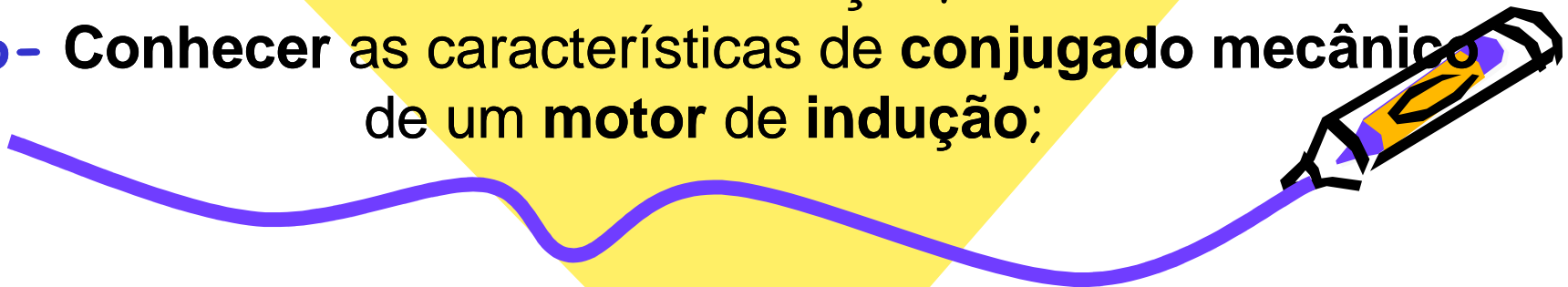


H4- Conhecer as características da velocidade síncrona e do **escorregamento em um motor trifásico;**

H5- Conhecer as características do fator de **potência de um motor de **indução**;**

H6- Conhecer as características de **conjugado mecânico de um motor de **indução**;**



CONTEÚDO

INTRODUÇÃO;

CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES ASSÍNCRONOS:

potência, rotação nominal (escorregamento), corrente nominal, conjugado, rendimento e fator de potência, tempo de rotor bloqueado, classe de isolamento, ventilação, regime de serviço, grau de proteção e placa de identificação do motor.

REFERÊNCIAS

3.4 Características dos motores assíncronos

3.4.1 POTÊNCIA

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{máx} / C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

– ENERGIA E POTÊNCIA MECÂNICA

Energia: representa a capacidade dos corpos em produzir um trabalho ou desenvolver uma força.

Potência: representa a rapidez com que a energia é aplicada ou consumida. (**1CV = 746W**)

$$W_{mec} = F \cdot d \quad [Nm]$$

$$P_{mec} = \frac{F \cdot d}{t} \quad [W]$$

– ENERGIA E POTÊNCIA ELÉTRICA

Energia: representa a potência elétrica consumida num período de tempo, em horas. Ex.: kWh.

Potência: relação entre tensão e corrente elétrica.

$$P_{CC} = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2 \quad [W]$$

$$P_{CA} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad [W] \text{ (carga resistiva } Y \text{ ou } \Delta)$$

$$P_{CA} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [W] \text{ (carga reativas } Y \text{ ou } \Delta)$$

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA ÚTIL EM RELAÇÃO A TEMPERATURA E ALTITUDE (NBR 7094)

$$P' = \alpha \cdot P_n \quad [\text{cv}]$$

T \ H	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
10							1,05
15						1,05	0,99
20					1,05	0,99	0,93
25				1,05	0,98	0,93	0,88
30			1,04	0,97	0,92	0,87	0,82
35		1,02	0,96	0,91	0,86	0,81	0,77
40	1,00	0,94	0,89	0,85	0,80	0,76	0,72
45	0,92	0,87	0,83	0,78	0,74	0,70	0,67
50	0,85	0,80	0,76	0,72	0,68	0,65	0,62
55	0,77	0,74	0,70	0,66	0,63	0,60	0,57
60	0,71	0,67	0,64	0,60	0,57	0,55	0,52

Exemplo:

