

Reduzindo o Tempo de Design para Sistemas de Movimento Linear

Al Ng, Diretor, Engenharia - Trilhos, Guias e Componentes
Thomson Industries, Inc.
540.633.3549
540.639.4162 (fax)
www.thomsonlinear.com
Thomson@thomsonlinear.com

Reduzir o tempo de design de engenharia para novos projetos de sistemas de movimento linear é essencial para reduzir os custos gerais e acelerar o tempo para comercializar. Este artigo tem como objetivo ajudar a reduzir o tempo de design, minimizando as atividades sem valor agregado, tais como novo design, mais designs ou aumento do escopo. Faremos isso através da revisão dos conceitos básicos como entender completamente todos os critérios de aplicação; verificar cálculos e análises através de testes paramétricos de componentes, módulos e conjuntos completos; e provar os resultados de desempenho projetados com os testes.

No início de um novo problema no design do sistema de movimento linear, recolha o máximo possível de informações pertinentes sobre a aplicação para evitar ter que voltar e repetir partes, se não todo, processo de design. Seja cauteloso e preparado para a mudança de escopo. Use análises e cálculos teóricos para determinar os melhores designs iniciais e, em seguida, compare-os com medições de teste dos principais atributos de desempenho em um equipamento real. Confirme os resultados do teste de bancada realizando testes de ciclo em condições reais de campo.

Identificação dos requisitos

Principais dados de informações da aplicação

- Carga/Velocidade (Dinâmica e Estática)
- Voltagem de 12, 24, 36, 48 VCC, 110, 220, VCA
- Direção da carga
- Comprimento de curso
- Ciclo de Vida/Serviço
- Ambiente
- Fim da proteção de curso: embreagem? Fins de curso?
- Como o atuador será controlado?
- Realimentação
- UL, CSA, CE
- Outro.....Consulte o seu engenheiro de Aplicação do Atuador para obter considerações adicionais de design.

Figura 1: Lista de verificação de design típico de sistemas de movimento linear

A primeira e muito importante etapa de quase todos os processos de engenharia é identificar os requisitos da aplicação. Cada produto pode ter um único conjunto de critérios que irá afetar o seu desempenho. Usar uma lista de verificação vai ajudar a garantir a consideração de parâmetros que podem, de outra maneira, ser negligenciados. A seleção do conjunto correto de fusos de esferas para uma aplicação específica pode exigir um processo iterativo para determinar o envelope menor e uma solução de melhor custo-benefício. Os requisitos do design de carga, velocidade linear e precisão da posição são utilizados para calcular a capacidade de carga, transmissão e diâmetro do conjunto de fusos de esferas adequado. Os componentes individuais dos fusos de esferas podem ser selecionados com base na vida útil, restrições dimensionais, configuração de montagem e condições ambientais.

Um bom lugar para começar é definir a direção e a magnitude da carga. A orientação do sistema pode ser muito importante. Com uma orientação horizontal, a carga de acionamento é igual ao peso da carga útil vezes o coeficiente de atrito, enquanto com uma orientação vertical, a carga de acionamento é igual ao peso. As cargas atuantes nos mancais lineares e guias podem ser cargas verticais, horizontais ou cargas de momento na guinada, inclinação, rotação, ou qualquer combinação destas. As cargas também podem variar em sua magnitude e direção. Os vetores resultantes de carga em cada mancal devem ser estabelecidos a partir da combinação adequada dos vários vetores de carga para o qual o sistema de mancal linear é submetido, pois a expectativa de vida útil não pode ser calculada com base apenas nos vetores globais de carga do sistema. A carga que cada mancal linear é submetido é chamado de carga equivalente para esse determinado mancal. O sistema é, em seguida, dimensionado com base no dimensionamento do mancal com carga mais pesada. Para obter mais informações sobre métodos de cálculo para uma carga equivalente, consulte os catálogos de fornecedores para mancais e orientação.

