

TRABALHO DE FORMATURA

PMC-581

Modificação do Acionamento de uma Máquina na Indústria

aluno: Fabrício Cerveira de Paula

professor orientador: Edson Gomes

Dezembro de 1997

Aprovado
Edson G. Z.

Só para raros:
dedico este trabalho a mim mesmo e
a todos aqueles que estão vencendo
suas batalhas mais íntimas

Agradeço sinceramente ao engenheiro Sílvia por sua compreensão e ajuda,
ao engenheiro Sérgio pela atenção dedicada e
ao engenheiro Walter pelo apoio e força

ÍNDICE

I. Prefácio	1
II. Introdução	2
III. Conceitos Teóricos	
Parte 1 – Acionamento da Máquina	
a. Inversor Estático de Frequência	3
b. Acoplamentos	7
Parte 2 – Aquisição de Dados	
1. Transdutores	9
2. Condicionador de Sinal	9
3. Placa de Aquisição de Dados	11
4. Software	13
IV. Solução Proposta	
1. Seleção do Motor	
a. Cálculo da Transmissão	13
b. Cálculo dos Torques	14
2. Escolha do Acoplamento	17
3. Escolha do Inversor	18
V. Conclusão	20
VI. Bibliografia	21
ANEXOS	
Estudo de Viabilidade	
Catálogos	23

I. PREFÁCIO

Cada vez mais, devido ao crescimento do conhecimento tecnológico, é necessário mudar, modernizar para atender bem e melhor o mercado.

Estamos num meio no qual a competitividade é cada vez mais forte; quando o fenômeno chamado globalização torna o mercado aberto e conseqüentemente exige superação e renovação.

No presente trabalho, é apresentado a modificação do sistema de acionamento de uma máquina, transformando um sistema que fora projetado na década de 50, em algo moderno, mais compacto e eficiente.

II. INTRODUÇÃO

Procurou-se desenvolver um projeto de um sistema de acionamento mais compacto e eficiente que o anterior.

O projeto, basicamente, conta com um inversor de frequência e um motoredutor de corrente alternada.

O sistema deve acionar um semi eixo que contém cinco bombas de título, e portanto, são quatro conjuntos de acionamento para cada máquina, uma vez que a máquina contém dez cabeças de fusão com duas bombas de título de cada lado.

O sistema substituído possui dois conjuntos de acionamento, um para cada lado da máquina, compostos de um motor de corrente alternada, um redutor de polias (PIV) e uma caixa de inversão de coroas dentadas, mas apresenta um sério problema de alinhamento dos eixos com a saída da caixa de inversão e necessidade de manutenção constante. Além disso, a variação de velocidade se faz necessária na máquina, uma vez que são produzidos diversos tipos de fios, ou seja, fios com diferentes títulos e um dos objetivos do presente trabalho é tornar mais fácil e eficiente tal variação. A rotação da bomba de título é que determina o título do fio.

A idéia é, portanto, fazer a variação de velocidade da máquina a partir da variação de frequência de alimentação do motor pelo inversor de frequência.

Foi elaborado no presente trabalho, também, uma descrição de um processo de aquisição de dados de modo a completar o estudo de viabilidade anteriormente realizado, visando a monitoração de dados de pressão e temperatura nas bombas de título.

III. CONCEITOS TEÓRICOS

Parte 1 - Acionamento da máquina

a. Inversor Estático de Frequência

Com o desenvolvimento da área de semicondutores de potência (transistores de potência, tiristores GTO, tiristores RLT), bem como da técnica digital (microprocessadores), a utilização de acionamentos com motores trifásicos alimentados por inversores de frequência torna-se uma solução cada vez mais vantajosa.

O inversor é um dispositivo eletrônico que permite variar e regular a velocidade de um motor trifásico.

Pelo princípio de funcionamento de um motor de indução, a rotação é proporcional a frequência da tensão de alimentação e inversamente proporcional ao número de pólos. Como o número de pólos é fixo, a variação de rotação só pode ser efetuada através da variação da frequência. Por outro lado, o conjugado nominal do motor é proporcional ao fluxo eletromagnético que, por sua vez, é proporcional à relação entre a tensão e a frequência (U/f).

Portanto, para que o conjugado nominal do motor seja mantido constante, é necessário que o inversor forneça uma frequência, variando proporcionalmente com a tensão. O aumento excessivo da corrente, por exemplo, causaria uma super excitação no motor com elevação anormal da temperatura, o que o levaria a queima. Mantendo o mesmo nível de corrente no motor, fluxo e torque se mantêm constante. Então, devemos ter a relação $[V]/[Hz]$ igual a constante.

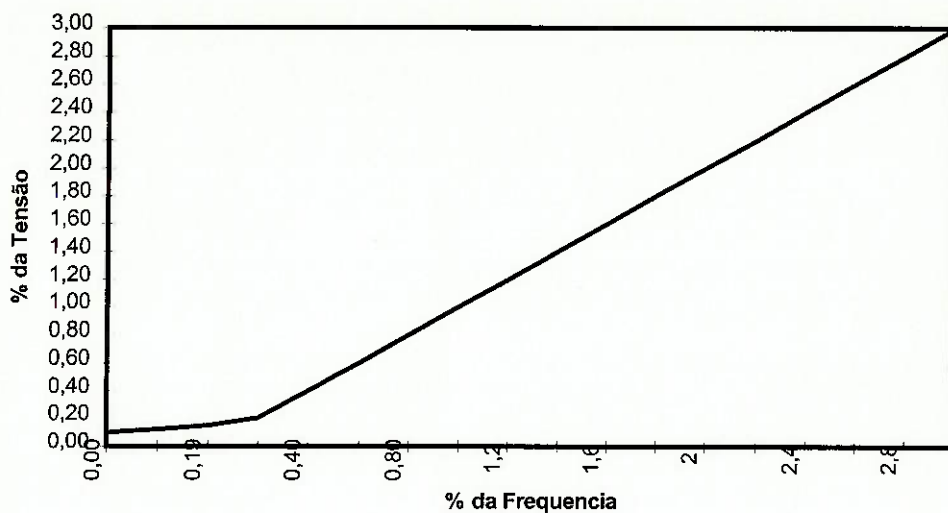


Figura 1 : Curva Volts por Hertz

Em baixas frequências, a resistência de estator se torna percentualmente uma parte significativa da impedância total do motor, e a queda RI no enrolamento, resulta uma perda de torque, a não ser que haja um incremento da tensão para frequências baixas. Esta é a razão pela qual a curva Volts por Hertz apresenta um segmento curvo no seu início.