Um motor de 100cv, isolamento B, para trabalhar num local com altitude de 2000m e a temperatura ambiente é de 55°C, logo:

$$P' = 0,70 \cdot 100 = 70 \quad [\text{cv}]$$

3.4.2 ROTAÇÃO NOMINAL (H4)

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo C_{max} / C_n	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

A **velocidade síncrona** (n_s) é a velocidade do campo girante:

n_s – velocidade do rotor = veloc. síncrona [RPM];

f – frequência da rede [Hz];

P – número de pólos.

$$n_s = \frac{120.f}{P}$$

Número de pólos	Rotação Síncrona por minuto	
	60 Hz	50 Hz
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750

Para motores **assíncronos** (rotor de gaiola) a velocidade do rotor é obtida através da equação que **representa a rotação do eixo do motor sob carga nominal**:

S – escorregamento.

$$n = \frac{120.f}{P} (1 - S)$$

ESCORREGAMENTO

É a **DIFERENÇA** entre a **velocidade** do rotor (n) e a velocidade do **campo girante** no estator (ns) ou **velocidade síncrona**.

Quando a **carga** do motor é **zero** (motor a vazio), o rotor gira praticamente com a **rotação síncrona**.

O escorregamento **DIMINUI** com o aumento da potência nominal do motor. Exemplo:

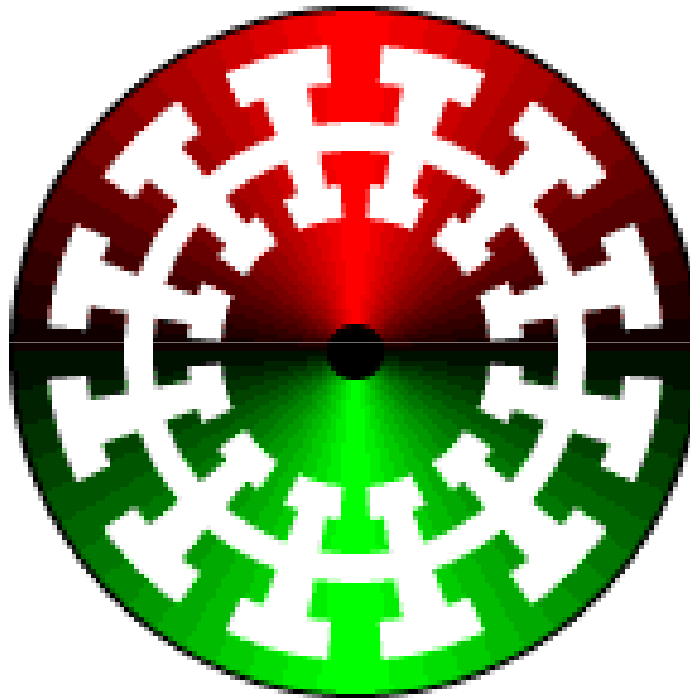
- **10cv**, IV polos, **$s = 2,78\%$** .
- **500cv**, IV polos, **$s = 0,83\%$**

$$S_{\text{rpm}} = ns - n \quad \text{ou} \quad S_{\%} = 100 * (ns - n) / ns$$

Exemplo: Qual é o escorregamento de um motor de quatro pólos, 60 Hz, se sua velocidade é de 1730 rpm?

$$S_{\%} = 100 * (1800 - 1730) / 1800 = 3,88\%$$

Campo girante de um Motor de Indução



3.4.3 CORRENTE NOMINAL

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo C_{max} / C_n	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

CORRENTE NOMINAL é a corrente absorvida pelo motor quando é aplicada a tensão nominal e frequência nominal e carga nominal. No catálogo aparece o valor referente a 220V, para tensões maiores calcula-se a corrente da seguinte forma:

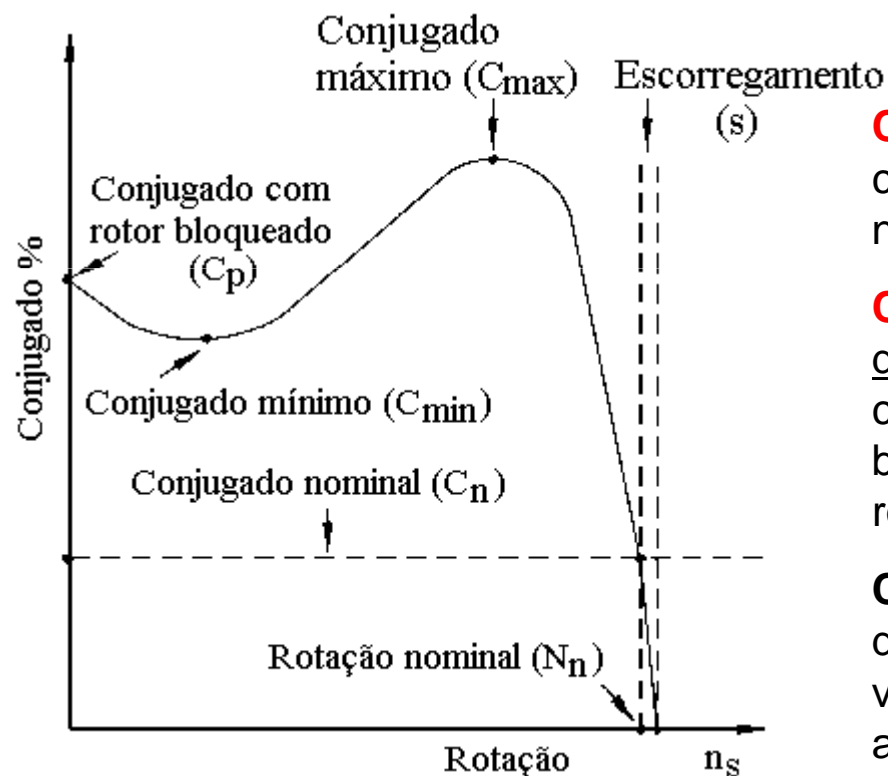
$$I_{380V} = I_{220V} / \text{raiz}(3) \text{ e } I_{440V} = I_{220V} / 2.$$

CORRENTE DE PARTIDA, no instante da partida, a corrente do motor costuma variar na faixa de **seis a oito vezes** a corrente nominal do motor. Na placa do motor temos o fator I_p / I_n que indica quantas vezes a corrente de partida é **MAIOR** que a corrente nominal. Na tabela acima:

$$I_p = (I_p / I_n) * I_n = (4,2) * 0,74 = 3,1A$$

3.4.4 CONJUGADO DO MOTOR (H6)

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{m\acute{a}x} / C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3



Curva Conjugado x Rotação típica de motores de indução.

Cn: Conjugado nominal ou de plena carga - é o conjugado desenvolvido pelo motor à potência nominal, sob tensão e frequência nominais.

Cp: Conjugado com rotor bloqueado ou conjugado de partida ou, ainda, conjugado de arranque - é o conjugado mínimo desenvolvido pelo motor bloqueado, para todas as posições angulares do rotor, sob tensão e frequência nominais.

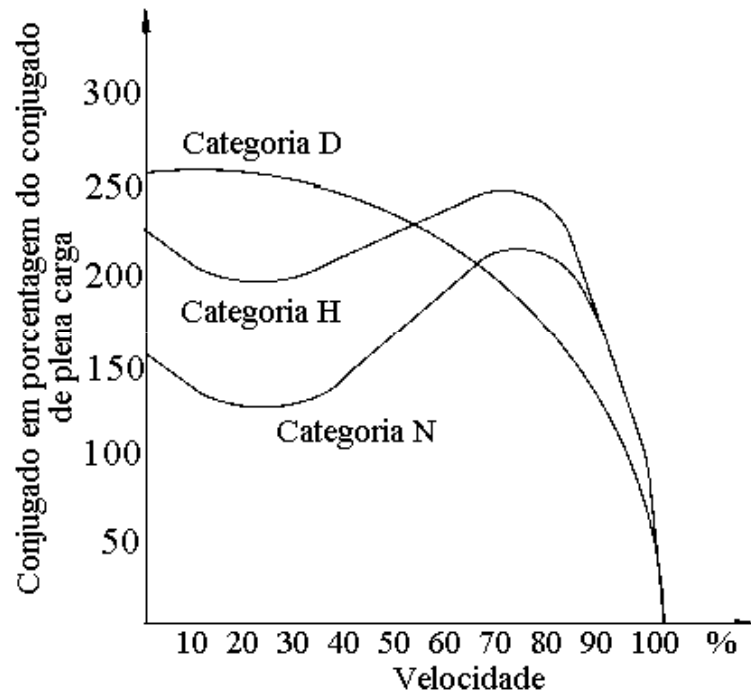
Cmin: Conjugado mínimo - é o menor conjugado desenvolvido pelo motor ao acelerar desde a velocidade zero até a velocidade correspondente ao conjugado máximo.