Um conjunto de fusos de esferas, por exemplo, está previsto para o transporte de cargas axiais, transformando movimento de rotação em movimento axial. A capacidade do fuso de esferas de resistir à deformação sob cargas de compressão é chamada sua força de coluna. O fuso exerce uma carga axial que é efetivamente igual em magnitude e oposta em direção à carga transmitida à porca de esferas, sua parte complementar e está relacionada com as geometrias de design para o torque do motor de acionamento. Em geral, a força de coluna é o parâmetro de design limitante porque, para comprimentos mais longos, pode ser muito menor do que a força de compressão real do material. Uma vez que o comprimento livre para a relação de diâmetro está intimamente relacionado com a resistência da coluna, ele segue isso para um dado diâmetro; a capacidade de carga axial de um fuso de esferas é dependente do seu comprimento livre.

A vida útil do sistema de movimento linear pode ser prevista com base no seu perfil operacional. Simplesmente - quantas horas por dia, dias por semana e semanas por ano, o fuso de esferas será executado. Para aplicações mais complexas ou previsão de vida útil mais refinada, é preciso criar um perfil de movimento abrangente e detalhado quebrando os movimentos de segmentos para basicamente segmentos em linha reta. Cada segmento do perfil de movimento iria requerer informação para a velocidade no início e conferir o segmento, o tempo de duração do segmento e o torque durante o segmento.

Determine a precisão do posicionamento e repetibilidade que sua aplicação requer. Por exemplo, os fusos de esferas em polegadas são tipicamente produzidos em duas linhas - Precision e Precision

Plus. Os fusos de esferas em linha de precisão poderiam ser usados em aplicações que requerem o movimento relativamente grosseiro ou aqueles que utilizam realimentação linear para localização de posicionamento. Já que os fusos de esferas da linha Precision Plus seriam usados quando o posicionamento repetitivo em microns é crítico e nenhum dispositivo de realimentação linear é usado. Embora os fusos da linha Precision tenham uma maior variação acumulada ao longo do comprimento útil do fuso, o fuso da linha Precision Plus limita a acumulação de erros de transmissão, fornecendo um posicionamento mais preciso ao longo de todo o comprimento útil do fuso.

