

Servo-acionamentos

Augusto Ottoboni

Os servo-acionamentos ainda são uma incógnita para muitos profissionais de diferentes segmentos do mercado, trazendo a estes profissionais que se deparam com os mesmos, certa insegurança e desconfiança na sua utilização. Foi pensando principalmente nestes profissionais que esta matéria foi elaborada, pois, assim como vocês, este também foi um entrave em certos momentos de minha carreira profissional.

Esta matéria tem por objetivo demonstrar de forma bem simples e didática, como são os componentes de um servo-acionamento (o Servomotor e o Servoconversor - veja **figura 1**), suas aplicações, especificações técnicas e parametrização.

O desenvolvimento desta tecnologia ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial. O pós-guerra trouxe aumento da qualidade e maior expectativa de vida, uma crescente preocupação com a saúde e a ecologia, uma maior competição entre as empresas, novos produtos e serviços. Todos estes fatores, é claro que no momento mencionado ainda em evolução, trouxeram uma demanda cada vez maior de produtos e serviços que no passado não eram oferecidos ou até não eram realizados.

Esta demanda cada vez maior de produtos e serviços, criou uma crescente necessidade de aumento da produção industrial, mantendo-se e, se possível, aumentando-se os níveis de qualidade, cada vez maiores, nos produtos.

Estas solicitações de incremento de produção em todos os segmentos do mercado exigiram o desenvolvimento de um novo produto, mais dinâmico, robusto e preciso.

Vamos imaginar a seguinte situação: você, profissional responsável pela produção de uma determinada empresa, por motivos de concorrência, demanda ou por redução de custos apenas, deseja incrementar sua capacidade produtiva, basicamente agilizando seus processos produtivos. Como proceder? Uma das alternativas seria re-



Figura 1 - Servomotor síncrono SEW-EURODRIVE e servoconversores SEW-EURODRIVE.



novar seu maquinário substituindo as máquinas antigas por outras mais novas e mais rápidas, mas, com custo altíssimo esta alternativa pode ser facilmente descartada; outra alternativa seria utilizar algumas técnicas de *Retrofitting* nas máquinas atuais, o que, além de mais barato, permite a utilização das mais modernas tecnologias em acionamentos para a solução de incremento de produção com qualidade.

Nestes *Retrofittings*, umas das tecnologias mais utilizadas é o **servo-acionamento**, composto por servomotor mais servoconversor.

O QUE É UM SERVOMOTOR?

O Servomotor é uma máquina síncrona composta por uma parte fixa (o estator) e outra móvel (o rotor), até aqui nenhuma novidade.

O estator é bobinado como no motor elétrico convencional, porém, apesar de utilizar alimentação trifásica, não pode ser ligado diretamente à rede, pois utiliza uma bobinagem especialmente confeccionada para proporcionar alta dinâmica ao sistema.

O rotor é composto por ímãs permanentes dispostos linearmente sobre o mesmo e com um gerador de sinais chamado "**RESOLVER**" instalado para fornecer sinais de velocidade e posição. Observe a **figura 2**.

Quais as características de um servomotor?

De um servomotor são exigidos, entre outros, dinâmica, controle de rotação, torque constante e precisão de posicionamento.

As características mais desejadas nos servomotores são o torque constante em larga faixa de rotação (até 4500 rpm), uma larga faixa de controle da rotação e variação (até 1:3000) e alta capacidade de sobrecarga (3 x M_o). Estas características são facilmente obtidas através do modo de controle **CFC** (*Current Flux Control*), especialmente desenvolvido para a otimização de servomotores nos servoconversores da linha **MOVIDRIVE®**, **MOVIDRIVE® Compact** e **MOVIDYN®**, da SEW-EURODRIVE. Atente para a **figura 3**.

O Torque nominal (M_o) de um motor é determinado pelas seguintes características construtivas do motor.

$$M_o = \frac{P.9550}{n}$$

O Torque máximo ($M_{máx}$) é 3 x M_o do motor. Em função da potência do servoconversor utilizado, o Torque máximo que se pode alcançar também poderá ser menor.

Os servomotores devem possuir momento de inércia da massa do rotor, menor do que em relação aos motores assíncronos trifásicos, devido às grandes solicitações de dinâmica.

Um dos artifícios mais utilizados são os cortes transversais no rotor, através destes cortes é reduzida a massa de inércia do rotor.

Na **tabela 1** é dado um quadro comparativo para um servomotor.

Como funciona um servomotor?