Cmáx: Conjugado máximo - é o maior conjugado desenvolvido pelo motor, sob tensão e frequência nominal, sem queda brusca de velocidade.

CATEGORIA DO CONJUGADO

CONJUGADO (torque binário ou binário) [Nm ou kgfm]

É a medida do esforço necessário para girar o eixo. E de acordo com a carga mecânica a ser acionada, há uma curva de conjugado resistente associada.



Curva Conjugado x Velocidade, das diferentes categorias.

Categoria N: Conjugado de partida *normal*, corrente de partida *normal*; *baixo* escorregamento. Constituem a maioria dos motores encontrados no mercado e prestam-se ao acionamento de **cargas normais**, como *bombas, máquinas operatrizes, ventiladores*.

Categoria H: Conjugado de partida *alto*, corrente de partida *normal*; *baixo* escorregamento. Usados para cargas que exigem **maior conjugado na partida**, como *peneiras, transportadores carregadores, cargas de alta inércia, britadores, etc.*

Categoria D: Conjugado de partida *alto*, corrente de partida *normal*; *alto* escorregamento: (+ de 5%). Usados em *prensas excêntricas e máquinas semelhantes*, onde a carga apresenta picos periódicos. Usados também em *elevadores* e cargas que necessitam de conjugados de partida muito altos e corrente de partida limitada.

3.4.5 RENDIMENTO e FATOR DE POTÊNCIA (H5)

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{m\acute{a}x} / C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

É a relação entre a **potência** ativa **fornecida pelo** motor e a **potência** ativa **solicitada** pelo motor à rede.

O rendimento do motor e o fator de potência **AUMENTAM** com a potência nominal do mesmo e também com **carga nominal**. **Exemplo:**

Potência nominal [cv]	Rotação [rpm]	Rendimento [%]	Fator de potência
1,0	1705	69	0,66
5,0	1730	83	0,80
25,0	1750	90	0,84
125,0	1770	92	0,88 ¹¹

3.4.6 FATOR DE SERVIÇO

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{máx} / C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

É um fator que aplicado à **potência nominal**, indica a **sobrecarga permissível** que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições especificadas (**reserva de potência para situações desfavoráveis**).

Exemplo: F.S. = 1,15, o motor suporta continuamente 15% de sobrecarga acima de sua potência nominal.

3.4.7 TEMPO DE ROTOR BLOQUEADO

Define-se como o **tempo máximo admissível** pelo motor sob corrente de rotor bloqueado (corrente de partida). Na **prática**, adota-se esse **tempo** como o **tempo de partida do motor**.

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{máx} / C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	3400	0,74	4,2	0,03	2,5	2,8	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	1,15	0,0001	10	56	6,3

3.4.8 CLASSE DE ISOLAMENTO

A SOBRECARGA de qualquer motor traduz-se por ELEVAÇÃO de TEMPERATURA e esta elevação pode DANIFICAR o ISOLAMENTO dos condutores das BOBINAS.

- Classe A: 105°C;
- Classe E: 120°C;
- **Classe B: 130°C;**
- **Classe F: 155°C;**
- Classe H: 180°C;

As classes B e F são as mais utilizadas em motores normais.