Uso de gráficos da aplicação para dimensionamento e seleção

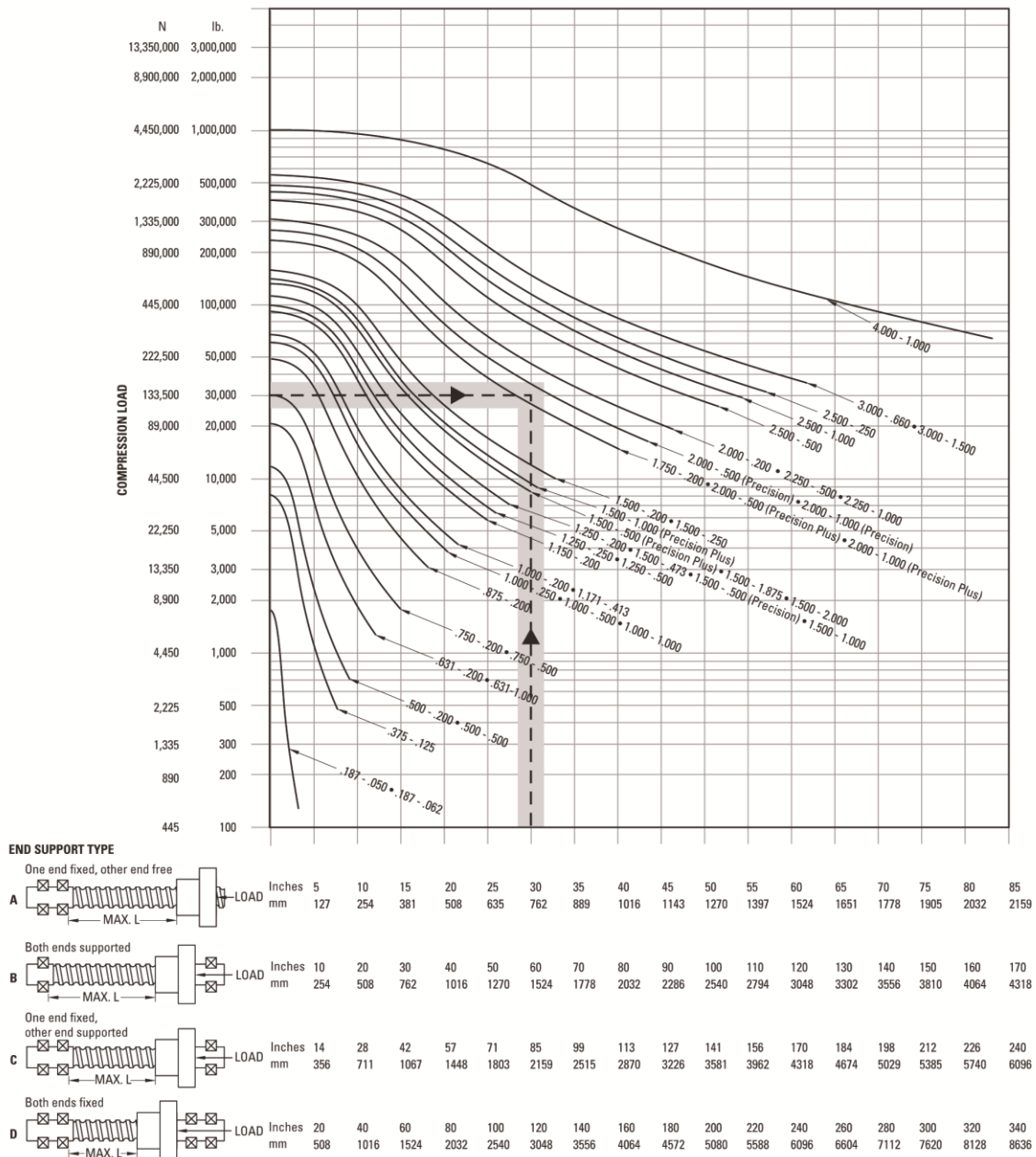


Figura 2: Comprimento vs. carga de compressão

Os gráficos fornecidos pelos fornecedores de sistemas de movimento linear podem ser um atalho para poupar tempo para dimensionamento e seleção adequados de sistemas de movimento linear. Por exemplo, o gráfico na Figura 2 simplifica o processo de seleção para a escolha de um diâmetro de fuso de esferas para uma carga de compressão específica. Todos os fusos com curvas que passam através ou acima e à direita do ponto representado são adequados para o exemplo. As cargas de compressão adequadas mostradas neste gráfico não devem exceder a capacidade máxima de carga estática, tal como consta na tabela de classificação para o conjunto individual de porcas de esferas. Por exemplo, um comprimento de 85 pol. (2159 mm) produz uma carga máxima do sistema de 30.000 lb. (133.500 N) com a condição de fixidez de uma extremidade fixa e a outra extremidade suportada.

