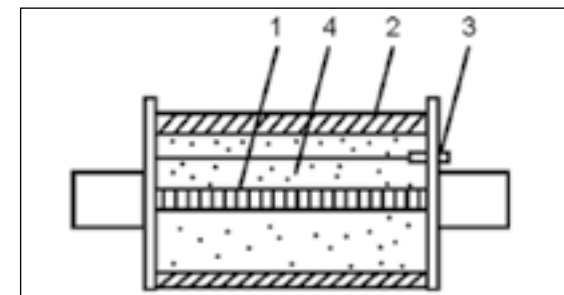


Fig. 11.13. componentes de um fusível.

- 1 - Elemento fusível
- 2 - Corpo
- 3 - Indicador
- 4 - Meio extintor

11.2.1.2. Disjuntores

São dispositivos de manobra e proteção que podem atuar como simples interruptores de corrente nas condições normais do circuito e como proteção nas condições anormais. Existem dois tipos básicos de disjuntores: os abertos (ou “de força”), geralmente trifásicos, e os em caixa moldada, que podem ser mono, bi ou trifásicos.

Os disjuntores mais comumente utilizados possuem disparadores térmicos para proteção contra sobrecargas e disparadores eletromagnéticos para proteção contra curto-circuitos (disjuntores termomagnéticos).

A figura 11.14 mostra esquematicamente o funcionamento de um disparador eletromagnético. A armadura é tensionada através de uma mola de tal forma que apenas para uma corrente definida ela é acionada. Essa corrente pode ter um valor único fixado ou pode ser ajustável dentro de uma faixa definida. O ajuste é realizado variando-se o entreferro ou a tensão da mola.

Os disparadores térmicos operam no princípio do bimetal, isto é, nas diferentes dilatações que possuem os metais quando submetidos a variações de temperatura. Duas lâminas de metais diferente são unidas e quando aquecidas dilatam diferentemente, curvando o conjunto, como pode ser visto na figura 11.15.

A grande vantagem dos disjuntores em relação aos fusíveis é a capacidade de interrupção da corrente nas 3 fases simultaneamente. Com fusíveis, há a possibilidade de ocorrer a “queima” de somente um, deixando o motor ligado em duas fases. Além disso, os disjuntores oferecem proteção contra sobrecargas. Entre as desvantagens dos disjuntores, podemos citar:

- Custo elevado;
- Menor velocidade de atuação em curto-circuitos.

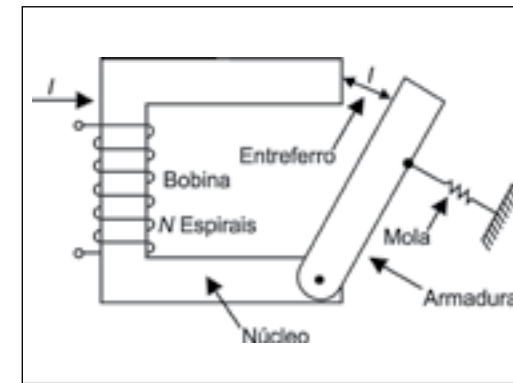


Fig. 11.14. Esquema simplificado de um disparador eletromagnético.

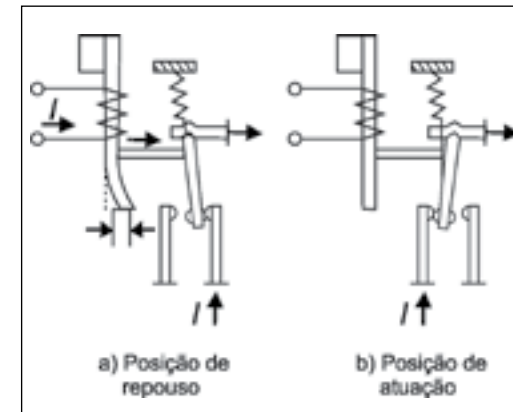


Fig. 11.15. Princípio de operação de um disparador térmico bimetálico.

11.2.1.3. Relés Térmicos

São dispositivos que utilizam o efeito térmico da corrente em um par bimetálico, já comentado no item anterior. O relé térmico entra em ação ou por uma pequena

sobrecarga de longa duração ou por uma forte sobrecarga, ainda que de curta duração.

No caso de interrupção de uma das fases, nos motores trifásicos haverá um aumento de corrente nas outras duas fases, o que forçará a atuação do relé após algum tempo.

Os relés térmicos são largamente utilizados devido à sua versatilidade de instalação em contactoras e regulação da corrente de atuação. O conjunto relé térmico + fusível oferece proteção total ao motor contra sobreaquecimento gerado por corrente.

11.2.2. PROTETORES COM RESPOSTA À TEMPERATURA

Estes protetores são colocados no interior dos motores (normalmente nas cabeceiras das bobinas) e fornecem proteção contra todos os tipos de falhas a que o equipamento está sujeito, pois sensoram diretamente a temperatura dos enrolamentos. Esses dispositivos são instalados sob especificação do cliente. A seguir, uma breve análise destes dispositivos.

11.2.2.1. Protetor Térmico

O protetor térmico é um dispositivo limitador da temperatura de um sistema ou partes do mesmo através da abertura automática do circuito elétrico após ser ultrapassado o limite de temperatura. O religamento ocorrerá depois de razoável variação na temperatura. Os protetores térmicos podem ser utilizados em série com os enrolamentos de motores monofásicos com potência fracionária, cuja corrente

seja admissível pelos mesmos, ou como sensores que atuam sobre um sistema de comando externo para motores de potências maiores.

A figura 11.16 mostra um modelo de protetor térmico. Nele, o disco bimetálico muda de posição (verticalmente) assim que a temperatura atingir o valor pré-estabelecido e os contatos são abertos, interrompendo o circuito.

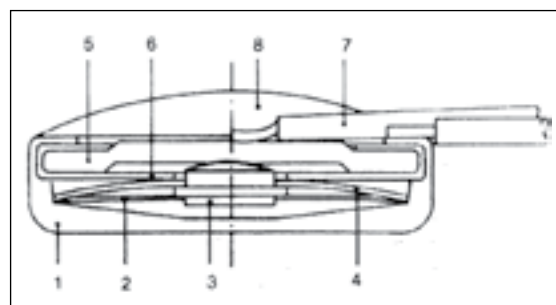


Fig. 11.16. Composição do protetor térmico.

- 1 – revestimento externo de metal
- 2 – contato móvel de forma cilíndrica
- 3 – contato de prata
- 4 – disco cilíndrico bimetálico
- 5 – cobertura metálica
- 6 – contato de prata isolado do revestimento externo
- 7 – cabos de conexão
- 8 – vedação em epóxi

- 7 – cabos de conexão
- 8 – vedação em epóxi

11.2.2.2. Termístores

O termístor é um semicondutor instalado nas cabeceiras das bobinas. Existem dois tipos básicos de termístores, que são:

- a) PTC (coeficiente de temperatura positiva);
- b) NTC (coeficiente de temperatura negativa).

O termístor PTC, utilizado em motores, é alimentado por corrente contínua através de um circuito auxiliar. Caso ocorra uma elevação da temperatura acima do valor limite do termístor, o mesmo sofre um brusco aumento em sua resistência interna, passando de condutor a isolante. A interrupção da corrente no circuito auxiliar aciona um relé que desliga o circuito principal.

O termístor NTC funciona de uma maneira inversa e normalmente não é utilizado em motores.

Os termístores possuem uma resposta instantânea à elevação da temperatura

e oferecem proteção total ao motor. Não é adequada a sua utilização em motores sujeitos a pequenas sobrecargas temporárias, em que o motor ultrapassa a temperatura limite brevemente e depois retorna ao normal, pois o termístor atuará indevidamente.

11.2.2.3. Termorresistores PT100

São elementos cuja operação é baseada na característica intrínseca a alguns materiais (platina, níquel ou cobre) de variação da resistência com a temperatura.

Fabricados com resistência calibrada, que varia linearmente com a temperatura, possibilitam um acompanhamento contínuo do processo de aquecimento do motor, que pode ser controlado ou monitorado por meio de instrumentos indicadores.

Possuem alto grau de precisão e sensibilidade de resposta e geralmente são utilizados em motores com funções de grande responsabilidade (uso essencial) ou em aplicações de uso intermitente muito irregular, onde o detector pode servir tanto para alarme como para desligamento.

São obrigatórios em motores de segurança aumentada.

Temperatura de operação de protetor térmico		
Isolação conforme NBR 17094	Protetor	
Classe de isolação	Temp. Máxima	Temp. Operação
B	130°C	130°C ± 5°C
F	155°C	155°C ± 5°C
H	180°C	180°C ± 5°C

Tabela 11.3.

Temperatura de operação dos termístores nas classes de isolação B, F e H			
Isolação conforme NBR 17094	Protetor		
Classe de isol.	Temp. Máxima	Temp. Sinalização	Temp. Operação
B	130°C	120°C	130°C
F	155°C	140°C	145°C
H	180°C	160°C	170°C

Tabela 11.4.

Operação

12

12.1. Verificações Preliminares

Ao colocar um motor elétrico em operação, é de vital importância observar as orientações a seguir:

– Observar se o rotor gira livremente e os calços utilizados para o transporte foram removidos.

– Analisar se o esquema de ligação executado está de acordo com o indicado na placa de identificação, para a tensão desejada.

– Verificar se os parafusos, porcas e conexões dos terminais estão devidamente apertados, bem como o fio de aterramento.

– Identificar o sentido de giro desejado acionando-o desacoplado. Caso a inversão do sentido de giro seja necessária, deve-se inverter duas fases quaisquer.

– Com sentido de giro correto, acoplar o motor à carga fixando-o de maneira adequada à base ou ao equipamento, de acordo com o capítulo 10.

12.2. Acionamento Inicial

Acionar o motor acoplado à carga, utilizando o sistema de partida escolhido

(item 11.1.2), mantendo vigilância mínima de uma hora, observando principalmente os seguintes itens:

– Ruídos anormais.

– Aquecimento excessivo.

– Comparação da corrente absorvida da rede com a corrente nominal do motor. A corrente absorvida não deverá exceder a corrente nominal.

– Caso o motor não parta de maneira suave, desligue-o imediatamente e verifique a montagem e as ligações.

– Em caso de excessiva vibração, verifique os parafusos de fixação.

12.3. Funcionamento

Durante o funcionamento do motor, em regime, conforme NBR 17094, deve-se manter sob observação todos os instrumentos e/ou aparelhos possíveis de medição e controle que estejam conectados à rede de alimentação.

Para motores trifásicos, recomendamos instalar no mínimo um amperímetro por fase e um voltímetro, a fim de constatar eventuais anormalidades e/ou alterações.

Manutenção

13

Manutenção

13

13.1. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva serve para avaliar e monitorar o estado do motor em serviço, efetuando as medições com instrumentos específicos. Com isto é possível preceder falhas e detectar trocas de componentes que requerem manutenção.

O objetivo desta manutenção é:

- Aumentar o tempo disponível de operação do equipamento;
- Reduzir os trabalhos de emergência ou não planejados;
- Impedir os danos/falhas de grande proporção;
- Aumentar a confiabilidade do motor na linha de produção;
- Eliminar a desmontagem do motor para inspeção interna dos componentes;
- Determinar, previamente, uma parada programada da fábrica, verificando quais motores requerem manutenção.

A implantação deste procedimento reduz os custos pelos seguintes fatos:

- Elimina desmontagens desnecessárias;
- Reduz emergências;
- Impede os danos de grande proporção;
- Aproveita toda vida útil dos componentes;
- Determina quais motores requerem manutenção.

13.1.1. QUANTO À MANUTENÇÃO ELÉTRICA

13.1.1.1. Resistência de isolamento:

O isolamento de um motor elétrico é a resistência da passagem da corrente elétrica de uma fase do estator em relação às demais, bem como, em relação aos enrolamentos (bobinagem).

As variações de temperatura e a absorção de umidade reduzem o valor desta resistência. Medir a mesma sempre que haja qualquer indício de umidade na bobinagem.

Segundo a norma, a resistência, medida a 25°C, deve ser:

$$R_i \geq U/1000 + 1$$

onde,

R_i = Resistência de Isolamento (MΩ).

U = Tensão do motor (V)

Obs.: em caso de motores com duas tensões (ex: 220/380V), utilizar sempre a maior tensão (ex: 380V).

Recomendamos que quando a resistência de isolamento for inferior a 10,0 MΩ, o enrolamento deve ser seguindo o método abaixo:

Aquecer em estufa à temperatura de 105°C. Nesta temperatura, motores até 30 cv devem permanecer por um período

mínimo de 2 horas. Motores acima desta potência devem permanecer no mínimo 4 horas. Observar se a resistência de isolamento do enrolamento do estator permanece constante e dentro dos valores mínimos recomendados. Caso contrário proceder com nova impregnação do estator.