A característica tensão $\times$ frequência dos inversores deve estar de acordo com a demanda de torque exigida pela carga.

O circuito de um inversor é composto por um retificador de entrada, barra de ligação CC e ponte inversora.

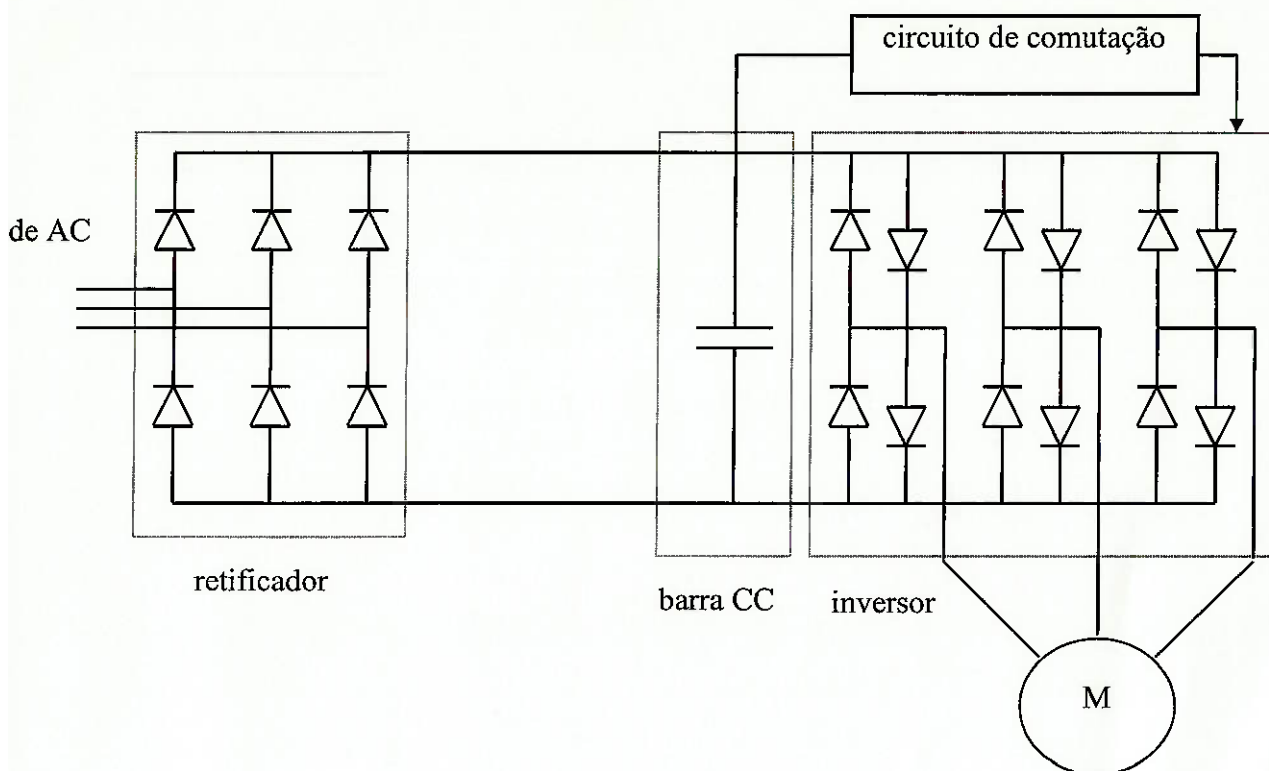


Fig.2 - Inversor por Modulação de Largura de Pulso

O retificador de entrada retifica a tensão CA da rede, e pela variação do ângulo de disparo dos tiristores, o nível de tensão CC é controlado. A barra de ligação CC filtra o "ripple" existente na saída do retificador e a combinação do retificador controlado e do filtro fornecem a tensão variável CC para a ponte inversora. A ponte inversora por sua vez, fornece a tensão trifásica CA para o motor, através de gatilhamento dos tiristores.

Portanto, para controlar tanto voltagem quanto frequência, o controle CA deve modificar o sistema de rede. Esta conversão de potência é obtida primeiramente por retificação da voltagem, em frequência constante da rede, resultando uma voltagem contínua fixa ou variável e, depois, invertendo a voltagem contínua em uma saída de voltagem variável / frequência variável. A este tipo de equipamento e ao motor em que é aplicado, denominamos acionamento de frequência variável (AFV). As três tecnologias básicas utilizadas para produzir economicamente AFV na faixa de menos de 500 HP são:

voltagem de entrada variável (VVI), Inversores fonte de corrente (CSI) e modulação de largura de pulso (PWM).

Uma das características que distingue os vários tipos de inversores é o meio pelo qual o controle de tensão é feito para manter uma relação fixa entre tensão e frequência. No inversor com *tensão de entrada variável*, a tensão é controlada na barra CC, ou seja, na entrada da ponte inversora. A tensão de saída do retificador controlado varia com a frequência, de modo a manter tensão e frequência na relação desejada.

Em um *inversor por modulação de largura de pulso*, a tensão da barra CC é mantida constante e a tensão de saída para o motor é determinada pela duração de tempo que os tiristores estão em condução em relação ao intervalo que estão no estado de não condução.

O terceiro tipo de inversor é o *inversor fonte de corrente*. Possui alta indutância na barra CC, de maneira a manter a corrente constante para a ponte inversora. Como nos demais, a corrente é chaveada de uma fase para outra do motor, sendo que neste caso, o motor recebe uma onda quadrada de corrente em cada fase.

Cada um dos três tipos de inversores descritos possuem vantagens e desvantagens. Todos são utilizados para acionamento CA de velocidade variável, sendo necessário uma avaliação de cada um para a determinação do melhor à aplicação desejada.

O inversor do tipo PWM, que foi utilizado no projeto, consiste de uma ponte trifásica (retificador de entrada) não controlada, transformando tensão CA em CC. Uma ponte inversora para produzir frequência e tensão variáveis. A saída possui reatores para filtrar a corrente para o motor e reduzir a amplitude das harmônicas.