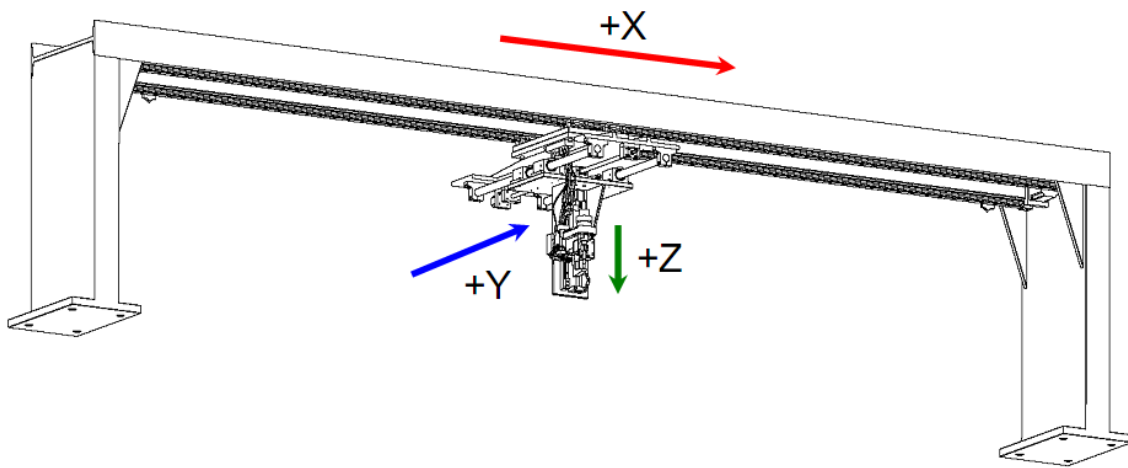


Figura 3: Aplicação de pórtico de soldagem

Uso de fórmulas de catálogo para dimensionamento e seleção

Aqui está uma aplicação de pórtico de soldagem de três eixos como um exemplo para demonstrar como selecionar e dimensionar fusos de esferas usando fórmulas de catálogo. O fuso de esferas percorre todo o comprimento do eixo x e é suportado em ambas as extremidades por suportes de mancal. Para simplificar, vamos definir a porca de fixação como flangeada, o material como liga de aço, a direção da rosca como direita e a série de produtos como Metric. A orientação do sistema nesta aplicação é horizontal com um design acionado por fuso com um comprimento do eixo x de 6 metros, e utilizará extremidades fixas com uma quantidade de flange termicamente estável.

Uma carga de 2.668,9 Newtons (600 lbs) é aplicada por um carro de transporte se movimentando sobre os trilhos de perfil. O comprimento do deslocamento é de 4,5 m (177,165 pol) e o comprimento não suportado é de 5,818 metros (229,055 pol). A velocidade necessária é de 0,1 metros por segundo (3,927 pol/seg) e uma aceleração de mais ou menos 2,5 m/s² (98,4 pol/s²) é necessária. O ciclo de trabalho é de 8 horas por dia, 5 dias por semana e 50 semanas por ano com uma média de 10 ciclos por hora. O requisito de vida útil é de 20 anos para o fuso de esferas e

5 anos para os componentes. Um requisito adicional é que o motor de passo seja usado devido a uma preferência do departamento de engenharia elétrica.

Em seguida, selecionamos os mancais lineares para o eixo x. Os principais requisitos desta aplicação são a capacidade de carga elevada e alta rigidez. A aplicação tem um comprimento de deslocamento relativamente longo de 5,500 metros (18 pés); no entanto, a disponibilidade de fusos com um comprimento de 6 metros elimina a necessidade de juntas unidas. A baixa manutenção é um requisito importante desta aplicação. O resultado foi a seleção das guias lineares do trilho de perfil de esferas da série 500. As Guias Lineares de Esferas da Série 500 da Thomson proporcionam vida útil longa, rigidez excepcional, elevada capacidade de carga dinâmica e estática, alojamento para altas cargas de momento, alta precisão de execução, múltiplas opções de vedação e múltiplas opções de entrada de lubrificação.

Com esta seleção feita, agora calculamos a carga sobre os fusos de esferas.

$$F = N \times \mu_r$$

onde μ_r é o coeficiente de atrito, que é de 0,005 para esta determinada guia linear.

$$F = 2.698 \text{ N} \times 0,005 = 13,3 \text{ N} (3,0 \text{ lbs})$$

$$F = ma = 2.668,9 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2 \times 2,5 \text{ m/s}^2 = 680,1 \text{ N} (153 \text{ lbs})$$

$$F_{eq} = 303,8 \text{ N} (68,3 \text{ lbs})$$

Com base nesta carga, nós selecionamos a porca de esferas NEFF KGF-D como ponto de partida. Esta porca de esferas tem uma flange integral, um limpador integral, uma montagem de acordo com a DIN 69051 e fuso de esferas tem uma precisão de +/- 50 μm / 300 mm.

Em seguida, consideramos a carga de compressão nesta aplicação que é determinada pela seguinte fórmula.

$$F_c [\text{N}] = C_s \times 9.687 \times 10^4 \times d_r^4 / l^2$$

Onde:

F_c = Força de resistência crítica (N)

C_s = Fator de fixidez com base na tabela abaixo:

Fixidez da extremidade	C_s
Uma extremidade fixa, uma extremidade solta	0,25
Ambas as extremidades suportadas	1,00
Uma extremidade fixa, uma extremidade suportada	2,00
Ambas as extremidades fixas	4,00

d_r = diâmetro da raiz (mm)

l = comprimento não suportado (mm)

Entradas:

$$D_r = 56,9$$

$$l = 5.818 \text{ mm}$$

$$C_s = 4,00$$

Saídas

$$F_c = 119.991,6 \text{ N}$$

$$F_s = F_c \times S \text{ (Fator de segurança de 0,8)}$$

$$F_s = 95.993 \text{ N}$$

Verificação

$$680,1 \text{ N} < 95.993,3 \text{ N} - \text{Aprovado!}$$

Agora, verifique o requisito da expectativa de vida. A vida útil é normalmente classificada em L_{10} , que representa o tempo após o qual 90% dos fusos de esferas ainda irão funcionar.

$$L_{10} [\text{revoluções}] = (C_{am} / F_{eq})^3 \times 10^6$$

Nesta aplicação, a expectativa de vida é de 1.035.752,6 anos. A razão é tão elevada que selecionamos o fuso de esferas com base na velocidade crítica ao invés da vida útil.

Finalmente, podemos verificar a expectativa de vida dos suportes de mancal. Um suporte típico de mancal fixo é a Série WBK. A expectativa de vida de um suporte de mancal pode ser determinada usando a seguinte fórmula.

$$L_{10} [\text{horas}] = (C_{am} / P_r)^3 \times (1 \times 10^6 / 60 \times n)$$

$$P_r = (0,35 \times F_r) + (0,57 \times F_a)$$

$$C_{am} = 51,5 \text{ kN (11.577,7 lbs)}$$

$$F_a = 68,3 \text{ lbs} / 2 = 34,15 \text{ lbs}$$

$$F_r = 0,0 \text{ lbs}$$

$$P_r = 19,47 \text{ lbs}$$

$$L_{10} = 22,1 \text{ anos}$$

$$22,1 > 5 - \text{Aprovado!}$$

Teste do design proposto

Depois de ter selecionado seu design com base nos cálculos, você precisa testar para ter certeza de que suas premissas estão corretas. O teste foi desenvolvido para validar se o que foi proposto foi efetivamente cumprido e, se esse não fosse o caso, para orientar as ações corretivas que possam ser necessárias. O teste de validação deve ser criado para responder a perguntas como as seguintes:

- O produto acabado atende a especificação do design?
- O desempenho é consistente ou não, dentro dos limites experimentais, com os cálculos teóricos e se não, quanto e por quê?
- O produto fornece o nível de confiabilidade necessário?
- Quais são os modos e pontos de falha possíveis para o produto?
- Como a solução atual pode ser comparada às alternativas?

Para sistemas e máquinas de grande porte, você pode querer começar com o teste de componentes antes de passar para os testes de bancada de subconjuntos e, finalmente, para o teste do conjunto completo. Em cada fase de testes, os resultados devem ser revistos e comparados com os cálculos teóricos para ter certeza de que o design está no caminho certo ou considerar as oportunidades razoáveis para melhoria. O teste é destinado a nos revelar o que poderia ter perdido nos nossos cálculos e modelagem.