A baixa isolação do motor causa o envelhecimento dos materiais isolantes e o curto-circuito entre fases e entre a massa (carcaça) e a bobinagem.

Equipamento utilizado para medição: megômetro.

13.1.1.2. Conexões:

Identificar pontos de oxidação e aquecimento dos cabos, pois isto deteriora as isolações.

3.1.1.3. Índice de polarização:

Índice de polarização é a razão entre o valor da Resistência de Isolamento para 10 min. E o valor da resistência de 1 min.

Este índice tem por objetivo avaliar os enrolamentos quanto à secagem do envernizamento, seja o motor novo ou rebobinado. O índice mínimo recomendado é 2,0.

Equipamento utilizado para medição: megômetro especial para o índice de polarização.

13.1.2. Quanto à Manutenção Mecânica

13.1.2.1. Mancais

Examinar a presença de ruídos ou vibrações junto aos rolamentos.

Equipamento utilizado para medição: caneta para medição de aceleração.

13.2. Manutenção Preventiva

O motor elétrico é um conjunto de vários componentes que devem estar em harmonia durante o funcionamento. Estes necessitam de manutenção preventiva periódica, que varia conforme tamanho, tipo, potência ou ambiente onde está instalado o motor.

Esta manutenção visa, principalmente, a verificar as condições do isolamento, elevação de temperatura, desgastes mecânicos, lubrificação dos mancais e as características nominais da máquina.

Quando da realização da manutenção preventiva, recomenda-se observar os seguintes aspectos:

- que seja executado por pessoal qualificado;
- que o motor esteja desligado da rede de alimentação;
- que o ambiente esteja limpo para a realização do trabalho;
- que o material utilizado (lubrificante ou peças) seja conforme recomendado pelo fabricante do motor.

13.2.1. LIMPEZA

Considerada fator primeiro de qualquer serviço de manutenção, promove melhor funcionamento, prolongando a vida útil e dando um melhor aspecto ao motor.

Com o motor parado, esfregar um pano (que não solte fiapos), embebido em solvente

para melhor retirar poeiras, detritos, graxas ou óleos que possam estar acumulados sobre a carcaça e, internamente, somente com a aplicação do aspirador de pó (nunca usar estopas), executar a limpeza dos enrolamentos, cabeceiras de bobinas e ranhuras.

Execute uma limpeza sistemática, periódica e controlada, garantindo o normal rendimento dos motores. Não espere que acúmulo de sujeira venha em detrimento da qualidade do motor, sendo causa de possível sobreaquecimento.

Obs.: quando em ambientes agressivos, verificar a correta especificação do motor, evitando quaisquer contratempos.

13.2.2. LUBRIFICAÇÃO

13.2.2.1. Sistemas de lubrificação

a) Lubrificação permanente: quando se utilizam rolamentos blindados.

Empregada nos motores industriais de carcaças 56 a 160, motores NEMA 48 e 56 e motores monofásicos rural em ambos os mancais (fig. 13.1) nos motores IP23, carcaça 180 a 250 somente lado oposto acoplamento (fig. 13.2.a).

b) Lubrificação periódica: o sistema de lubrificação periódica é adotado para motores com carcaças 180 a 355 em ambos os mancais. (Fig. 13.2.b). nos motores IP 23, carcaça 180 a 250, somente lado acoplamento (fig. 13.2.a) e carcaça 280 a 315 em ambos os mancais (fig. 13.2.b).

Estes motores são equipados com engraxadeira de cabeça esférica com rosca de base cônica (tecalemite), o que possibilita a injeção de graxa nos rolamentos sem desmontar os mancais.

A graxa injetada por esta engraxadeira passa pelo canal da tampa e penetra no mancal pelo lado interno do motor, entre o flange interna e o rolamento. Após o preenchimento deste espaço a graxa passa entre os corpos rolantes e as duas pistas do rolamento, atingindo assim o espaço entre o rolamento e a flange externa, alcançando o compartimento inferior desta, onde existe abertura apropriada para a retirada da graxa usada.

Com este sistema fica garantida a lubrificação do rolamento, uma vez que a graxa injetada, obrigatoriamente, deverá passar entre os corpos rolantes.

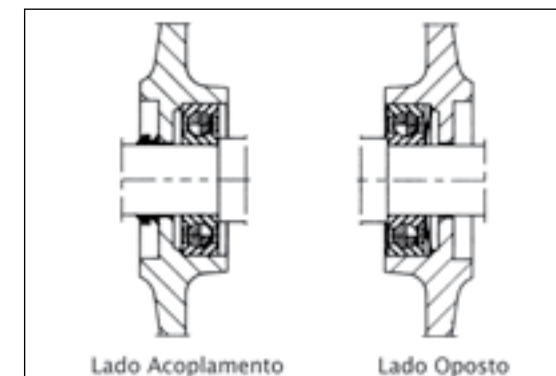


Fig. 13.1.

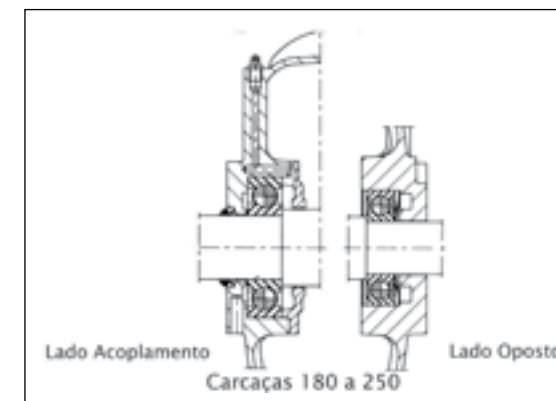


Fig. 13.2.A.

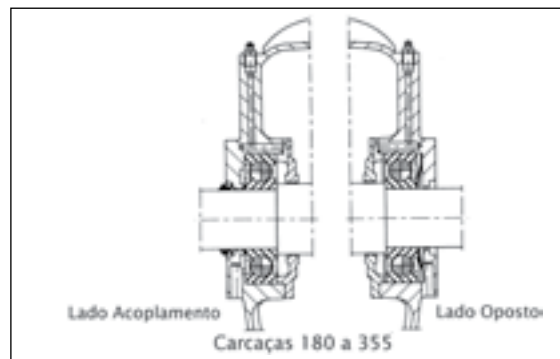


Fig. 13.2.B.

Obs.: ao efetuar a lubrificação periódica verificar se o furo de dreno está desobstruído.

13.2.2.2. Lubrificantes

Como os rolamentos utilizados nos motores elétricos se compõem de anéis, elementos rolantes e separadores, e como todo tipo de movimento relativo entre dois corpos sólidos dá origem ao atrito, que entre outros inconvenientes representa uma perda direta de energia, é de grande importância reduzir este atrito ao máximo, minimizando os efeitos negativos, bem como o aquecimento, o ruído e o desgaste das peças.

Isto é obtido com a interposição entre as peças metálicas de uma substância fluida, o lubrificante, que se divide para fins práticos em óleos, graxas, sintéticos e composições betuminosas.

Recomendamos a utilização de graxas para lubrificação dos rolamentos dos motores Voges, considerando, sobre os demais lubrificantes, a vedação simplificada, as vantagens de menor risco de vazamento, fácil transporte, estoque e aplicação, bem como a dispensa do controle de nível, bastando observar os intervalos de lubrificação.

13.2.2.2.1. Graxa

A graxa nada mais é do que uma massa esponjosa de sabão impregnada com óleo.

A pressão desta massa entre as

pistas e os corpos rolantes do rolamento libera uma quantidade de óleo suficiente para formar um filme lubrificante entre as partes em atrito.

Em vista de definirmos a graxa como lubrificante adequado para os motores,

GRAXAS RECOMENDADAS PARA MOTORES VOGES					
FABRICANTE	GRAXAS	ESPESSANTE	NLGI	TEMPERATURA DE CATALOGO (°C)	PONTO DE GOTTA (°C)
TEMPERATURA NORMAL (-10 a 130°C)					
Bardahl CP	Bardahl**	Lítio	2	-10 a + 150	180
Shell	Alvania R2*	Lítio	2	-18 a + 150	180
Esso	Beacon	Lítio	2	-50 a + 130	185
esso	unirex n2	comp. lítio	2	-40 a + 204	304
Dow Corning	Molykote 33	Silicone c/sabão Lítio	2	-75 a + 180	Sem
Dow Corning	Silicone DC44	Silicone	2	-40 a + 200	200
Dow Corning	Molykote FB 180	Óleo M. Engross.	2	-32 a + 140	Sem
ALTA TEMPERATURA (-10 A 200°C)					
esso	unirex n2	complexo de lítio	2	-40 a + 204	304
Dow Corning	Silicone DC44	Silicone	2	-40 a + 200	200
Klüber	staburags n12mf	espessantes inorgânicos	2	-35 a + 200	220
Klüber	isoflex n8u15	espessantes inorgânicos	2	-30 a + 150	220
BAIXA TEMPERATURA (-30 a 130°C)					
Mobil Oil	Mobil Grease 28	Argila Modificada (Sintética)	2	-50 a + 200	260
mobil oil	mobilith sHc100	complexo de lítio (sintética)	2	-50 a + 180	274
Dow Corning	Molykote TTF52	Óleo M. Engross.	1	-52 a + 100	Sem
Dow Corning	Silicone DC44	Silicone	2	-40 a + 200	200
Dow Corning	Molykote 33	Silicone c/sabão Lítio	2	-75 a + 180	Sem
esso	unirex n2	complexo de lítio	2	-40 a + 204	304
Esso	Beacon	Lítio	2	-30 a + 130	185
BAIXA TEMPERATURA (-50 a 130°C)					
Dow Corning	Molykote 33	Sil. c/sabão Lítio ORIGINAL DE FÁBRICA	2	-75 a + 180	Sem
ORIGINAL DE FÁBRICA					
Esso	Polirex EM	Poliuréia	2	-30 a 170	288
Klüber	Klüberlub BH74-152	Poliuréia	2	-30 a 170	250
Chemlub	Frame Grease ME	Poliuréia	2	-30 a 170	270
NCH Brasil	Premalub Xtreme	Sintética (Sulfonato de cálcio)	2	-10 a 250	300

Tabela 13.1.

Observações:

1. Existência ou manutenção das propriedades indicadas para as graxas da tabela acima são responsabilidade única e exclusiva dos fabricantes de lubrificantes.

2. Graxas utilizadas para lubrificação dos motores Voges, sendo:

• Rolamentos blindados*

• Rolamentos sem blindagem**

3. NLGI - National Lubricating Grease Institute

veremos a seguir como escolher e aplicar e quais os tipos e marcas existentes no mercado.

13.2.2.2.2. Qualidade de graxa

Para assegurar uma vida útil mais longa aos rolamentos, deve-se escolher lubrificantes convenientes e métodos de lubrificação adequados.

Rolamentos com excesso ou insuficiência de lubrificante, pré-carga excessiva, montagem inconveniente, etc., sofrerão um aumento de temperatura, que poderá ultrapassar o limite admitido para o lubrificante.

Por isto, quanto maior for a diferença entre a temperatura efetiva do rolamento em operação e a temperatura de utilização máxima admitida pela graxa, mais favoráveis serão as condições para lubrificação de longa duração.

Rolamentos que são submetidos a altas cargas devem utilizar graxas com aditivos de extrema pressão. A graxa deverá ter boa estabilidade para permanecer quase inalterada em ambos os lados do rolamento em rotação, oferecendo assim boa proteção. A consistência de uma graxa é a indicação simplificada da penetração trabalhada de conformidade com a escala NLGI (NATIONAL LUBRICATING GREASE INSTITUTE). Em regra, o grau 2 de consistência (penetração 265-295 conforme norma ASTM) é adequado para rolamentos.

As graxas recebem aditivos químicos, que aumentam sua eficiência, reforçando-as ou conferindo-lhes características necessárias às exigências dos motores elétricos.

Recomendamos que as graxas a serem utilizadas nos rolamentos dos motores Voges contêm aditivos inibidores de oxidação, extrema pressão e antiferrugem.

A tabela 13.1 indica os tipos de graxas que podem ser utilizados nos motores Voges, e seus respectivos fabricantes.

13.2.2.2.3. Compatibilidade de graxas

Agraxa utilizada pela Voges é a Polirex EM, graxa de poliuréia especialmente desenvolvida para mancais de motores elétricos. Esta graxa apresenta boa compatibilidade com as graxas de lítio convencionais.