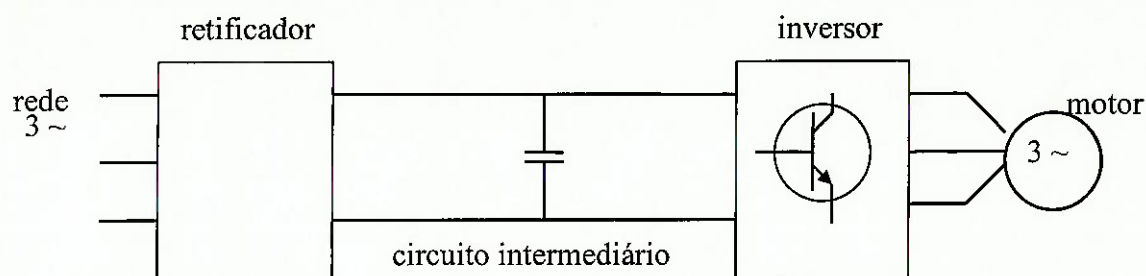


Fig.3 - Diagrama de blocos do conversor com tensão de circuito intermediário constante.

A variação da tensão é dada através da modulação da largura dos pulsos da tensão do circuito intermediário.

O PWM é uma versão especial dos inversores fonte de tensão e pode empregar várias técnicas de modulação para produzir e controlar tensão e frequência variáveis.

b. Acoplamentos

De modo geral, acoplamentos podem ser rígidos ou flexíveis. Este último é, atualmente, de grande utilização pois, além de transmitir potência, é capaz de acomodar desalinhamentos e compensar esforços. Acoplamentos rígidos são utilizados quando desalinhamento não existe ou é muito pequeno.

O desalinhamento pode ser paralelo ou angular ou misto. O acoplamento deve compensar o desalinhamento sem introduzir cargas extras ao equipamento.

Entre os acoplamentos flexíveis pode-se destacar os chamados acoplamentos flexíveis mecanicamente, acoplamentos elásticos e acoplamentos com membranas metálicas.

Os acoplamentos flexíveis mecanicamente atendem as três características principais: transmitir potência, acomodar desalinhamentos e compensar esforços na transmissão. São conhecidos como acoplamentos flexíveis mecanicamente os acoplamentos por corrente, de

engrenagens e acoplamentos do tipo junta universal. Estes acoplamentos necessitam de lubrificação periódica. O mais comum tipo de falha neste grupo é por desgaste.

Os acoplamentos elásticos, além das vantagens de um acoplamento flexível, também absorvem choques. Entre as flanges do acoplamento existe material elástico (borracha, silicone). Acoplamentos elásticos são disponíveis em diferentes graus de dureza para ser usados em diferentes carregamentos e diferentes características torsionais do sistema. A rigidez a torção, capacidade de torque e de absorver os choques pode ser alterada aumentando ou diminuindo o número de dentes.

O desenvolvimento de acoplamentos de membranas metálicas surgiu no sentido de eliminar problemas associados a lubrificação. O acoplamento conta com uma camada de material metálico flexível para absorver os desalinhamentos e o movimento axial. Há dois tipos básicos de acoplamentos neste grupo. Um deles é o *acoplamento de discos*, que geralmente consiste em várias membranas flexíveis metálicas atadas às flanges opostas do dispositivo. O outro é o *de diafragma*, que consiste em membranas metálicas atadas ao diâmetro externo da flange.

Os componentes que transmitem torque nos acoplamentos de discos flexíveis são, em geral, feitos de aços de baixo e médio carbono e os discos flexíveis são de aços AISI 1050 à AISI 1080. No caso destes acoplamentos para altas rotações, os elementos de transmissão de torque são de aços ligados e os discos são de aço resistentes a corrosão. Este tipo de acoplamento é de muita utilização na indústria, em aplicações de média potência.

O acoplamento de membranas é projetado para vida infinita.

Sistema de Aquisição de dados

Um sistema de aquisição de dados depende de cada um dos elementos:

- Personal Computer
- Transdutores
- Condicionador de Sinal
- Placa de Aquisição de dados
- Software (para acessar a placa)

1. Transdutores

Os transdutores recebem um fenômeno físico e fornecem um sinal elétrico, o qual o sistema de aquisição de dados (DAQ sistem) pode medir. Por exemplo, termopares, termistores, RTDs convertem temperatura para um sinal analógico que , a partir de uma pré-calibragem, pode ser entendido pelo sistema. Outros exemplos incluem strain gauges, transdutores de fluxo e transdutores de pressão que medem força, taxa de fluxo e pressão respectivamente. Em cada caso, os sinais elétricos produzidos são proporcionais aos parâmetros físicos a que eles estão relacionados.

Alguns transdutores requerem voltagem ou corrente de excitação para fornecer um sinal de saída.

2. Condicionador de Sinal

Os sinais elétricos gerados pelos transdutores devem ser convertidos de forma que a placa de aquisição de dados possa aceitar. Os acessórios do condicionador podem amplificar sinais em baixo nível e então isolá-los e filtrá-los para uma medida mais precisa.

Amplicação - O tipo mais comum de acionamento é a amplificação. Sinais em baixo nível ("low level") de um termopar, por exemplo, devem ser amplificados para aumentar a resolução e reduzir o ruído.

Isolação - Outra aplicação comum para condicionamento de sinais é isolar os sinais do transdutor para o computador por razões de segurança. O sistema que é monitorado pode conter elementos de alta voltagem que causariam danos ao computador.

Uma razão adicional para a necessidade de isolação é ter a certeza de que a leitura no conector da placa de aquisição de dados não está afetada por diferenças no potencial "terra". Quando a entrada da placa e o sinal sendo adquiridos estão cada um com a referência "terra", problemas ocorrem se há uma diferença de potencial entre as duas "terras". Esta diferença pode levar ao que é conhecido como "ground loop", que pode gerar uma representação imprecisa do sinal adquirido, ou, se muito grande, pode causar dano ao sistema.

