

PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)

Notas de Aulas v.2021

Aula 08 – Seleção e Dimensionamento de Motores Elétricos

Professor: Carlos Alberto Fortulan

Colaborador: Marcos Paulo Gonçalves Pedroso

Introdução

Tipos de motores

Motores Elétricos;
Motores a Combustão;
Motores Hidráulicos;
Motores Pneumáticos

Sites:

www.faulhaber.com/

www.maxonmotor.com

www.bosch.com.br

www.kalatec.com.br

www.weg.com.br

www.ampflow.com/ampflow_motors.htm

www.pololu.com/category/87/stepper-motors

O que é um Motor Elétrico?

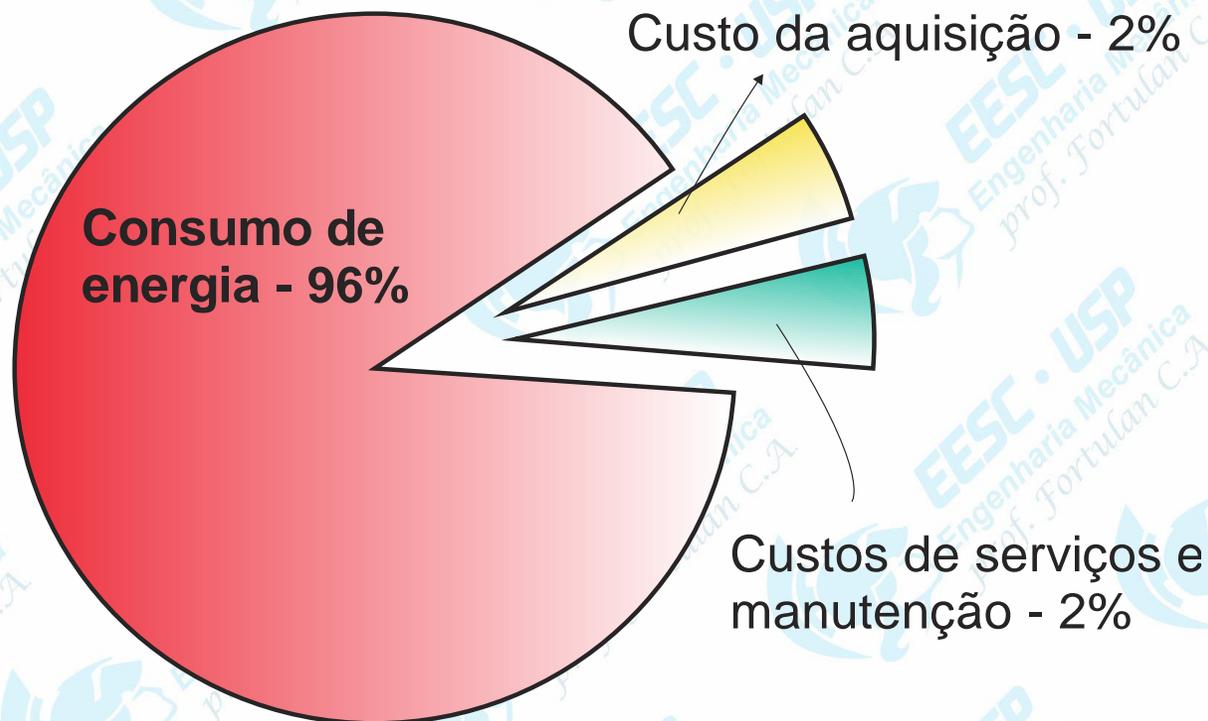
Componente eletromecânico que converte energia elétrica em energia mecânica;

Aplicado em:

- Rotação de bombas, ventiladores, sopradores;
- compressores;
- elevação;
- **movimentação;**

Motores na Indústria: 70% do consumo elétrico.

Dimensionamento de motores



Custo do ciclo de vida de um motor elétrico

- ✓ O dimensionamento convencional de um motor é baseado no sistema de carregamento, ou seja do torque requerido e das forças de atrito.
- ✓ É um processo que demanda um tempo excessivo e que deve considerar o torque necessário para acelerar o próprio rotor.
- ✓ O dimensionamento incorreto leva ao superaquecimento, gasto de energia e vibrações.
- ✓ Devido as incertezas (incertezas das cargas, aumento da carga devido ao envelhecimento dos componentes (atrito), disponibilidade) é comum um superdimensionamento e, é absolutamente aceitável em até **20%**.

Etapas do dimensionamento de motores

Objetivos da movimentação;

- ✓ Movimento linear na horizontal?
- ✓ Movimento linear na vertical?
- ✓ Movimento rotativo?

- ✓ Definição do sistema;
- ✓ Seleção dos componentes mecânicos;
- ✓ Seleção do motor;
- ✓ Cálculo da carga.

Definição do Sistema:

Configuração dos componentes.

Cinemática: perfil de velocidade,
velocidade máxima da carga,
rotação máxima do motor,
aceleração da carga,
aceleração do motor.

Dinâmica: massa, inércia, força, torque.

Crítérios: rotação, razão de inércia, torque, Torque RMS

Cinemática

- ✓ Regime de serviço (contínuo, intermitente, variável....)?
- ✓ Tipo de carregamento? → capacidade de sobrecarga

Carregamento	Descrição	Exemplos
Torque constante	Potência de saída variável	Transportadores, fornos rotativos, bombas de deslocamento constante
Torque variável	Torque varia com o quadrado da velocidade de operação	Bombas centrífugas, ventiladores
Potência constante	Torque varia inversamente com a velocidade	Máquinas ferramentas

- ✓ Precisão de posicionamento?
- ✓ Faixa de variação? → desempenho dinâmico – rapidez?
- ✓ Controle (posição, rotação, torque)? → Precisão

Componentes mecânicos

- ✓ Acoplamento direto;
- ✓ Redutores (fixo ou variáveis);
- ✓ Fusos;
- ✓ Acoplamentos;
- ✓ Polias x correias.

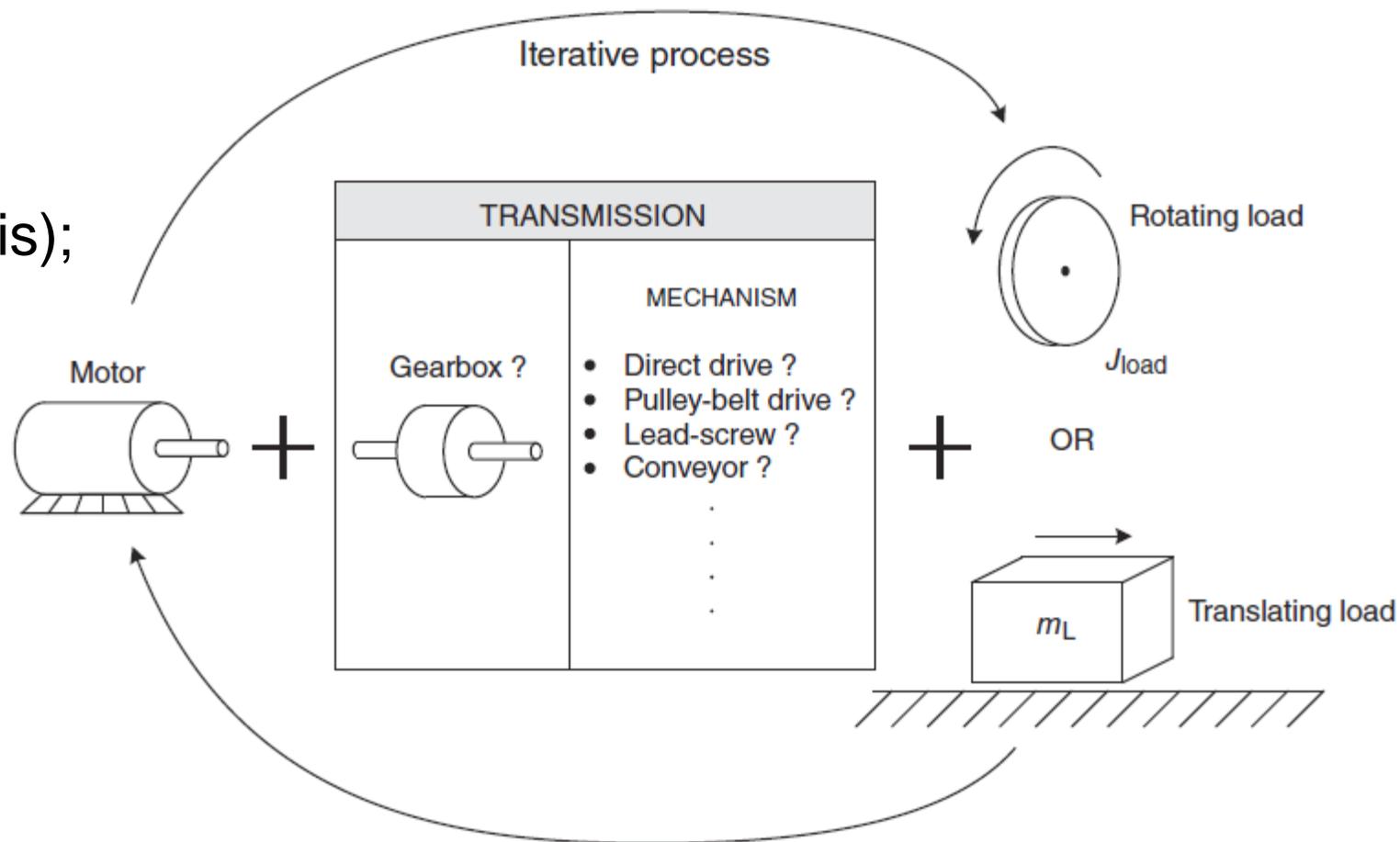
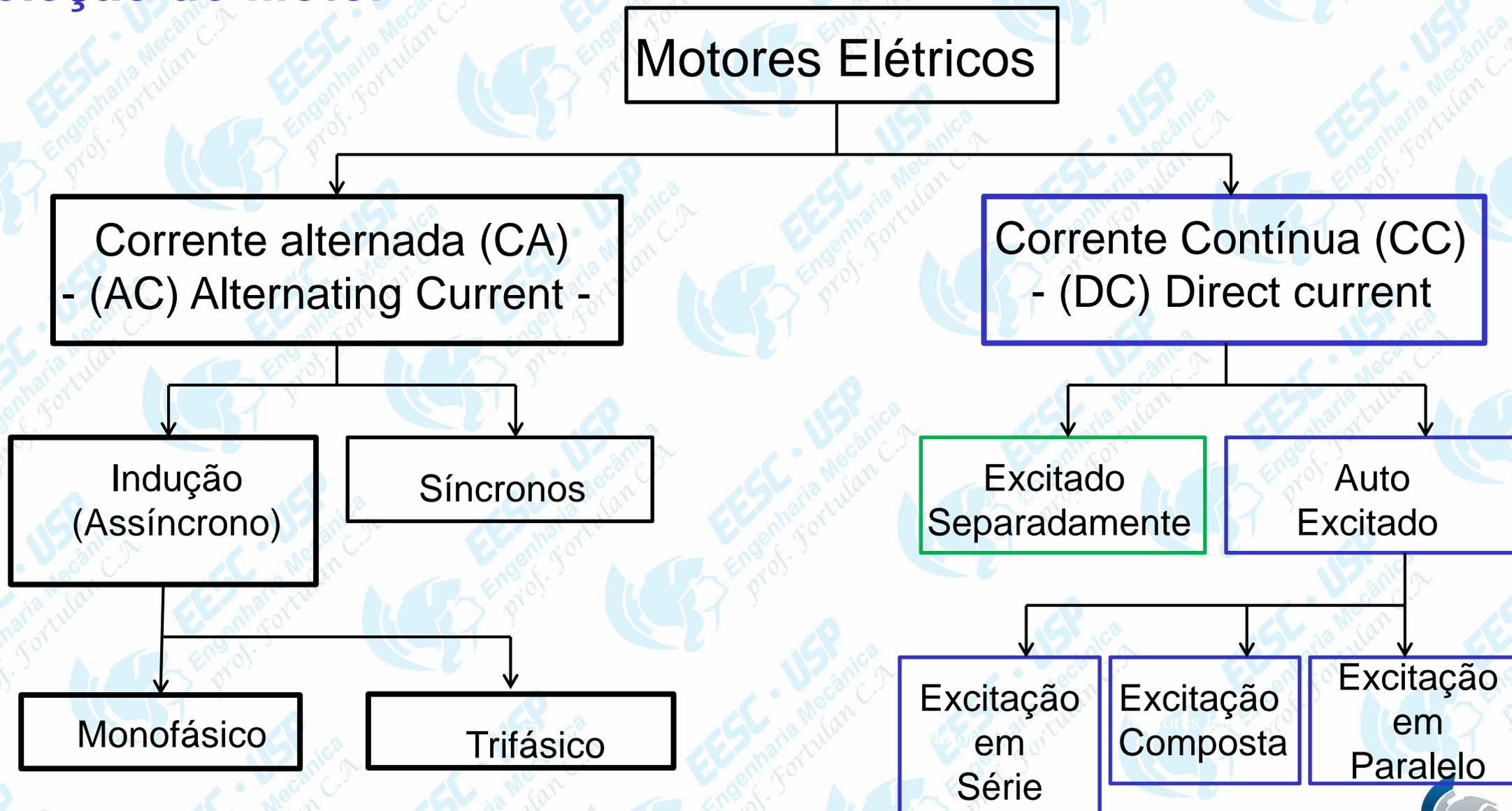
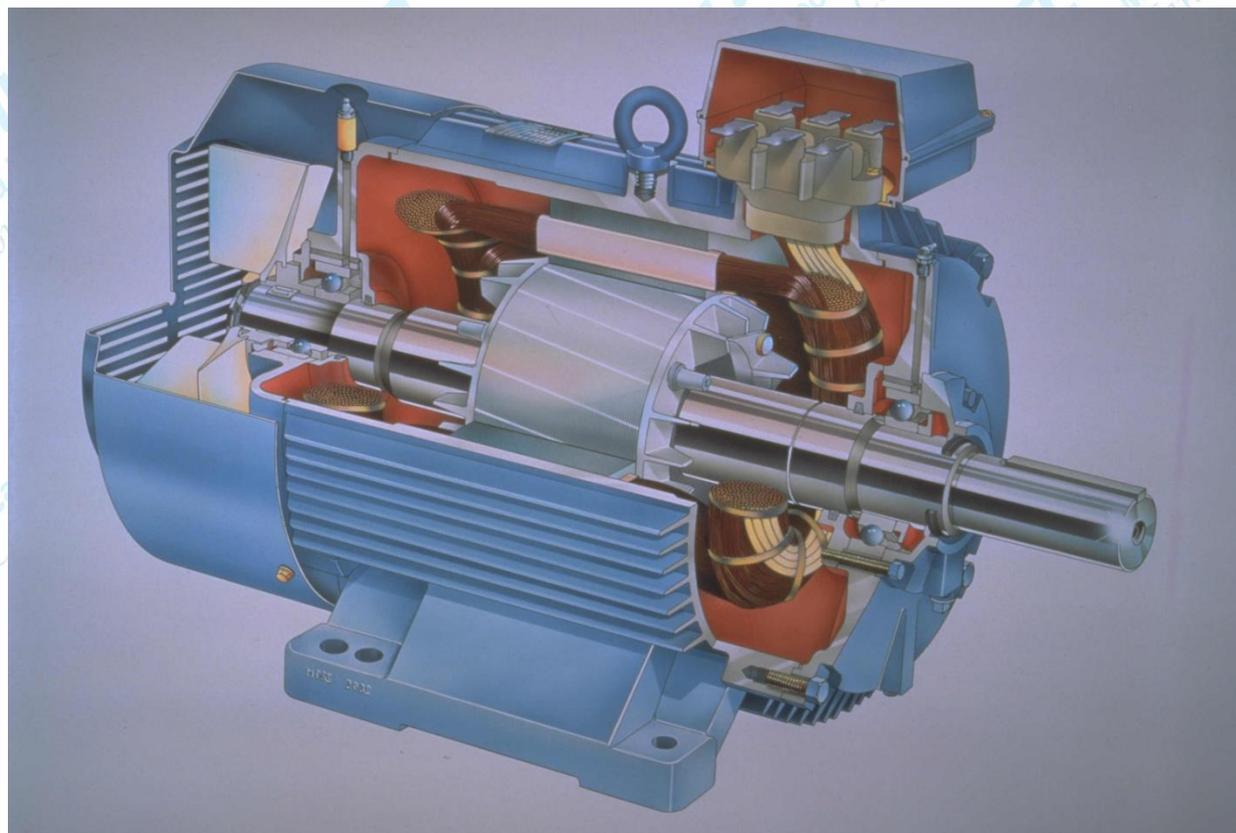