Obs:

• Não é recomendada a mistura de graxas.

• Caso seja utilizado outro tipo de graxa, consulte o fabricante;

• A tabela de intervalos de relubrificação deste manual não é válida para outro tipo de graxa.

13.2.3. ROLAMENTOS E MANCAIS

13.2.3.1. Relubrificação e substituição de rolamentos

De acordo com o sistema de lubrificação empregado temos:

a) Para motores com lubrificação periódica: a relubrificação deve ser executada com o motor em funcionamento, facilitando assim a renovação de graxa no alojamento do rolamento. Para esta operação basta

introduzir a quantidade de graxa de acordo com os intervalos indicados na tabela 13.3 ou nas placas de identificação dos motores.

Deve-se observar que graxas não compatíveis ou com saponificações diferentes, quando misturadas, podem se deteriorar mutuamente e com isso privar o rolamento da lubrificação necessária.

b) Para motores com lubrificação permanente:

os rolamentos, por serem blindados, não devem ser relubrificadas e sim substituídos.

13.2.3.2. Substituição de rolamentos

Desmontagem dos mancais

A seguir é apresentada uma sequência de recomendações básicas para a substituição de rolamentos, considerando-se que os componentes demonstrados nas figuras podem ou não existir de acordo com o modelo e ano de fabricação.

13.2.3.2.1. Motores carcaça 56 a 160

Os motores Voges com carcaça 56 a 160 são equipados com mancais de rolamentos de esferas blindados em ambos os lados. O desgaste desses rolamentos, após grande período de trabalho, provoca um funcionamento excessivamente ruidoso, acompanhado de vibração e aquecimento do motor. Nestes casos, os rolamentos devem ser substituídos, procedendo-se da seguinte maneira:



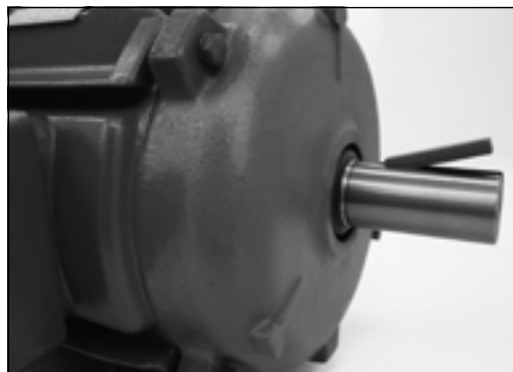
A - Retirar a calota que protege o ventilador. Para esta operação, basta retirar os quatro parafusos que fixam a calota à tampa.



B - Retirar o anel elástico.



C - Retirar o ventilador utilizando-se de um extrator adequado.



D - Retirar a chave.



E - Retirar o anel V-Ring.



F - Retirar os parafusos que fixam as tampas. Verificar a existência de flange interna retirando seus parafusos



G - Retirar as tampas.

Para esta operação deve-se golpear as tampas com um martelo de madeira separando-as da carcaça.

Notar que na tampa traseira existe a mola de compensação de pré-carga que permite uma folga axial de acordo com o indicado na tabela 13.2.

	Folga Axial (mm)									
Carc.	56	63	71	80	90	100	112	132	160	
Min.	0,5	0,8	0,8	0,7	1,0	1,5	1,1	1,6	2,0	
Máx.	1,1	1,4	1,4	1,3	1,6	2,1	1,9	2,4	2,8	

Tabela 13.2.



H-Retirar o conjunto do rotor do interior do motor com o máximo cuidado, evitando qualquer dano à bobinagem.



I - Retirar do eixo os rolamentos danificados, por meio de extrator ou prensa.



J - Montar os rolamentos novos com o auxílio de uma prensa, apoiando somente sobre a pista interna.

Não é recomendado utilizar batidas ou golpes para a montagem dos rolamentos no eixo. Porém, eventualmente, por falta de prensa, pode-se utilizar um tubo de cobre. Apoiar-se o tubo sobre a pista interna do rolamento, golpeando-o com martelo.



L - Montar o motor executando as operações inversamente indicadas para a desmontagem.

13.2.3.2.2. Motores carcaça 180 a 355

A - Retirar a calota que protege o ventilador (em chapa de aço nas carcaças 180 a 250 e em ferro fundido nas carcaças 280 a 355). Para esta operação, basta retirar os quatro parafusos de fixação.

B - Retirar o ventilador (afrouxando os parafusos).

C - Retirar os parafusos de fixação de ambos os lados do motor, desmontar os flanges de bloqueio dos rolamentos e os anéis de vedação.

D - Retirar as tampas. Para esta operação basta retirar os parafusos de fixação e servir-se dos furos rosqueados adequados para a extração das tampas da carcaça. Se necessário, golpear levemente com um martelo de madeira sobre as orelhas das tampas.

E - Retirar o rotor. Quando for desnecessária a troca do rolamento no lado do ventilador, pode-se retirar o rotor juntamente com a tampa e o ventilador.

Montagem do motor:

A - Montar os rolamentos sobre o eixo, aquecendo-os com aquecedor indutivo entre 90 e 100°C.

B - Lubrificar o rolamento.

C - Introduzir o rotor no estator e, antes de montar as tampas, parafusar provisoriamente no furo rosqueado do flange interno de vedação um pequeno tirante guia, sem cabeça, a fim de se estabelecer a posição dos furos do flange interno com as tampas.

D - Seguir a sequência inversa da montagem.



Motores carcaça 180 a 400.

Observações:

1 - Conforme recomendação da NSK na pág. A106 de seu catálogo geral, os rolamentos de rolos cilíndricos possuem metade do tempo de intervalos de relubrificação se comparado com os intervalos dos rolamentos fixos de esferas.

2 - Os rolamentos ZZ que vão de 6200 a 6309 não necessitam ser relubrificados pois sua vida útil está em torno de 20000 horas,

o que coincide com o período de vida da própria graxa.

3 - Os períodos de relubrificação das tabelas acima são para temperatura do mancal de 70°C (para rolamentos até 6312 e NU 312) e temperatura de 85°C (para rolamentos 6313 e NU 313 e maiores).

4 - Para cada 15°C na elevação da temperatura, o período de relubrificação se reduz à metade.

5 - Os períodos citados nas tabelas acima são para o uso de graxa Polyrex EM e não servem para aplicações especiais.

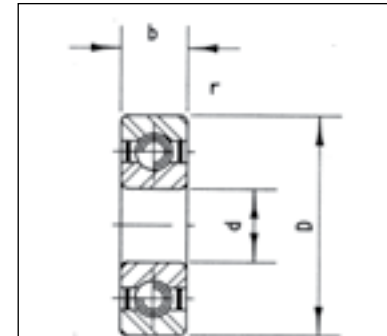
6 - Os motores, quando utilizados na posição vertical, têm seus intervalos de relubrificação reduzidos em 50% em relação aos motores utilizados na posição horizontal.

INTERVALOS DE LUBRIFICAÇÃO E QUANTIDADE DE GRAXA P/ROLAMENTOS

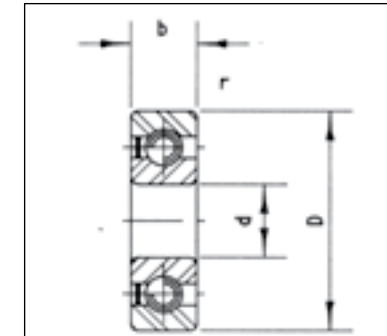
ROLAMENTO	INTERVALOS DE RELUBRIFICAÇÃO (Horas de funcionamento)												GRAXA (g)	
	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS		10 POLOS		12 POLOS			
	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz		
ROLAMENTOS FIXOS DE ESFERAS - SÉRIE 63														
SÉRIE 63	6311	11000	13000	18000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20
	6312	10000	12000	17000	19000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	25
	6313	7000	8500	13000	14500	16000	18000	19000	20000	20000	20000	20000	20000	30
	6314	4000	5000	10000	12000	14000	16000	17000	19000	19000	20000	20000	20000	35
	6316	-	-	9200	10600	12000	14500	15000	18000	18000	20000	20000	20000	40
	6319	-	-	7000	8400	10600	12000	13000	15500	15500	17000	17000	20000	50
	6322	-	-	5300	6700	9000	10000	11000	13000	13000	15000	15000	17000	60
ROLAMENTOS FIXOS DE ESFERAS - SÉRIE NU 3														
SÉRIE NU 3	NU 311	5500	6500	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	20
	NU 312	5000	6000	8500	9500	10000	11000	11500	12000	12500	14000	15000	16000	25
	NU 313	3500	4250	6500	7250	8000	9000	9500	10000	10000	12000	13000	14000	30
	NU 314	2000	2500	5000	6000	7000	8000	8500	9500	9500	11000	12000	13000	35
	NU 316	-	-	4600	5300	6000	7250	7500	9000	9000	10000	11000	12000	40
	NU 319	-	-	3500	4200	5300	6000	6500	7750	7750	8500	8500	10000	50
	NU 322	-	-	2650	3350	4500	5000	5500	6500	6500	7500	7500	8500	60

Tabela 13.3.

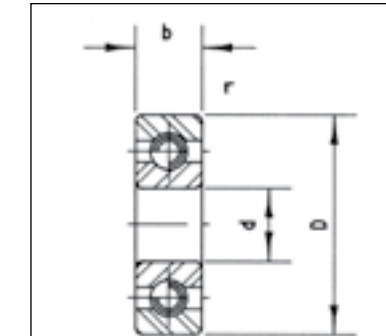
Rolamentos utilizados nos motores elétricos Voges



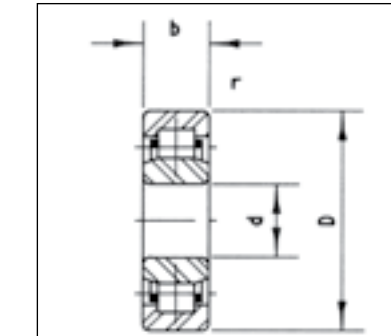
**TIPO C
ZZ -**
ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS COM DUAS CHAPAS PROTETORAS.



**TIPO E
Z**
ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS COM UMA CHAPA PROTETORA.



TIPO S
ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS SEM CHAPA PROTETORA.



TIPO R
ROLAMENTOS DE ROLOS CILÍNDRICOS.

MOTORES INDUSTRIAIS CARCAÇAS 56 A 355

Carçaça	Polos	Mancais		Dimensões em mm				Tipo
		Dianteiro	Traseiro	d	D	b	r	
56	2 a 8	6200 ZZ	6200 ZZ	10	30	9	0,6	C
63	2 a 8	6201 ZZ	6201 ZZ	12	32	10	0,6	C
71	2 a 8	6203 ZZ	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
80	2 a 8	6204 ZZ	6204 ZZ	20	47	14	1	C
90	2 a 8	6205 ZZ	6205 ZZ	25	52	15	1	C
100	2 a 8	6206 ZZ	6206 ZZ	30	62	16	1	C
112	2 a 8	6307 ZZ	-	35	80	21	1,1	C
112	2 a 8	-	6306 ZZ	30	72	19	1,5	C
132	2 a 8	6308 ZZ	6308 ZZ	40	90	23	2	C
160	2 a 8	6309 ZZ C3	6309 ZZ C3	45	100	25	2,1	C
180	2 a 8	6311 C3	6311 C3	55	120	29	2,1	S
200	2 a 8	6312 C3	6312 C3	60	130	31	2,1	S
225	2 a 8	6313 C3	6313 C3	65	140	33	2,1	S
250	2 a 8	6314 C3	6314 C3	70	150	35	2,1	S
280	2	6314 C3	6314 C3	70	150	35	2,1	S
280	4 a 8	6316 C3	6316 C3	80	170	39	2,1	S
315	2	6314 C3	6314 C3	70	150	35	2,1	S
315	4 a 8	-	6316 C3	80	170	39	2,1	S
315	4 a 8	6319 C3	-	95	200	45	3	S
355	2	6314 C3	6314 C3	70	150	35	2,1	S
355	4 a 8	6322 C3	-	110	240	50	3	S
355	4 a 8	-	6319 C3	95	200	45	3	S

Tabela 13.4.

Obs: Os motores carçaça 180 a 355 (4/8) polos podem ser fornecidos opcionalmente com rolamentos de rolo (tipo R) no lado do acoplamento.