Filtragem- Filtrar é remover sinais não desejados ao sinal que está se tentando medir. Um filtro de ruído é usado em sinais como o de temperatura, para atenuar sinais em alta frequência que poderiam reduzir a precisão da medição. Por exemplo, muitos condicionadores tem filtros passa-baixas de 4 e 10 Hz para eliminar ruído antes do sinal ser lido pela placa.

Sinais de classe AC requerem filtros conhecidos como "antialiasing filters". Como um filtro de ruído, este é também um passa-baixas. Porém, tem alta taxa de decaimento e portanto remove praticamente todas as frequências do sinal que são maiores que a largura da banda da placa. As placas desenhadas especificamente para sinais "AC-class", como placa de aquisição de sinais dinâmicos, tem este filtro embutido. Grande parte das placas de aquisição de dados condicionam os sinais, sendo que estes dois equipamentos - condicionador de sinais e placa de aquisição de dados - são um só aparelho.

Excitação- Condicionadores de sinais também geram excitação para alguns transdutores. Strain gauges, termistores e RTDs, por exemplo, necessitam de alimentação externa de voltagem ou corrente. Medições em RTDs são geralmente feitas com uma fonte

de corrente, que converte a variação na resistência em uma variação de voltagem, que é então aquisitada.

Linearização- Outra função comum em condicionamento de sinais é a linearização. Muitos transdutores tem resposta não linear. Os softwares LabView e LabWindows incluem rotinas de linearização para termopares, strain gauges e RTDs.

3. Placa de aquisição de dados

Considerações básicas sobre entradas analógicas - As especificações básicas disponíveis informam o número de canais, sampling rate (taxa de amostragem), resolução e input range. O número de canais de entrada será especificado para "single-ended" e entrada diferencial em placas que tem os dois tipos de entrada. Entradas "single-ended" são todas com referencial a um terra comum. Essas entradas são tipicamente utilizadas quando os sinais de entrada são "high-level" (mais que um volt), a distância entre a fonte de sinais e a placa é menor que 3 metros e todos os sinais requerem um terra comum.

Sampling Rate - Quanto maior a taxa, mais pontos são lidos em um dado tempo e portanto, melhor a representação do sinal original.

Multiplexing - Uma técnica comum para a medida de muitos sinais com um só condicionador de sinais é multiplexar. O condicionador amostra 1 canal, muda para o próximo, amostra e muda para o próximo, e assim sucessivamente. Como muitos canais estão sendo amostrados, a taxa de amostragem é inversamente proporcional ao número de canais. Por exemplo: sampling rate = 500 kS/s por 10 canais, taxa = 50kS/s por canal

Resolução - O número de bits que o condicionador usa para representar o sinal analógico é a resolução. Quanto maior a resolução, maior o número de divisões que é quebrada a escala e maior a definição (menor a variação de voltagem).

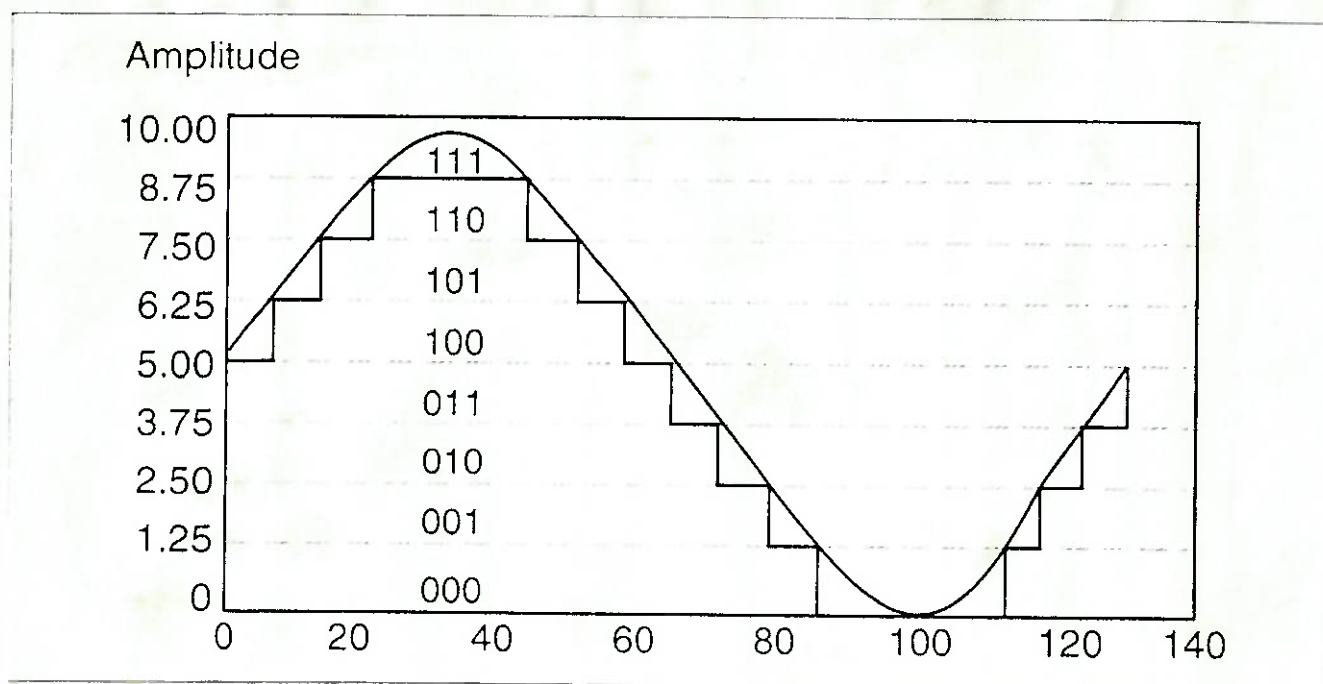


fig. 4 - Representação de um sinal senoidal por 3 bits

A figura 4 mostra uma senóide e a correspondente imagem digital 3-bit-ACD. Um conversor de 3-bit divide a escala em 8 divisões. Cada divisão representa um código binário entre 000 e 111. Claramente a representação do sinal original não é boa porque alguma informação foi perdida na conversão. Contudo, aumentando a resolução para 16 bit, o número de códigos do ADC aumenta de 8 para 65.536 e a representação do sinal é quase perfeita.