Os servomotores são máquinas síncronas, compostas de seis pólos no estator, de alimentação trifásica, ímãs permanentes **Ter-**

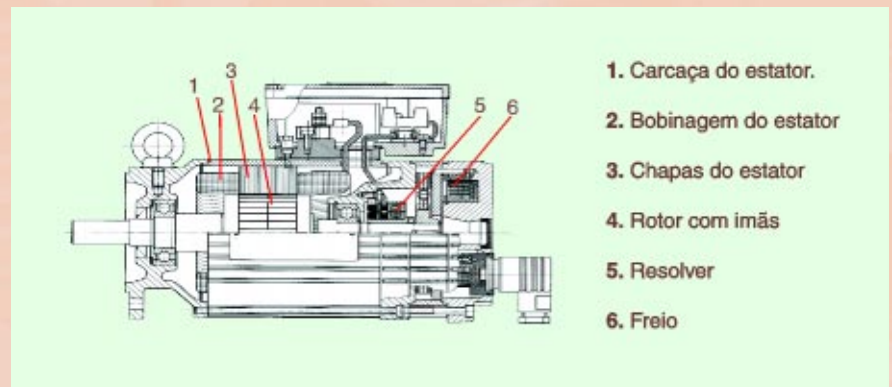


Figura 2 - Servomotor.

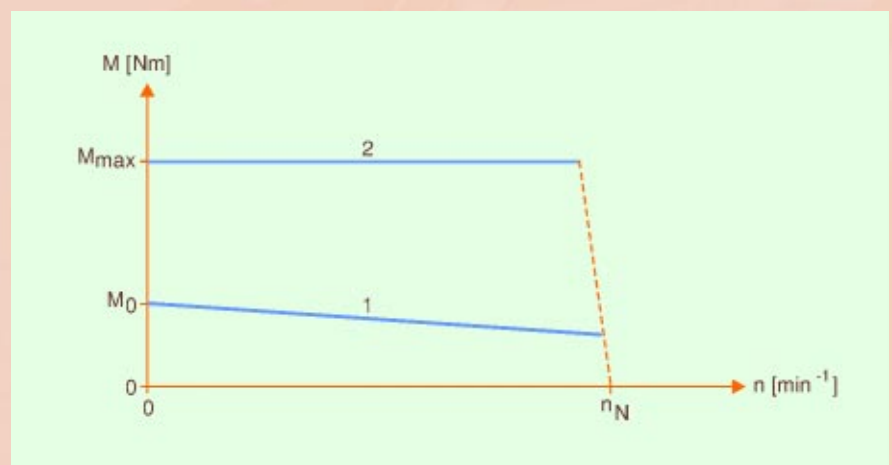


Figura 3 - Características requeridas do servomotor.

ras-Raras dispostos linearmente sobre a face do rotor e um sensor analógico chamado *resolver* para realimentação de posicionamento e velocidade.

Sua alimentação, apesar de trifásica, não pode ser efetuada através da rede convencional, pois possui um bobinamento totalmente especial, confeccionado para proporcionar uma alta dinâmica ao motor através de um fluxo eletromagnético totalmente diferente do proporcionado pela rede. Este fluxo eletromagnético só pode ser fornecido pelo servoconversor através de um modelamento matemático que leva em consideração todas as características do servomotor, esta é a razão de apenas ser possível a utilização de servomotores e servoconversores de mesma marca. Só assim é possível fornecer o fluxo mais apropriado para o servomotor ter a melhor dinâmica.

$$\Phi_{REDE} = \frac{V}{f} = \frac{380}{60} = 6,33$$

Outro importante ponto é a seqüência de fase adotada: em alguns servomotores, a seqüência **SERVOMOTOR - SERVOCONVERSOR** deve ser observada com atenção, pois a sua inversão causa falha no servoconversor de **Monitoração de rotação**. Veja a **figura 5**.

Devido a estarmos trabalhando em malha fechada, quando da inversão o servoconversor detecta a incompatibilidade entre os sinais do campo girante do servomotor com os sinais gerados pelo *resolver*.

Desta forma, o servoconversor entende que o campo girante do servomotor está em um sentido e o *resolver* no sentido oposto, portanto, a seqüência U/V/W do servomotor deve ser a mesma U/V/W do servoconversor.