MOTORES NEMA IP21												
Carcaça	Polos	Potência	Hz	Tensão	Mancais		Nº Rolamento	Dimensões em mm				Tipo
					L. Acopl.	L. Oposto		d	D	b	r	
N48 e N56(48)	2	1/8 a 3/4 CV	50	Monofásico	1	-	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
		1/4 a 1,5 CV		Trifásico	-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C
	1/8 a 1/3 CV	Monofásico		1	-	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	
N48 e N56(48)	2	1/8 a 3/4 CV	60	Monofásico	1	-	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
		1,0 CV		Trifásico	-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C
	1/4 a 1,5 CV	Monofásico		1	-	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	
N48 e N56(48)	4	1/8 a 1/2 CV	60	Monofásico	1	-	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
		1/4 a 3/4 CV		Trifásico	-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C
	1,0 a 2,0 CV	Monofásico		1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	
N56	2	2, e 3,0 CV	50	Monofásico	1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C
		1/2 a 2,0 CV		Trifásico	-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C
	1,0 a 2,0 CV	Monofásico		1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	
N56	2	1,5 e 2,0 CV	60	Monofásico	1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C
		3,0 CV		Trifásico	-	1	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
	2,0 e 3,0 CV	Monofásico		1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	
N56	4	3/4 a 2,0 CV	60	Monofásico	1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C
		3,0 CV		Trifásico	-	1	6203 ZZ	17	40	12	0,6	C
	1,0 a 3,0 CV	Monofásico		1	-	6204 ZZ	20	47	14	1	C	
		Trifásico		-	1	6202 ZZ	15	35	11	0,6	C	

Tabela 13.4.

13.2.4. MANUTENÇÃO ELÉTRICA

13.2.4.1. Verificação da resistência do isolamento

O isolamento em um motor elétrico é a resistência à passagem da corrente elétrica de uma fase do estator em relação às demais fases e a carcaça do motor em relação aos enrolamentos.

Após um certo período de utilização ou estocagem do motor, o acúmulo de poeira, o aquecimento das bobinas, as variações de temperatura ambiente e a absorção de umidade fazem com que a resistência de isolamento diminua, dando origem ao que se denomina “corrente de fuga”. Estas correntes de fuga vão aumentando até o ponto em que se forma um curto-circuito entre o enrolamento e a carcaça ou entre fases. Esta ocorrência constitui não só perigo para a máquina, mas também para seus operadores, razão pela qual a carcaça de toda a máquina elétrica deve estar solidamente aterrada.

Uma maneira de se controlar estas correntes de fuga é realizando verificações periódicas na resistência de isolamento. Esta verificação é feita por ohmímetros especiais de alta tensão, também conhecidos por “megohmetro”.

Este aparelho consiste em um dispositivo, mecânico ou eletrônico, capaz de gerar um nível de tensão (em alguns aparelhos até 5.000 volts) que é aplicada entre o enrolamento e a carcaça. Além de gerar esta tensão, o “megohmetro” possui um indicador da resistência do isolamento entre as partes sob teste, que deve ser realizado com o motor desconectado da rede de alimentação para evitar interferências na leitura.



Figura 13.3.

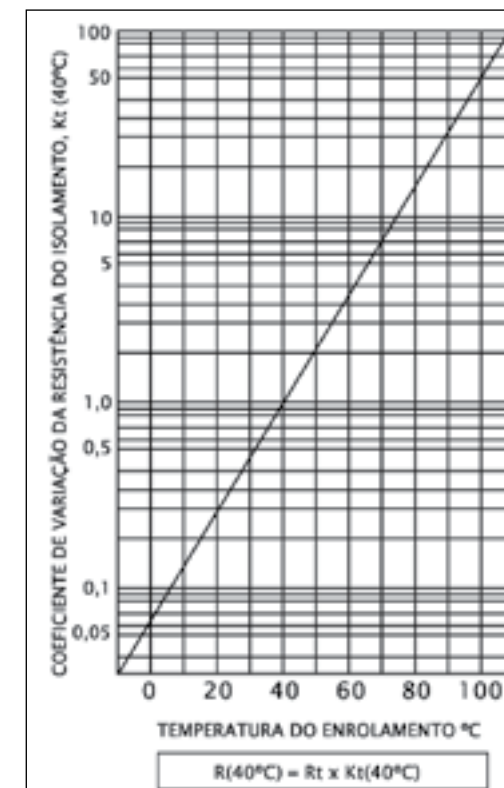


Gráfico 13.4.

Para que o motor esteja em boas condições quanto ao isolamento, o valor da resistência deve ser superior a 10 megohm a 40°C. Caso este valor seja inferior, será

necessário realizar uma revisão detectando o local de baixo isolamento.

Quando o ensaio for realizado em temperatura diferente de 40°C, faz-se necessário proceder a correção aproximada pelo gráfico 13.4.

Obs.: o excesso de umidade costuma ser, na maioria dos casos, o grande responsável pela redução da resistência de isolamento. Para eliminar este excesso pode-se adotar alguns procedimentos como:

- alimentar o motor em baixa tensão ocasionando circulação de corrente e consequente aquecimento dos enrolamentos;
- usar aquecedores (luzes infravermelhas com incidência direta) desde que a temperatura ambiente não ultrapasse 105°C, com o motor desmontado.
- aquecer em estufa à temperatura mínima de 80°C acrescentando 5°C cada hora até 105°C, devendo permanecer num período mínimo de 1 hora. No caso da resistência permanecer baixa, aconselha-se efetuar uma nova impregnação do estator.

13.2.4.2. Conexões

Outro ponto que deve ser verificado periodicamente nos motores são as conexões entre estes e a rede de alimentação. Estas ligações, quer sejam diretas ou através de dispositivos de partida e controle, devem estar bem conectadas. Caso contrário, poderá ocorrer oxidação nos terminais (dificultando ou até interrompendo a passagem de corrente), bem como faiscamento, podendo inutilizar os cabos de ligação através da elevação de temperatura.

13.3. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Esta é a forma mais elementar de manutenção. Realizada após apresentar-se o problema, geralmente ocasiona a paralisação da máquina e, dependendo do defeito, do setor inteiro ou de um processo de produção.

Este tipo de manutenção demonstra não ser o mais adequado para um sistema industrial organizado que deseja possuir razoável margem de segurança, bem como cumprir determinado plano de produção.

13.3.1. Defeitos, Causas e Soluções

Geralmente, em motores elétricos, os problemas que ocorrem provêm da bobinagem ou, em menor escala, por falhas mecânicas.

Quando há necessidade de retrabalho, principalmente rebobinagens, deve-se

proceder da seguinte forma:

a) ao desmontar um motor, deixar as peças limpas e ordenadas e, se possível, cobri-las para evitar o acúmulo de poeira.

b) acompanhar o processo de desmontagem através das instruções constantes neste manual.

c) ao retirar o fio danificado, evitar aquecer com fogo direto o pacote do estator, pois isto prejudica o tratamento térmico dado quando da fabricação, alterando as características magnéticas, além de deformar o estator. É mais aconselhável a retirada do fio apenas tracionando-o.

d) utilizar sempre dados de bobinagem originais de fábrica, evitando copiá-la de motor

não original.

Na falta de fio correto, pode-se utilizar as tabelas 13.5. e 13.6., a seguir, onde tem-se a equivalência entre fios escala AWG e milimétrica, ou a substituir um condutor por um grupo de dois ou mais condutores. Assim, por exemplo, um motor com condutor 3x20 AWG, seção nominal de 1,557mm² pode ser substituído por fio 6x23 AWG (tabela 13.5.) e um motor que utiliza um condutor 0.71mm pode ser substituído por 2x0,5mm (tabela 13.6.), que possuem aproximadamente a mesma seção.

Porém, mesmo com o uso da tabela, se houver dúvidas ou não houver aproximação das seções nas tabelas, consulte a fábrica.

e) utilizar material isolante de qualidade igual ao utilizado pelo fabricante, pois a boa isolamento no mínimo é exigência de projeto.

Q mm	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
2,000	3,140	6,280	9,420	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,81	43,98	47,12
1,70	2,270	4,540	6,810	9,08	11,35	13,62	15,89	18,16	20,43	22,70	24,97	27,24	29,51	31,78	34,05
1,40	1,540	3,080	4,620	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	16,93	18,47	20,01	21,55	23,09
1,25	1,230	2,450	3,680	4,91	6,14	7,36	8,59	9,82	11,04	12,27	13,50	14,73	15,95	17,18	18,41
1,12	0,985	1,970	2,956	3,941	4,926	5,911	6,896	7,882	8,867	9,852	10,84	11,82	12,81	13,79	14,78
1,00	0,785	1,571	2,356	3,142	3,927	4,712	5,498	6,283	7,069	7,854	8,639	9,425	10,21	11,00	11,78
0,90	0,636	1,272	1,909	2,545	3,181	3,817	4,453	5,089	5,726	6,362	6,998	7,634	8,270	8,906	9,543
0,80	0,503	1,005	1,508	2,011	2,513	3,016	3,519	4,021	4,524	5,027	5,529	6,032	6,535	7,037	7,540
0,71	0,396	0,792	1,188	1,584	1,980	2,376	2,771	3,167	-	-	-	-	-	-	-
0,63	0,312	0,623	0,935	1,247	1,559	1,870	2,182	2,494	-	-	-	-	-	-	-
0,56	0,246	0,493	0,739	0,985	1,232	1,478	1,724	1,970	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,178	1,374	1,571	-	-	-	-	-	-	-
0,45	0,159	0,318	0,477	0,636	0,795	0,954	1,113	1,272	-	-	-	-	-	-	-
0,40	0,126	0,251	0,377	0,503	0,628	0,754	0,880	1,005	-	-	-	-	-	-	-
0,355	0,099	0,198	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,315	0,078	0,156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,300	0,071	0,141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,280	0,062	0,123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,250	0,039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,224	0,039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,200	0,031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 13.6.

f) o envernizamento pode ser manual, desde que siga os seguintes tempos, temperaturas e especificação da tabela 13.7.

g) remontar o motor sempre com peças originais, evitando qualquer tipo de adaptação.

h) sempre entregar o motor pintado ao cliente, o que melhora consideravelmente seu aspecto.

Q AWG	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
12	3,31	6,61	9,92	13,23	16,54	19,84	23,15	26,46	29,96	33,07	36,39	39,68	42,99	46,30	49,61
13	2,63	5,25	7,88	10,51	13,14	15,76	18,39	21,02	23,64	26,27	28,89	31,52	34,15	36,78	39,41
14	2,08	4,16	6,25	8,33	10,41	12,49	14,57	16,66	18,74	20,82	22,90	24,98	27,07	29,15	31,23
15	1,65	3,30	4,95	6,60	8,26	9,91	11,56	13,21	14,86	16,51	18,16	19,81	21,46	23,11	24,77
16	1,31	2,61	3,92	5,23	6,54	7,84	9,15	10,46	11,76	13,07	14,38	15,68	16,99	18,30	19,61
17	1,04	2,08	3,12	4,16	5,20	6,24	7,28	8,32	9,36	10,40	11,44	12,48	13,52	14,56	15,60
18	0,823	1,647	2,471	3,294	4,118	4,941	5,765	6,588	7,412	8,235	9,059	9,882	10,71	11,53	12,35
19	0,653	1,307	1,960	2,613	3,267	3,920	4,573	5,226	5,880	6,533	7,186	7,840	8,493	9,146	9,800
20	0,519	1,038	1,557	2,076	2,596	3,115	3,634	4,153	-	-	-	-	-	-	-
21	0,417	0,823	1,235	1,647	2,059	2,470	2,882	3,294	-	-	-	-	-	-	-
22	0,325	0,649	0,974	1,299	1,624	1,948	2,273	2,598	-	-	-	-	-	-	-
23	0,259	0,518	0,776	1,035	1,294	1,553	1,812	2,070	-	-	-	-	-	-	-
24	0,205	0,410	0,615	0,820	1,026	1,231	1,436	1,641	-	-	-	-	-	-	-
25	0,163	0,325	0,488	0,650	0,813	0,976	1,138	1,301	-	-	-	-	-	-	-
26	0,128	0,256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,102	0,205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	0,080	0,161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	0,065	0,129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0,051	0,101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	0,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 13.5.

Carcaça	56 a 100, N48 e N56	112 a 160	180 a 250	280 a 355
Mergulho	50 min	50 min	60 min	1:30 h
Escorrimento	1:30 h	1:30 h	2 h	2:30 h
Estufa	2 h	2:30 h	4 h	4 h
Temperatura	130°C	130°C	130°C	130°C
Temperatura do verniz	40°C	40°C	40°C	40°C
Diluyente	Sim	Sim	Sim	Sim
Diluição	5 a 10%	5 a 10%	5 a 10%	5 a 10%

Tabela 13.7.

OBS.: verniz utilizado na fabricação: Isonel 31-398 da Schenectady do Brasil e Oxi-150 da Oxiquima, diluyente: Xilol. É recomendado um pré-aquecimento do estator bobinado a 70°C para retirar a umidade e permitir maior penetração do verniz isolante.