Range - Se refere ao mínimo e máximo de voltagem que o condicionador pode quantizar. A placa de aquisição geralmente oferece seleção de escalas. Com esta flexibilidade, pode-se ajustar o range do sinal ao do condicionador de modo a se tirar melhor vantagem de resolução. A escala, resolução e ganho disponíveis na placa determinam a menor mudança visível na voltagem.

4. Software

O software é o elemento responsável pela apresentação dos dados ao usuário, fazendo a integração com as fontes do computador.

Geralmente, é de utilização bastante simples, com apresentação visual que estimula o operador. O software possui uma série de placas a ele compatíveis e, a partir da escolha da placa, a configuração é automática. Cabe ao usuário a escolha da forma de apresentação dos dados (gráficos, tabelas, marcadores) para a análise desejada

IV. SOLUÇÃO PROPOSTA

1. Seleção do Motoredutor

a. Cálculo da relação de transmissão (i):

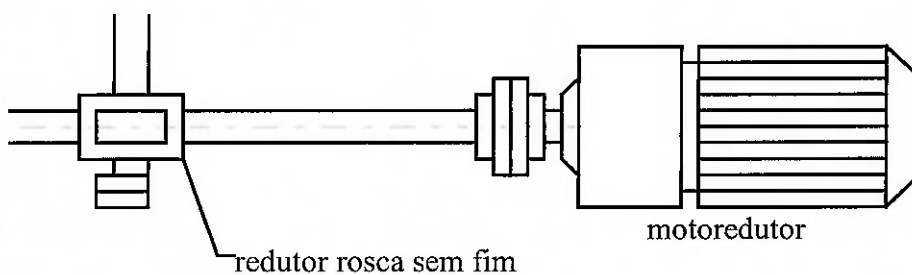


Fig. 5 - Representação do acionamento

range de rotação na bomba de título:

mínima rotação de trabalho - 25volta / 85,4 s → 17,56 rpm

máxima rotação de trabalho - 25volta / 35,7 s → 42 rpm

adotando como rotação máxima 48 rpm

redução na rosca sem fim - 8,67

então, a máxima rotação no eixo árvore é:

$$48 \times 8,67 = 416,16 \text{ rpm}$$

adotando como rotação mínima 16 rpm

redução na rosca sem fim - 8,67

$$\text{então, a rotação no eixo árvore} = 16 \times 8,67 = 138,72 \text{ rpm}$$

Para um motor de 4 pólos e frequência de 60Hz, $n = \frac{60 \times f}{p}$. Então $n = 1800$

rpm.

$$\text{Daí, } i = \frac{1800}{416,16}, \quad \mathbf{i = 4,32} \text{ (relação de transmissão no motorreductor)}$$

b. Cálculo dos torques

A especificação do torque necessário para mover o eixo da máquina partiu de dados do sistema substituído.

Dado do sistema (máquina) :

- potência útil no motor (acionamento antigo)

$$N_{\text{util}} = 2,68 \text{ KW}$$

- fio mais pesado 230 / 35, equivale a 25voltas/42 seg. → 35,71 rpm

- fio mais leve 22 / 1 , equivale a 25voltas /67 seg. → 22,3 rpm

- rotação do motor (acionamento antigo) - 1170 rpm

cálculo da relação de transmissão no conjunto de acionamento antigo:

para o fio mais pesado, rotação da bomba = 35,71 rpm

rotação do motor = 1170 rpm

redução na rosca sem fim = 8,67

rotação no eixo = $35,71 \times 8,67$, n = 309,49 rpm

$$\text{portanto, } i = \frac{1170}{309,5} \quad i = 3,78 \text{ (redução no PIV mais caixa de}$$

inversão para o fio mais pesado)

para o fio mais leve, rotação da bomba = 22,3 rpm

rotação do motor = 1170 rpm

redução na rosca sem fim = 8,67

rotação no eixo = $22,3 \times 8,67$, n = 193,3 rpm

$$\text{portanto, } i = \frac{1170}{193,3} \quad i = 6,05 \text{ (redução no PIV mais caixa de}$$

inversão para o fio mais leve)

cálculo do torque no eixo da máquina:

$$\text{para o fio mais pesado, } T_{\text{motor}} = \frac{9549 \times 2,68}{1170} = 21,88 \text{ Nm , onde } N=2,68 \text{ KW}$$

(potência útil no motor)

$$\text{para o fio mais leve, } T_{\text{motor}} = \frac{9549 \times 1,335}{1170} = 10,89 \text{ Nm, onde } N=1,335 \text{ KW (potência}$$

útil no motor)

Então, o torque no eixo da máquina necessário nos dois casos são:

$$T = 21,88 \times 3,78 = 82,7 \text{ Nm (para o fio mais pesado)}$$

$$T = 10,89 \times 6,05 = 65,90 \text{ Nm (para o fio mais leve)}$$

Para o torque máximo requerido no eixo da máquina (fio mais pesado), determinamos o torque que o motor deve disponibilizar no eixo: $T = 82,7 \text{ Nm}$

$$82,7 = \frac{9549 \times N}{1750}, \text{ onde } N \text{ é a potência do motor}$$

sendo a relação de transmissão no motorreductor $i = 4,32$, tem-se que:

$$N = 3,49 \text{ KW (potência útil do motor)}$$

Portanto, admitindo-se um motor de 4 KW e relação de transmissão

$$i = 4,34$$

o torque fornecido por este motor é dado por:

$$T = \frac{9549 \times 4}{1750}, T = 21,83 \text{ Nm}$$

Então, o torque disponível no eixo é:

$$T = 21,83 \times 4,34, T = 94,8 \text{ Nm (torque disponível no eixo)}$$

Para a bomba em rotação para a produção do fio mais leve (839 rpm), o torque necessário é de 65,90 Nm. Segundo o gráfico do fabricante, pode-se trabalhar, nesta rotação, a 72% do torque nominal do motor:

$$94,8 \text{ Nm} \times 0,72 = 68,26 \text{ Nm (torque disponível no eixo para a menor rotação requisitada pelo sistema)}$$

Conclusão:

	FIO	Torque necessário	Torque disponível
MÁXIMO	230/35	82,70 Nm	94,80 Nm
MÍNIMO	22/1	65,90 Nm	68,26 Nm

O catálogo da SEW disponibiliza o motoredutor de 4 KW para a frequência de 60 Hz, com redução de 4,34. O código do motor é R60DZ112M4. Como característica construtiva tem-se o motoredutor com pés e sem freio.