Figure 3.1 Iterative drive-train design process

Seleção do Motor



Motor de Corrente Alternada - Assíncronos



Vantagens

- relativamente simples;
- construção robusta;
- de fácil montagem e manutenção;
- tem custo de manutenção desprezível, apenas os mancais;
- suporta altas sobrecargas.

Desvantagens

- A intensidade da corrente de partida, necessária à plena tensão, provoca uma indesejável queda de tensão no sistema.

Função

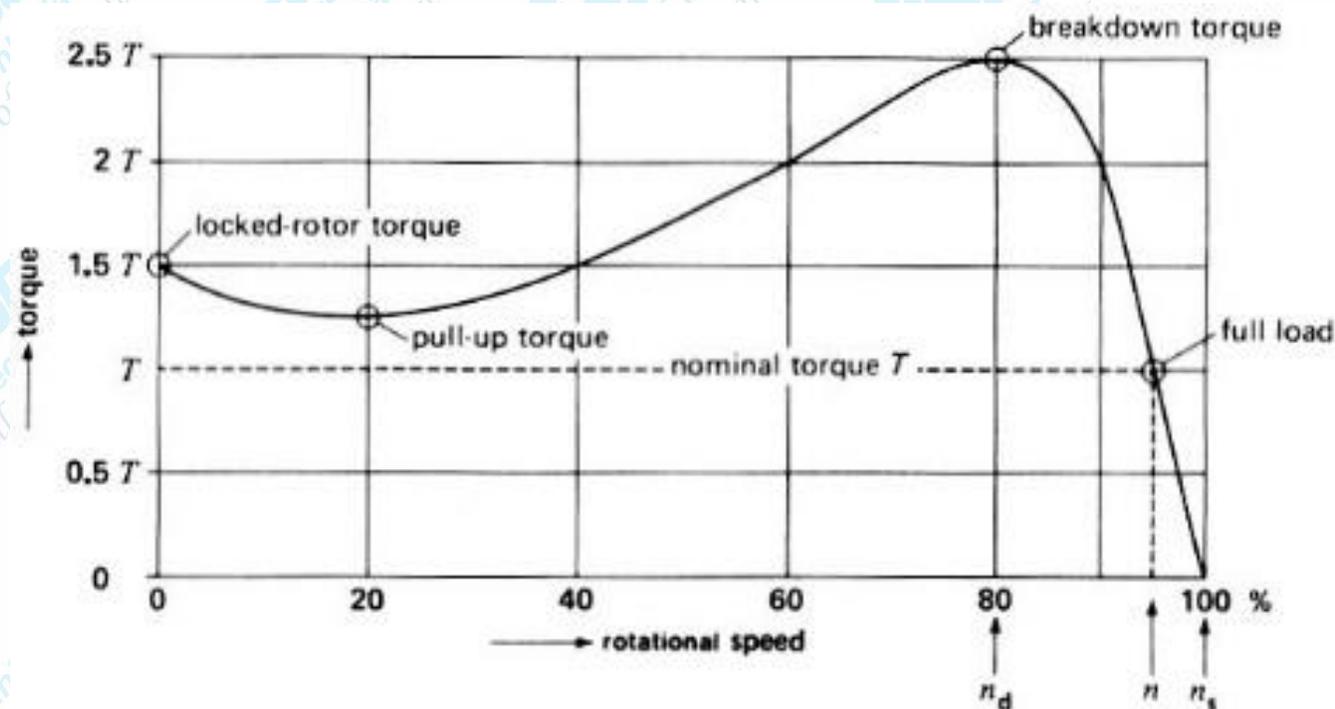
Uma energia mecânica é aplicada sob a forma de movimento rotativo, a potência desenvolvida depende do torque e da velocidade de rotação n .

$$\begin{array}{l}
 P \text{ (cv)} = \frac{C \text{ (kgfm)} \cdot n \text{ (rpm)}}{716} = \frac{C \text{ (Nm)} \cdot n \text{ (rpm)}}{7024} \\
 P \text{ (kW)} = \frac{C \text{ (kgfm)} \cdot n \text{ (rpm)}}{974} = \frac{C \text{ (Nm)} \cdot n \text{ (rpm)}}{9555} \\
 C \text{ (kgfm)} = \frac{716 \cdot P \text{ (cv)}}{n \text{ (rpm)}} = \frac{974 \cdot P \text{ (kW)}}{n \text{ (rpm)}} \\
 C \text{ (Nm)} = \frac{7024 \cdot P \text{ (cv)}}{n \text{ (rpm)}} = \frac{9555 \cdot P \text{ (kW)}}{n \text{ (rpm)}}
 \end{array}$$

WEG, *Especificação de motores elétricos*, Cód: 50032749, rev13 (2014) 67p.

Operação

O motor, a cada aceleração, segue uma curva característica de torque até seu ponto operacional estável, onde se cruzam as curvas características da carga e do motor, e neste ponto, o momento de carga deve ser inferior ao torque de partida ou ao torque mínimo.



Conjugado (Torque)

O motor de indução tem conjugado igual a zero na velocidade síncrona. À medida que a carga aumenta, a rotação do motor cai gradativamente, até um ponto em que o conjugado atinge o valor máximo que o motor é capaz de desenvolver em rotação normal. Se o conjugado da carga aumentar mais, a rotação do motor cai bruscamente, podendo chegar a travar o rotor.

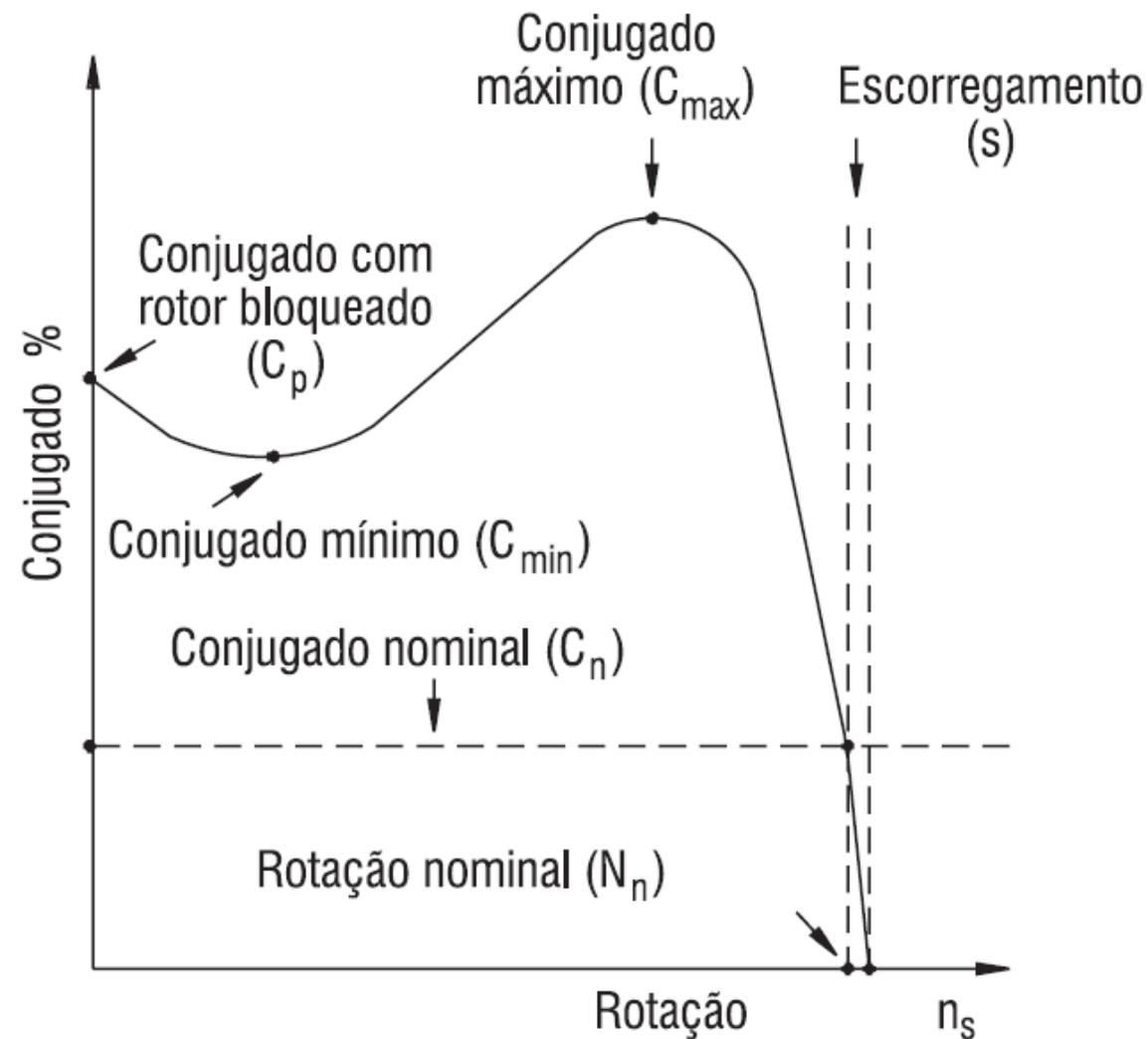


Figura 4.1 - Curva conjugado x rotação

Velocidade Síncrona (n_s) é definida pela velocidade de rotação do campo girante, a qual depende do número de polos ($2p$) do motor e da frequência (f) da rede, em Hertz.

Polos:

$$n_s = 2 \cdot \frac{f \cdot 60}{p}$$

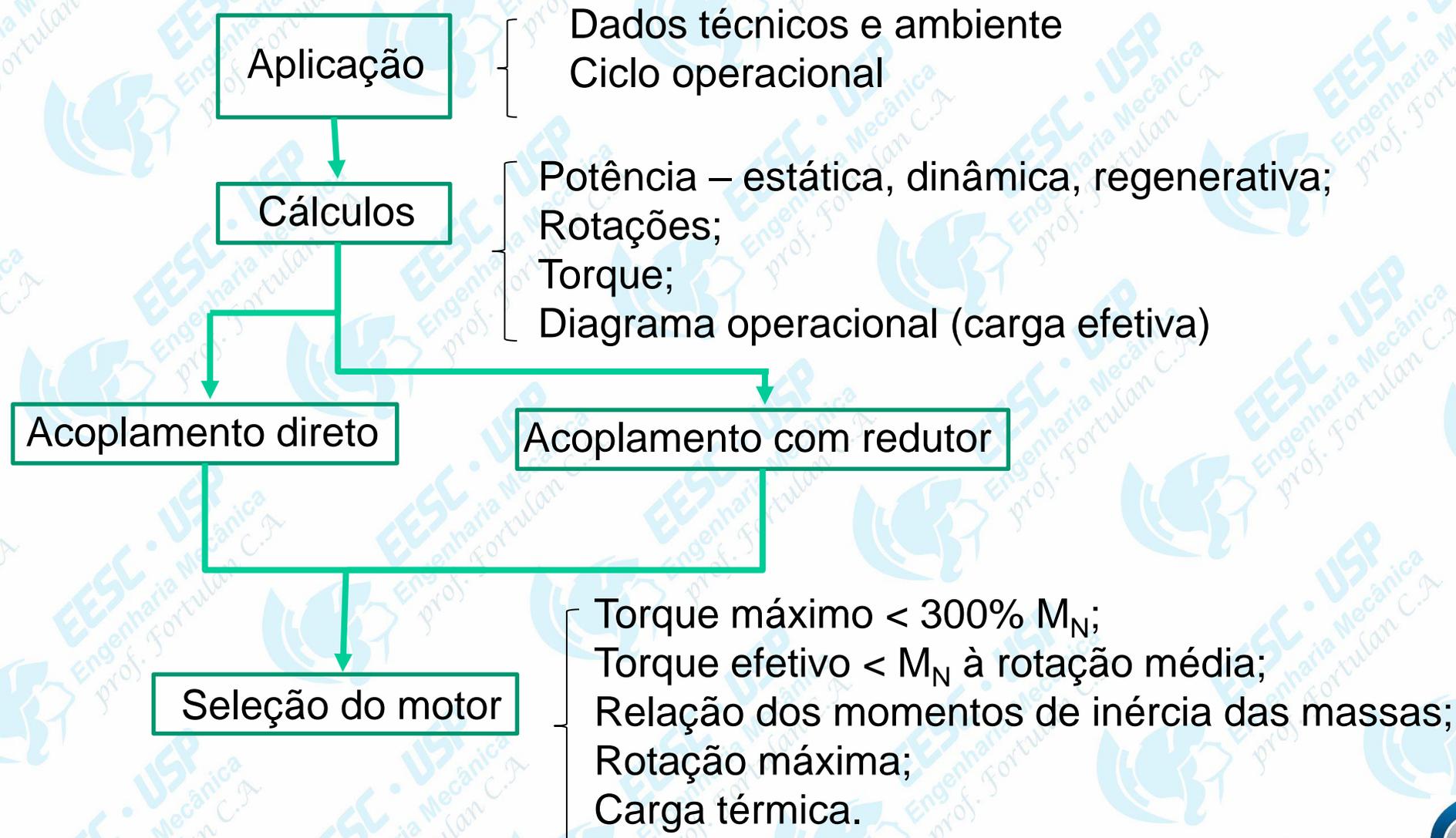
n_s [rpm] Rotação Síncrona

f [Hz] Frequência da corrente no estator

p [-] Número de pólos do motor

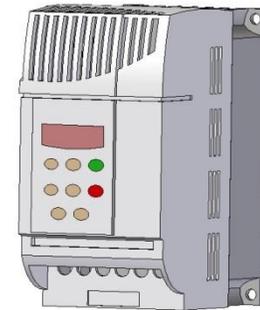
Frequência =	50Hz	60Hz
2-pólos: $n_s =$	3000 rpm	→ 3600 rpm
4-pólos: $n_s =$	1500 rpm	→ 1800 rpm
6-pólos: $n_s =$	1000 rpm	→ 1200 rpm
8-pólos: $n_s =$	750 rpm	→ 900 rpm