13.3.2. DEFEITOS MAIS FREQUENTES EM MOTORES

1. Não se consegue dar partida ao motor	
Possíveis Causas	Correção
Ausência de tensão	Revisar as ligações de alimentação ao sistema de comando e deste ao motor
Erro nas ligações do sistema de comando	Revisar estas ligações comparando-as ao indicado na placa de identificação do motor.
Falta de contato junto à ligação de um ou mais bornes.	Reapertar conexões.
Tensão de alimentação baixa	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • dimensionamento da rede de alimentação. • sobrecarga no circuito. • níveis de tensão da energia fornecida. Obs.: os motores deverão funcionar satisfatoriamente de acordo com o item 11.1.1. deste manual.
Sobrecarga	Verificar seu funcionamento a vazio. Caso o mesmo não apresente problemas, examinar a máquina acionada, identificando as causas mecânicas desta sobrecarga.
Enrolamento monofásico com o auxiliar aberto	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • Platinado e/ou centrífugo danificados. Para regulagem correta do centrífugo ver Fig. 13.4.
	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitor danificado ou fora de especificação.

2. Ruído excessivo e vibrações	
Possíveis Causas	Correção
Entreferro não uniforme	Verificar as condições do conjunto do rotor centrando-o, se necessário, e analisar as condições dos rolamentos e tirantes.
Detritos no motor	Desmontá-lo e efetuar a limpeza através de jato de ar seco.
Desbalanceamento	Rebalancear conjunto do rotor, porém verificar se a carga também não tem problema idêntico.
Objetos estranhos presos entre tampa e ventilador	Desmontá-lo procedendo a retirada de tais objetos, afastar do motor qualquer tipo de detrito que possa gerar tal problema.
Motor mal fixado ou com fundações frouxas	Apertar todos parafusos de fixação e realinhar motores.
Rolamentos	Verificar as condições dos mesmos quanto à lubrificação, montagem ou excesso de carga.
Sem alinhamento	Verificar as condições de alinhamento entre o eixo do motor e o equipamento.
Regulagem do centrífugo	Revisar conforme figura 13.4.

ORIENTAÇÃO PARA MONTAGEM DO SUPORTE DO CENTRÍFUGO

1 - Observar a dimensão de montagem, altura do centrífugo em relação ao batente do rolamento, conforme fig. A - Cota A.

2 - Introduzir o suporte no eixo com auxílio de ferramenta (tubo ou similar), conforme fig. B até o mesmo estar na posição indicada no respectivo desenho.

Fig.	A	Motores
A	35,9	NEMA Standart - Jet Pump - N56 (48) e N48 - 2 e 4 polos
A	32,4	NEMA Standart - Jet Pump - N56 - 2 e 4 polos
A	29,3	Motor Rural - Carcaça 90 - 2 e 4 polos
A	31,2	Motor Rural - Carcaça 71, 80 e 100 - 2 e 4 polos
A	34	Motor Rural - Carcaça 112 - 2 e 4 polos
A	32	Motor Rural - Carcaça 132 - 2 e 4 polos

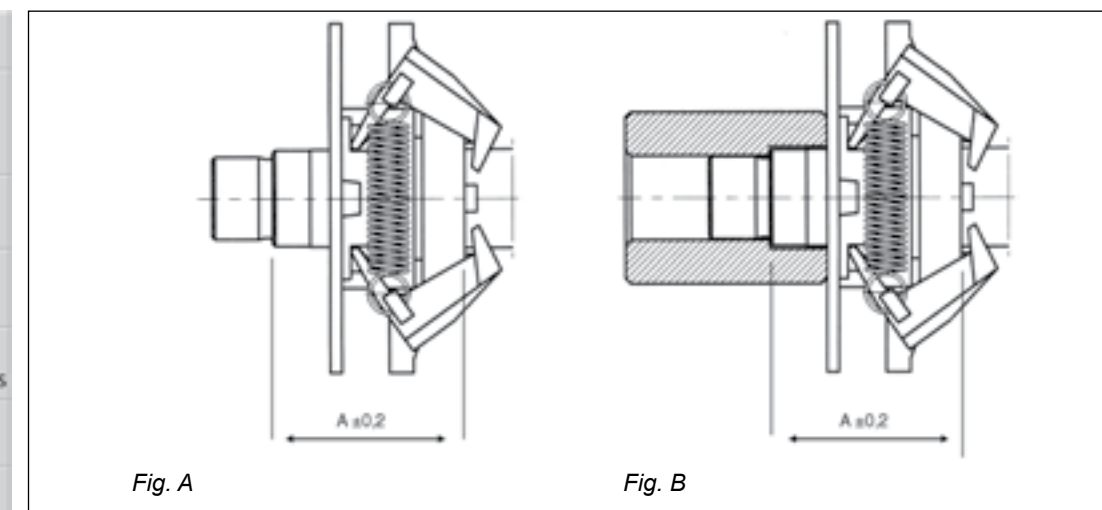


Fig. 13.4.

3. Aquecimento excessivo	
Possíveis Causas	Correção
Sobrecarga	Verificar tensão e corrente sob condições normais, para análise da aplicação
Ventilação obstruída	Limpar as entradas de ar
Tensão e frequência	Verificar os valores na placa de identificação do motor comparando-os aos da rede de alimentação (item 11.1.1)
Partida e/ou reversões constantes	Trocar o motor por outro específico para a função
Desequilíbrio de fases	Verificar o valor de tensão nas três fases da rede de alimentação ou se há falta de fase

4. Rolamentos com aquecimento excessivo	
Possíveis Causas	Correção
Esforço axial ou radial excessivo	Fazer a devida regulagem de acoplamento ou utilizar motor específico para a aplicação
Falta de graxa	Colocar a necessária lubrificação dos rolamentos
Eixo torto	Realinhar e rebalancear o conjunto do rotor
Tampas mal colocadas ou frouxas	Verificar o encaixe das tampas na carcaça e o aperto das mesmas
Esferas presas por graxa dura	Trocar os rolamentos
Superfícies danificadas dos rolamentos	Trocar os rolamentos antes de causarem danos ao eixo e tampas
Graxa indevida ou com materiais estranhos, não recomendada pelo fabricante	Lavar os alojamentos e relubrificar com a graxa

Outros exemplos:

a) Curto-circuito

a.1

Entre espiras: podem ocorrer quando dois pontos com deficiência na isolação coincidem entre si ou quando dois condutores que estão lado a lado apresentam defeitos em pontos comuns. Umidade, vibração, motor mal especificado para o trabalho, sobrecarga, etc., também podem vir a causar este problema.

Geralmente, um motor com as espiras em curto-circuito gira lentamente e produz um ruído semelhante a um “zumbido”, além de aquecer em demasia. Este tipo de defeito costuma ocorrer logo após a colocação do motor em serviço.

a.2

Contra a massa: pode ocorrer devido à umidade, sujeira, vibração, isolação inadequada ou ressequida. Localiza-se este defeito fazendo-se a medição do isolamento com megôhmetro, colocando um polo em uma das fases e o outro na massa, sendo que o aparelho deve estar ajustado na tensão nominal do motor. Para efeitos práticos, admite-se como valor mínimo 10 megohm (vide item 13.2.4.1).

a.3

Entrefases: as causas são as mesmas do item anterior, porém a localização do defeito é diferente. Coloca-se um polo do megôhmetro em uma fase e outro polo em outra fase.

b) Queima das fases

b.1

Uma das fases queimada: quando um motor está ligado em triângulo e há falta de tensão em uma das fases, dois enrolamentos ficarão com baixa corrente. Porém, no outro enrolamento, haverá um considerável aumento, gerando a redução da rotação do motor. Com esta redução, a corrente subirá ainda mais, determinando a queima por completo deste enrolamento. Falta de proteção ou mal dimensionamento são as causas mais comuns deste problema, e a correção pode ser obtida verificando-se o item 11.2.

b.2

Duas das fases queimadas: contrário ao item anterior, este problema costuma ocorrer quando o motor está ligado em estrela. Se há falta de tensão em uma das fases, um enrolamento não terá circulação de correntes e os demais ficarão com uma sobrecorrente que os danificará. As causas e soluções são idênticas ao item anterior.

b.3

As três fases queimadas: sobrecargas mecânicas ou elétricas costumam causar este tipo de problema nos motores. Motores mal especificados, com elevado número de partidas em operação, subdimensionados são alguns exemplos comuns de sobrecarga mecânica. Sobretensões, erro nas ligações internas ou externas ou falha no comando são exemplos de sobrecarga elétrica. As causas ou correções devem ser verificadas caso a caso, devendo o item proteção ser

cuidadosamente analisado, pois um motor bem protegido não está sujeito a este tipo de problema.

c) Danos ao conjunto do rotor

Se um motor girar lentamente na partida, não suportando a carga, provocando ruído com variação de intensidade e solicitando um valor de corrente alto, estará com seu conjunto do rotor interrompido em uma ou mais barras.

Esta interrupção pode ser causada por falhas de fabricação ou número muito grande de partidas e reversões em operação nominal.

A solução consiste na troca das barras danificadas para motores com barramento de cobre e/ou latão ou troca do conjunto do rotor, para motores com gaiola de alumínio. Além disto, verificar as causas dos danos e eliminá-las.

13.4. ROTEIRO DE MANUTENÇÃO

Não existem regras rígidas a serem seguidas quando se aborda manutenção em termos de programas de inspeção, períodos ou intervalos e quais os tipos de exames a serem realizados. Estes itens são diferenciados de empresa para empresa, onde parques industriais diferentes devem receber atenções diferentes. Dentro de uma empresa setores diversos necessitam sistemas de manutenção específicos.

Apresentamos na tabela 13.9 e 13.9a programas básicos para inspeção, contando com os itens a serem inspecionados e os intervalos de tempo sugeridos. Porém, tais intervalos são flexíveis, prolongados ou reduzidos, de acordo com as condições do local onde opera o motor.

ROTEIRO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA		
Itens a Verificar	Procedimentos	Periodicidade
Local onde está o motor	• Identificar a existência de água ou vapores junto ao motor, excesso de poeira, aparas ou resíduos sobre o motor ou se há tábuas, caixas, etc., que possam prejudicar a ventilação do mesmo.	Quinzenal
Condições mecânicas	• Examinar a presença de ruídos ou vibrações nas tampas, junto aos rolamentos ou dentro do motor (ruído de metal contra metal), inspecionar também as condições do sistema de transmissão, verificando lubrificação e alinhamento.	Quinzenal
Terminais e parafusos	• Observar se por vibração não houve o afrouxamento dos parafusos e pontes de ligação, tomando deficiente o contato e prejudicando o fornecimento de energia.	Mensal
Mancais de esferas/ rolos (rolamentos)	• Avaliar mancais através de equipamentos apropriados. • Em motores sujeitos a regimes severos de operação, trocar a graxa e verificar possíveis vazamentos.	Bimestral
Enrolamentos	• Conferir a resistência do isolamentos.	Semestral
Condições mecânicas	• Examinar as condições da correia ou qualquer meio de acionamento, substituindo-o se necessário, limpando a carcaça e tampas do motor. Verificar se o eixo não está torto, ou há falta de alinhamento ou algo atritando.	Semestral
Cargas	• Analisar as cargas do motor em casos de alteração de condições, ajustes errados, manejo defeituoso ou problemas de comando, bem como as condições mecânicas da máquina acionada.	Semestral

Tabela 13.9.