Portanto, temos o dimensionamento do motoredutor atendendo aos valores de torque exigidos pela máquina. Deve-se salientar que todo cálculo foi feito para a condição de acionamento de doze (12) bombas de título, sendo que o conjunto deve acionar, na condição extrema, dez bombas de título. Portanto, o motoredutor está dimensionado com segurança de 20%.

2. Escolha do acoplamento

Após o estudo realizado, comparando os diversos tipos de acoplamentos, chegou-se a conclusão de que o acoplamento a ser utilizado é o acoplamento flexível, de membranas metálicas flexíveis (discos flexíveis).

Os acoplamentos flexíveis permitem uma montagem muito mais rápida se comparado aos acoplamentos rígidos, que eram utilizados nesta máquina e necessitavam de alinhamentos com laser. Por esta razão, foram escolhidos os acoplamentos flexíveis que admitem um certo desalinhamento e portanto poupam tempo na montagem e desmontagem para eventuais manutenções.

Este tipo de acoplamento escolhido se enquadra bem com a especificação de torque que é transmitido pelo motor, ou seja, faixas médias de torque. Além disso, não necessita de lubrificação, o que não ocorre com outros acoplamentos flexíveis.

Regra para determinação do acoplamento (Flexibox TDE)

$$\text{Valor} = \frac{\text{KW} \times 1000}{rpm}$$

Dados:

motor - 4KW, 1800rpm

redução - 1: 4,34, $\eta = 98\%$

$$\text{Valor} = \frac{(4 \times 0,98) \times 1000}{(1800 / 4,34)}$$

portanto: Valor = 9,45

Comparando à tabela de valor do fornecedor, devemos usar o TDE 20.

Verificando os diâmetros dos eixos:

Redutor = 30mm + h chaveta = 33mm

Máquina = 37mm + h chaveta = 42mm

O diâmetro máximo para o TDE 20 é 48mm → Está dimensionado.

Obs: segue em anexo cópia do catálogo da Fleibox

3. Escolha do inversor

Uma observação deve ser feita sobre acionamentos de motores elétricos a partir de inversores de frequência: a partida deve ser sempre considerada na análise da aplicação de inversores.

Essa consideração é em muitos casos negligenciada devido ao desconhecimento das limitações dos inversores. Os usuários de motores CA não estão acostumados a levar em consideração o torque exigido pela carga na partida uma vez que os motores alimentados pela rede possuem um torque de partida até 200% do torque nominal, o que é adequado para a maioria das cargas. Este torque de partida é acompanhado por um pico de corrente de aproximadamente seis vezes a corrente nominal. Se considerarmos a rede como uma "fonte infinita", este pico de corrente poderá ser fornecido ao motor, não havendo necessidade de maiores considerações sobre a partida.

Entretanto, com um inversor alimentando um motor a situação é bem diferente. Os valores nominais dos tiristores ou transistores de potência, limitam a corrente disponível para a partida e a aceleração da carga. Esta limitação está geralmente entre 100% e 150% da corrente nominal do motor, se a potência do motor e do inversor forem iguais. Isto está bem abaixo dos 600% com o qual o usuário está acostumado. Portanto, se a carga exigir alto torque para a partida, o inversor deverá ser dimensionado para fornecer o torque exigido, não havendo em muitos casos, necessidade de redimensionar o motor, para que se tenha uma aplicação bem sucedida em frequência variável.

Transportadores são um exemplo típico do tipo de carga que requer atenção especial quanto as características de partida. No equipamento aqui estudado, a partida não é um fator que determinará a potência do inversor e do motor.

Para o dimensionamento do inversor devem estar disponíveis a potência e a corrente do motor a ser acionado.

Dados:

corrente elétrica do motor selecionado-	8,6 A (380V)
	14,8 A (220V)
potência do motor-	4 KW

O inversor selecionado é confeccionado pela ABB-Asea Brown Boveri. Pelas características do motor, tem-se disponível inversores de **6 KVA** (4,8 KW) e que suportam a 380 V, corrente de **10 A**.

O tipo do inversor é dado pela série ACS 501006.

V. Conclusão

A tarefa de desenvolver um projeto de engenharia foi cumprida, sendo que está aqui documentado um novo conjunto de acionamento, utilizando elementos diferentes do conjunto anterior.

O objetivo foi atingido, uma vez que, o projeto foi completado e este pode ser implementado.

Foi exigido para a realização do presente trabalho, de certa forma, muitos dos conceitos introduzidos durante o curso de Engenharia Mecânica, tais como os referentes as disciplinas de Elementos de Máquina, Eletricidade geral, Termodinâmica e Transferência de Calor, Metodologia de Projeto, Resistência dos Materiais, entre outras.

Além de tudo, a realização do projeto exigiu novos aprendizados e contatos com professores e outras pessoas competentes. O trabalho traz o conceito de inversores de frequência bem como descreve um sistema de aquisição de dados, que de certa forma são conhecimentos extra curriculares.

A realização do trabalho promoveu a experiência de projetar e de ser engenheiro no sentido mais fiel da palavra.

VI. Bibliografia

1. "Tecnologia de Acionamentos - Seleção de Acionamentos e Métodos de Cálculos", *S.E.W do Brasil*, Volume 1, 1993.
2. "Couplings and Joints", *Mancuso, Son R.*, Mencil Dekker Editora, Inc 1986.
3. "Coupling and Bearings", *Broersma, I. R. G.*, Technical Publication, H Stam N.V., 1968.
4. "Aplicação de Inversores Estáticos de Frequência Variável a Motores de Indução", *Connors, Dennis P., Jarc, Dennis A., and Daligherty, Roger H.*, Reilance Elettric Company, Cleveland 1984.
5. "Instrumation - Reference and Catalogue", *National Instrument*, National Instrument Corporation, 1995.
6. "Eletromagnetismo", *Hayt, William H. Jr.*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 3ª edição, São Paulo 1987.
7. "Moto Redutores", - Catálogo SEW do Brasil, 1993.
8. "Elementos de Máquinas", *Schigley, A.*, Mc Graw-Hill, São Paulo 1982.
9. "Resistência dos Materiais", *Nash, William A.*, Schaum McGraw-Hill, 2ª edição atualizada, São Paulo 1982.
10. "Fundamentos da Termodinâmica Clássica", *Van Wylen, Gordon J.*, Editora Edgar Blücher LTDA, 3ª edição 1993.