Atente-se também para a utilização de servomotores e servoconversores de mesmo fabricante, pois no modo operacional **SERVO**,

Características	Motor assíncrono CA	Motor DC	Motor síncrono CA
Potência [kW]	7,5	8,3	7,5
Rotação [rpm]	2900	3200	3000
Tipo/tamanho	DFV 132 M2	GFVN 160 N	DFY 112 ML
Proteção	IP 54	IP 44	IP 65
Ventilação	Ventilador	Ventilador	Superfície
Comprimento [mm]	400	625	390
Peso total [kg]	66	105	38,6
Peso do rotor [kg]	17	29	8,2
Jmot [10 ⁻⁴ kgm ²]	280	496	87,4
Torque nominal [NM]	24,7	24,7	24
Torque máximo	2,6.MN/1,8.MN	1,6.MN	3.MN
Acel. Ang. Máx. [1/s ²]	1588	797	8238
Máx.perf.din. [%]	20	10	100
Tempo de acel. [ms]	191	420	38

Tabela 1 - Comparação entre motores para servomotor.

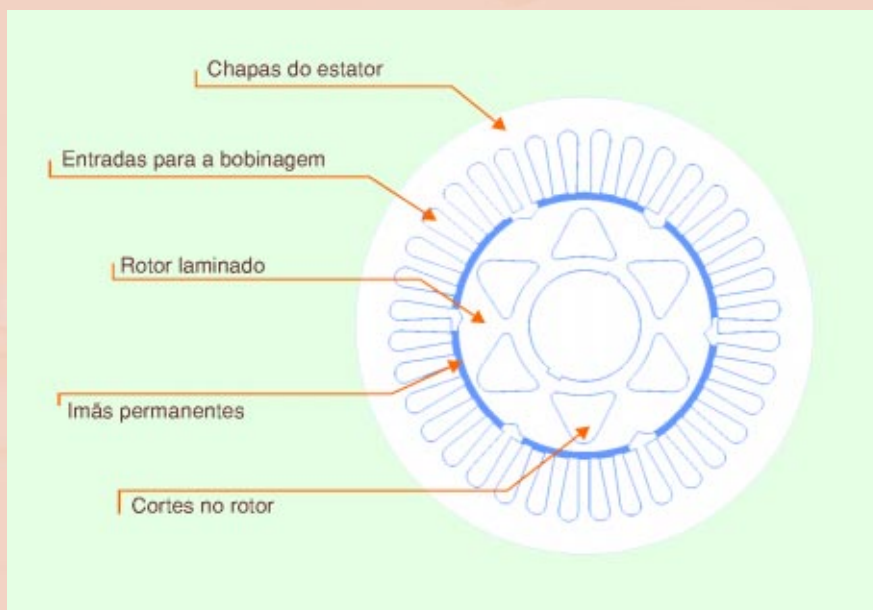


Figura 4 - Cortes transversais no rotor.

específico para servomotores síncronos, os dados dos servomotores necessários para este modo operacional (**SERVO**) estão memorizados nos servoconversores, e só assim é possível obter a melhor performance através do modelamento matemático do servomotor.

O que é o Resolver?

O *resolver* é um sistema de realimentação analógico composto

por um estator e um rotor, mas seu funcionamento é oposto ao do motor, ou seja, funciona como um gerador. Seu rotor gira através da ação do eixo do rotor do servomotor e faz com que a ação do campo eletromagnético do rotor exerça influência direta sobre o bobinamento do estator do *resolver*, este subdividido em dois estatores defasados 90° graus entre si, gerando sinais senoidais que funcionam como realimentação de posição e velocidade para o servoconversor. Observe as **figuras 6 e 7**.

