

Escolha da Tecnologia do motor

Characteristic	Stepper Motor	DC Brush	DC Brushless	Asynchronous AC	Comment
Low Cost	Y	Y	Y	N	The lowest costs are usually with stepper motors or DC brush motors; the costs of brushless DC motors are slightly higher.
Smooth operation (minimal noise, vibration)	N	Y	Y	N	High-performance commutation techniques, such as sinusoidal commutation, will contribute to make brushless DC motor operation smoother.
High Speed	N	Y	Y	N	Stepper motors usually do not go over 3000 rpm.
High Power	N	N	Y	Y	Stepper motors and DC brush motors don't come usually in ranges above 1 kilo watts.
High Torque to Size Ratio	Y	N	Y	Y	Brushless DC motors provide a better spectrum of torque over speed, while stepper motor performance drops significantly at higher speeds.
Ease of Use	Y	N	N	N	No feedback and no servo tuning required.
Simplest Control Circuitry	N	Y	N	N	All motor technologies, other than DC Brush, require more than one amplifier circuit per motor.

Table 3.4.1.1: Motor Technology Characteristics retirada de @book{voss2008comprehensive, title={A Comprehensive Guide to Controller Area Network}, author={Voss, W.}, isbn={9780976511601}, url={https://books.google.com.br/books?id=PU6ppO3XbUwC}, year={2008}, publisher={Copperhill Technologies Corporation} }
pag 55.

Motores de passo são basicamente motores DC brushless. Eles são auto-posicionados por isso não precisam de um encoder para verificar sua posição. Entretanto algumas aplicações podem usar um encoder com o proposito de detectar algum "stall" durante o movimento. Motores de passo produzem um alto torque para um determinado tamanho e peso. No entanto, o torque disponível dos motores caem drasticamente em maiores velocidades e as complexas curvas de performance (torque sobre velocidade) complicam a seleção para uma aplicação específica. A velocidade máxima é próxima de 5000 rpm com um valor de torque bem baixo. A gama de potência dos motores de passo é de várias centenas de watts, mas dificilmente acima desse nível. As grandes desvantagens dos motores de passo são os ruídos e as vibrações produzidas. A vibração especialmente pode afetar significativamente a vida util de um sistema mecânico. Existem, no entanto, medidas para reduzir a vibração, como microstepping drive techniques ou amortecedores mecânicos, mas geralmente não eliminam completamente o problema. (Voss, W., 2008, pag 55-56)

Motores de passo e servos possuem duas diferenças chaves, sua construção basica e como são controlados.

Motores de passo possuem uma grande quantidade de polos, geralmente entre 50 e 100, enquanto servos possuem usualmente entre 4 e 12 polos. O alto numero de polos, permite que o motor de passo se mova de forma precisa entre cada polo e faz com que não necessite de um feedback de posição de um sensor externo para varias aplicações. Já os servos necessitam de um codificador de posição para fazer um controle de sua posição, principalmente se a aplicação necessita de movimentos precisos. Mover um motor de passo para um certo ponto é muito mais simples que fazer o mesmo com um servo motor, já que com o motor de passo um simples pulso move o eixo do motor de um polo para o próximo. Já o servo lê a diferença entre a posição atual e a posição para qual deve se mover.

Vantagens motor de passo

Além do alto numero de polos e a facilidade em serem controlados os motores de passo possuem outras vantagens em relação aos servos. O design de um motor de passo provê um holding torque constante sem a necessidade do motor ser alimentado. O torque de um motor de passo em velocidades baixas é maior que o de um servo do mesmo tamanho. Outra grande vantagem dos motores de passo são seus preços, variedades de modelos e sua disponibilidade.

Servo Advantages

Para aplicações em que alta velocidade e alto torque são necessários, servo motores se destacam. Servos além de possuírem velocidades bem maiores que os motores de passo, eles conseguem manter aproximadamente 90% do torque mesmo em alto velocidade. Além disso servos motores não vibram ou sofrem de problemas de ressonância.

Stepper Limitations

Para todas as suas vantagens, os motores de passo têm algumas limitações que podem causar importantes problemas de implementação e operação, dependendo da sua aplicação. Os motores de passo perdem uma quantidade significativa de torque quando eles se aproximam da velocidade máxima. A perda de 80% do torque nominal em 90% da velocidade máxima é típica. Os motores de passo também não são tão bons quanto os servos na aceleração de uma carga. Os motores de passo também sofrem com vibração e problemas de ressonância.