Sistemas de movimento linear configurados

Também é importante, ao longo de todo o processo, considerar se pode fazer mais sentido comprar um sistema de movimento linear configurado ao invés de projetar e montar o seu próprio. Nesse caso, você poderia fornecer os requisitos da aplicação para um integrador de movimento linear, como a configuração de montagem, requisitos de posicionamento, condições ambientais, condições de carga, requisitos de movimento e quaisquer considerações especiais. Então, o integrador normalmente utilizaria um dimensionamento baseado na web e um sistema de seleção (veja a barra lateral) para projetar e configurar um sistema de movimento linear personalizado com base em sua entrada. O integrador pode, muitas vezes, fornecer um orçamento e um arquivo CAD do design proposto dentro de 24 horas do seu pedido. Em muitos casos, o custo de tal sistema será inferior ao custo dos componentes individuais. Normalmente, esta abordagem pode reduzir o tempo de engenharia e os custos de montagem em 90% ou mais e pode, muitas vezes, proporcionar uma economia de custos em material de 20% a 30%. O mais importante, reduzindo o tempo gasto na criação de sistemas de movimento linear, seus engenheiros vão gastar menos tempo no trabalho em uma área fora de suas competências essenciais, e mais tempo se concentrando no que sabem fazer melhor: na integração global do sistema.

Resumindo, aproveite todos os recursos úteis para economizar recursos e tempo de design. Não subestime a capacidade dos fornecedores de movimento linear de fornecer conjuntos de movimento linear configurados que podem ajudar a reduzir os custos de montagem e de engenharia. Avalie as alternativas de compra de componentes vs. módulos vs. sistemas completos em termos de seu impacto sobre o design e o tempo de montagem. Use, para a sua vantagem, todas as ferramentas de design disponíveis, tais como gráficos, fórmulas, sistemas de seleção online, e assim, os modelos em 3D. Finalmente, envolver o suporte técnico para alavancar seu conhecimento em produtos em soluções padrão, padrão modificadas e especiais. Não se esqueça de confirmar se o fornecedor possui os dados de análise/teste/verificação do design para comprovação em caso de reclamações e posições do design. Esta abordagem pode reduzir o tempo de design para um mínimo garantindo, ao mesmo tempo, que os sistemas de movimento linear atendem os requisitos de desempenho e durabilidade.

BARRA LATERAL: Como Dimensionar e Selecionar Sistemas de Movimento Linear em Minutos ao Invés de Horas

Os componentes padrão econômicos e comprovados atendem à grande maioria dos requisitos de movimento linear. Nessas aplicações, as ferramentas de seleção e dimensionamento baseadas na web e podem, literalmente, cortar o tempo de dimensionamento e seleção do sistema de horas para minutos.

Aproveitando as ferramentas de seleção e dimensionamento baseadas na web, como Linear MOTIONEERING® (www.linearmotioneering.com) da Thomson, o usuário insere os parâmetros-chave da aplicação. Esses requisitos são filtrados através de um conjunto abrangente de cálculos. Em seguida, a aplicação apresenta uma lista de produtos que atendem aos requisitos da aplicação classificados por custo. As saídas incluem modelos em 3D, preços, prazos de entrega e informações sobre pedidos.

Etapa 1 - Estabelecer a orientação do sistema

O usuário escolhe a orientação da aplicação: invertida, vertical, lateral horizontal ou horizontal. Em seguida, o usuário seleciona a configuração de montagem - totalmente suportada, extremidades suportadas ou intermitentemente suportada.

Etapa 2 - Inserir os requisitos de posicionamento e o comprimento do curso, definidos de batente a batente

O usuário seleciona se o requisito de posicionamento será definido em termos de precisão, repetibilidade ou reação máxima permitida. Em seguida, o usuário escolhe um valor para a sua escolha.