Dimensionamento de motor Assíncrono



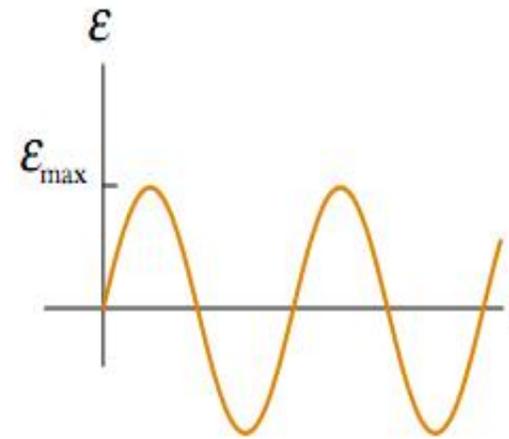
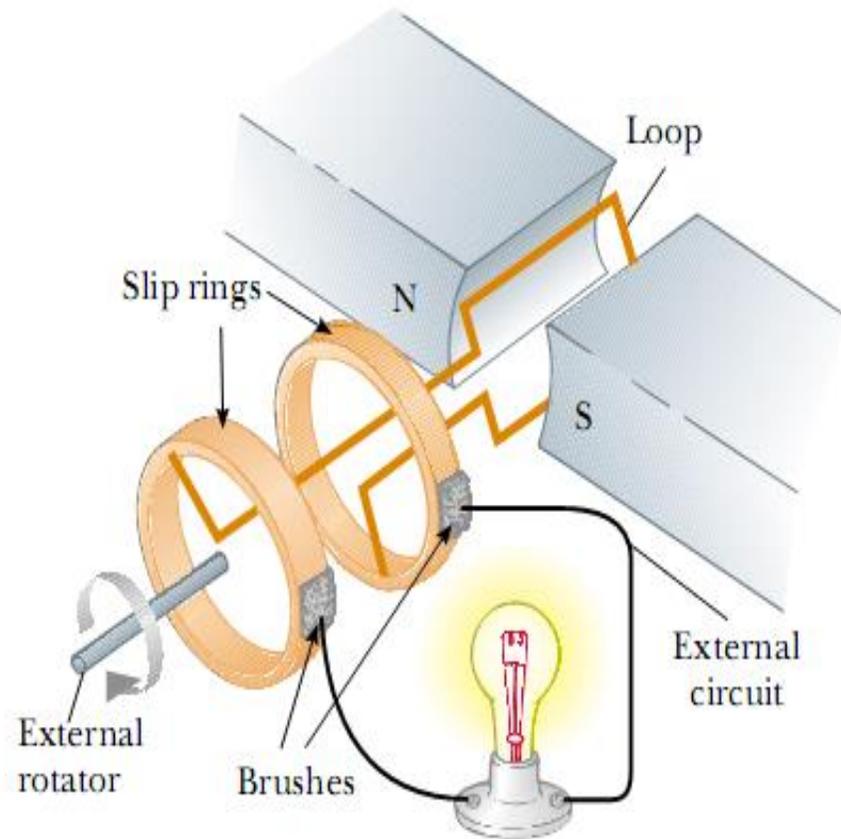
Variação de velocidade através de Inversor de Frequência

- ✓ Aceleração e arranque controlados
- ✓ Desaceleração e paragem controladas
- ✓ Inversão do sentido de marcha
- ✓ Proteção integrada
 - proteção o térmica
 - sobretensões e quedas de tensão
 - desequilíbrios de fases
 - conversão monofásico x trifásico (baixa potencia)
 - curto circuitos entre fases e entre fase e terra



Motores síncronos

Tem seu rotor constituído por um eletroímã alimentado por CC (corrente contínua) ou constituído por ímãs permanentes. Como o campo magnético do rotor independe do campo magnético do estator, quando o campo magnético do rotor tenta se alinhar com o campo magnético girante do estator, o rotor adquire velocidade proporcional a frequência da alimentação do estator e acompanha o campo magnético girante estabelecido no mesmo, sendo por este motivo denominado síncrono. O aumento ou diminuição da carga não afeta sua velocidade. Se a carga ultrapassar os limites nominais do motor, este para definitivamente



- ✓ Caracterizam-se por funcionar com uma velocidade que depende da frequência da rede que os alimenta independentemente da carga;
- ✓ Os motores síncronos são alternadores que funcionam como motores.
- ✓ Aplica-se como gerador, na correção do fator de potência, nos compressores, laminadores, sopradores e **conversores** de frequência.

Vantagens

- Velocidade constante em regime permanente, tanto em vazio como com carga
 - Na indústria, motores síncronos são muitos utilizados onde a velocidade constante é desejada.
 - Os motores síncrono são utilizados em grandes estações de bombeamento.
- Podem ser utilizados como geradores de energia elétrica, sendo o principal equipamento de conversão de energia no sistema de potência elétrico mundial.
- Reatância da armadura reduzida;
- Melhoria do isolamento;
- Peso e inércia do rotor reduzidos.

Desvantagens:

O emprego de corrente contínua para a sua excitação. Havendo qualquer perturbação no sistema, o motor poderá sair de sincronismo, causando a sua parada (enquanto o motores assíncronos continuam a girar).

Motor de corrente contínua

Tipos:

- ✓ Com escova;
- ✓ Sem escovas;
- ✓ Motor de passo.



DC motor



DC Brushless motor



Stepper motor

Servo motor

Armadura (rotor) de um motor DC

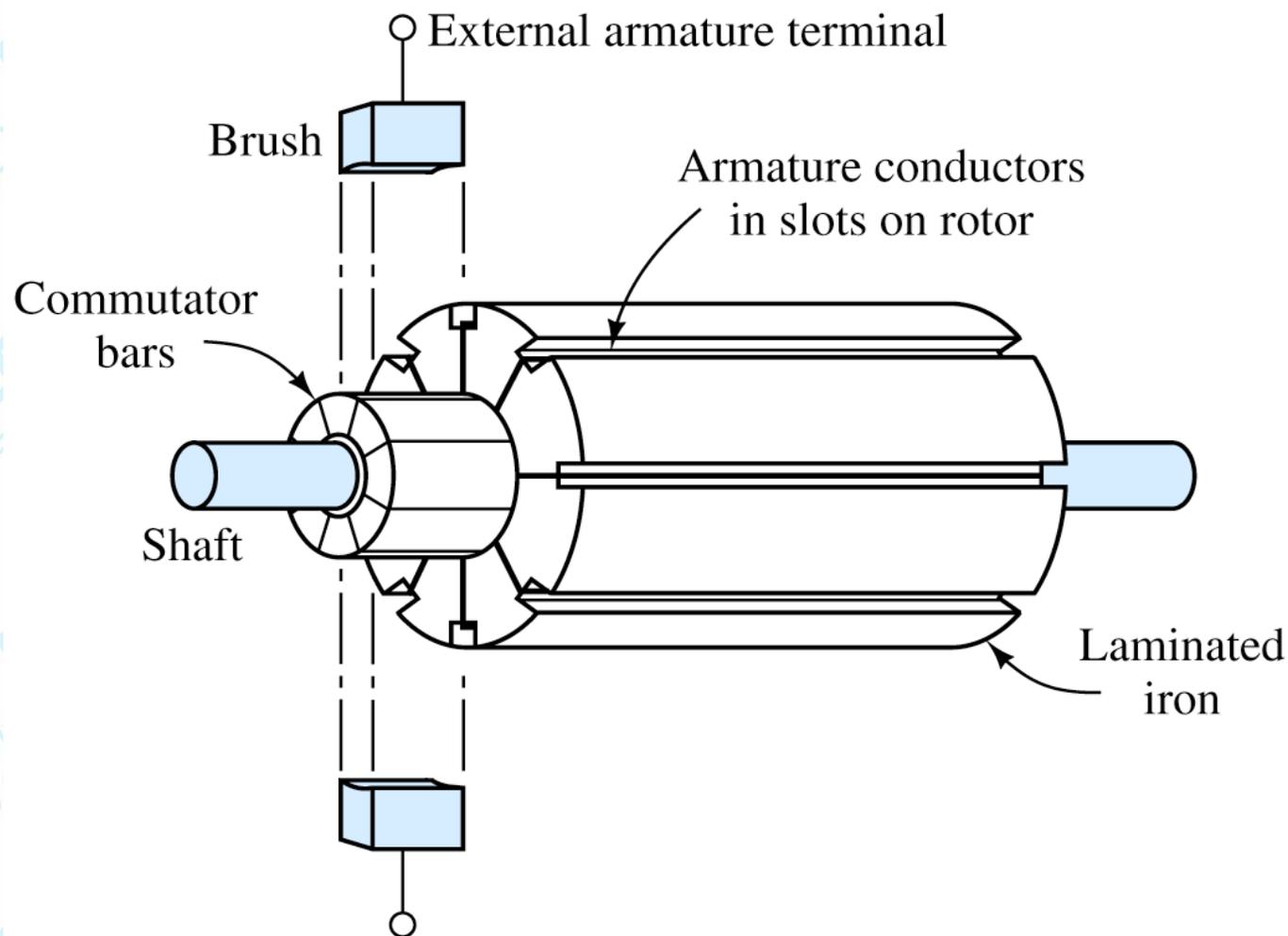


Figure 16.9 Rotor assembly of a dc machine.

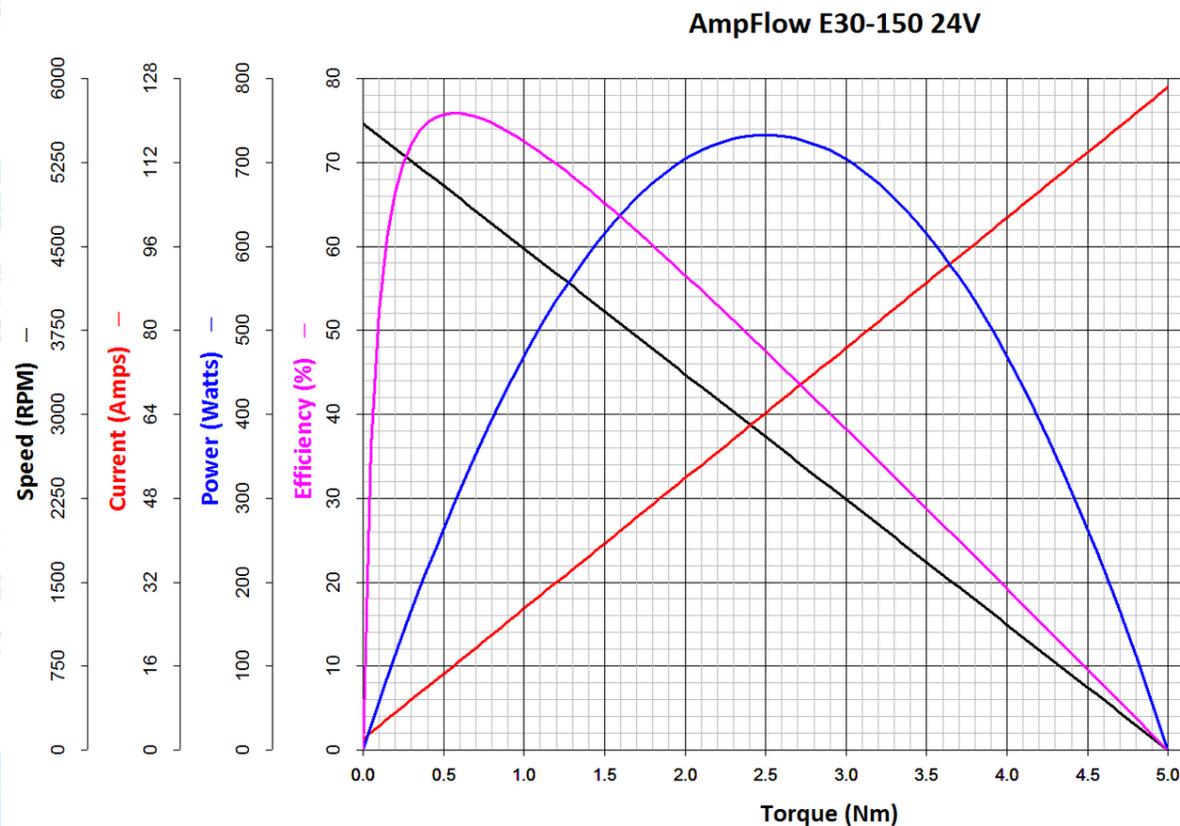
Curva Característica

Exemplo: Modelo econômico



http://www.ampflow.com/E30-150_N.JPG

Type	Economy
Model	E30-150
Peak Horsepower	1.0
Diameter (inches)	3.1
Length (inches)	4.0
Stall Torque (oz-in)	710
Efficiency	76%
Voltage*	24*
No-Load RPM	5600
Pounds	3.6
Price	\$79