Servo Limitations

Os servomotores são capazes de fornecer mais potência do que os motores de passo, mas exigem circuitos de acionamento muito mais complexos e feedback de posicionamento para um posicionamento preciso. Os servomotores também são muito mais caros do que os motores de passo e muitas vezes são mais difíceis de encontrar. Os servos motores geralmente necessitam caixas de engrenagem, especialmente para operação com menor velocidade. O requisito para uma caixa de velocidades e um encoder de posição tornam os modelos de servos mais complexos mecanicamente e aumentam os requisitos de manutenção para o sistema. Além disso, os servo motores são mais caros do que os motores de passo antes de adicionar o custo de um codificador de posição.

(<https://www.lifewire.com/stepper-motor-vs-servo-motors-selecting-a-motor-818841>)

Portanto baseado na aplicações necessárias do projeto e analisando as vantagens e desvantagens de cada tipo de motor, o motor de passo foi o escolhido.

Para a compra do motores e seus driver foi escolhido os produtos do grupo Grupo Neoyama que tem uma diversidade de modelos de motores de passo, drivers e fontes chaveadas no Brasil.

Na imagem abaixo pode ser visto os diferentes modelos de motores de passos produzidos pela Neoyama e que cobrem os requisitos de cada parte do projeto que podem ser usados na estrutura do projeto, já que diferentes partes do braço mecanico necessitam de motores com características específicas de torque, peso e velocidade.

NEMA	MODELO	CONEXÃO		HOLDING TORQUE (kgf.cm)	CORRENTE (A/fase)	TENSÃO (V/fase)	RESISTÊNCIA (Ω/fase)	INDUTÂNCIA (mH/fase)
17	AK17/1.1F6LN1.8	Bipolar	Série	1,1	0,07	0,017	140	148
		Unipolar		0,77	0,1	0,012	37	37
23	AK23/4.6F6FL1.8	Bipolar	Série	4,6	0,7	7	10	24,8
		Unipolar		3,2	1	5	5	6,2
	AK23/7.0F8FN1.8	Bipolar	Série	7	1	5	2,4	9,2
			Paralelo		2	2,5	0,6	2,3
		Unipolar		4,9	1,4	3,5	1,2	2,3
	AK23/15F6FN1.8	Bipolar	Série	15	2,1	4,2	2	8
		Unipolar		10,5	3	3	1	2
	AK23/21F8FN1.8	Bipolar	Série	21	2,8	3,36	1,2	11,2
			Paralelo		5,6	1,68	0,3	2,6
		Unipolar		14,7	4	2,4	0,6	2,8
34	AK34/32F6BB1.8	Bipolar	Série	32	2,4	8,2	3,36	20,96
		Unipolar		22,4	3,5	5,88	1,68	5,24
	AK34/42F8FN1.8	Bipolar	Série	42	2,94	4,7	0,4	14
			Paralelo		5,88	2,35	1,6	3,5
		Unipolar		29,4	4,2	3,36	0,8	3,5
	AK34/52F4CN1.8	Bipolar	Série	52	5	3,75	0,75	6,4
	AK34/100F8FN1.8	Bipolar	Série	100	2,1	11,2	5,34	55,2
			Paralelo		4,2	5,6	1,36	13,8
		Unipolar		70	3	8	2,67	13,8

DADOS: <http://www.neomotion.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Cat%C3%A1logo-Datasheet-dos-motores-de-passo-R01.pdf>

Modelos e especificações de drivers

Parâmetros	DM542E			
	Mínimo	Típico	Máximo	Unidade
Corrente de pico	1,0	-	4,2 (3,0 RMS)	A
Tensão de alimentação	+20	+36	+50	VDC
Corrente de sinal lógico	7	10	16	mA
Frequência de pulsos de entrada	0	-	200	kHz
Largura do pulso	2,5	-	-	μS
Resistência de isolamento	500	-	-	MΩ

Tabela 1 - Especificações elétricas

Parâmetros	AKDMPD220-8.2			
	Mínimo	Típico	Máximo	Unidade
Corrente de pico	0,5	-	8,2	A
Tensão de alimentação	80	220	220	VAC
Corrente de sinal lógico	7	10	16	mA
Frequência de pulsos de entrada	0	-	200	kHz
Largura do pulso	2,5	-	-	μS
Resistência de isolamento	500	-	-	MΩ

Tabela 1 - Especificações elétricas

Parametro	Minimo	Tipico	Maximo	Unidade
Tensão de alimentação	24	68	80	VDC
Corrente de saída	0,5	-	8,2	A (pico)
Frequência de entrada de pulso	0	-	200	kHz
Corrente do sinal lógico	7	10	16	mA
Resistência de Isolação	500	-	-	MΩ

<http://www.neomotion.com.br/driver-motor-de-passo/novos-drivers-digitais/>

Para o uso no projeto real foi escolhido o motor de passo 28BYJ-48 + Driver Uln2003 Arduino que é um dos mais usados em pequenos projetos, ele pode ser visto na imagem abaixo:



Configuração do motor:

