

UM GUIA PARA

Como Selecionar os Cabos Adequados para seu Sistema de Motores de Passo ou Servo

Cabeamento para Sistemas para Servos ou Motores de Passo



KOLLMORGEN

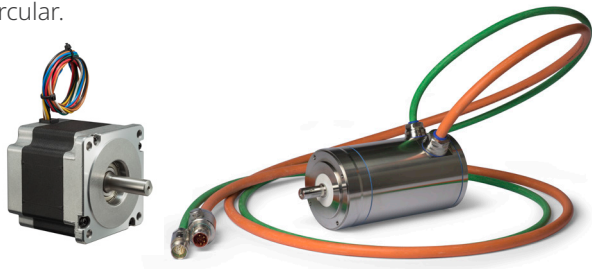
Os engenheiros dedicam muito tempo e esforço projetando sistemas de posicionamento de servomotor ou motor de passo altamente eficientes, confiáveis e econômicos. Eles selecionam o motor, o controlador, os circuitos de feedback apropriados e o amplificador para satisfazer as necessidades específicas do sistema de Motion.

No entanto, os cabos de sinal e alimentação que conectam os componentes são muitas vezes esquecidos até que o projeto esteja chegando ao fim ou, pior ainda, são entregues a um electricista sem o treinamento adequado. Negligenciar fatores críticos de seleção de cabos pode criar um sistema com precisão abaixo do esperado, falhas frequentes, baixa imunidade a interferência eletromagnética e efeitos adversos em equipamentos vizinhos.



CONSTRUÇÃO BÁSICA DO CABO

Os cabos são projetados e fabricados com características destinadas para atender uma aplicação específica com desempenho máximo. Cada elemento na construção básica do cabo desempenha um papel único. Todos os cabos contêm alguns ou todos os seguintes elementos: condutores únicos ou múltiplos de ampacidade adequada, isolamento com especificações de ruptura de tensão apropriadas, uma blindagem geral ou blindagens múltiplas para condutores individuais ou pares e uma capa para proteger o cabo de danos mecânicos, químicos e influências ambientais. Outros elementos de cabos podem incluir um dreno ou fio de aterramento usado com blindagens de alumínio, fitas de ligação, fios de suporte de aço embutidos e enchimentos para dar ao cabo uma forma de seção transversal uniforme e circular.



CRITÉRIO DE SELEÇÃO

A seleção do cabo começa com a caracterização das condições operacionais que afetam o cabo durante o serviço, como temperatura, umidade, exposição química, abrasão, flexão e vida útil esperada. O tipo e a espessura adequados do isolamento selecionado dependem das tensões de trabalho. O número de condutores e os requisitos de corrente são especificados pelo fabricante do motor e do drive. As opções possíveis incluem condutores separados de feedback e alimentação ou um cabo composto de alimentação e feedback. A interferência eletromagnética que afeta os sinais no cabo e outros equipamentos adjacentes ao cabo determina a necessidade de blindagem. Pode haver interferência entre condutores do mesmo cabo e entre o cabo e seus arredores. O principal fator de acoplamento e colaborador para a interferência é a indutância. Se a área entre os condutores for muito grande, serão encontrados caminhos alternativos para o sinal. Esses caminhos não intencionais resultam no acoplamento aos sinais alternativos. Para diminuir ainda mais a tendência de acoplamento, a redução da área entre os condutores de caminho pretendidos é obtida pela torção dos pares. Recomenda-se até quatro voltas por polegada.

Algumas aplicações requerem cabos estacionários, como em sistemas onde o motor e o drive são fixos um em relação ao outro. Nessas situações, bandejas de cabos e eletrodutos são frequentemente usados para direcionar a fiação. Além disso, os cabos transportados em bandejas são extremamente resistentes a chamas e, para serem marcados como Tipo TC ou CT, os cabos devem passar por Testes de chama de bandeja vertical (UL) ou Testes de chama vertical (CSA) especiais. Caso seja utilizado um conduíte (tubulação metálica), a Tabela 1, Capítulo 9, do Manual do National Electric Code® (NEC®) deve ser consultada para encontrar o número máximo de condutores permitidos dentro de um conduíte, dependendo do tamanho e da temperatura do condutor.

ISOLAMENTO E REVESTIMENTO

Um material fornece o isolamento do condutor e outro, o revestimento. Cada um desempenha um papel diferente em uma estrutura de cabo. Um tipo de isolamento isola eletricamente condutores individuais ou pares em um cabo. Em comparação, a capa fornece a "pele" do cabo e protege os condutores, o isolamento e a blindagem do ambiente, impacto mecânico e substâncias quimicamente agressivas. Alguns produtos, como fios de conexão convencionais e cabos de alimentação de produtos de consumo, têm apenas uma única camada de isolamento que atua principalmente como uma capa de proteção física. No entanto, a maioria dos cabos de grau industrial contém ambos. O material do revestimento é a principal fonte de atrito dentro das esteiras móveis e a seleção do material é equivalente ao sucesso ou fracasso do sistema.

O ambiente, incluindo a temperatura do local e o calor criado pela corrente que flui através dos condutores, determina a temperatura máxima de operação do material isolante. Em geral, a classificação de temperatura pode ser interpretada como a temperatura máxima do condutor que pode ser sustentada com segurança pelo isolamento. Isso vale principalmente para cabos de alimentação. No entanto, se algum cabo (mesmo um cabo de feedback) for passado próximo a uma máquina geradora de calor, as temperaturas ambientes devem ser consideradas.

Uma classificação nominal típica para fiação de alimentação e controle é de 600 V. Essa classificação refere-se apenas ao isolamento do condutor, não ao revestimento. Ela é a tensão máxima de trabalho que pode ser aplicada entre o condutor e qualquer parte adjacente, como outro condutor, blindagem

Outras aplicações podem envolver movimentos ocasionais e não repetitivos de componentes do sistema servo e, em outras máquinas, o motor pode estar em constante movimento em relação ao resto do sistema, como um braço robótico. A flexibilidade necessária do cabo desempenha um papel importante na seleção de cada componente do cabo – condutores, isolamento, construção de blindagem e material de revestimento.

ou um objeto condutor localizado fora do cabo. A UL® não reconhece as propriedades de isolamento do revestimento como parte da classificação de tensão. É considerado principalmente como um elemento mecânico de proteção e ligação do cabo.

O isolamento do condutor e os revestimentos feitos do material de isolamento mais comumente usado, o cloreto de polivinila (PVC), são adequados para muitas aplicações de controle de Motion, incluindo cabos flexíveis contínuos. Máquinas-ferramentas, robôs, equipamentos de manipulação, equipamentos de manuseio de materiais e esteiras de cabos são apenas alguns exemplos. Muitas fórmulas de PVC são adequadas, mas um cabo revestido de PVC típico normalmente tem uma faixa de temperatura estática de -30 °C a 70 °C. Um requisito de flexibilidade reduz a faixa de temperatura mais baixa para cerca de -5 graus. Vários condutores também reduzem a área térmica para dissipação e, assim, reduzem a potência para um determinado tamanho de fio.

O etileno propileno (EP) é menos resistente ao benzeno e vários óleos, mas possui excelente resistência aos raios UV e ao ozônio. Os revestimentos de poliuretano (PU) são aplicados a muitos cabos flexíveis contínuos. O material é robusto, extremamente flexível e oferece proteção superior para cabos que entram em contato com produtos químicos, como ácidos, alcalinos, solventes e fluidos hidráulicos. A faixa de temperatura é mais ampla do que o PVC, e muitas fórmulas usadas são retardantes de chama e possuem características superiores de autoextinção.

No lado negativo, no entanto, revestimentos e isolamentos de poliuretano são difíceis de cortar, descascar e terminar, especialmente à mão. A combinação de isolamento de PVC para condutores individuais com revestimento de poliuretano facilita a fabricação de cabos e mantém uma excelente proteção.

Em condições dinâmicas, o encruamento de certos polímeros não está bem documentado. Existem diretrizes básicas, mas luz UV, calor, umidade e exposição química são variáveis que afetam as equações. Desconhecer esses fatores pode levar a falhas prematuras.

Tabela 1. Tabela de comparação de materiais de isolamento e revestimento

Propriedade	Material de isolamento e revestimento		
	PVC	Etil Propileno	Poliuretano
Resistência à abrasão	G	VG	E
Resistência ao rasgo e corte	VG	VG	E
Flexibilidade de baixa temperatura	G	VG	E
Resistência UV	VG	E	E
Resistência ao ozônio	E	E	E
Resistência à água	E	VG	E
Resistência do óleo do transformador	VG	F-G	E
Resistência à gasolina	P	F	E
Resistência ao querosene	P	G	VG
Alvejante	F	E	F
Etilenoglicol	G	E	F

E = Excelente, VG = Muito Bom, G = Bom, F = Regular, P = Ruim

CABOS DE ALTA FLEXIBILIDADE E CONTÍNUOS

Em muitas aplicações de controle de Motion, o motor, o dispositivo de feedback ou ambos se movem com frequência ou constantemente em relação ao controlador. Esse arranjo requer cabos especiais de alta flexibilidade. Os cabos de alta flexibilidade e flexíveis contínuos contêm uma combinação de condutores, material de isolamento, blindagens e revestimento especialmente selecionados, permitindo que eles suportem o impacto mecânico.

Um cabo flexível contínuo típico pode ter condutores compostos de vários fios de cobre nus e extrafinos cobertos com isolamento especial de PVC extraflexível e um revestimento de poliuretano. As blindagens espirais reversas fornecem flexibilidade superior em comparação com as

blindagens trançadas, o que é importante para aplicações de alta flexibilidade e flexibilidade contínua. No entanto, as blindagens trançadas de cobre melhoraram a imunidade a ruídos eletromagnéticos e, em combinação com braçadeiras de banda, simplificam consideravelmente o aterramento. Alguns cabos contêm lubrificante seco para reduzir o atrito de deslizamento entre o isolamento de condutores individuais, blindagens e revestimento durante a flexão de raio pequeno.

Cabos com classificação linear flexível só podem ser dobrados em uma direção e não devem ser torcidos, o que é considerado um cabo flexível bidirecional. Os trilhos de energia amplamente utilizados mantêm o cabo orientado de tal forma que ele flexiona apenas em uma direção. Os fabricantes de máquinas são muitas vezes forçados a escolher conectores entre cabos quando os cabos devem ser flexionados em dois eixos ou mais.

Os requisitos de raio de curvatura são uma especificação muitas vezes negligenciada. O raio de curvatura determina a vida útil de um cabo flexível contínuo. Quanto menor o raio, menor a vida útil. O raio de curvatura do cabo mínimo permitido é especificado como um fator N multiplicado pelo diâmetro externo do cabo, por exemplo, "12 X diâmetro do cabo", onde N = 12. Os cabos flexíveis contínuos devidamente selecionados e instalados têm uma expectativa de vida de vários milhões de ciclos flexíveis. Cabos planos especiais foram desenvolvidos para diminuir o limite do raio de curvatura dinâmico. Cabos padrão com raio de curvatura estático de 10 vezes o diâmetro e raio de curvatura dinâmico (em movimento) de 12 a 15 vezes o diâmetro resultariam em uma máquina que seria intrusivamente alta. O espaço adicionado é um fator de custo e frete a ser considerado, bem como um problema de usabilidade. Esses cabos flexíveis planos são essenciais para os requisitos finais de envelope do fabricante.

TERMINAÇÃO



Qualquer cabo pode falhar prematuramente, especialmente em uma aplicação de alta flexibilidade, quando não é terminado corretamente. A perda relacionada à terminação de uma conexão elétrica é uma das causas mais comuns de falhas do sistema. Os contatos do conector devem ser classificados de acordo com o tamanho do fio do cabo. Se a crimpagem feita por máquina não estiver disponível, use as ferramentas manuais adequadas para fazer conexões elétricas e mecânicas confiáveis entre o condutor e o

contato. Crimpagens soltas podem corroer e soltar conexões elétricas. Além disso, o excesso de crimpagem tende a cortar os fios, o que enfraquece o condutor e cria pontos quentes causados pela maior densidade de corrente. Normalmente, em aplicações de ferragens de aeronaves ou de suporte à vida, você vê terminações soldadas para evitar essas armadilhas.