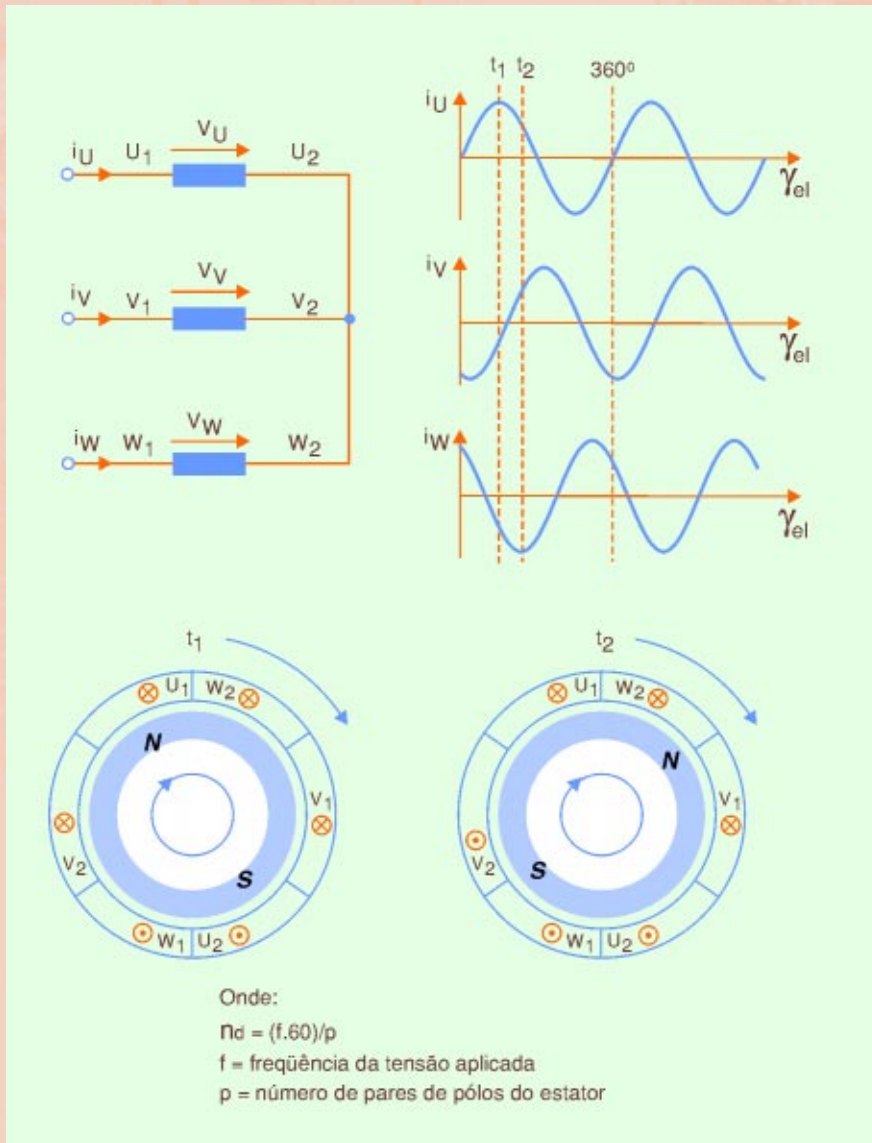


Figura 5 - Sequência de fase.



Outro ponto a se ressaltar é o fato do alinhamento do *resolver*. Por se tratar de um sensor de alta resolução e precisão, o seu alinhamento é algo fundamental para seu perfeito funcionamento, portanto, é aconselhável não mexer em seu sistema de fixação devido à sua complexidade de montagem. Na **figura 8**, o alinhamento.

Quando comparado a outros sistemas de realimentação disponíveis no mercado (encoder incremental e encoder absoluto), o *resolver* tem suas características ressaltadas, principalmente quanto à sua robustez e insensibilidade às vibrações e altas temperaturas. Observe a **tabela 2**. Na **figura 9**, o encoder incremental.



Figura 6 - "Resolver"

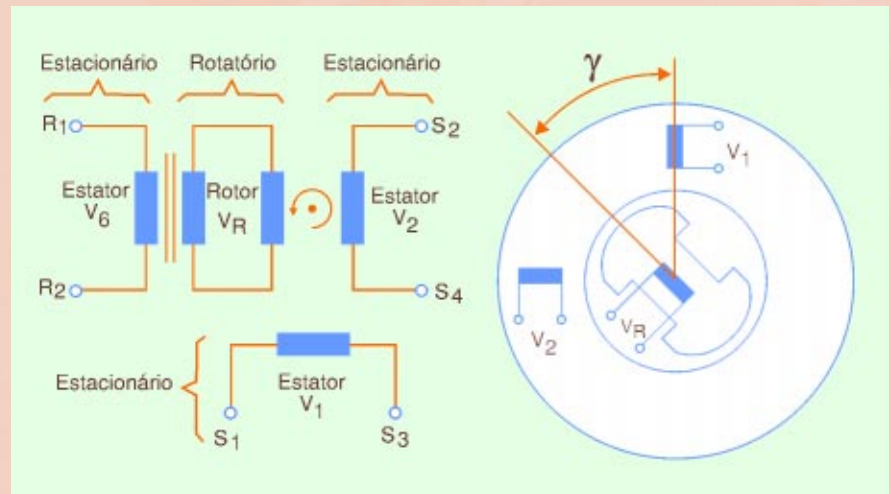


Figura 7 - Ação do campo eletromagnético de "resolver".