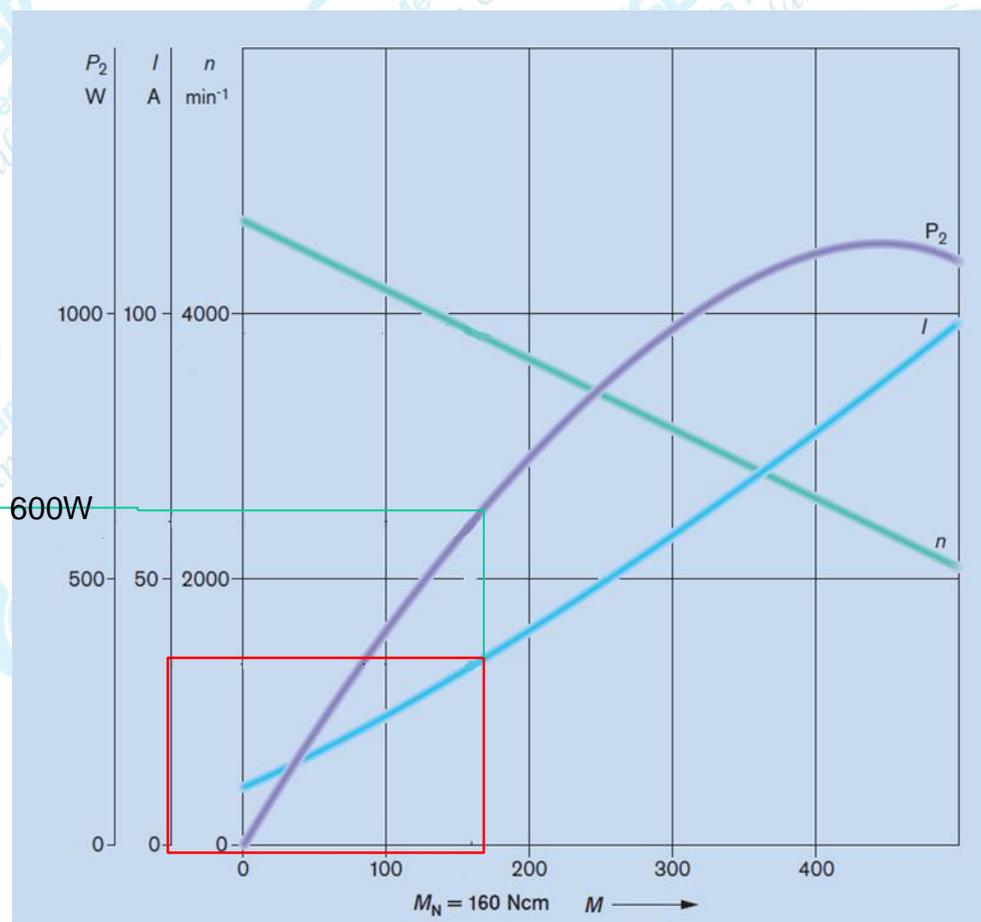
http://www.ampflow.com/E30-150_Chart.png

Exercício

Calcule a potência de entrada, a potência de saída e o rendimento para um motor cuja voltagem nominal é de 24 V a uma corrente nominal de 35 A. A curva característica é dada abaixo:

$$P_i = U \cdot i = 24 \cdot 35 = 840W$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{600}{840} = 71\%$$



Exercício

A equação teórica de potência para a Potência de entrada P_1 é:

$$P_1 = U_N \cdot I_N;$$

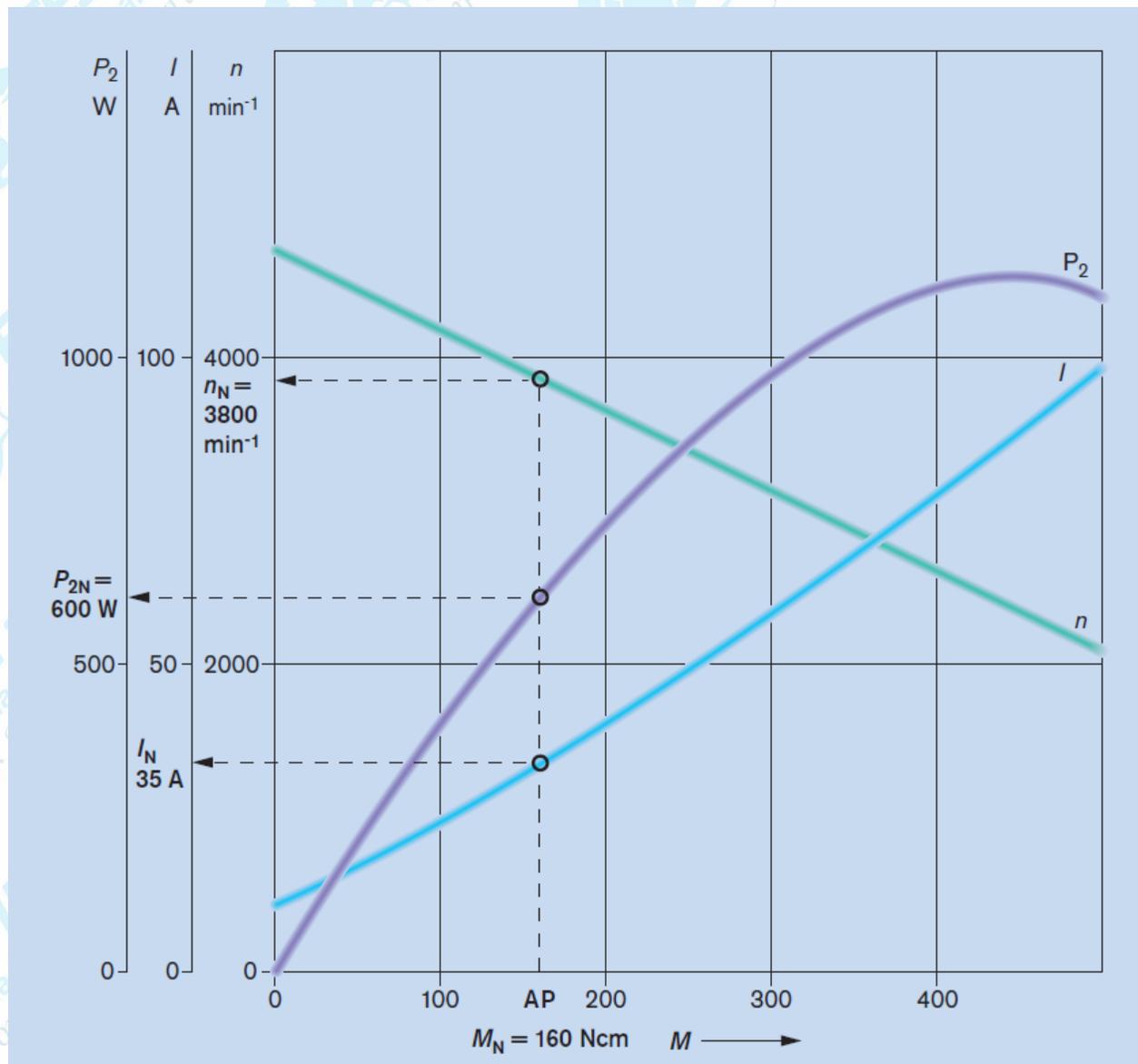
$$P_1 = 24 \text{ V} \cdot 35 \text{ A};$$

$$P_1 = 840 \text{ W}$$

Através desta potência de entrada P_1 e da potência de saída P_{2N} determinada pelo padrão de curva característica, pode-se calcular a eficiência η :

$$\eta = \frac{P_{2N}}{P_1} = \frac{600 \text{ W}}{840 \text{ W}} = 0,71 = 71\%$$

Bosch Catálogo – Motores Elétrico 2004/2005

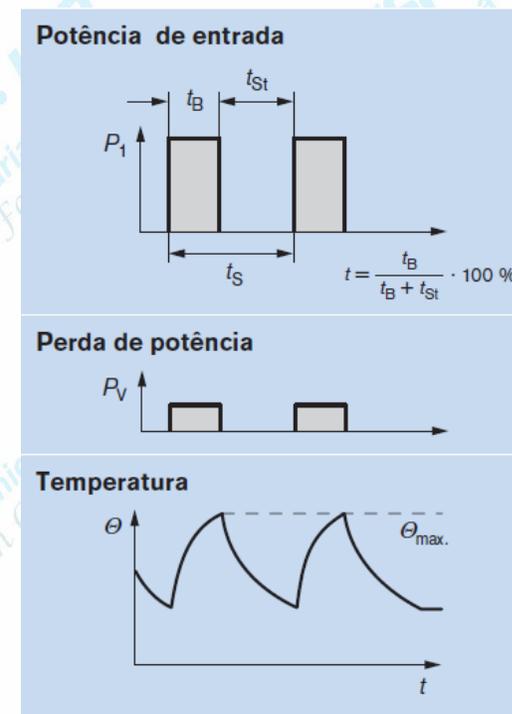
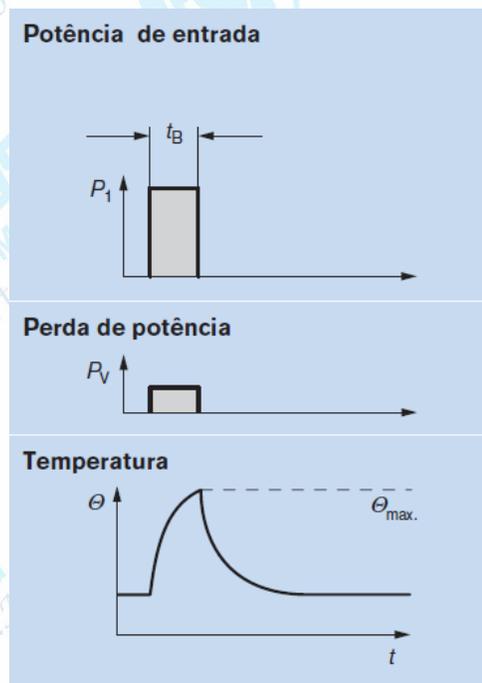
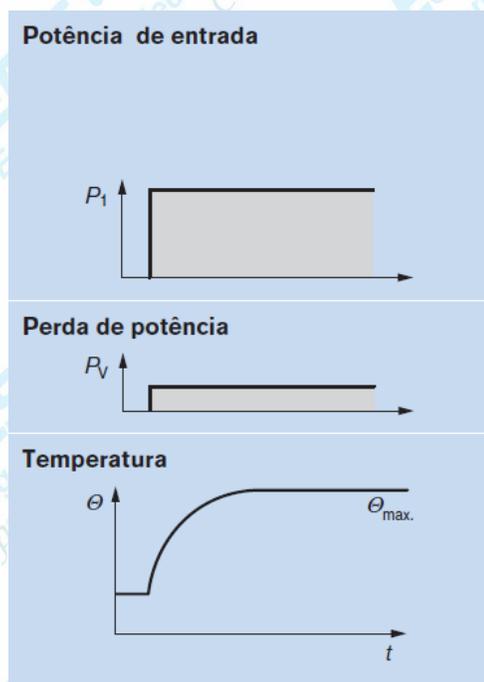


Classes de funcionamento

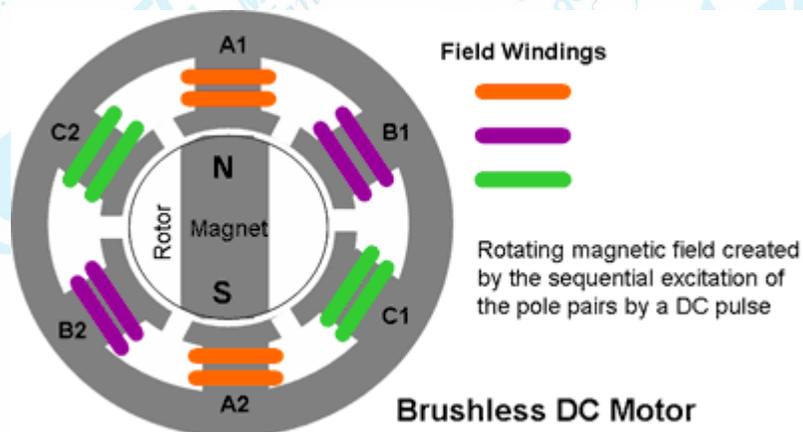
Serviço contínuo S1 - Operação em carga contínua, com duração em que se pode alcançar um equilíbrio térmico suficiente.

Serviço de curta duração S2 - Operação em carga constante, duração em que, no entanto, não seja suficiente para alcançar o equilíbrio térmico, com uma parada subsequente que dure até que a temperatura do motor torne-se diferente da do resfriador em não mais que 2 K.

Serviço intermitente-periódico S3 - Operação composta de uma sequencia de ciclos idênticos na qual cada ciclo inclui um período numa carga constante e uma parada, onde a corrente inicial não possui nenhum efeito considerável no aquecimento.



Motor DC sem escovas - Motores BLDC (brushless DC)



Em relação ao motor com escova

Vantagens

- ✓ mais eficientes
- ✓ confiabilidade mais elevada
- ✓ ruído reduzido,
- ✓ a vida útil mais longa
- ✓ a eliminação da ionização do comutador
- ✓ redução total de EMI (interferência eletromagnética).

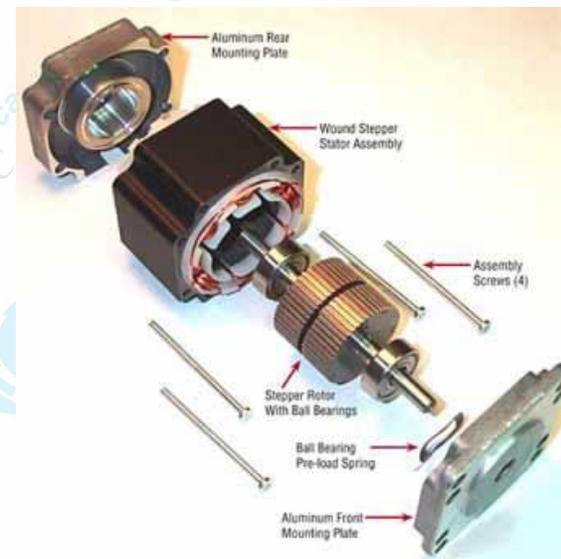
Desvantagens

- ✓ custo mais elevado;
- ✓ requerem dispositivos MOSFET de alta potência - controlador eletrônico de velocidade

Aplicações

- ✓ Motores para injeção de combustíveis;
- ✓ Motores de acionamento de fluidos, tais como bombas de água;
- ✓ Motores de ventilação.
- ✓ Motores de bicicletas elétricas.
- ✓ Motores para aplicação em equipamentos eletro-médicos.