3.4.9 VENTILAÇÃO

É o processo pelo qual é realizada a troca de calor entre o interior do motor e o meio externo. Os tipos mais usados em motores de indução são: motor ABERTO e motor TOTALMENTE fechado.



Aberto: fabricados nas potências de 1/3, 1/2, 3/4, 1, 1 1/2, 2 e 3 cv.

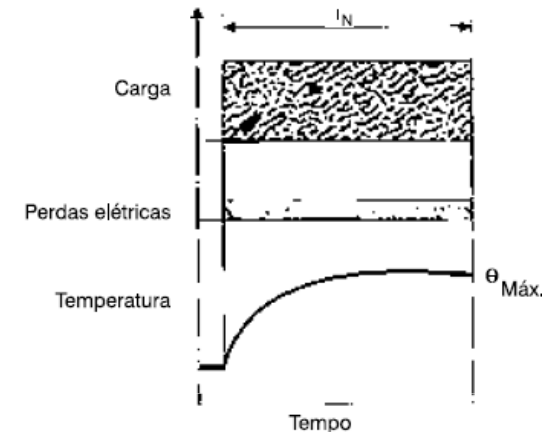


Fechado: fabricados nas potências de 1/6 a 500 cv.

3.4.10 REGIME DE SERVIÇO

É definido como a regularidade de carga a que o motor é submetido.

S1 – Regime contínuo; (os motores são projetados para este regime).



S2 – Regime de tempo limitado;

S3 – Regime intermitente periódico;

S4 – Regime intermitente periódico com partidas;

S5 – Regime intermitente periódico com frenagem elétrica;

S6 – Regime de funcionamento contínuo periódico com carga intermitente;

S7 – Regime de funcionamento contínuo periódico com frenagem elétrica;

S8 – Regime de funcionamento contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação;

S9 – Regime com variações não periódicas de carga e de velocidade;

S10 – Regime com cargas constantes distintas.








Motores para os regimes de serviço S2 a S10 devem ser encomendados diretamente aos fabricantes.

3.4.11 GRAU DE PROTEÇÃO (IP)

Motor	Classes de proteção	1º algarismo		2º algarismo
		Proteção contra contato	Proteção contra corpos estranhos	Proteção contra água
Motores abertos	IP00	não tem	não tem	não tem
	IP02	não tem	não tem	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP11	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50mm	pingos de água na vertical
	IP12	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50 mm	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP13	toque acidental com a mão	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 50 mm	água de chuva até uma inclinação de 60° com a vertical
	IP21	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12mm	pingos de água na vertical
	IP22	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12 mm	pingos de água até uma inclinação de 15° com a vertical
	IP23	toque com os dedos	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 12 mm	água de chuva até uma inclinação de 60° com a vertical

Motor	Classes de proteção	1º algarismo		2º algarismo
		Proteção contra contato	Proteção contra corpos estranhos	Proteção contra água
Motores fechados	IP44	toque com ferramentas	corpos estranhos sólidos de dimensões acima de 1mm	respingos de todas as direções
	IP54	proteção completa contra toques	proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	respingos de todas as direções
	IP55	proteção completa contra toques	proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	jatos de água em todas as direções

3.4.12 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

		ALTO Rendimento		Plus	NBR7094
~ 3	90L	03/99	FB90702		
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N		
kW(HP-cv)		2.2(3.0)	RPM min ⁻¹ 1730		
FS SF 1.15	ISOL INSL B	Δ† K	Ip/In 6.7	IP55	
220/380/440		V	8.40/4.86/4.20 A		
REG DUTY S1		MAX AMB		ALT m	
<div> <div> <div>220 V</div>  <div>Δ</div> </div> <div> <div>380 V</div>  <div>YY</div> </div> <div> <div>440 V</div>  <div>Δ</div> </div> </div>					
Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA					
 → 6205-ZZ A BASE DE LITIO → 6204-ZZ				Kg	
03330	 PNCEE		REND.% = 85.5% cos φ 0.81		