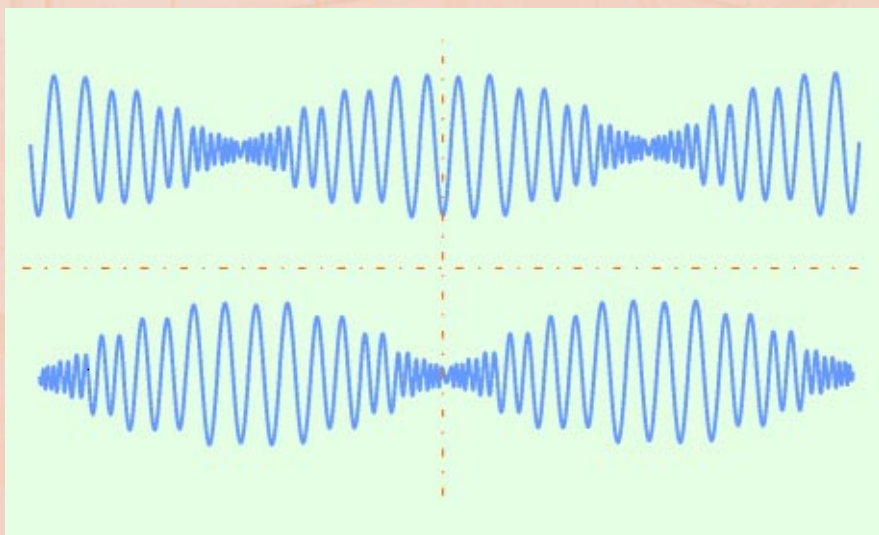


Figura 8 - Manutenção do alinhamento.

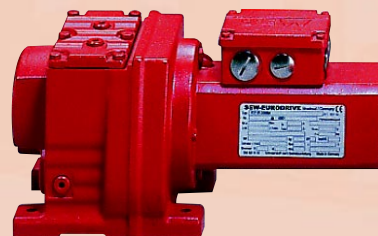


Figura 10 - Servoconvertidores.

O SERVOCONVERSOR...

A mais recente tecnologia embarcada faz dos servoconvertidores os equipamentos mais versáteis disponíveis no mercado. Possibilidade de comunicação direta com controladores externos, comunicação nos mais variados meios Fieldbus e possibilidade de associação de múltiplos eixos numa mesma fonte de alimentação, entre outras características, fazem dos servoconvertidores uma excelente opção no *Upgrade* de máquinas e equipamentos em geral. Na **figura 10**, exemplar de servoconversor

Assim como nos conversores de frequência, o diagrama de blocos do servoconversor **figura 11** possui as mesmas características construtivas. Diferenciado apenas em seu modo operacional **SERVO** específico para servomotores síncronos SEW-EURODRIVE. Os dados dos servomotores SEW necessários para o modo operacional **SERVO**, estão memorizados nos ser-



Sistema de realimentação	Vantagens	Desvantagens
Encoder incremental	<ul style="list-style-type: none"> Projeto robusto Grande quantidade de resoluções, tipos de montagem e interface 	<ul style="list-style-type: none"> Posição é perdida após falha de energia
Encoder absoluto	<ul style="list-style-type: none"> Dado de posição disponível após falha de energia Alta resolução disponível 	<ul style="list-style-type: none"> Alto custo
Resolver	<ul style="list-style-type: none"> Projeto robusto Insensível a vibrações e altas temperaturas Pouca fiação Montado no motor 	<ul style="list-style-type: none"> Montagem complexa

Tabela 2 - Quadro comparativo "resolver" x "encoder".

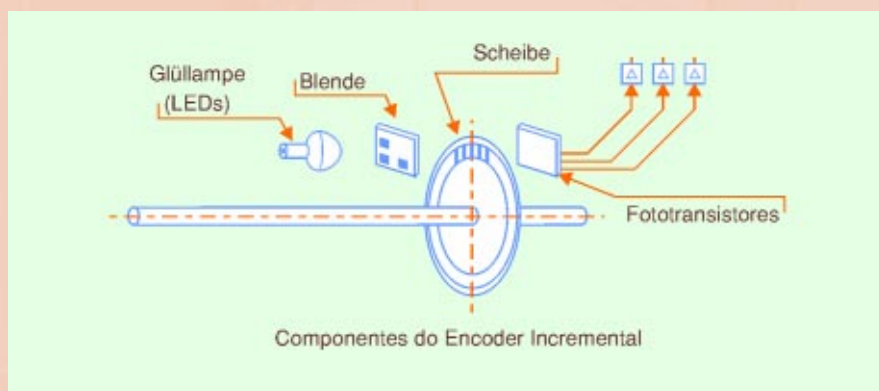


Figura 9 - Encoder incremental



voconversores MOVIDRIVE[®], MOVIDRIVE[®] Compact e MOVIDYN[®].

Este modo operacional permite o controle direto do torque do servomotor em toda a extensão de rotação.

O torque M_o é determinado pelo servomotor.