Conectores retos e de ângulo 90° oferecem a opção de conectar cabos aos motores. Motores maiores geralmente exigem conectores redondos de metal ou plástico moldado. Muitos motores pequenos usam conectores retangulares de plástico menores ou possuem fios não terminados. Os conectores de anteparo são usados para conexões em linha através de uma parede de compartimento ou parede de gabinete de metal. Muitos drives de servomotores e de motor de passo vêm com blocos terminais para terminação do cabo de alimentação. Alternativamente, um grande número de sistemas de passo vem com conexões IDC. Eles devem ser limitados a aplicações estáticas, pois o movimento comprometerá o conector.

O aterramento de blindagem adequado é necessário para reduzir emissões, aumentar a imunidade e evitar lesões pessoais causadas por correntes de aterramento. As práticas padrão recomendam conectar cabos de motor blindados ao painel traseiro do drive com braçadeiras de cabo de metal.

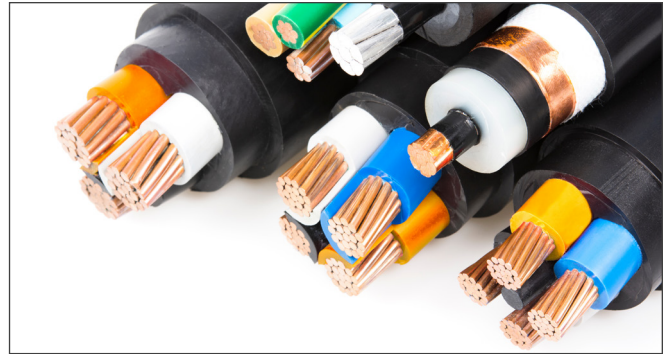
A instalação de cabos "apenas longos o suficiente" coloca tensão desnecessária nos pontos de terminação do cabo e pode formar curvas extremamente acentuadas que reduzem a confiabilidade do cabo. Por outro lado, o comprimento excessivo do cabo (além do requisito de layout necessário) aumenta o custo geral do sistema e pode prejudicar o desempenho. Cabos de feedback mais longos do que o necessário degradam os sinais devido à sua resistência, indutância e capacitância inerentes, e aumentam a diafonia. Cabos de alimentação excessivamente longos e enrolados reduzem as tensões de acionamento nos terminais do motor e atuam como antenas, que irradiam interferência de ruído elétrico.

CONDUTORES

Um cabo pode conter um único condutor ou vários condutores isolados dispostos em pares que transportam corrente para circuitos de potência e controle. O cobre é o material mais utilizado para fios e cabos. Condutores de alumínio ou aço geralmente não são usados em sistemas de Motion modernos. Os condutores podem ser sólidos (um fio de cobre) ou trançados, onde o condutor composto é feito de vários fios menores, sólidos e torcidos.

O revestimento de estanho melhora a resistência à corrosão e a soldabilidade de condutores e fios individuais. O revestimento de prata ou níquel protege os condutores em temperaturas ainda mais altas (200 °C para prata ou 450 °C para o níquel), mas raramente são usados. O cobre oxida rapidamente a essas temperaturas, mas essas temperaturas não são normalmente encontradas para a fiação de motores de passo e servomotores. Quando a flexibilidade máxima é necessária, como em cabos contínuos flexíveis, um cabo feito com condutores de cobre nu contendo um grande número de fios finos é a melhor escolha.

Ao selecionar um tamanho de condutor, considere sua localização e a presença de outros condutores. Para uma



determinada corrente, um condutor localizado dentro do invólucro de uma máquina geradora de calor deve ser maior do que um condutor exposto ao espaço aberto em uma instalação com ar-condicionado. De acordo com a especificação "NEC 75 ° C" mostrado na tabela 310-16, os condutores em um cabo que conecta o motor ao drive devem ter uma ampacidade não inferior a 125% da corrente de plena carga do motor. A ampacidade é definida como a corrente máxima que um condutor pode transportar antes de exceder o limite de temperatura. Os fatores de classificação devem ser usados para materiais de isolamento com classificações de temperatura mais baixas ou mais altas e para aplicações com temperaturas ambientes elevadas.