Obs.: Recomenda-se que cada motor possua algum tipo de anotação própria, como fichas, cartões ou etiquetas. O importante é registrar todas as manutenções executadas, as peças trocadas e as datas em que foram realizadas. A análise destas anotações permitirá remanejamentos e acertos no programa de manutenção

Diferença entre as manutenções:

Para melhor entendimento das diferenças entre as três modalidades de manutenção, mostramos o quadro comparativo das características fundamentais:

Tipo de Manutenção	Estado de funcionamento da máquina	Motivo da Intervenção	Tarefas a realizar	Objetivo
Corretiva	Fora de serviço	Falha	Troca de componentes	Retorno ao serviço
Preventiva	Fora de serviço	Inspeção programada	Desacoplar para inspeção ou troca de componentes	Garantir por determinado tempo o funcionamento do motor
Preditiva	Em serviço	Controle programado	Medições	Prevenir e detectar falhas

ROTEIRO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA		
Itens a Verificar	Procedimentos	Periodicidade
Local onde está o motor	• Identificar a existência de água ou vapores junto ao motor, excesso de poeira, aparas ou resíduos sobre o motor ou se há tábuas, caixas, etc., que possam prejudicar a ventilação do mesmo.	Quinzenal
Condições mecânicas	• Examinar a presença de ruídos ou vibrações nas tampas, junto aos rolamentos ou dentro do motor (ruído de metal contra metal), inspecionar também as condições do sistema de transmissão, verificando lubrificação e alinhamento.	Quinzenal
Terminais e parafusos	• Observar se por vibração não houve o afrouxamento dos parafusos e pontes de ligação, tornando deficiente o contato e prejudicando o fornecimento de energia.	Mensal
Mancais de esferas/ rolos	• Em motores sujeitos a regimes severos de operação, trocar a graxa e verificar possíveis vazamentos.	Bimestral ou conforme tabela deste manual
Enrolamentos	• Conferir a resistência do isolamento. Examinar possíveis aquecimentos (isolação e película do verniz mais escuro) e eliminar toda a poeira.	Semestral
Condições mecânicas	• Examinar as condições da correia ou qualquer meio de acionamento, substituindo-o se necessário, limpando a carcaça e tampas do motor. Verificar se o eixo não está torto, ou há falta de alinhamento ou algo atritando.	Semestral
Cargas	• Analisar as cargas do motor em casos de alteração de condições, ajustes errados, manejos defeituosos ou problemas de comando, bem como as condições mecânicas da máquina acionada.	Semestral
Geral	• Abrir o motor e executar a limpeza dos enrolamentos e peças, eliminando pontos de oxidação, substituindo peças com defeitos, refazendo a pintura.	Anual

Tabela 13.9A.

13.5. Ajuste do Entreferro - Motofreio

Os motofreios Voges são fornecidos com um entreferro inicial, ou seja, a separação entre o platô e o flange é pré-ajustado na fábrica com seu valor mínimo, conforme tabela 13.10.

Com o desgaste natural das lonas de freio, o entreferro também vai aumentando gradativamente, não afetando o bom funcionamento do freio, até que atinja o valor máximo indicado na tabela 13.10.

Para reajustar o entreferro a seus valores iniciais, procede-se como segue:

1. Retirar os parafusos de fixação da calota de proteção;
2. Retirar os parafusos da cinta de proteção;
3. Medir o entreferro em três pontos próximos aos parafusos prisioneiros, o que é feito

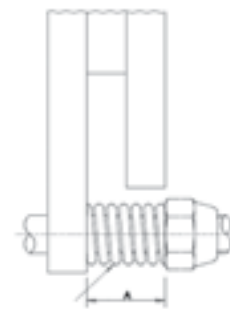
com um jogo de lâminas padrão (espião). As dimensões deverão ser as três iguais.

4. Se as leituras forem diferentes entre si, ou das recomendadas na tabela 13.10, prosseguir o ajuste da seguinte forma:

- Desapertar a porca que fixa a flange do eletroímã, aproximando ou afastando conforme

necessário, até atingir a medida inicial recomendada pela tabela 13.10;

- Apertar por igual as três porcas de regulagem, deixando o mesmo comprimento nas três molas conforme tabela 13.11;



Mola de Compressão

- O valor da dimensão do entreferro deve ser uniforme nos três pontos de medição, próximo aos parafusos prisioneiros;
- Apertar as porcas de trava da flange;
- Fazer nova verificação do entreferro;
- Recolocar a cinta de proteção e a calota de proteção fixando-as com os parafusos.

ENTREFERRO			AJUSTE DAS MOLAS	
Carcaça (ABNT)	Inicial (mm)	Máximo (mm)	Carcaça (ABNT)	Dimensão A
63	0,2 - 0,3	0,6	63	13
71	0,2 - 0,3	0,6	71	13
80	0,2 - 0,3	0,6	80	16
90	0,2 - 0,3	0,6	90	19
100	0,4 - 0,5	0,8	100	21
112	0,4 - 0,5	0,8	112	21
132	0,4 - 0,5	0,8	132	23
160	0,4 - 0,5	0,8	160	31
180	0,4 - 0,5	0,8	180	34
200	0,4 - 0,5	0,8	200	31

Tabela 13.10.

Tabela 13.11.

Aspectos de Garantia

14

14.1. Motores Elétricos Monofásicos e Trifásicos

14.1.1. Motores industriais, rurais, NEMA e IP23S

Esses motores são garantidos contra defeitos de material ou fabricação, desde que utilizados em condições normais (ou especificadas) por um período de dois anos a partir da data de fabricação (impressa na placa de identificação) ou na nota fiscal de venda Voges ou do revendedor.

Esta garantia não abrange capacitores, rolamentos ou peças comprovadamente danificadas por má aplicação, negligência quanto às instruções de fábrica, alterações ou acidentes. Nem é aplicável em motores sujeitos à tensão incorreta ou com oscilações excessivas, falta ou desequilíbrio de fases, sobrecargas (mecânica ou elétrica), modificações e adaptações ou casos imprevistos e inevitáveis.

Para a validade da garantia, o motor deverá ser encaminhado a um Assistente Técnico Autorizado Voges para que sejam eliminadas quaisquer dúvidas quanto à sua concessão ou não. Durante o período coberto pela garantia, a Voges Motores substituirá ou consertará gratuitamente as peças defeituosas. Porém, esta fica sem

valor, caso o motor tenha sido entregue para conserto a pessoas não autorizadas, ou se forem verificados sinais de violação em suas partes ativas.

14.2.1. Identificação da Data de Fabricação

A semana, o mês e o ano de fabricação são codificadas por números, sendo os dois primeiros algarismos a semana do ano, os próximos dois o mês e os últimos algarismos o ano, veja o exemplo a seguir:

VOGES		MOD: 10V096	050211
COD: L7929888			
MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO		110-127/220-254 V	rpm 3480
21-25/10,5-12,5 A ISOL. F. AL. K			
FS 1,15		AFS 22-26/11-13 A	
REG. 91		IP23 6,8 AMB 40°C	
REND 65,8 % COS φ 0,72		IP 31	
CNPJ 04.654.447/0004-88 - IND. BRASILEIRA		CAP 430-516/1119W	

Etiqueta: esse dado é composto de 6 dígitos no campo n° de série. Ex.: 050211 (o 05 indica a semana do ano em que o motor foi fabricado, 02 indica o mês de fevereiro, e o 11 o ano, 2011). Na maioria dos motores esse número está no canto direito superior da etiqueta.

Obs.: Salientamos que os motores Nema, Ar-condicionado e Microventilador, também seguem este mesmo critério.

VOGES			
MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO			
MOD. V160L2	N° 170410/425		
30 cv	22 kW	3535 rpm	
220/380 V	70,5 / 40,7 A	60 HZ	
ip/In	ISOL.	REG. S	
CAT.	IP	F.S.	
RENDIMENTO		%	COS. φ
RÖLLA.		LOA.	
CNPJ 04.654.447/0004-88 - CAXIAS DO SUL-RS-IND.BRAS.			

Placa: motores industriais além dos 6 dígitos poderão conter mais 3 números indicando o número de série do motor. Ex.: 170410 (o 17 indica a semana do ano em que o motor foi fabricado, 04 indica o mês de Abril, e 10 o ano de 2010); 425 (número de série do motor).

Ao final do período de garantia, qualquer modelo de motor poderá ser enviado para conserto onde o cliente achar mais conveniente. Recomendamos, porém, o envio a um Assistente Técnico Autorizado Voges, que além de possuir mão de obra especializada, tem dados e peças originais, evitando aborrecimentos futuros.

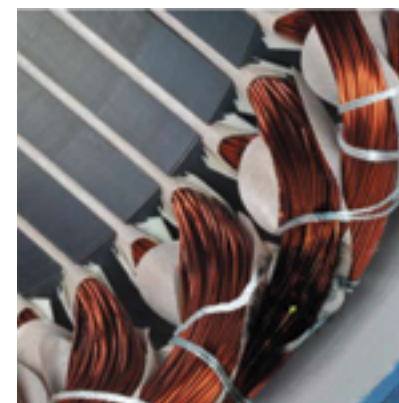
Causas e danos em enrolamentos de motores elétricos

Os motores elétricos de indução têm a vida útil menor caso sejam expostos a condições de operação desfavoráveis, sejam elétricas, mecânicas ou de meio ambiente.

• As fotos abaixo ilustram, após uma análise comparativa a identificação das causas para que se possa tomar as providências preventivas.

• As falhas apresentadas nas fotos 5, 6, 7, 8, 9, 11 e 12 são causadas pelo uso indevido, portanto, não sendo caracterizadas como garantia.

MOTORES TRIFÁSICOS E MONOFÁSICOS



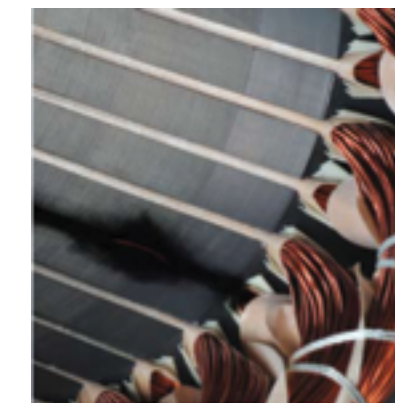
1. Curto entre espiras.



2. Curto na conexão.



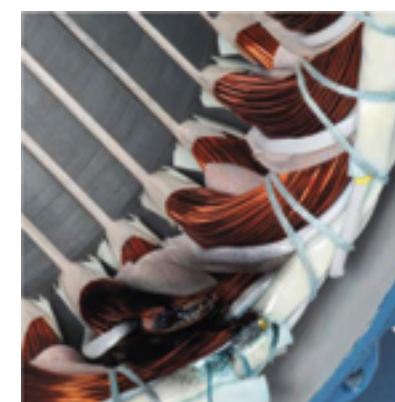
3. Curto contra a massa na saída da ranhura.



4. Curto contra a massa dentro da ranhura.



5. Queima por sobrecarga.



6. Queima por pico de tensão.



7. Queima por rotor bloqueado.

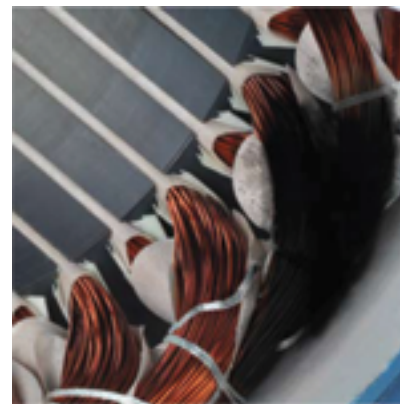


8. Falta de fase (ligação triângulo).

MOTORES TRIFÁSICOS



9. Falta de fase (ligação estrela).



10. Curto entre fases.

MOTORES MONOFÁSICOS



11. Queima do enrolamento auxiliar (partida).



12. Queima do enrolamento principal (trabalho).

FOTO Nº 1, 2, 3, 4, e 10

As fotos ilustram defeitos de isolamento, causados por contaminações, falha na isolação do fio e oscilações de tensões.

FOTO Nº 5

A foto ilustra a queima de isolamento de todas as bobinas (fases) que é provocada por sobrecarga mecânica. Subtensões e sobretensões também provocarão o mesmo tipo de falha.

FOTO Nº 6

Defeitos de isolamento ilustrados nesta foto normalmente são causados por pico de tensão, que tem como causas: descarga atmosférica na comutação de circuitos de força, descarga de capacitores e de dispositivos de força de semicondutores.

FOTO Nº 7

A foto ilustra a queima do isolamento de todas as bobinas (fase), que é provocada pelo travamento do rotor. Esta queima também pode ocorrer devido a partidas e reversões excessivas.

FOTO Nº 8 E 9

As fotos ilustram o defeito provocado em consequência da falta de tensão de alimentação em uma das fases. As causas são: queima de um fusível, interrupção de uma linha de força, mau contato em um dos polos dos contatores, disjuntores, chave seccionadoras e conexões deficientes.

FOTO Nº 11

A foto ilustra a queima do enrolamento auxiliar (partida) por não-desligamento, através da não-abertura da chave centrífuga, deixando a bobina ligada por um período maior do que especificado. Geralmente é provocado por uma partida forçada, devido a uma sobrecarga ou subtensão. Eventualmente pode ocorrer este defeito também com a penetração de objetos estranhos no interior do motor.

FOTO Nº 12

A foto ilustra a queima total do enrolamento principal (trabalho) e do enrolamento auxiliar (partida) provocado pela sobrecarga mecânica no motor. Subtensões, sobretensões ou ainda o não-fechamento do platinado também causam o mesmo tipo de falha. Identifique o que danificou seu motor e, quando possível, adote medidas preventivas.