Etapa 3 - Definir as condições ambientais que são fundamentais na determinação da escolha do material correto, executar a estratégia e o esquema de lubrificação

O usuário seleciona uma condição a partir das seguintes opções: limpeza, neblina/spray químico/de água, vibração/aplicação de pressão/impacto, contagem de particulado em poeira intensa, lavagem por alta pressão/temperatura, respingo químico/de água e sala limpa. Com base na seleção de ambiente, a aplicação irá recomendar opções de deslizamento lineares como guia de esferas cromada, de aço inoxidável, de superfície Raydent, mancais lineares CR, mancais planos em polímero, etc. O usuário pode alterar essas opções.

Etapa 4 - Inserir a carga e a força aplicada

A carga é o peso que o transportador ou o selim suporta, incluindo a carga, a instalação e o uso de ferramentas. O usuário localiza o centro de gravidade da carga em relação ao centro do carro/selim inserindo os valores x, y e z. O usuário insere a força aplicada ou externa. Essa força relacionada ao processo é suposta ser exercida no centro de gravidade da carga.

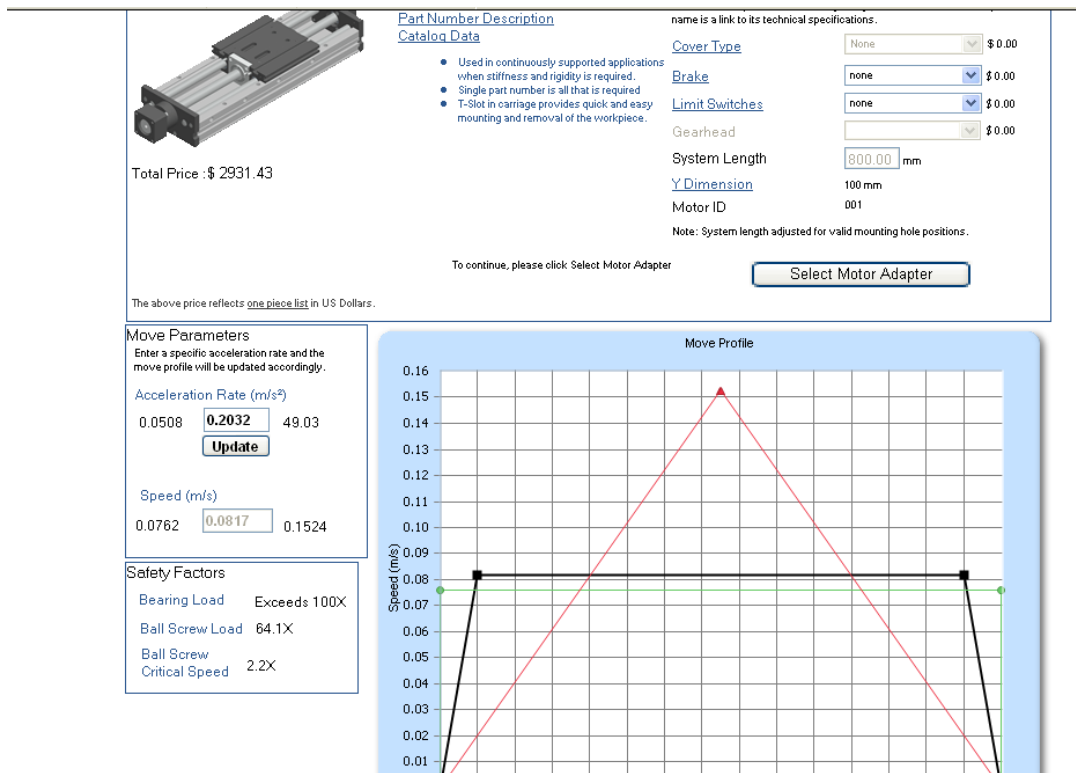


Figura 4: A aplicação calcula o perfil mínimo de movimento de aceleração (verde), o perfil de movimento recomendado (preto) e o perfil máximo de movimento de aceleração (vermelho). Screenshot da ferramenta de seleção e dimensionamento baseada na web Linear MOTIONEERING (www.linearmotioneering.com).