Tabela 2. Ampacidade do condutor recomendada para cabos de motor/drive

Tamanho do condutor AWG ou MCM	Seção transversal do condutor Área, mm ²	Ampacidade a 75 °C NEC Tabela 310-16, A
20	0,5	5
18	0,8	7
16	1,3	10
14	2,1	15
12	3,3	20
10	5,3	30
8	8,4	50
6	13,3	65
4	21,2	85
2	33,6	115
1	42,4	130
1/0	53,5	150
2/0	67,4	175
3/0	85,0	200
4/0	107,2	230
250 MCM	126,6	255
300 MCM	152,0	285
350 MCM	177,4	310
400 MCM	202,7	335

BLINDAGEM

Muitas vezes, a finalidade de um cabo blindado é mal compreendida. A blindagem pode ser aplicada em condutores individuais, pares e em todo o cabo. Na maioria dos cabos, uma capa cobre a blindagem. A combinação de uma blindagem geral e fios trançados ajuda a reduzir a radiação eletromagnética do cabo. A blindagem também evita que a radiação externa ou campos eletrostáticos entrem no circuito e interrompam a transmissão normal do sinal. Isso é essencial para cabos que transportam feedback e outros sinais de baixo nível.

Cabos de resolver e outros cabos de feedback geralmente têm vários níveis de proteção contra interferência elétrica. Primeiro, pares individuais são torcidos para reduzir a radiação eletromagnética de sinais analógicos e digitais. Em seguida, cada par trançado é colocado dentro de uma malha para reduzir a diafonia entre pares adjacentes. Grânulos de ferrite, núcleos de ferrite tipo grampo e capacitores às vezes são necessários para aliviar a interferência eletromagnética (EMI). Uma blindagem final do tipo ferroso pode fornecer proteção de nível superior contra interferência eletromagnética e eletrostática e reduzir as emissões em aplicações críticas. Eles normalmente envolvem aviação, defesa ou suporte à vida, mas também estão aparecendo em equipamentos industriais modernos para manter a conformidade com as diretrizes de compatibilidade eletromagnética (EMC) para equipamentos industriais.

É necessário entender os fatores de acoplamento do ruído EMI e o tipo de blindagem necessária para suprimir esse ruído. Usar uma blindagem de alumínio para um ruído acoplado indutivamente é ineficaz na melhor das hipóteses e pode piorar a situação se uma blindagem aterrada inadequadamente se tornar um radiador. Às vezes, o ruído irradiado afeta apenas outro dispositivo a mais de $\frac{1}{2}$ comprimento de onda, e é por isso que a conformidade EMC para radiação começa em 30 MHz. De fato, um sinal de alta potência a 30 MHz será recebido por qualquer dispositivo a mais de 5 metros de distância se tiver uma antena de $\frac{1}{20}$ do comprimento de onda, ou 0,5 m. A única questão é a quantidade de perturbação.

Outras vezes, a onda magnética dessa frequência pode se acoplar indutivamente a muito menos. Não poderá ser caracterizado como um sinal de tensão de 30 MHz, mas ainda é um problema. Para suprimir este tipo de ruído, deve-se usar blindagem trançada de pelo menos 80% a 95% de cobertura, ou uma blindagem de fio trançado. Todos os conectores devem ser metálicos (o plástico metalizado provavelmente será ineficaz). As melhores práticas são blindar a fonte e o receptor e desabilitar o método de acoplamento. A blindagem correta fará isso.

Pode não ser óbvio, mas mesmo os cabos de alimentação requerem blindagens em determinadas aplicações. As blindagens dos cabos de alimentação contêm as emissões EMI geradas nos condutores para proteger os equipamentos e fiações adjacentes. Muitas vezes, os controladores de Motion acionam vários tipos de motores de passo e servomotores com correntes de comutação de alta frequência para minimizar as perdas nos semicondutores de potência. O parâmetro de interesse é o dv/dt , a razão do tempo de subida ou descida do sinal de comutação para a magnitude da tensão na qual o semicondutor é comutado. Tensões de comutação dv/dt grandes e íngremes produzem correntes com altos níveis de interferência ao redor do cabo de alimentação, que deve ser blindado. Estes podem ser facilmente acoplados capacitivamente através de outros sistemas. O cabo de alimentação é uma importante fonte de EMI que eventualmente é acoplado indutivamente a outras máquinas no ambiente da planta. A blindagem deve ser suficiente para 30 MHz em máquinas industriais e superior para equipamentos médicos.