Motor de Passo



www.compumotor.com
www.kalatec.com.br

Motor de Passo: O que é?

Dispositivo eletro-mecânico que converte pulsos elétricos em movimentos mecânicos, cujo rotor ou eixo é rotacionado com pequenos incrementos angulares.

São motores elétricos síncronos *brushless*, que convertem pulsos digitais de sinais em movimento mecânico rotativo de **precisão**.

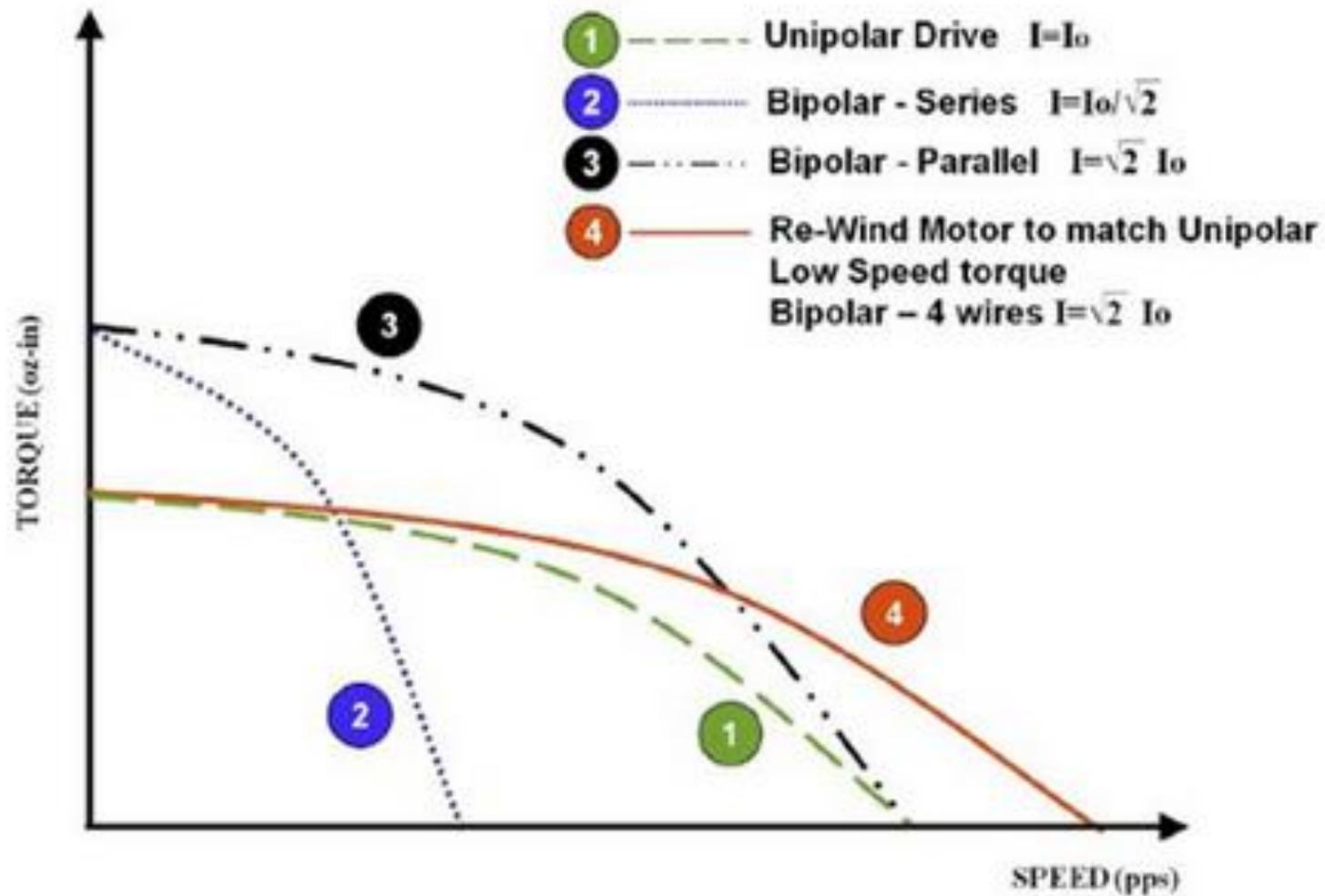
O rotor ou eixo de um motor de passo é rotacionado em pequenos incrementos angulares denominados “passos”, quando pulsos elétricos são aplicados em uma determinada sequência em seus terminais.

Como funciona?

Rotação é diretamente relacionada aos impulsos elétricos, bem como com a seqüência e freqüência que estes são aplicados, o que determina o sentido e velocidade de avanço do rotor. O ângulo de giro é proporcional ao número de passos acionados.

Tipos:

UNIPOLAR VS. BIPOLAR



Aplicações:

Movimentos com precisão (ângulo de rotação, velocidade, posição e sincronismo).

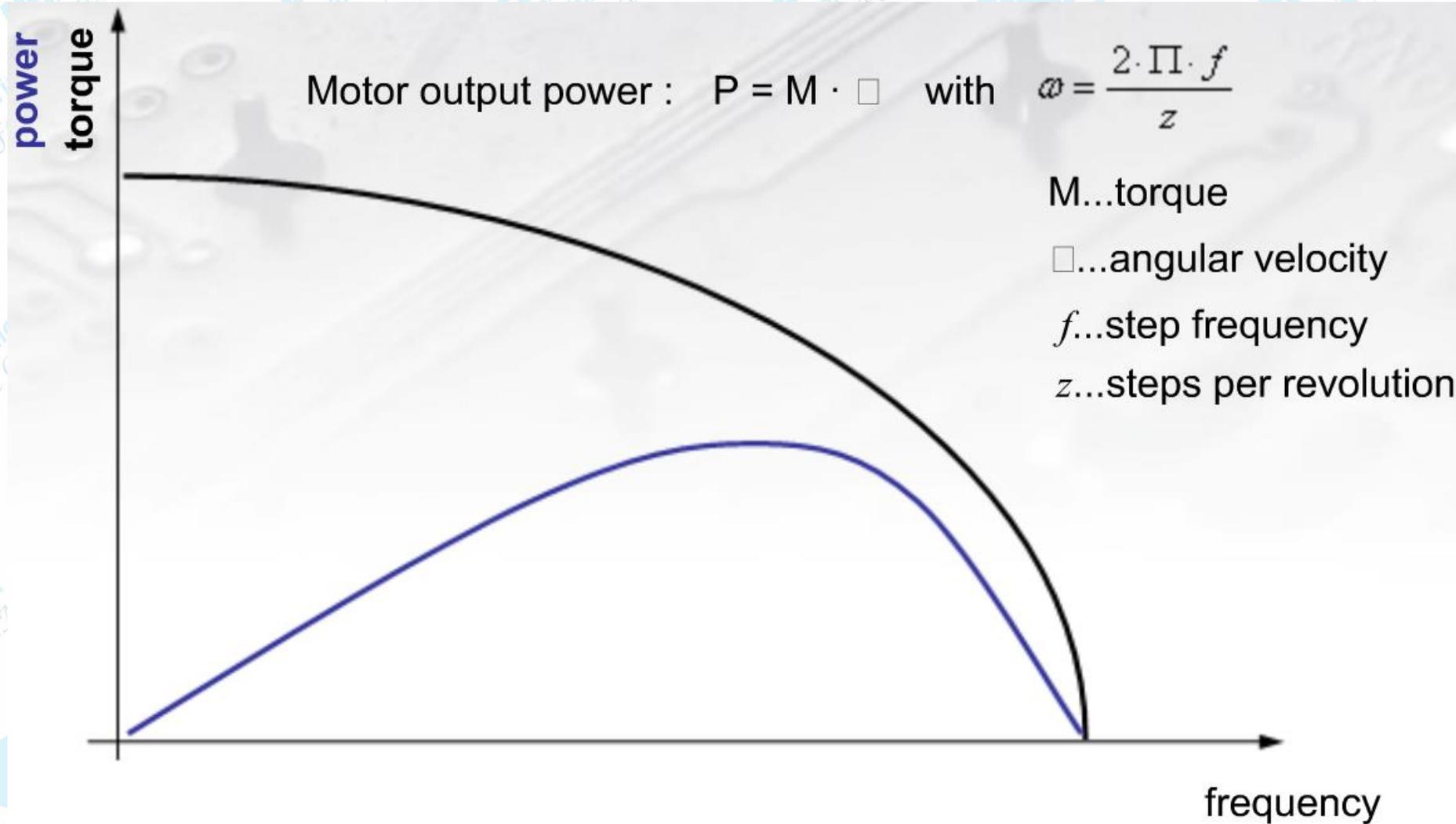
Automação industrial, impressoras, robôs, scanners

Vantagens:

- baixo custo para o controle alcançado;
- robusto;
- simplicidade de construção;
- pode operar em um sistema aberto malha de controle;
- baixa manutenção;
- menos propensos a parar ou escorregar;
- funcionar em qualquer ambiente;
- alta confiabilidade

Desvantagens:

- Requer um circuito de controle dedicado;
- Exige mais corrente que um motor DC;
- Alto torque de partida alcançados a baixas velocidades;
- Desempenho bruto em baixa velocidade, a menos que um *microstep* seja usado;
- Responsabilidade para a perda de posição, como resultado da operação de malha aberta;
- Consomem corrente, independentemente da carga;
- Perdas em velocidade é relativamente alta e pode causar um aquecimento excessivo e são frequentemente ruidosa (especialmente em altas velocidades).



Controlador CNC

HobbyCNC PRO Chopper Driver Board Kit

- 4 eixos independentes e interpolados;
- Comunicação: Porta paralela;
- 12 a 36V – 3A por fase motor passo;
- Softwares:
 - Turbocnc; emc2; KCAM.....



SERVOMOTOR

Servoacionamentos, são destinados à aplicações quando são requeridos: elevada dinâmica, controle de torque, precisão de velocidade e que se mantenham aliadas a um elevado desempenho.

Servo Motor CC – *DC Servo motor DC*

Servo Motor AC - *AC Servo Motors*

Servo motor DC

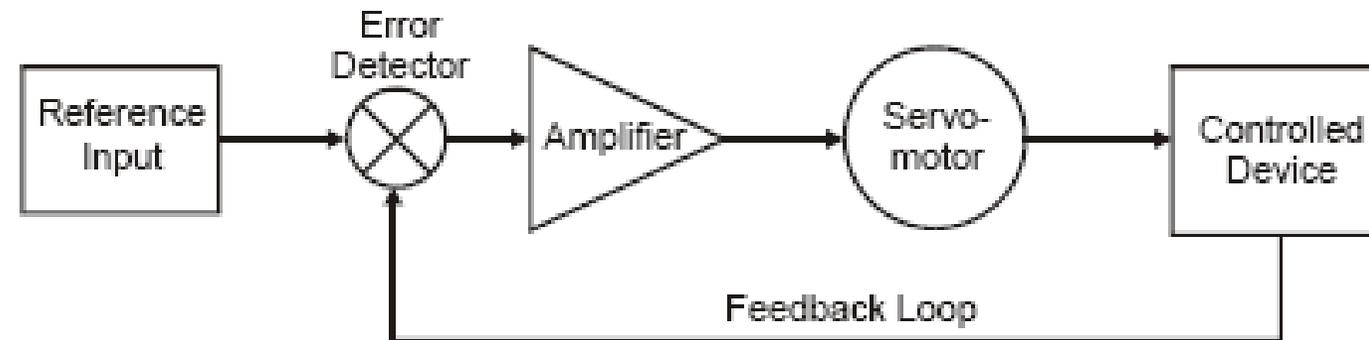
É um conjunto de quatro partes:

- um motor DC,
- uma caixa de redução,
- um encoder e;
- um circuito de controle.

A função do servo é receber um sinal de controle, que representa uma posição de saída desejada, e fornecer energia para que o motor DC gire até esta posição. Ele usa o dispositivo sensor de posição para reconhecer a posição de rotação do eixo.

SERVOMOTOR

Os servomotores DC são acionados por uma corrente proveniente de amplificadores eletrônicos ou amplificadores CA com demoduladores internos ou externos, reatores saturáveis, amplificadores retificadores controlados a silício ou tiristorizados, ou por qualquer um dos vários tipos de amplificadores rotativos. Os servomotores DC tem tamanhos que variam de 0,05 a 1.000 HP.



www.weg.com.br

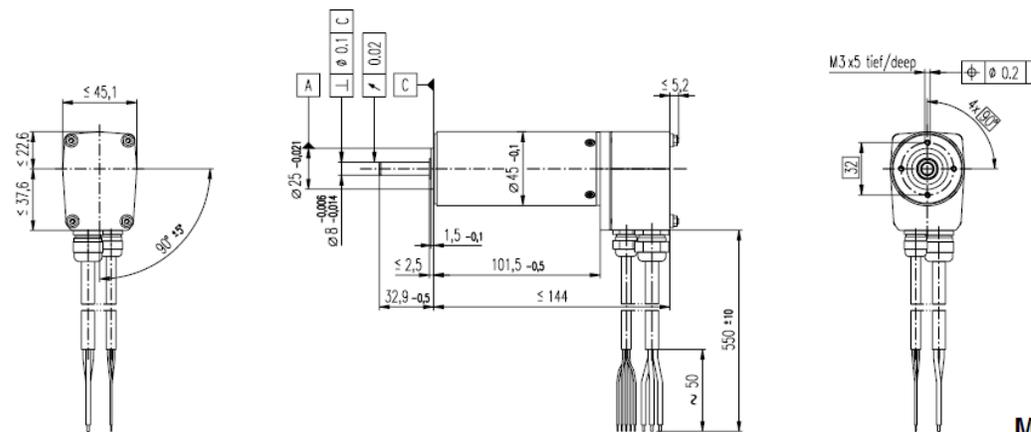
www.compumotor.com

www.kalatec.com.br

	Y-circuit	136207
	Δ-circuit	
Motor Data		
1 Assigned power rating	W	250
2 Nominal voltage	Volt	24.0
3 No load speed	rpm	5300
4 Stall torque	mNm	2250
5 Speed / torque gradient	rpm / mNm	2.40
6 No load current	mA	435
7 Terminal resistance phase to phase	Ohm	0.46
8 Max. permissible speed	rpm	12000
9 Max. continuous current at 5000 rpm	A	7.10
10 Max. continuous torque at 5000 rpm	mNm	283
11 Max. efficiency	%	83
12 Torque constant	mNm / A	43.3
13 Speed constant	rpm / V	220
14 Mechanical time constant	ms	5
15 Rotor inertia	gcm ²	209
16 Terminal inductance phase to phase	mH	0.170
17 Thermal resistance housing-ambient	K / W	1.7
18 Thermal resistance winding-housing	K / W	1.1
19 Thermal time constant winding	s	16
20 Thermal time constant stator	s	850