11. "Acoplamentos Flexíveis", - Catálogo TDE, Série T, São Paulo 1995.

12. "Corrente Elétrica", *Wilner, Eduardo*, Livraria Nobel, 1ª edição, São Paulo, 1975.

ANEXOS

ESTUDO DE VIABILIDADE

ESTUDO DE VIABILIDADE

1.Introdução ao Estudo de Viabilidade

O projeto consiste na modificação do sistema de acionamento das bombas de título para a fabricação de fio nylon e em se criar um sistema de monitoração de dados de pressão e temperatura para fins de manutenção da máquina.

Antes de detalhar o acionamento da máquina, cabe explicar a etapa do processo de produção do fio em uma indústria têxtil à qual o projeto está ligado.

No início do processamento do fio na indústria têxtil, o polímero, ainda no estado sólido, é lançado a uma espécie de forno, que chamamos "cabeça de fusão". A partir daí, o polímero já fundido é lançado às bombas de título e em seguida aos PACK's , que são uma espécie de filtro e fieira, onde o fio bruto é efetivamente produzido.

Esta é a etapa inicial da fabricação do fio. As bombas de título ditam a qualidade do processo, ou seja, o tipo de fio que será produzido.

O título é um parâmetro que expressa a massa por 10.000 metros de fio. Portanto, dizer que um fio tem título 165 significa dizer que, em 10.000 metros deste fio, teremos 165g de massa. Este padrão para a produção do fio está diretamente ligado com a rotação das bombas de título, ou seja, com sua vazão. Para variar a rotação das bombas de título, deve-se mexer no acionamento da máquina.

As fieiras ou PACK's necessitam de manutenção regular, pois resíduos de polímero provocam obstrução à passagem do fluido e uma maior perda de carga, conseqüentemente, neste ponto do sistema.

A máquina, como um todo, contém dez cabeças de fusão e portanto dez bombas de título em cada um dos eixos, uma vez que cada cabeça de fusão alimenta duas bombas de título. Em cada extremidade da máquina existe um conjunto de acionamento. Pode-se, portanto, produzir dois tipos de fio, simultaneamente, na mesma máquina.

O conjunto atual de acionamento da máquina é composto por um motor elétrico de corrente alternada, um redutor mecânico de polias e uma caixa de inversão de correntes que transmite a rotação para os dois eixos da máquina.

O motor elétrico transmite a rotação para a caixa de redução (PIV), e é aí que é controlada rotação fornecida aos eixos de acionamento das bombas de título. O eixo de saída do redutor mecânico é o eixo de entrada da caixa de inversão. Esta caixa tem duas saídas, com eixos girando à mesma rotação e transmitindo o mesmo torque.

2. Estabelecimento da necessidade

Tendo em vista a preocupação crescente com os aspectos de higiene e segurança na indústria e, também, um aspecto fundamental na economia de hoje e na sobrevivência de nossas indústrias que é a otimização de custos, houve a necessidade de um estudo em cima do acionamento das bombas de título na produção inicial do fio na indústria têxtil.

O projeto do conjunto de acionamento existente é da década de 50, sendo portanto um projeto, no mínimo ultrapassado. O projeto prevê várias paradas: para manutenção devido a necessidade de lubrificação dos componentes; para troca de alguns componentes de transmissão e acoplamento; para o alinhamento preciso dos eixos a cada remontagem. O projeto não prevê nenhuma espécie de controle sobre o fio produzido, ou seja, o fio é produzido incessantemente pela máquina durante um período de tempo baseado apenas em dados estatísticos de operações anteriores, o que gera problemas sobre a qualidade do fio como a alteração do título desejado.

Além disso, existe vazamento de graxa em quantidades nocivas ao ambiente.

Portanto, analisando o projeto e funcionamento da máquina, conclui-se que é um projeto que gera muitos gastos que devem ser minimizados, ao mesmo tempo que se obtenha um projeto mais simples e eficiente, otimizando o processo, do ponto de vista de se ter um melhor controle sobre o fio produzido.

A segunda etapa do projeto consiste em estabelecer um sistema de controle para fins de manutenção do equipamento.

O sistema basicamente é composto de equipamentos para aquisição de dados e de um software para comparação dos dados com padrões pré fixados estatisticamente.

O equipamento como um todo requer manutenção rigorosa, principalmente nas peças diretamente em contato com o polímero.

Os PACK's vão sendo obstruídos com a deposição de polímero fundido e impondo uma maior perda de carga à passagem do mesmo e uma maior pressão na saída da bomba. Com isso, torna-se necessário fornecer maior torque ao eixo de acionamento das bombas de título e, a médio prazo, a desmontagem dos PACK's para remoção de detritos.

O objetivo é tornar mais fácil e rápida a manutenção do sistema com a utilização de transdutores de pressão e temperatura, prevendo as possíveis trocas e prezando pela qualidade do fio.

3. Síntese de soluções

Existe disponível no mercado atualmente uma infinidade de equipamentos diversos para aquisição e interpretação de dados.

Entre as opções de placas de aquisições de dados se oferecem como mais interessantes as seguintes: PC LPM-16, AT MIO-16XE50 e NB MIO-16.

O PC LPM-16 é uma placa I/O multifunção, baixa voltagem, baixo custo, 8 bits output, para computadores da ISA, que inclui os PC's.

Por utilizar muito pouca energia pode ser também operado em battery-powered PC's. Tem calibração automática, multicanais e 12 bit ADC. Pode ser usado em muitas aplicações para automação de máquinas e processos de monitoração e controle, instrumentação testes de funções eletrônicas. É ideal para sistemas portáteis para análise de dados em campo.

O AT MIO-16XE50 pertence a chamada série E (enhanced multifunction board). É de alta resolução (16 bits) e tem menor custo na série E. É capaz de amplificar o sinal a taxa de 20kS/s. Two 12-bit analog outputs; two 24-bit , 20MHz..