Diagnóstico de queima e danos de motores elétricos

Característica da Queima (monofásicos)	Possíveis causas
Curto-circuito entre as espiras do encordamento principal	• Falha do esmalte de isolação do fio; • Falha do verniz de impregnação; • Contaminação interna do motor;
Curto-circuito entre as espiras de enrolamento auxiliar	• Falha do esmalte de isolação do fio; • Falha do verniz de impregnação; • Contaminação interna do motor;
Metade do enrolamento principal sobreaquecido	• Falha da chave comutadora de tensão quando posicionada para alimentação na menor tensão; • Picos de sobrecarga que chegam a provocar o fechamento da chave centrífuga e do platinado com o motor alimentado na tensão maior. A metade do enrolamento que queima é aquela que não está em paralelo com o enrolamento auxiliar.
Curto-circuito entre o enrolamento principal e auxiliar em motor com capacitor de partida ou split-phase (motor sem capacitor de partida)	• Falha do esmalte de isolação do fio; • Falha do verniz de impregnação; • Contaminação interna do motor;
Curto entre enrolamentos principal auxiliar em motor capacitor permanente	• Falha no material isolante entre enrolamento principal e auxiliar; • Contaminação interna do motor; • Degradação do material isolante por ressecamento devido ao motor operar com alta temperatura;
Curto-circuito na conexão	• Falha do material isolante; • Contaminação interna do motor; • Superaquecimento da conexão devido ao mal contato;
Curto-circuito na saída da ranhura ou curto-circuito no interior da ranhura	• Falha do esmalte de isolação do fixo; • Falha do verniz de impregnação; • Falha do material isolante; • Contaminação interna do motor; • Rápidas oscilações na tensão da alimentação; • Degradação do material isolante por ressecamento devido o motor operar com alta temperatura;
Rotor travado	• Travamento do eixo da carga; • Excessiva dificuldade na partida do motor (elevada queda de tensão, inércia e/ou torque de carga muito elevado);
Sobreaquecimento do enrolamento principal em motor IP21	• Excesso de carga na ponta do eixo (permanente ou eventual/periódico); • Sobretensão ou subtensão na rede de alimentação (permanente ou eventual/periódico); • Cabos de iluminação muito longos ou muito finos; • Conexão incorreta dos cabos de ligação do motor; • Ventilação deficiente (temperatura ambiente elevada, motor operando em local confinado, obstrução das entradas de ar na carcaça do motor) • Circuito auxiliar aberto; • Motor com capacitor de partida: problema no capacitor, no platinado ou no centrífugo; • Motor com capacitor permanente: problema no capacitor; • Motor split-phase: problema no platinado ou no centrífugo.
Sobreaquecimento do enrolamento principal em motor IP55	• Excesso de carga na ponta do eixo (permanente ou eventual/periódico); • Sobretensão ou subtensão na rede de alimentação (permanente ou eventual/periódico); • Cabos de iluminação muito longos ou muito finos; • Conexão incorreta dos cabos de ligação do motor; • Ventilação deficiente (tampa defletora danificada ou obstruída, sujeira sobre a carcaça, temperatura ambiente elevada, motor operando em local confinado); • Circuito auxiliar aberto: problema em capacitor, platinado ou centrífugo;
Sobreaquecimento do enrolamento auxiliar em motor com capacitor de partida ou split-phase (motor sem capacitor)	• Excessivas partidas em tempo curto; • Dificuldade na partida do motor (queda de tensão excessiva, inércia ou torque de carga muito elevado), não permitindo a rápida abertura do conjunto centrífugo/platinado, deixando a bobina auxiliar energizada por muito tempo; • Em motores IP21, a penetração de objetos estranhos no motor pode também causar a não abertura do conjunto platinado; • Conexão incorreta dos cabos de ligação do motor.
Sobreaquecimento do enrolamento auxiliar de motor com capacitor permanente.	• Excessivas partidas em tempo curto; • Dificuldade na partida do motor (queda de tensão excessiva, inércia e/ou torque de carga muito elevado); • Conexão incorreta dos cabos de ligação do motor.

Diagnóstico de queima e danos de motores elétricos

Característica da Queima (trifásicos)	Possíveis causas
Curto-circuito entre as espiras ou bobina curto-circuitada	<ul style="list-style-type: none"> Falha no esmalte de isolamento do fio. Falha no verniz de impregnação. Contaminação interna do motor. Rápidas oscilações na tensão de alimentação.
Curto-circuito entre fases	<ul style="list-style-type: none"> Falha no material isolante. Contaminação interna do motor. Degradação do material isolante por ressecamento pelo fato do motor operar acima de sua classe térmica.
Curto-circuito na conexão	<ul style="list-style-type: none"> Falha no material isolante. Contaminação interna do motor. Superaquecimento da conexão devido a mau contato.
Curto-circuito na saída da ranhura ou curto-circuito no interior da ranhura	<ul style="list-style-type: none"> Falha no esmalte de isolamento do fio. Falha no verniz de impregnação. Falha no material isolante. Contaminação interna do motor. Rápidas oscilações na tensão de alimentação. Degradação do material isolante por ressecamento pelo fato do motor operar acima de sua classe térmica.
Pico de tensão	<ul style="list-style-type: none"> Oscilação violenta da tensão de alimentação, por exemplo, devido a descargas atmosféricas. Surtos de manobra do banco de capacitores. Motor acionado por inversor de frequência com alguns parâmetros incorretos (amplitude do pulso de tensão, rise time, dV/dt, distância entre pulsos, frequência de chaveamento).
Desbalanceamento de tensão	<ul style="list-style-type: none"> Desequilíbrio da tensão e/ou da corrente entre as fases. Oscilações da tensão nas três fases. Falha no banco de capacitores.
Rotor travado	<ul style="list-style-type: none"> Travamento do eixo da carga. Excessiva dificuldade na partida do motor (excessiva queda de tensão, inércia e/ou torque de carga muito elevado).
Sobreaquecimento	<ul style="list-style-type: none"> Carga excessiva acoplada na ponta de eixo (permanente ou eventual/periódica). Sobretensão ou subtensão na rede de alimentação (permanente ou eventual/periódica). Cabos de alimentação muito longos ou muito finos. Excessivo número de partidas em um período de tempo muito curto. Conexão incorreta dos cabos de ligação do motor. Ventilação deficiente (tampa defletora danificada ou obstruída, sujeira sobre a carcaça, temperatura ambiente muito elevada, etc.).
Falta de fase - motor ligado em estrela (queima de duas fases) ou triângulo (queima de uma fase)	<ul style="list-style-type: none"> Queima de um fusível. Rompimento de um cabo de alimentação. Queima de uma fase do transformador de alimentação. Mau contato dos terminais de uma das fases do transformador. Mau contato nas conexões. Mau contato na chave, contator ou disjuntor.

Principais normas utilizadas em máquinas elétricas girantes

NBR - 5031	Máquinas elétricas girantes - Classificação das formas construtivas e montagens
NBR - 5110	Máquinas elétricas girantes - Classificação do método de resfriamento
NBR - 5116	Máquinas de corrente contínua
NBR - 5117	Máquinas elétricas girantes - Máquinas síncronas - Especificação
NBR - 5165	Máquinas de corrente contínua - Ensaio gerais
NBR - 5365	Excitatrizes girantes de máquinas síncronas
NBR - 5383-1	Máquinas elétricas girantes - Parte 1: motores de indução trifásicos - Ensaio
NBR - 5383-2	Máquinas elétricas girantes - Parte 2: motores de indução monofásicos - Ensaio
NBR - 5410	Instalações elétricas de baixa tensão
NBR - 7034	Materiais isolantes elétricos - Classificação térmica
NBR - 7565	Materiais elétricas girantes - Limites de ruído
NBR - 7566	Máquinas elétricas girantes - Nível do ruído transmitido através do ar - método de medição num campo livre sobre um plano refletor.
NBR - 8008	Balanceamento de corpos rígidos rotativos - qualidade
NBR - 8089	Ponta de eixo cilíndrica e cônica de conicidade 1:10
NBR - 15367	Máquinas elétricas girantes - Motores de indução - Marcação de cabos terminais e sentido de rotação.
NBR - 15632-1	Máquina elétrica girante - Dimensões e séries de potências para máquinas elétricas girantes - Padronização - Parte 1: designação de carcaças entre 56 a 400 e flanges entre 55 a 1.080
NBR - 17094-1	Máquinas elétricas girantes - Motores de indução - Parte 1 - trifásicos
NBR - 17094-2	Máquinas elétricas girantes - Motores de indução - Parte 2 - monofásicos
NBR IEC - 60034-5	Máquinas elétricas girantes - Parte 5: graus de proteção proporcionados pelo projeto completo de máquinas elétricas girantes (código IP) - Classificação
NBR IEC - 60079-0	Atmosferas explosivas - Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais
NBR IEC - 60079-1	Atmosferas explosivas - Parte 1: Proteção de equipamentos por invólucros à prova de explosão «d»
NBR IEC - 60079-15	Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas -Parte 15: Construção, ensaio e marcação de equipamentos elétricos com tipo de proteção «n»
NBR IEC - 60529	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)

Sistema Internacional de unidades					
Grandezas	Nomes	Unidades	Grandezas	Nomes	Unidades
Aceleração	metro por segundo por segundo	m/s ²	Intensidade de corrente	ampère	A
Aceleração angular	radiano por segundo por segundo	rad/s ²	Intensidade energética	watt por esterradiano	W/sr
Ângulo plano	radiano	rad	Intensidade luminosa	candela	cd
Ângulo sólido	esterradiano	sr	Intervalo de frequências	oitava	
Área	metro quadrado	m ²	Luminância	candela por metro quadrado	cd/m ²
Atividade	bequerel	Bq	Luminância energética	watt por esterradiano e por metro quadrado	$\frac{W}{sr \cdot m^2}$
Calor específico	joule por quilograma e por Kelvin	$\frac{J}{kgK}$	Massa	quilograma	kg
Capacitância	farad	F	Massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m ³
Comprimento	metro	m	Momento cinético ou momento angular	quilograma-metro quadrado por segundo	$\frac{kg \cdot m^2}{s}$
Condutância	siemens	S	Momento de força	newton-metro	N.m
Condutividade	siemens por metro	S/m	Momento de inércia	quilograma-metro quadrado	kg m ²
Condutividade térmica	watt por metro e por kelvin	$\frac{W}{mK}$	Nível de potência	bel	B
Convergência	dioptria	di	Número de ondas	um por metro	m ⁻¹
Densidade de fluxo de energia	watt por metro quadrado	W/m ²	Potência	watt	W
Dose absorvida	gray	Gy	Pressão	pascal	Pa
Eficiência luminosa	lúmen por watt	lm/W	Quantidade de eletricidade	coulomb	C
Exitância luminosa	lúmen por metro quadrado	lm/m ²	Quantidade de luz	lúmen-segundo	lms
Energia	joule	J	Relutância	ampère por weber	A/Wb
Entropia	joule por kelvin	J/K	Resistência elétrica	ohm	Ω
Excitação luminosa	lux-segundo	lx.s	Resistividade	ohm-metro	$\Omega \cdot m$
Exposição	coulomb por quilograma	C/kg	Resistividade de massa	ohm-quilograma por metro quadrado	$\frac{\Omega \cdot kg}{m}$
Fluxo (de massa)	quilograma por segundo	kg/s	Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Fluxo luminoso	lúmen	lm	Tempo	segundo	s
Fluxo magnético	weber	Wb	Tensão elétrica	volt	V
Força	newton	N	Tensão superficial	newton por metro	N/m
Frequência	hertz	Hz	Vazão	metro cúbico por segundo	m ³ /s
Gradiente de temp.	kelvin por metro	K/m	Velocidade	metro por segundo	m/s
Iluminamento	lux	lx	Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
Impulsão	newton-segundo	Ns	Viscosidade cinemática	metro quadrado por segundo	m ² /s
Indução magnética	tesla	T	Viscosidade dinâmica	newton-segundo por metro quadrado	$\frac{Ns}{m^2}$
Indutância	henry	H	Volume	metro cúbico	m ³
Intensidade de campo elétrico	volt por metro	V/m			
Intensidade de campo magnético	ampère por metro	A/m			