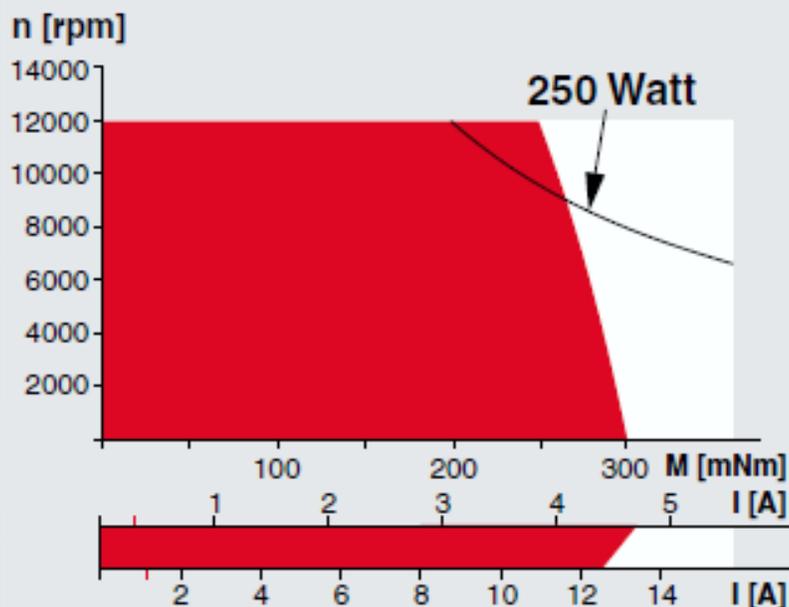
maxon EC motor

EC 45 Ø45 mm, brushless, 250 Watt, CE approved



M 1:4

Operating Range



Comments

Details on page 148

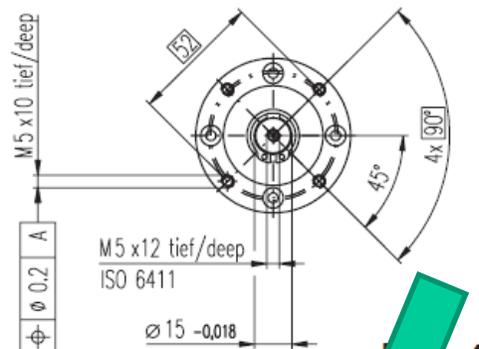
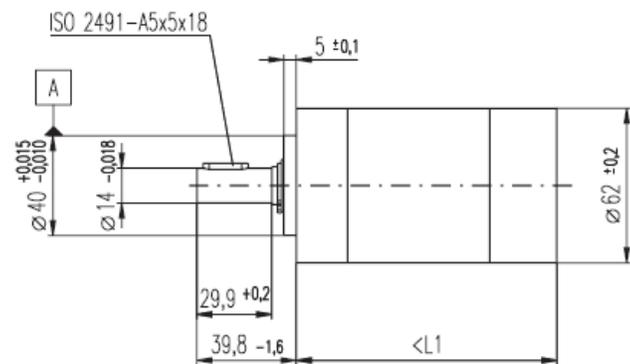
- Curve of constant assigned power rating
- Continuous operation
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
= Thermal limit
- Short term operation
The motor may be briefly overloaded (recurring).

136209 Motor with high resistance winding

136210 Motor with low resistance winding

Nº 110501

Planetary Gearhead GP 62 A $\varnothing 62$ mm, 8 - 50 Nm



Technical Data

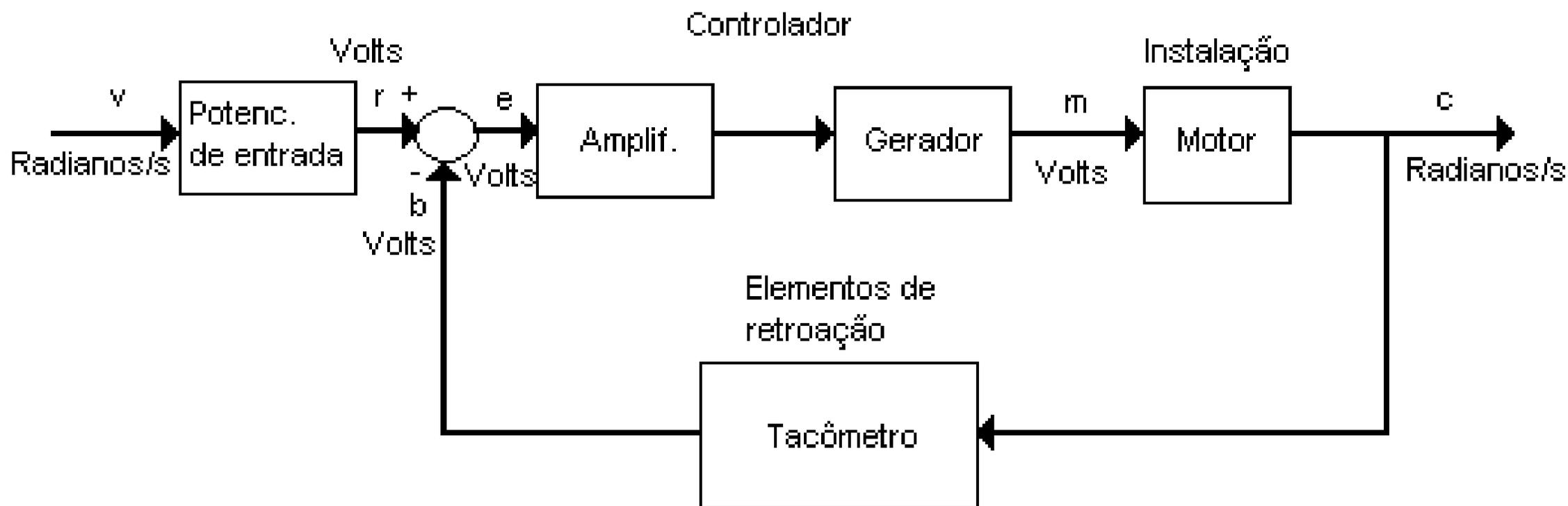
Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	steel
Bearing at output	ball bearing
Radial play, 7 mm from flange	max. 0.08 mm
Axial play	max. 1 mm
Max. permissible axial load	120 N
Max. permissible force for press fits	1000 N
Sense of rotation, drive to output	=
Recommended input speed	< 3000 rpm
Recommended temperature range	-30 ... +140°C
Number of stages	1 2 3
Max. radial load, 24 mm from flange	240 N 360 N 570 N

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

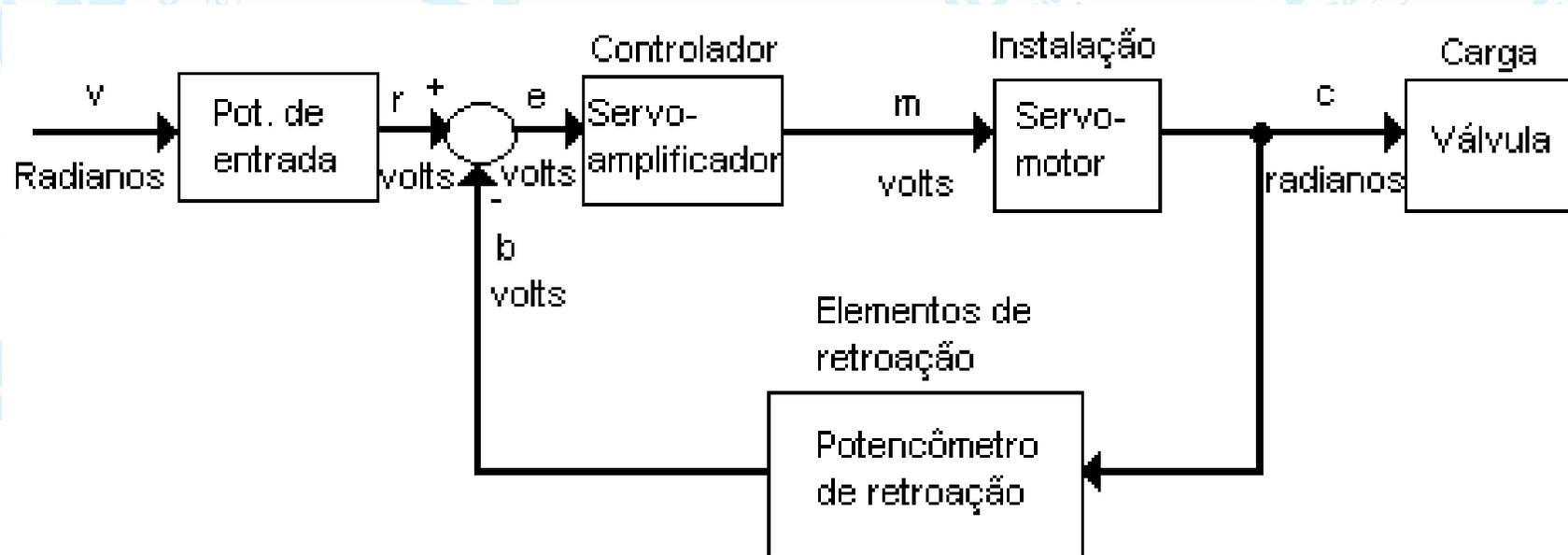
Order Number	110499	110501	110502	110503	110504	110505	110506	110507	110508
Gearhead Data									

1 Reduction		5.2 : 1	19 : 1	27 : 1	35 : 1	71 : 1	100 : 1	139 : 1	181 : 1	236 : 1
2 Reduction absolute		57/11	3591/187	3249/121	1539/44	226223/3179	204687/2057	185193/1331	87723/484	41553/176
3 Max. motor shaft diameter	mm	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4 Number of stages		1	2	2	2	3	3	3	3	3
5 Max. continuous torque	Nm	8	25	25	25	50	50	50	50	50
6 Intermittently permissible torque at gear output	Nm	12	37	37	37	75	75	75	75	75
7 Max. efficiency	%	80	75	75	75	70	70	70	70	70
8 Weight	g	950	1250	1250	1250	1540	1540	1540	1540	1540
9 Average backlash no load	°	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10 Mass inertia	gcm ²	109	100	105	89	104	105	102	88	89
11 Gearhead length L1	mm	72.5	88.3	88.3	88.3	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2

Servomotor DC



Controle Posição de um servomotor DC



Servo Motor AC - AC Servo Motors

- Controlado por sinal de comando AC aplicado nas bobinas.
- Servo Motor AC sem escovas
 - Opera no mesmo princípio de um motor de indução monofásica.