O torque máximo $M_{MÁX}$ é $3 \times M_o$ do servomotor. Em função do servoconversor (MOVIDRIVE[®], MOVIDRIVE[®] Compact e MOVIDYN[®]) utilizado, o $M_{MÁX}$ que se pode alcançar também poderá ser menor, devido à exigência de corrente solicitada pelo servomotor e a corrente fornecida pelo servoconversor. Veja a **figura 12**.

A seleção da melhor relação (servomotor x servoconversor), pode ser selecionada conforme o torque e rotação do servomotor, pela corrente nominal do servoconversor. Veja a **tabela 3**.

A melhor combinação entre servomotor e servoconversor é aquela que satisfaz a condição de $3 \times M_o$.

Nas condições em que ocorrem a indicação de um *, a combinação é possível, porém não com $3 \times M_o$.

Nas situações em que há solicitação de torque muito elevado, existe ainda a possibilidade da combinação dos servomotores somados aos redutores planetários de baixa folga angular, especialmente projetados para atender às mais exigentes solicitações de carga.

Estes redutores além de baixa folga angular (1 estágio: $< 3'$ ou $< 6'$ e 2 estágios: $< 5'$ ou $< 10'$), possuem reduções exatas que facilitam a precisão de posicionamento, além de suportarem altos choques.

A composição servomotor + redutor planetário é utilizada nas

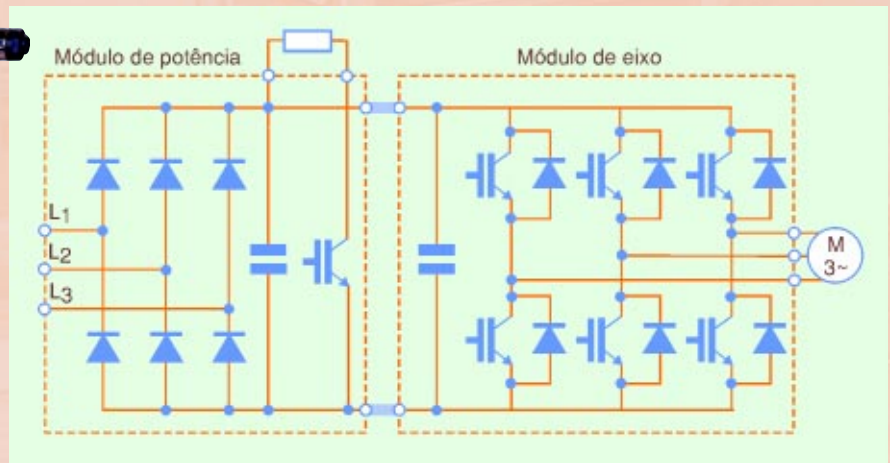


Figura 11 - Diagramação de blocos do servoconversor.

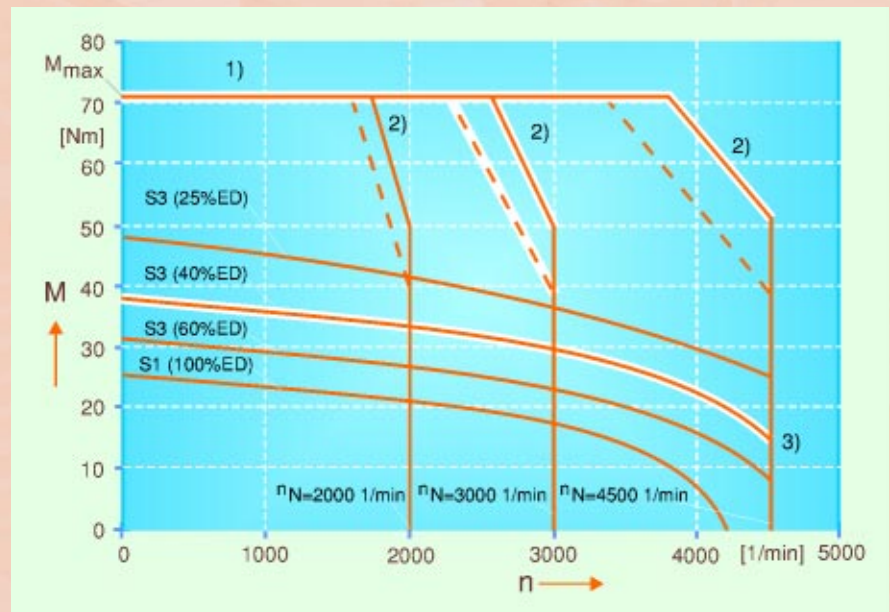


Figura 12 - Curvas torque x Rotação do servomotor.