- Marca comercial e modelo: **WEG - ALTO RENDIMENTO PLUS**
- Tipo de corrente: **alternada (~)**
- Número de fases: **3**
- Número de carcaça: **90L**
- Mês e ano de fabricação: **03/99**
- Número de série: **FB90702**
- Tipo: **Motor de Indução de Gaiola**
- Frequência: **60 Hz**
- Categoria: **N** (conjugado de partida normal, Ip normal, baixo escorregamento).
- Potência nominal: **2.2 kW (3.0 cv)**
- Rotação nominal: **1730 rpm**
- Fator de serviço: **1.15** (indica o quanto de sobrecarga: Is = FS.Inom)
- Classe de isolamento: **B** (130°C)
- Fator Ip/In: **6.7**
- Proteção: **IP-55** (proteção contra acúmulo de poeiras e contra penetração de água no interior do motor em todas as direções)
- Tensão nominal: **220/380/440 V**
- Corrente nominal: **8.40/4.86/4.20 A**
- Regime de trabalho: **S1** (regime contínuo)
- Possibilidades de ligação.
- Especificação dos rolamentos: **6205-ZZ e 6204-ZZ**
- Rendimento: **85.5%**
- Fator de Potência: **0.81**

3.4.13 LIGAÇÕES DE MOTORES

Partes da Caixa de Ligação:

Tipos de Terminais: Bornes ou chicotes.

Marcação: letras ou números.



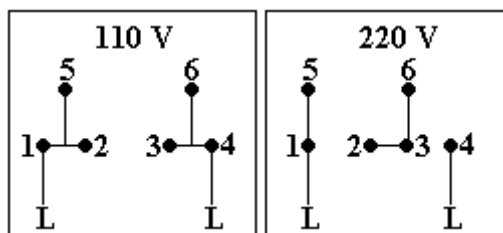
MOTORES MONOFÁSICOS:

• Necessitam de uma defasagem na tensão para iniciar a girar, por isso usa-se uma FASE AUXILIAR e um CAPACITOR, que após a partida são desconectados pelo INTERRUPTOR CENTRÍFUGO.

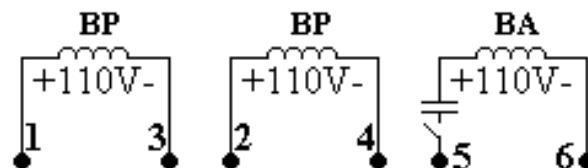
• TIPOS DE TENSÃO: **110 ou 220V.**

• INVERSÃO DO SENTIDO DE GIRO: **trocar 5 pelo 6.**

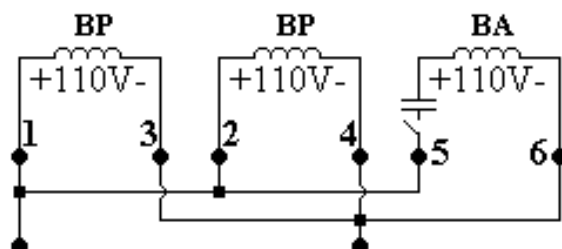
• **DADOS DA PLACA:**



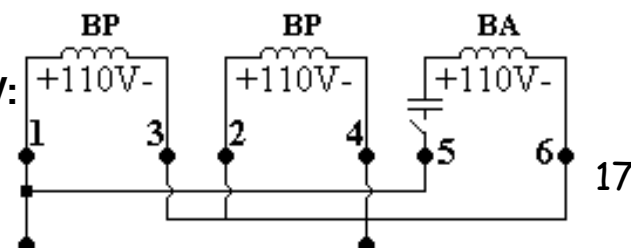
• **BORNES PARA LIGAÇÃO:**



• **EM 110V:**



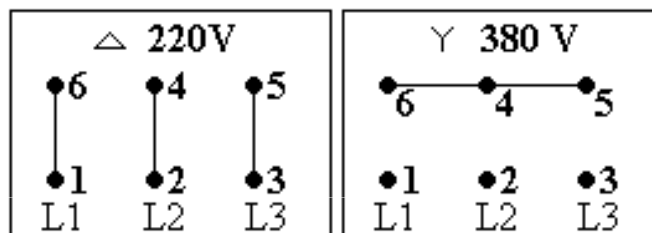
EM 220V:



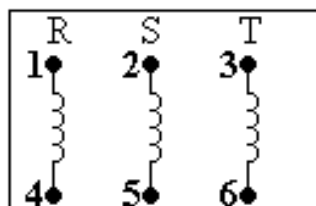
MOTORES TRIFÁSICOS (6 pontas):

- TIPOS DE TENSÃO: **220 ou 380V**.
- Para menor tensão utiliza-se ligação em TRIÂNGULO, e para maior tensão utiliza-se a ligação em ESTRELA.
- NOMENCLATURA: **R-S-T** ou **U-V-W** (para entrada) e **X-Y-Z** (para saída).
- INVERSÃO DO SENTIDO DE GIRO: **inverter duas fases da alimentação**.

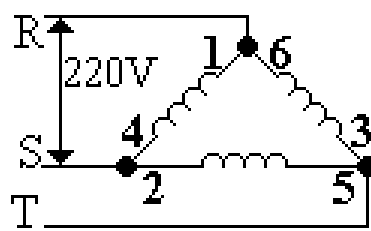
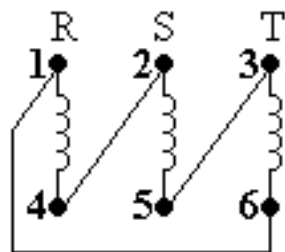
• DADOS DE PLACA:



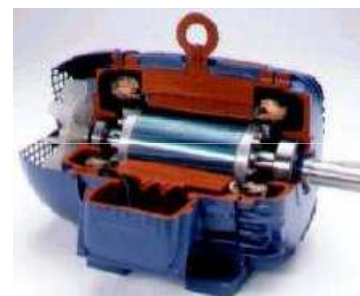
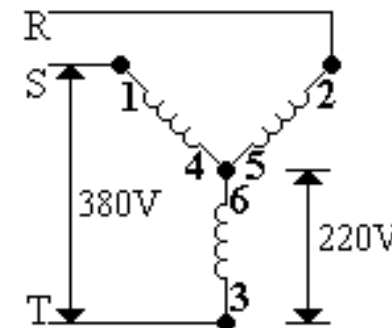
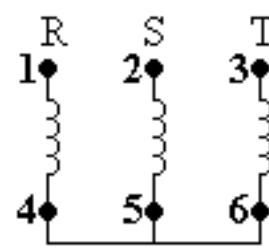
• BORNES PARA LIGAÇÃO:



• 220V:



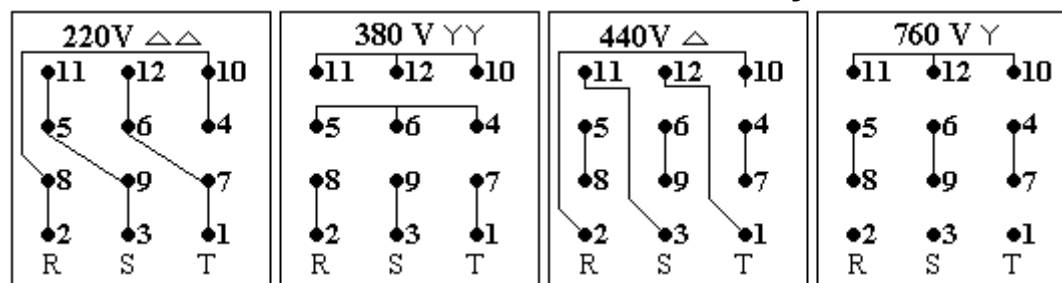
• 380V:



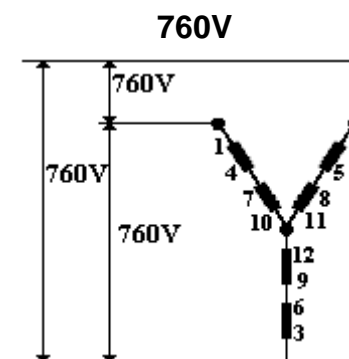
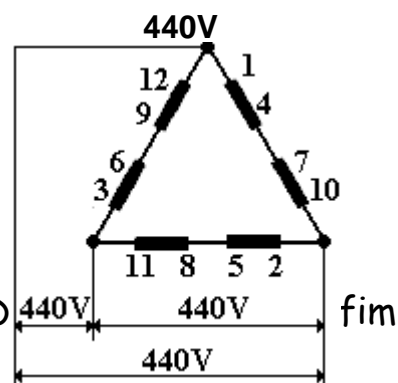
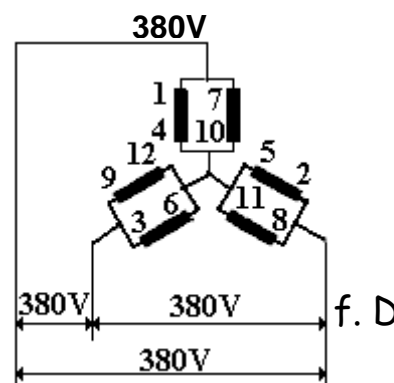
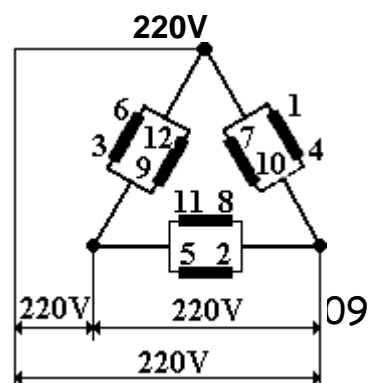
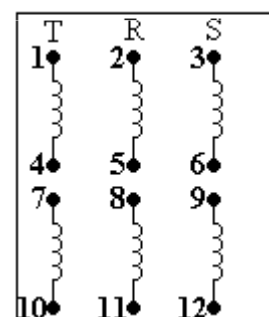
MOTORES TRIFÁSICOS (12 pontas):

- TIPOS DE TENSÃO: 220V ($\Delta \Delta$)/ 380V(YY)/ 440V(Δ) ou 760V (Y).
- NOMENCLATURA: R-S-T ou U-V-W (para entrada).
- INVERSÃO DO SENTIDO DE GIRO: inverter duas fases da alimentação.

• DADOS DE PLACA:



• BORNES PARA LIGAÇÃO:



TRABALHO 03 (H4)

1. O que é a velocidade síncrona para motores elétricos?
2. O que é o escorregamento?
3. Obtenha a velocidade síncrona para cada par de pólos:

N. pólos	ns
2	
4	
6	
8	

4. Obtenha o escorregamento para os seguintes motores trifásicos W21:

N. pólos	P[cv]	Ns [rpm]	N [rpm]	S%
2	5			
2	200			
4	5			
4	200			

TRABALHO 03 (H5 e H6)

1. Escolha três motores do laboratório e preencha a tabela abaixo:

N. pólos	P[cv]	N [rpm]	Rend	FP

2. Através de catálogos preencha as características de conjugado do motores:

Fabricante:

Modelo:

N. pólos	P[cv]	N [rpm]	FP	Cn [kgfm]	Cp/Cn	Cmax/Cn

3. Escolha um motor e complete os dados de placa:

- Marca comercial e modelo:
- Tipo de corrente:
- Número de fases:
- Número de carcaça:
- Mês e ano de fabricação:
- Número de série:
- Tipo:
- Frequência:
- Categoria:
- Potência nominal:
- Rotação nominal:
- Fator de serviço:
- Classe de isolamento:
- Fator I_p/I_n :
- Proteção:
- Tensão nominal:
- Corrente nominal:
- Regime de trabalho:
- Possibilidades de ligação.
- Especificação dos rolamentos:
- Rendimento:
- Fator de Potência:

REFERÊNCIAS

FRANCHI, C.M. ACIONAMENTOS ELÉTRICOS, Ed. Érica, 4a. Ed., SP, 2008.

ULIANA, J.E. Apostila de Comando e Motores Elétricos. Curso Técnico em Plásticos.

Catálogo WEG de motores.