Características

Posionamento

Alta eficiencia

Compacto

Máximo alto torque

Torque máximo constante

Faixa de velocidade < 10.000 rpm

Faixa de potência < 20 kW

Spindle

Operação suave
à baixas
velocidades

Operação em 4
quadrantes

Alta taxa/ torque contínuo

Potência máxima constante

Faixa de velocidade < 20.000 rpm

Faixa de potência < 100 kW



**High Speed Spindle
(Siemens)**



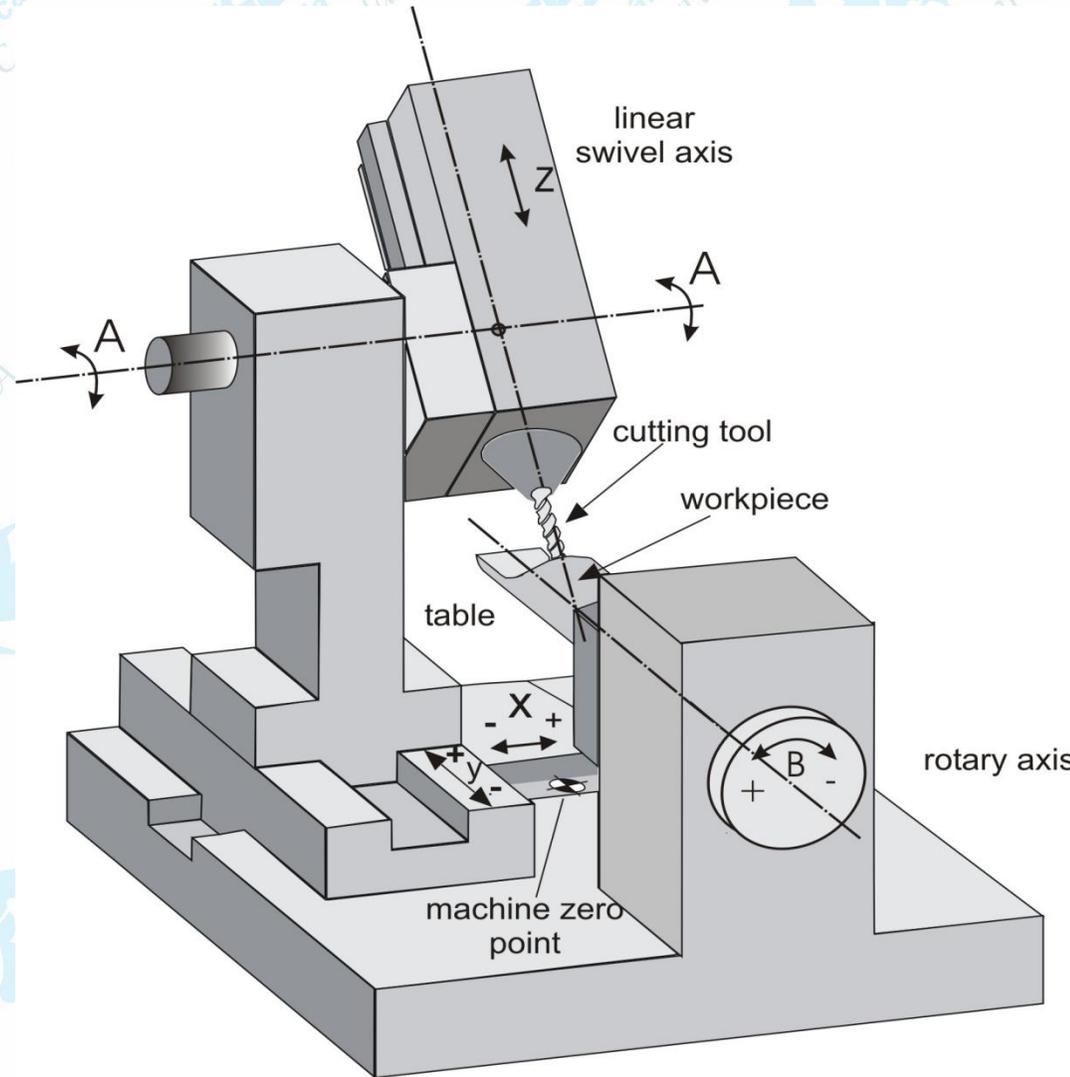
**DSD Servo
(Baumüller)**

**High Torque Motor
(Baumüller)**



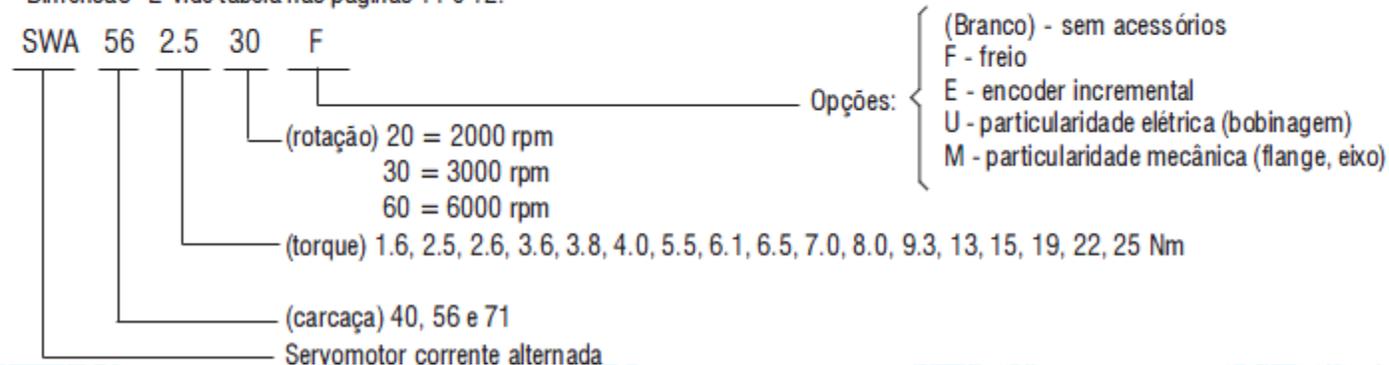
**Spindle Motor
(Franz Kessler)**





Carcaça	HD (mm)	∅P (mm)	Flange (mm)				Ponta de Eixo (mm)					
			∅M	∅N	∅S	T	∅D	E	F	G	GD	H
40	110	80	95	50j6	6,5	2	14j6	29,5	5n9	11	5	M5x1x12
56	127	102	115	95j6	9	3	19j6	40	6n9	15,5	6	M6x1x16
71	166	142	165	130j6	11	3,5	24j6	50	8n9	20	7	M8x1,25x19

*Dimensão "L" vide tabela nas páginas 11 e 12.

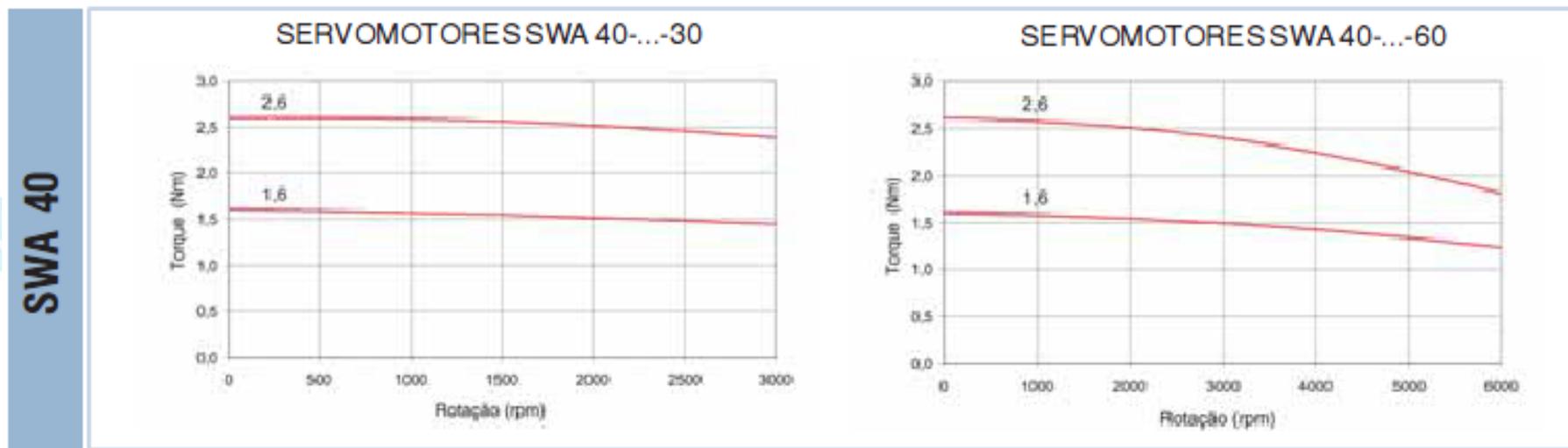


Especificações Técnicas													
Rotação	Código	Modelo do Servomotor	Torque Rotor Bloq. M_o (N.m)	Corrente I_o (A) (RMS)	Potência Nominal (kW)	Massa (kg)	Inércia $x 10^{-3}$ (kg.m ²)	Comprimento "L" (mm)	Servoconversor recomendado			Cabos de ligação entre o SWA e SCA-05	
									SCA050004	SCA050008	SCA050024	Cabo de Potência	Cabo de Resolver (realimentação)
2000 rpm	1900.7006	SWA 56-2,5-20	2,5	2,5	0,36	4,6	0,22	250	X			CP-...-4x0.75	
	1900.7030	SWA 56-3,8-20	3,8	3,8	0,70	5,6	0,31	270	X				
	1900.7057	SWA 56-6,1-20	6,1	5,2	1,10	7,5	0,50	310		X		CP-...-4x1.5	
	1900.7073	SWA 56-8,0-20	8,0	6,5	1,32	9,3	0,68	350		X			
	1900.7090	SWA 71-9,3-20	9,3	8,0	1,60	12,0	1,63	270,5		X		CP-...-4x4.0	
	1900.7111	SWA 71-13-20	13	11,8	2,30	15,0	2,35	300,5			X		
	1900.7138	SWA 71-15-20	15	13,0	2,50	17,0	3,06	330,5			X		

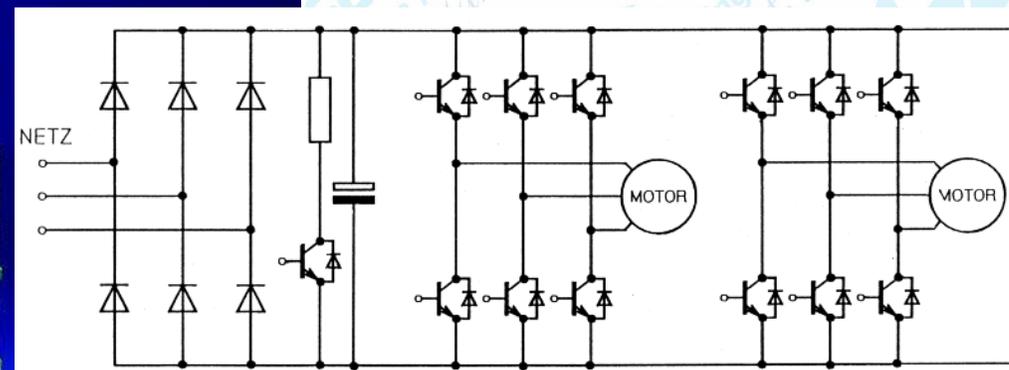
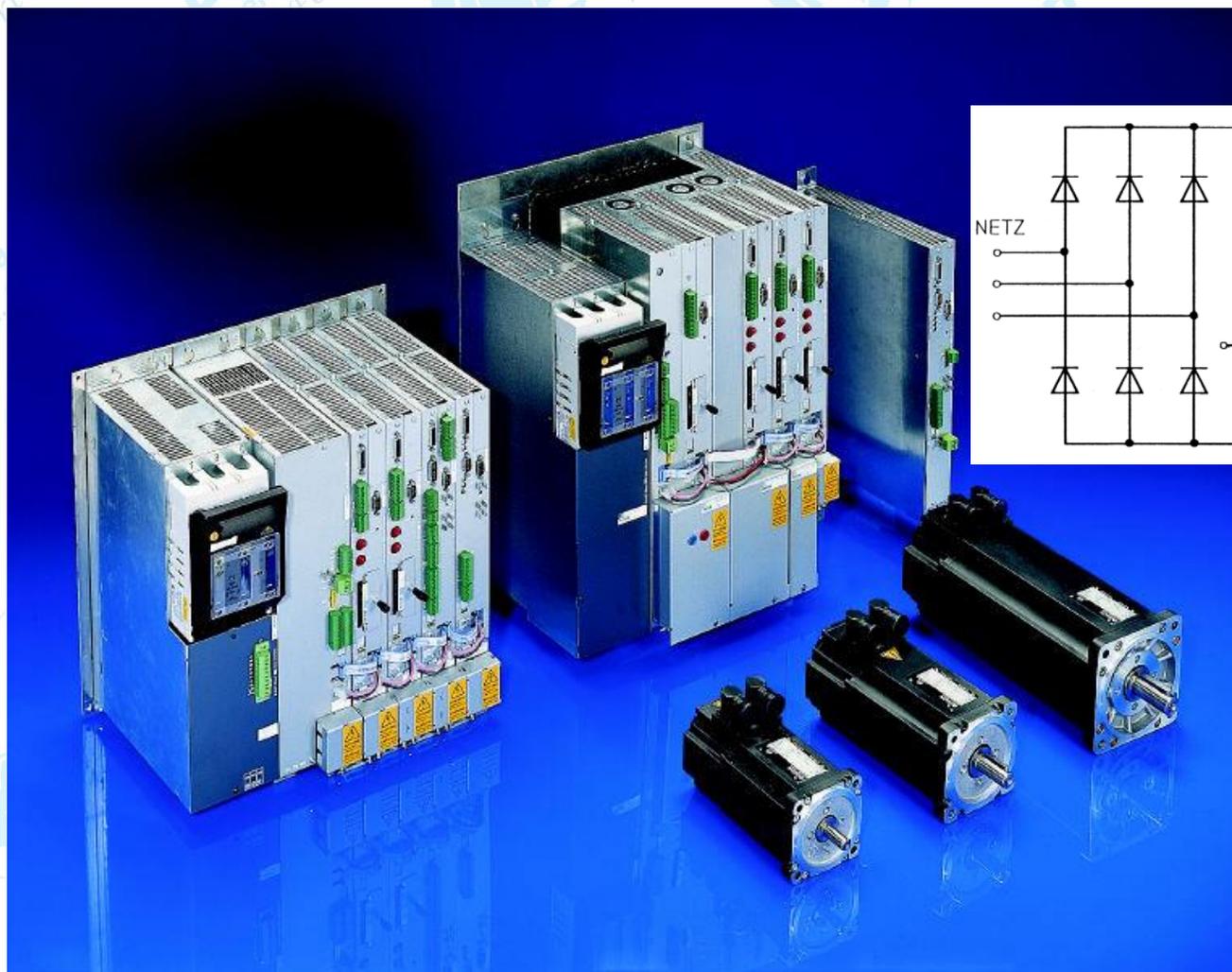
3000 rpm	1900.7540	SWA 40-1,6-30	1,6	2,0	0,45	2,8	0,084	216,7	X				
	1900.7558	SWA 40-2,6-30	2,6	3,2	0,70	3,5	0,12	236,7	X			CP-...-4x0.75	
	1900.7014	SWA 56-2,5-30	2,5	3,8	0,66	4,6	0,22	250	X				
	1900.7049	SWA 56-4,0-30	4,0	5,7	0,88	5,6	0,31	270		X			
	1900.7065	SWA 56-6,1-30	6,1	8,5	1,30	7,5	0,50	310		X		CP-...-4x1.5	
	1900.7081	SWA 56-7,0-30	7,0	9,0	1,50	9,3	0,68	350			X		
	1900.7103	SWA 71-9,3-30	9,3	12,0	2,05	12,0	1,63	270,5			X		
	1900.7120	SWA 71-13-30	13	18,0	2,85	15,0	2,35	300,5			X		CP-...-4x4.0
	1900.7146	SWA 71-15-30	15	20,0	3,30	17,0	3,06	330,5			X		

CR

CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS SERVOMOTORES SWA



Inversores (drivers) de Servo



Encoders



fonte : ERN-Geber, Heidenhain

Vantagens

- baixo custo
- alta precisão

Desvantagens

- efeito elástico e back lash

Cálculo da Carga

Requisitos: frequência, curso, carga e coeficiente de atrito.

Sistema: configuração dos componentes.

Cinemática: perfil de velocidade,
velocidade máxima da carga,
rotação máxima do motor,
aceleração da carga,
aceleração do motor.

Dinâmica: massa, inércia,
força, torque.

Critérios: rotação,
razão de inércia,
torque máximo,
torque RMS.

Torque

Assumindo 100% de rendimento:

M=motor; l=carga

$$P = T_m \omega_m = T_l \omega_l$$

$$\frac{\omega_m}{\omega_l} = \frac{T_l}{T_m}$$

Considerando rendimento:

$$T_m = \frac{T_l}{\eta N_{GB}}$$

N=relação de transmissão

Pela Inércia Refletida:

$$T_m = J_{load} \alpha_m$$

$$\alpha = \frac{\omega}{tempo}$$

Inércia

$$J_{\text{total}} = J_m + J_{\text{on motor shaft}} + J_{\text{ref}}$$

Razão da Inércia

$$J_R = \frac{J_{\text{on motor shaft}} + J_{\text{ref}}}{J_m}$$

JR= 1 → Ótima razão de inércia

JR= 1-2 – Máquinas que requerem alta rapidez com frequentes partidas e paradas.