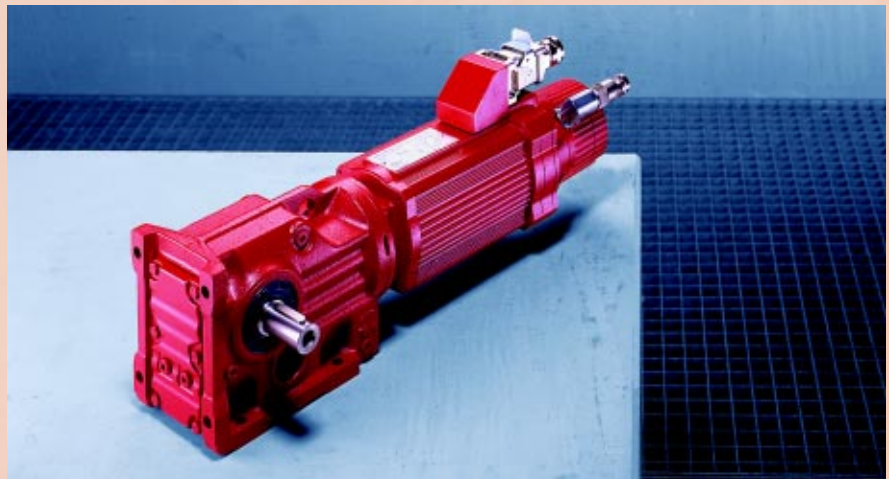


Figura 13 - Servo-acionamento = servomotor + redutor planetário.

n_N [min ⁻¹]	MOTOR	MOVIDYN						MOVIDRIVE									
		MAS51A005 MKS51A005	MAS51A010 MKS51A010	MAS51A015 MKS51A015	MAS51A030	MAS51A060	MDS60A0015	MDS60A0022	MDS60A0030	MDS60A0040	MDS60A0055	MDS60A0075	MDS60A0110	MDS60A0150	MDS60A0220	MDS60A0300	MDS60A0370
		5 [A]	10 [A]	15 [A]	30 [A]	60 [A]	4.0 [A]	5.5 [A]	7.0 [A]	9.5 [A]	12.5 [A]	16.0 [A]	24.0 [A]	32.0 [A]	46.0 [A]	60.0 [A]	5 [A]
2000	DFY71S	7.5					7.5										
	DFY71M	11.1					11.1										
	DFY1ML	15.0					12.0	15.0									
	DFY71L	15.2*	22.5				12.2*	16.7*	21.3*	22.5							
	DFY90S	16.9*	27.0				13.5*	18.6*	23.6*	27.0							
	DFY90M		34.0*	36.0				18.7*	23.7*	32.2*	36.0						
	DFY90L		22.5*	33.8*	54.0					32.1*	42.2*	54.0					
	DFY112S		32.7*	36.0				18.0*	22.9*	31.1*	36.0						
	DFY112M		32.8*	49.2*	52.5					31.2*	41.0*	52.5					
	DFY112ML			49.1*	72.0						40.9*	52.3*	72.0				
DFY112L				98.4*	105						52.5*	78.8*	105				
3000	DFS56M	3.0					3.0										
	DFS56L	6.0					5.0	6.0									
	DFY71S	7.5					7.5										
	DFY71M	10.3*	11.1				8.2*	11.1									
	DFY71ML	9.9*	15.0				7.9*	10.9*	13.8*	15.0							
	DFY71L		20.5*	22.5				11.2*	14.3*	19.4*	22.5						
	DFY90S		22.9*	27.0					16.0*	21.7*	27.0						
	DFY90M		22.8*	34.2*	36.0					21.6*	28.5*	36.0					
	DFY90L			33.8*	54.0						28.1*	36.0*	54.0				
	DFY112S		22.5*	33.8*	36.0					21.4*	28.1*	36.0					
DFY112M			32.8*	52.5						27.3*	35.0*	52.5					
DFY112ML				66.5*	72.3							52.4*	69.8*	72.3	105		
DFY112L				65.6*	105							52.4*	70.0*	100*			
4500	DFS56M	3.0					3.0										
	DFS56L	6.0					5.0	6.0									
	DFY71S	6.7*	7.5				5.4*	7.4*	7.5								
	DFY71M	6.9*	11.1					7.4*	9.5*	11.1							
	DFY71ML		12.9*	15.0					9.1*	12.3*	15.0						
	DFY71L		13.7*	20.6*	22.5					13.0*	17.1*	22.0*	22.5				
	DFY90S			22.5*	27.0					14.3*	18.8*	24.0*	27.0				
	DFY90M			22.3*	36.0						19.4*	24.8*	36.0				
	DGY90L				45.5*	53.8							36.0*	48.0*	53.8		
	DFY112S			23.1*	36.0						19.2*	24.6*	36.0				
DFY112M				43.8*	52.3							35.0*	46.7*	52.3			
DFY112ML				41.1*	71.7								47.0*	67.6*	71.7		
DFY112L					86.3*									66.2*	86.3*	105	

Tabela 3 - Características (torque x rotação do servomotor x Corrente nominal do servoconversor).



mais diversas aplicações, devido à sua excelente performance. **Figura 13.**

Transelevadores, máquinas operatrizes e máquinas em geral com alta solicitação de dinâmica e precisão de posicionamento são o principal segmento de atuação dos servo-acionamentos. Observe a **figura 14.**

PARAMETRIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO

A principal vantagem dos servoconversores é a sua rápida e simples parametrização, possibilitada através de seu controle manual ou através dos programas MX_SHELL® ou MOVITOOLS®.



Figura 14 - Transelevador com servo-acionamento Sew.

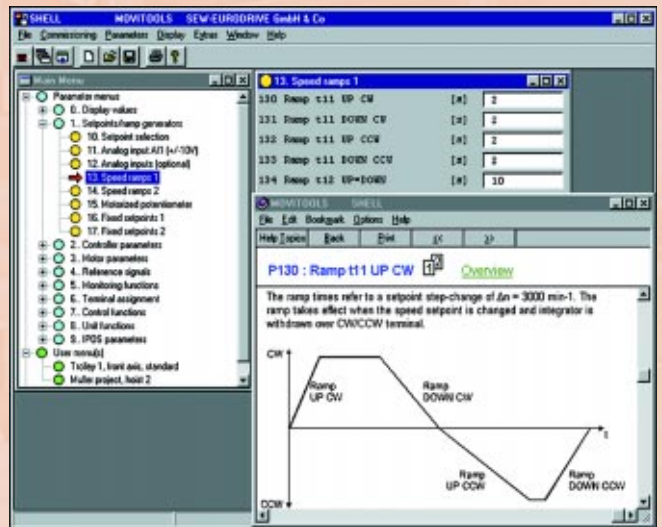


Figura 15 - Tela de programação IPOS® (Sistema de posicionamento e seqüência), em Assembler.



Figura 16 - MOVITOOLS® via CD ou Internet.

Tanto os programas quanto o controle manual, permitem selecionar o modelo específico do servomotor utilizado, sua tensão de alimentação, sua rotação nominal e rapidamente fornecem ao usuário uma otimização das melhores características do servomotor utilizado.

O programa de posicionamento e seqüenciamento IPOS®, já está disponível internamente nos servo-acionamentos SEW-EURODRIVE tirando espaço. Este programa tem um funcionamento muito similar a um CLP, ou seja, comanda as funções de seqüência e posição do servo-a-

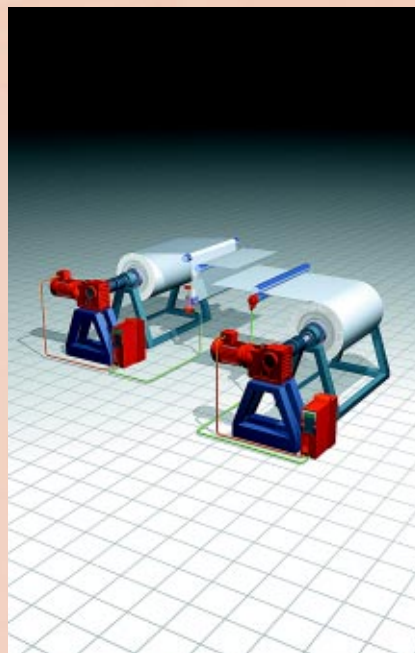


Figura 17 - Servo-acionamentos aplicados a desbobinadores e bobinadores através do programa IPOS® plus.

cionamento, e sua limitação é determinada pelo número de entradas e saídas disponíveis no equipamento (figura 15).

Outro programa disponível nos servo-acionamentos SEW-EURODRIVE é o SCOPE®, um programa de visualização gráfica, onde é possível apurar as verdadeiras condições de trabalho dos servo-acionamentos em tempo real. O programa SCOPE é mais uma opção existente e disponível nos programas MX_SHELL® e MOVITOOLS® da SEW-EURODRIVE.

CONCLUSÃO

Máquinas e equipamentos em geral com alta solicitação de dinâmica e precisão de posicionamento são os ideais para a utilização dos servo-acionamentos. Veja a figura