Etapa 5 - Inserir os requisitos de perfil do movimento

O usuário insere a distância e o tempo do movimento, e o tempo de permanência. O programa determina as taxas de aceleração adequadas para cada sistema individual que atendem aos requisitos das aplicações. Em seguida, o usuário seleciona um dos sistemas no conjunto de soluções. A aplicação apresenta muitos perfis de movimento. O perfil de movimento verde é baseado na aceleração máxima e o perfil em vermelho tem como base a aceleração mínima. O usuário determina um perfil de movimento recomendado entre o máximo e o mínimo e fornece a taxa de aceleração desejada.

Com base no perfil de movimento recomendado, a aplicação calcula as cargas de acionamento e mancal, e a velocidade crítica do fuso de esferas. O usuário também pode inserir sua própria taxa de aceleração. Quando o usuário faz isso e pressiona o botão de atualização, a aplicação apresenta o perfil de movimento selecionado do usuário e atualiza os fatores de segurança com base no novo perfil de movimento.

Por fim, os usuários podem selecionar opções como suportes de motor, tipo de cobertura, freio, chaves de limite e engrenagem. A aplicação apresenta o preço total do sistema e as dimensões. O usuário pode fazer o download de um modelo CAD 3D da solução no formato nativo de 20+ principais pacotes de software CAD ou um formato de arquivo neutro. O usuário visualiza e imprime as especificações, salva a aplicação e solicita um orçamento.

Essa abordagem reduz drasticamente o tempo e os custos envolvidos na concepção e fornecimento de um sistema linear. Ela oferece a oportunidade para uma empresa concentrar seus escassos recursos de engenharia em suas competências essenciais, aproveitando a vasta experiência do fornecedor de sistemas lineares.

A popularidade dessas ferramentas de design está levando os fabricantes a desenvolver recursos adicionais para ajudar os construtores de máquinas a economizar tempo e otimizar o desempenho. Como exemplo, a Thomson tem disponível uma série de ferramentas adicionais para ajudar a simplificar e acelerar o processo de design, incluindo:

- Linear MOTIONEERING® para Guias Lineares - www.thomsonlinear.com/linear_motioneering_screws
- Linear MOTIONEERING® para Fusos de Esferas e de Transmissão - www.linearmotioneering.com/screws
- Micron MOTIONEERING® para Engrenagens Planetárias Micron TRUE™ - www.micronmotioneering.com
- Linear MOTIONEERING® para Eixos 60 Case® LinearRace - www.linearmotioneering/shafting

Sobre a Thomson

Com mais de 60 anos de qualidade e inovação em controle de movimento, a Thomson é o primeiro produtor de Mancais Bushing® de Esferas e Lineares, Mancais de Trilhos de Perfil, Eixos 60 Case™, Fusos de Esferas e de Avanço, Atuadores Lineares, Engrenagens, Embreagens, Freios, Sistemas Lineares e acessórios relacionados. A Thomson foi a pioneira na produção de mancais de esferas, em 1945, e estabeleceu o padrão desde então com um conjunto insuperável de soluções de controle de movimento mecânico, servindo tanto o mercado comercial, como mercado aeroespacial e de defesa em todo o mundo. A Thomson Industries, Inc. tem instalações na América do Norte, Europa e Ásia com mais de 2000 locais de distribuição em todo mundo.

Thomson, 1500 Mittel Boulevard, Wood Dale, IL 60191-1073; 1-540-633-3549; 1-540-633-0294 (fax); Thomson@thomsonlinear.com; www.thomsonlinear.com.