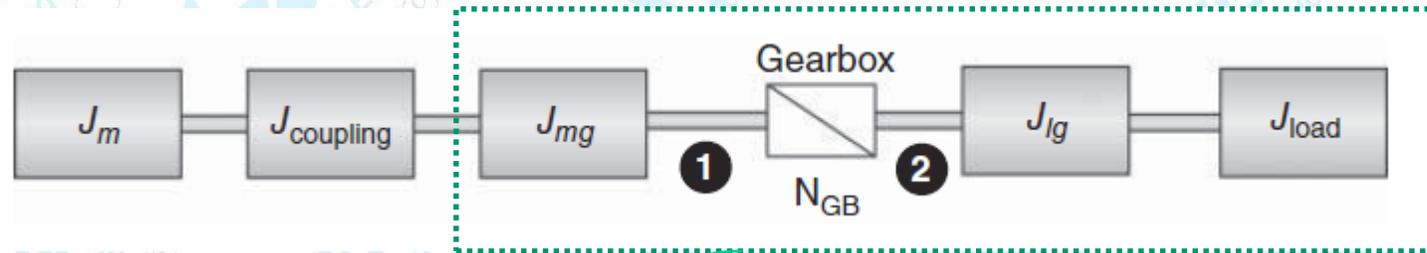
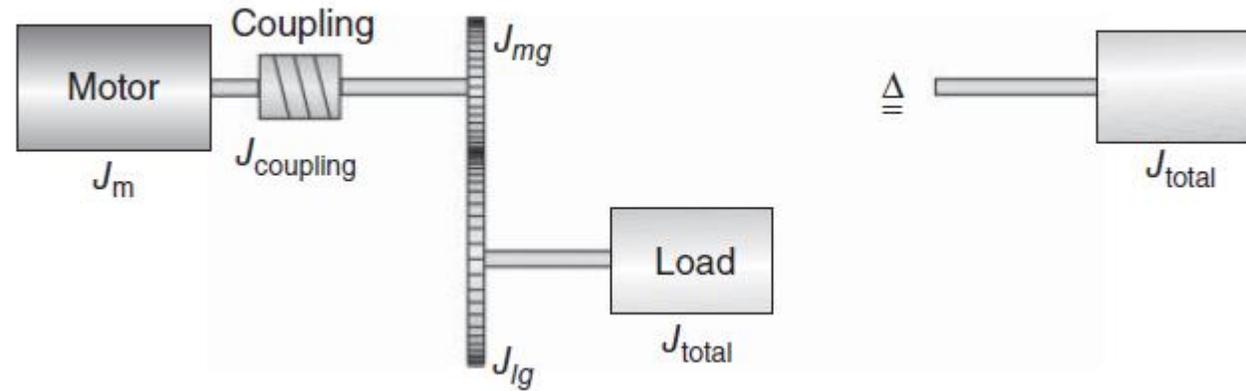
JR<= 5 – prática comum

Servo motores → JR = 6 é possível com razoável desempenho.

Quando o alto desempenho e velocidade não for solicitado JR 10 -100 são encontrados.

Wilfried Voss. A comprehensible guide to servo motor sizing. Copperhill Technologies Corporation. 2007.

Hakan Gurocak. Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller Tuning, Applications.



N=relação de transmissão

$$J_{\text{load} \rightarrow \text{M}} = \frac{J_{\text{load}}}{\eta N_{\text{GB}}^2}$$

EXAMPLE 3.2.1

The system in Figure 3.6 uses a PN023 gearbox [5] by Apex Dynamics, Inc. It has 5:1 gear ratio, 0.15 kg-cm² inertia reflected to the input side and 97% efficiency. The motor is a Quantum QB02301 NEMA size 23 servomotor [2] by Allied Motion Technologies, Inc. It has 1.5×10^{-5} kg-m² rotor inertia. If the load inertia is 10×10^{-4} kg-m², find the inertia ratio.

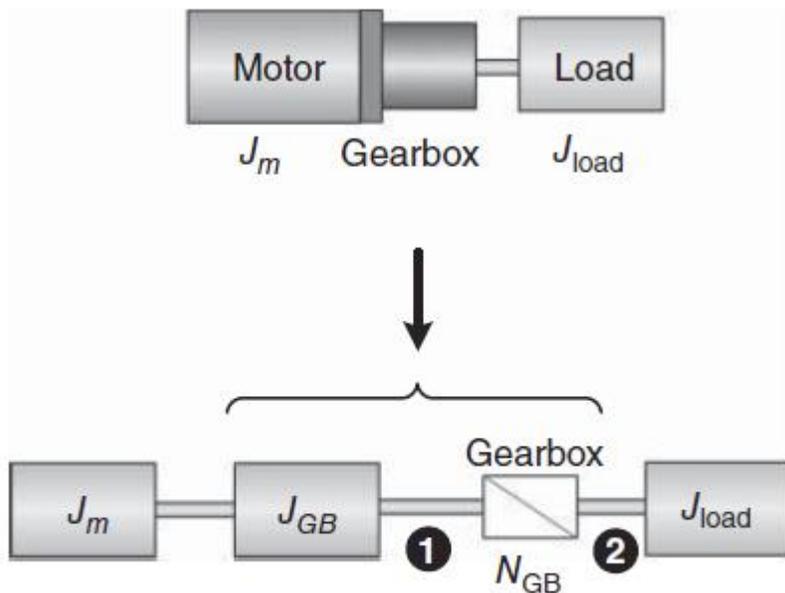


Figure 3.6 Inertia reflection through a gearbox

$$\begin{aligned}
 J_{\text{load} \rightarrow \text{M}} &= \frac{J_{\text{load}}}{\eta N_{\text{GB}}^2} \\
 &= \frac{10 \times 10^{-4}}{0.97 \cdot 5^2} \\
 &= 4.124 \times 10^{-5} \text{ kg-m}^2 \\
 J_R &= \frac{J_{\text{on motor shaft}} + J_{\text{load} \rightarrow \text{M}} + J_{\text{GB} \rightarrow \text{M}}}{J_m} \\
 &= \frac{4.124 \times 10^{-5} + 0.15 \times 10^{-4}}{1.5 \times 10^{-5}} \\
 &= 3.75
 \end{aligned}$$

where $J_{\text{on motor shaft}} = 0$ since there is no other inertia on the motor shaft (ignoring the shafts).

Referências

- ✓ SEW-EURODRIVE - *Seleção de acionamentos - Métodos de cálculo e exemplos*. V1, ed.09 (2005) 157p.
- ✓ WEG, *Especificação de motores elétricos*, Cód: 50032749, rev13 (2014) 67p.
- ✓ Bosch Catálogo – *Motores Elétricos 2004/2005*
- ✓ Hakan Gurocak. *Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller Tuning, Applications*.
- ✓ Wilfried Voss. *A comprehensible guide to servo motor sizing*. Ed. Copperhill Technologies Corporation. 2007.

Aula 8.2 - Prática

Sobre o exercício 7.3 determinar a potência de motor (total) para levantar o assento de clientes em consultório de dentista (300mm) utilizando parafuso de potência citado de 180 mm com velocidade a 6mm/s. Considerar a força F igual a $P \cdot (1,667)$.

Rolamentos:

08 rígidos de esferas (b), 90°

01 bucha de Poliamida ϕ 10mm, (c), curso: 90°

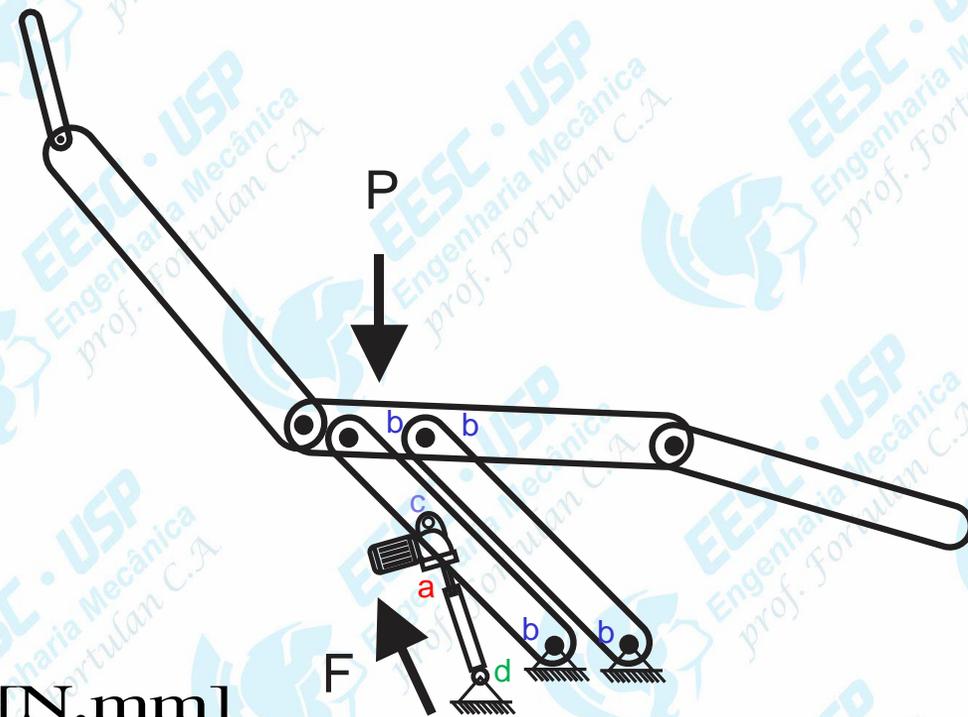
01 bucha de ABS ϕ 16mm, (d), curso: 90°

Coefficiente de atrito da bucha de Poliamida com o eixo em aço (μ) = 0,1;

Coefficiente de atrito da bucha de ABS com o eixo em aço (μ) = 0,8;

Coefficiente rígidos de esferas: 0,0015; (carga P)

$$M_a = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2} \quad [\text{N}\cdot\text{mm}]$$



Exercício 7.3. Determinar a potência de motor consumida pelo parafuso de potência para levantar o assento de clientes em consultório de dentista (300mm) utilizando parafuso de potência rosca de diâmetro nominal 20mm, duas entradas e passo de 3mm, $d_m=18\text{mm}$ e comprimento de 180mm. Velocidade de subida $v=6\text{ mm/s}$.

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m \sec \alpha}{\pi d_m - \mu l \sec \alpha} \right) + M_a$$

Carga (P) = $(m_{\text{cliente}} + m_{\text{cadeira}}) = (1500 + 300) \text{ N} = 1800 \text{ N}$;

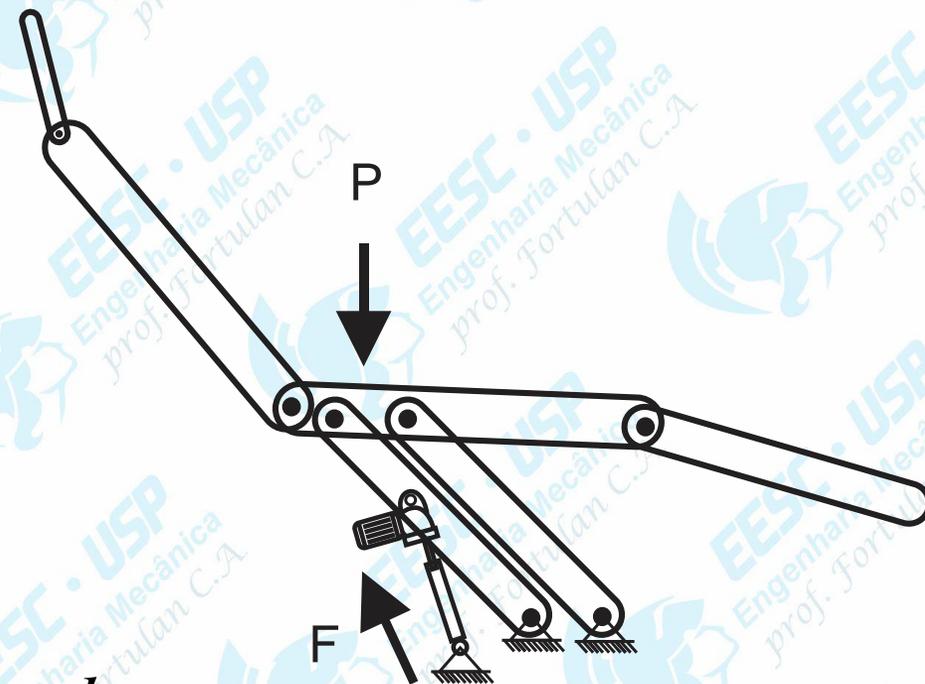
Considere a Força no fuso (F) = 3000N;

Rolamentos: 01 contato angular (d_n)=30mm (P.1,7);

Coefficiente de atrito (μ) = 0,1;

Coefficiente de atrito rolamento de contato angular: 0,002.

$$M_a = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2} \quad [\text{N}\cdot\text{mm}]$$



Verifique se o motor com redução Bosch F006WM0310 atende aos requisitos de projeto, com cálculos baseados em Torque. Considere no máximo 20% de superdimensionamento e corrente de entrada de 4,5 A. Verifique a eficiência do sistema motor.

Observe que a etiqueta do re-manufaturador que utiliza o motor Bosch acima descrito diz que potência 110W, corrente 4,5 A, voltagem 24V e condições de operação S2, faça comentários.



Motor Bosch F006.WMO.310

Os motores DC da Bosch são adequados para diferentes aplicações, com uma ampla gama de potência em um design compacto. Os motores de corrente contínua foram utilizados por muitos anos na indústria automotiva e podem ser usados também para diferentes aplicações industriais.

O motor F006.WMO.310 são igualmente flexíveis nas áreas de: assistência médica e odontológicas, bem-estar, engenharia de instalações, móveis, alimentos e bebidas.



	Part number	P _n (Nominal power)	I _n (Nominal current)	n _n (Nominal speed)	M _n (Nominal torque)	M _a (Stall torque)	Gear ratio	Direction of rotation	Signal	Side**	Dimensional drawing (D)	Wiring diagram (W)	Drive end (S)	Connector (C)	Performance curve (P)
		W	A	rpm	Nm	Nm			Hall						
12 V	F 006 B20 145*	6.7 ; 10.5	3.5 ; 5.5	32 ; 50	2	23 ; 20	63:1	CCW	No	L	D1	W1	S1	C1	P3
	F 006 B20 048*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W2	S1	C2	P1
24 V	F 006 B20 064*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W2	S1	-	P1
	F 006 B20 146*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W1	S1	C1	P5
	F 006 B20 106	9.8	3.5	47	2	32.5	79:1	CCW/CW	No	L	D2	W3	S3	C3	P2
	F 006 B20 360	16	2.4	51	3	35	63:1	CCW/CW	Yes	R	D3	W5	S2	C4	P4
	F 006 WMO 310	16	2.4	51	3	35	63:1	CCW/CW	No	R	D3	W4	S2	-	P4

* Motors with two speeds / ** gear housing left: L, gear housing right: R

P4