Uma blindagem geral devidamente aterrada também oferece proteção adicional contra choques. Se o isolamento do cabo de alimentação estiver danificado e o condutor estiver exposto, muito provavelmente, ele entrará em curto-circuito com a blindagem aterrada e desarmará um disjuntor ou um fusível antes de prejudicar alguém.

CONNECTORES

A seleção de conectores afeta tanto a seleção do tipo de cabo quanto a confiabilidade geral. Para cada conexão, o resultado é uma redução na confiabilidade. Minimizar o número de conectores, mas maximizar a vida útil do cabo, aumentar a capacidade de manutenção e o custo são as variáveis. Em sistemas com requisitos de raio de curvatura estreito, seleciona-se um cabo plano. Como a maioria dos conectores do motor não acomoda conectores para esses cabos, é preciso ter uma solução. O cabo deve ser terminado dentro do conector do motor ou um conector intercabo deve ser fornecido. Com um sistema de pórtico, típico em aplicações de corte e equipamentos de montagem eletrônica, dois eixos de movimento, X e Y, normalmente requerem um conjunto de cabos de interligação que atravessa as esteiras móveis. O raio de curvatura estreito requer um conector plano especial que transporta dados, energia, corrente do motor e tensões de barramento CC para o cabeçote móvel da máquina. Os sinais são geralmente separados no cabeçote por conectores, aliviando as preocupações com a substituição que geram despesas com o conector e redução de confiabilidade.



CERTIFICAÇÕES E MARCAÇÕES

A compra de cabos que já foram certificados por padrões regionais pode ajudar a garantir um processo muito mais tranquilo ao certificar um sistema inteiro. O National Electric Code (NEC) é a principal fonte de referência para vários tipos de cabos padronizados. Requer que as tabelas tenham uma impressão clara para indicar o tamanho do condutor, tensão, temperatura e informações de isolamento, bem como as marcas de listagem. As marcas aplicadas aos cabos vendidos nos Estados Unidos são a UL (Underwriters' Laboratories Incorporated), a CSA (Canadian Standard Association) ou ambas. Os cabos destinados à Europa devem estar em conformidade com as Diretivas de Baixa Tensão CE e conformidade com EMC e ser marcados de acordo. Testes CE para conformidade com EMI, como CISPR 11, exigem controle de emissão de 1 GHz. Isso requer cabos com blindagens trançadas e cobertura de 360 graus.

NEC

A marca UL impressa na capa do cabo indica que a UL avaliou e aprovou o cabo. No entanto, a UL apenas avalia o cabo para garantir sua segurança para os usuários. Várias qualidades de cabo, como facilidade de decapagem, terminação e solda, ou conversa cruzada entre vários condutores, não são de interesse para a organização de teste. Além disso, a presença da marca UL no cabo conectado a um motor ou drive não indica que o motor e o drive foram testados e listados.



Para obter respostas, seja parceiro da Kollmorgen

A Kollmorgen é mais do que um fornecedor. Somos um parceiro, dedicado ao seu sucesso. Nós lhe damos acesso direto dos engenheiros aos projetistas que criam nossos sistemas de Motion e que entendem como abordar os requisitos da máquina especializados. Nossas ferramentas de desenvolvimento autoguiadas ajudam você a modelar, escolher e otimizar produtos on-line. E com a nossa presença global de centros de fabricação, design, aplicação e serviços, você sempre tem acesso a fornecimento confiável, experiência em coengenharia e suporte personalizado que nenhum outro parceiro pode fornecer. Quer você esteja atualizando uma máquina existente ou projetando a máquina de próxima geração que definirá o estado da arte para seus clientes, podemos ajudá-lo a projetar o excepcional.

Pronto para descobrir tudo o que a sua máquina é capaz de fazer? Visite www.kollmorgen.com.br