Sistema Internacional de unidades					
De	Multiplicar por	Para obter	De	Multiplicar por	Para obter
A			cm ³	1,308.10 ⁻⁶	jarda ³
Acre	4047	m ²	cm ³	3,531.10 ⁻⁵	pé ³
Acre	0,001563	milha ²	cm	0,01316	pol. ³
Acre	43560	pé ²	cm	0,01316	atm.física
Atm física	76	cm. Hg	cm de Hg	136	kg/m ²
Atm técnica	1	kgf/cm ²	cm ²	1,076.10 ⁻³	pé ²
Atm física	1,033	kgf/cm ²	cm ²	0,1550	pol. ²
Atm física	1,0332	kgf/m ²	cm/s	1,1969	pé/min.
Atm física	14,70	libra-força/pol ²	cm/s	0,036	km/h
B			D		
BTU	3,94.10 ⁴	HP.h	dina	1,020.10 ^{-6.5}	grama
BTU	2,928.10 ⁴	kW.h	dina	2,248.10 ⁻⁶	libra-força
BTU/h	107,5	kgm/s	E		
BTU/h	0,2931	W	erg	9,480.10 ⁻¹¹	BTU
BTU/h.pé ² .	$\left(\frac{^{\circ}F}{pé} \right) 0,0173$	W/cm ² . $\left(\frac{^{\circ}C}{cm} \right)$	erg	1,020.10 ⁻³	g.cm
BTU.pol	0,0833	BTU	erg	3,7250.10 ⁻¹⁴	HP.h
pé ² .h. ^o F		pé.h. ^o F	erg	10 ⁻⁷	joule
BTU/h.pé ² . ^o F	3,94.10 ⁻⁴	HP/pé ² . ^o F	erg	0,2778.10 ⁻¹³	kW.h
BTU/min	0,01758	kW	erg	7,367.10 ⁻⁸	libra-força.pé
BTU/min	17,58	W	erg	2,389.10 ⁻¹¹	kcal
BTU/seg	2,93.10 ⁻⁴	kW	erg	1,020.10 ⁻⁸	kgm
BTU/s	3,93.10 ⁻⁴	HP	erg/s	1,341.10 ⁻¹⁰	HP
BTU/s	3,94.10 ⁻⁴	cv	erg/s	1,433.10 ⁻⁹	kcal/min
C			erg/s	10 ⁻¹⁰	kW
caloria grama	3,9683.10 ⁻³	BTU	erg/s	4,427.10 ⁻⁶	libra-força.pé/min
caloria grama	1,5596.10 ⁻⁶	HP.h	erg/s	7,3756.10 ⁻⁸	libra-força.pé/s
caloria grama	1,1630.10 ⁻⁶	kW.h	G		
caloria grama	4,1868	joule	grau Celsius	$\left(\frac{^{\circ}C.9}{5} \right) + 32$	^o F
cal/s.cm ² . $\left(\frac{^{\circ}C}{cm} \right)$	4,19	W/cm ² . $\left(\frac{^{\circ}C}{cm} \right)$	grau Celsius	(^o C) + 273,15	K
cal/kg.cm ² . ^o C	7380	BTU/h.pé ² . ^o F	grau Fahrenheit	$\frac{(^{\circ}F - 32). 5}{9}$	^o C
cal/kg.cm ² . ^o C	4,19	W/cm ² . ^o C	grau trigonométrico	0,01745	radiano
cal/kg.cm ² . ^o C	2,91	HP/pé ² . ^o F	grama	9,804.10 ⁻⁵	J/cm
cavalo vapor (cv)	0,9863	HP	grama	2,205.10 ⁻³	libra-força
cv.h	632	kcal	grama/cm	5,600.10 ⁻³	libra-força/pol
cv	542,5	lb.pé/s	grama/cm ³	0,03613	libra-força/pol ³
cv	75	kg.m/s			
cv	735,5	W			
cm de Hg	0,3937	pol.			

Sistema Internacional de unidades					
De	Multiplicar por	Para obter	De	Multiplicar por	Para obter
H			km	1094	jarda
hectare	2,471	acre	km	3281	pé
HP	42,44	BTU/min	km	0,6214	milha
HP	1,014	cv	km ²	0,3861	milha ²
HP (caldeira)	33479	BTU/h	km ²	10,76.10 ⁶	pé ²
HP	10,68	kcal/min	km/h	27,78	cm/s
HP	76,04	kg.m/s	km/h	0,6214	milha/h
HP	0,7457	kW	km/h	0,5396	nó
HP	33000	libra-força.pé/min	km/h	0,9113	pé/s
HP	550	libra-força.pés/s	kcal	3,9685	BTU
HP.h	2,684.10 ⁶	joule	kcal	1,585.10 ⁻³	cv.h
HP.h	0,7457	kW.h	kcal	1,560.10 ⁻³	HP.h
HP.h	1,98.10 ⁶	libra-força.pé	kcal	4,186	joule
HP.h	2,734.10 ⁵	kgm	kcal	426,9	kgm
J			kcal	3,088	libra-força.pé
jarda ³	0,7646	m ³	kgf	9,807	joule/m (N)
joule	9,480.10 ⁻⁴	BTU	kgm	9,294.10 ⁻³	BTU/min
joule	0,7376	libra-força.pé	kgm	9,804	joule
joule	2,389.10 ⁻⁴	kcal	kgm	2,342.10 ⁻³	kcal
joule	22,48	libra-força	kgm	7,233	libra-força.pé
joule/s	1	W	kW	56,92	BTU/min
K			kW	1,341	HP
kcal/h.m ² . (°C/m)	0,671	BTU/h.pé ² . (°F/pé)	kW	14,34	kcal/min
kcal/h.m ² . (°C/m)	8,05	BTU/h.pé ² . (°F/pol)	kW.h	3413	BTU
kcal/h.m ² . (°C/m)	2,77.10 ⁻³	cal/s.cm (°C/cm)	kW.h	860,5	cal
kcal/h.m ² . (°C/m)	0,0116	W/cm ² . (°C/cm)	kW.h	1,341	HP/h
kcal/h.m ² . °C	0,205	BTU/h.pé ² . °F	kW.h	3,6.10 ⁶	joule
kcal/h.m ² . °C	2,78.10 ⁻⁵	cal/s.cm ² . °C	kW.h	2,655.10 ⁶	libra-força.pé
kcal/h.m ² . °C	1,16.10 ⁻⁴	W/cm ² . °C	kW.h	3,671.10 ⁵	kgm
kcal/h.m ² . °C	8,07.10 ⁻⁵	HP/pé ² . °F	L		
kg	2,205	libra-força	libra-força.pé/s	0,1945	kcal/min
kgf/cm ²	2048	libra-força/pé ²	libra-força.pé/s	1,356.10 ⁻³	kW
kgf/cm ²	14,22	libra-força/pol ²	libra-força.pé ³	0,01602	g/cm ³
kgf/cm ³	0,6243	libra-força/pé ³	libra-força.pé ³	16,02	kg/m ³
kgf/cm ³	3,613.10 ⁻⁵	libra-força/pol ³	libra-força/pol	17,86	kg/m
			libra-força/pol ²	0,06804	atm.
			libra-força/pol ²	0,07301	kg/cm ²
			libra-força/pol ³	1728	libra-força/pé ³
			libra-força.pé/min	3,24.10 ⁻⁴	kcal/min
			libra-força.pé/min	2,260.10 ⁻⁵	kW
			libra-força.pé/s	0,07717	BTU/min

Sistema Internacional de unidades					
De	Multiplicar por	Para obter	De	Multiplicar por	Para obter
L			nó	1,689	pé/s
libra-força	16	onça	O		
litro	0,2642	galão	onça	437,5	grão
litro/min	5,886.10 ⁻⁴	pé ³ /s	onça	28,349	grama
libra-força/pé	3,24.10 ⁻⁴	kcal	onça (troy)	31,103	grama
libra-força/pé	1,488	kg/m	P		
libra-força/pé	3,766.10 ⁻⁷	kW.h	pé	0,3048	m
libra-força/pé	0,1383	kgm	pé/min	0,508	cm/s
libra-força/pé ²	4,725.10 ⁻⁴	atm.fisica	pé/min	0,01667	pé/s
libra-força/pé ²	4,882	kg/m	pé/s	18,29	m/min
M			pé/s	0,6818	milha terrestre/h
m	1,094	jarda	pé/s	0,5921	nó
m	5,396.10 ⁻⁴	milha marítima	pé/s	1,097	km/h
m	6,214.10 ⁻⁴	milha terrestre	pé ²	929	cm ²
m	39,37	pol.	pé	30,48	cm
m ³	35,31	pé ³	pé ³	28,32	litro
m ³	61023	pol. ³	pé ³ /libra-força	0,06242	m ³ /kg
m/min	1,667	cm/s	pé ³ /min	472	cm ³ /s
m/min	0,03238	nó	pol. ³	0,01639	litro
m/min	0,05468	pé/s	pol. ³	1,639.10 ⁻⁵ m	m ³
m ²	10,76	pé ²	pol. ³	5,787.10 ⁻⁴	pé ³
m ²	1550	pol. ²	R		
mkg	7,233	libra-força.pé	radiano	3438	min.
m/s	2,237	milha terrestre/h	rpm	6,0	grau/s
m/s	196,8	pé/min	rpm	0,1047	radiano/s
micrómetro	10 ⁻⁶	m	radiano/s	0,1592	rpm
milha terrestre/h	26,82	m/min	T		
milha terrestre/h	1,467	pé/s	ton. curta	2000	libra-força
milha (marítima)	2027	jarda	ton. curta	907,18	kg
milha (marítima)	1,853	km	ton. longa	2240	libra-força
milha (marítima)	6080,27	pé	ton. longa	1016	kg
milha quadrada	2,590	km ²	ton.	2205	libra-força
milha terrestre	1609	m	W		
milha terrestre	0,8684	milha marítima	watt	0,05688	BTU/min
milha terrestre	5280	pé	watt	1,341.10 ⁻³	HP
milha terrestre	0,001	pol.	watt	0,01433	kcal/min
milha terrestre	0,03937	pol.	watt	44,26	libra-força.pé/min
milimetro			watt	0,7378	libra-força.pé/s
N					
newton	1.10 ⁵	dina			
nó	1,8532	km/h			

Frequência em outros países					
Continente / Países com frequência 50Hz					
América do Sul	Espanha Finlândia	África	Madeira (Ilha) Malavi	Zâmbia Zimbawe	Laos Libano
Argentina	França	Açores	Mali		Kuwait
Bolívia	Gibraltar	Afars Issás	Malgaxe		Macao
Chile	Grécia	África do Sul	Mauritânia	Ásia	Malásia
G. Francesa	Holanda	Alto Volta	Maurício (Ilha)		Mongólia
Paraguai	Hungria	Angola	Marrocos	Bangladesh	Nepal
Uruguai	Irlanda	Argélia	Moçambique	Brunei	Paquistão
América Central	Islândia	Benin	Niger	Camboja	Seychelles
Barbados	Itália e San Marino	Burundi	Nigéria	China Popular	Síria
Guadalupe	Croácia	Canárias	Quênia	Chipre	Sri Lanka
Jamaica	Luxemburgo	Camarões	Rep. Centro Africana	Cingapura	Tailândia
Martinica	Malta	Costa do Marfim	Rep. Pop. Congo	Emirados Árabes Unidos	Turquia
	Noruega	Egito	Ruanda	Hong Kong	Vietnã
Europa	Polónia	Etiópia	Senegal	Iêmen	Oceania
Albânia	Portugal	Gabão	Serra Leoa	Índia	Austrália
Alemanha	Reino Unido	Gâmbia	Somália	Indonésia	Fiji
Áustria	Romênia	Gana	Sudão	Irã	Nova Caledônia
Bélgica	Suécia	Guiné (Rep.)	Tanzânia	Iraque	Nova Zelândia
Bulgária	Suíça	Guiné Bissau	Togo	Israel	Vanuatu
Dinamarca	Rússia	Guiné Equatorial	Tunisia	Japão	Papua Nova Guiné
		Líbia	Uganda	Jordânia	
Continente / Países com frequência 60Hz					
América do Sul	Venezuela	El Salvador	República Dominicana	África	Coréia do Norte
Brasil	América Central	Guatemala	Trinidad & Tobago	Libéria	Coréia do Sul
Colômbia	Bahamas	Honduras	América do Norte		Filipinas
Equador	Belize	Haiti	Canadá	Ásia	Japão
Guilana	Bermuda	Ilhas Cayman	Estados Unidos	Arábia Saudita	Taiwan
Peru	Costa Rica	Nicarágua	México	Afeganistão	
Suriname	Cuba	Panamá		Bahrain	
		Porto Rico			

anotações

manual de motores elétricos

GRUPO
VOGES

www.voges.com.br
voges@voges.com.br

Motores - BR 116, Km 145, n° 5.000 - São Ciro - CEP 95059-520
Caxias do Sul - RS - Brasil
Fone +55 (54) 3026.3400 - Fax: +55 (54) 3026.3401