Os membros da série E podem ser usados para automação de máquinas, controle e monitoração de processos, instrumentação e testes de funções eletrônicas.

Também é uma placa compatível com computadores ISA (PC's).

O NB MIO-16 é uma placa de alta performance, multifunção analógico- digital, fast 12-bit ADC, taxa de amplificação 100kS/s, 8 canais diferenciais, 2 multiplying, 12-bit DAC's e

outras especificações que caracterizam este como sendo a mais complexa placa dentre as segregadas para o projeto.

Também é de aplicação em controle e monitoração de processos, porém é compatível apenas aos Macintosh. Além disso, é o que apresenta maior preço.

Dentre os Softwares selecionados para a leitura, análise e manipulação de dados, estão o Lab View versão 4.0 e o Lab Windows versão 3.1, ambos para rodar em ambiente Windows 95.

São softwares de grande aplicação neste campo, ambos programados em linguagem C.

Tendo em vista a não complexidade do projeto e a intensão de se ter o menor custo, a placa escolhida foi a PC LPM-16 por ser uma placa pouco mais simples e mais barata, uma vez que será de utilização para dados de pressão e temperatura apenas.

O software a ser utilizado será o Lab Windows devido a maior facilidade de se operar, com funções iconizadas e rodando em ambiente Windows.

4. Viabilidade do Projeto

Em termos de custo, podemos caracterizar o sistema atual da seguinte forma:

➡troca a cada três meses

troca da transmissão de corrente (transmissão do motor para o redutor mecânico)	3hs - 2homens	$6\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 150,00 \text{ R\$}$
--	---------------	---

troca dos acoplamentos

1 1/2 hs - 2homens	$3\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 75,00 \text{ R\$}$
--------------------	--

➡troca a cada 18 meses

troca da caixa de inversão

8hs - 2homens	$16\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 400,00 \text{ R\$}$
---------------	--

➡troca a cada 6 meses

troca do PIV

5hs - 2homens	$10\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 250,00 \text{ R\$}$
---------------	--

➡revisão

caixa inversora

10hs - 2homens	$20\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 500,00 \text{ R\$}$
----------------	--

PIV

5hs - 2homens	$10\text{hs}/\text{H} \times 25,00 \text{ R\$} = 250,00 \text{ R\$}$
---------------	--

➡ cada parada significa parada de duas posições

750,00 R\$/posição

cada posição = 1500,00 R\$

➡ lucro sessante = 1000,00 R\$/h

então , conclui-se que o custo por 1ano e meio é :

troca da transmissão

$6 \times 150,00 \text{ R\$} = 900,00 \text{ R\$}$

troca do acoplamento

$6 \times 75,00 \text{ R\$} = 450,00 \text{ R\$}$

troca da caixa de inversão

$1 \times 400,00 \text{ R\$} = 400,00 \text{ R\$}$

perda por parada

$13 \times 1500,00 \text{ R\$} = 19500,00 \text{ R\$}$

lucro sessante

$6 \times (3 + 11/2 \text{ hs}) + 8 \text{ h} \times 100 \text{ R\$/hs} = 3500 \text{ R\$}$

revisões

$3 \times 250,00 + 1 \times 500,00 = 1250,00 \text{ R\$}$

total = 26000,00 R\$

Custo da nova instalação

Equipamento (motoredutor)

$= 4 \times 1700,00 \text{ R\$} = 6800,00 \text{ R\$}$

Base+usinagem acoplamento

$= 3000,00 \text{ R\$}$

Inversor eletrostático

$= 4 \times 2000,00 \text{ R\$} = 8000,00 \text{ R\$}$

Painel para o inversor = 6000,00 R\$

Montagem = 2300,00 R\$

Custo total = 26800,00 R\$

Portanto, é um investimento que se paga em um ano e meio, com as vantagens de se ter um sistema mais compacto, de maior precisão com relação ao controle do produto final (variação de 0,5% contra 3-4% do anterior), pois a variação de rotações é mais facilmente executada a fim de manter constante a vazão do polímero pela bomba de título. Além disso, é um sistema de mais fácil alinhamento por ser um sistema menor e da mesma forma, não requer tão intensa manutenção.

Com relação ao sistema de aquisição de dados, o custo é muito menor que o do restante da instalação, sendo viável financeiramente e economicamente, pois o benefício que irá gerar a curto e médio prazo é significativo do ponto de vista da qualidade do fio produzido (diminuição do refugo) e controle de equipamentos, prezando pela integridade dos mesmos.

5. Conclusão

O projeto visa o melhoramento de um equipamento na fábrica e consequente melhora do produto final. Mas, além disso , visa melhorar condições de trabalho para operários que trabalham oito horas por dia ao lado de máquinas barulhentas, em um ambiente sujo e que oferece possibilidade de acidentes.

O projeto é simples mas traz à tona tópicos importantes abordados no curso de Engenharia Mecânica, como Elementos de Máquina, conceitos de Vibrações de sistemas mecânicos, Instrumentação e até mesmo Mecânica dos Fluidos.

O projeto será lapidado no segundo semestre, mas a expectativa é de que se torne um projeto em condições de ser implantado na empresa.

CATÁLOGOS E APONTAMENTOS

Motoredutores de engrenagens
elícoais. Sem ou com freio

Helical Geared Motors
With or without brake

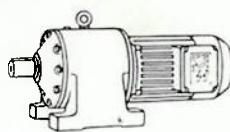
Stirnradgetriebemotoren
Ohne oder mit Bremse

Continuação
Continuation
Fortsetzung

4 kW

Potência na saída
Rated Output
Abtriebsleistung

60 Hz



Rotações na saída Output speeds Antriebsdrehzahlen rpm	Redução i_{total} Ratio i_{total} Übersetzung i_{ges}	Forças radiais admiss. Permiss. overh. load Querkräfte N	Fator de serviço f_s Service factor f_s Betriebsfaktor f_s	Tipo Size Typ	aprox. kg wt. kg ca. kg	Página Page Seite	Código de preço Price ref. Preis Nr.
23	76.21	19600	0.95	R 90 DZ112M4	132	66	B 0401
26	67.05	19900	1.10	RF 90 DZ112M4	129	71	B 0402
29	59.59	20200	1.20				
33	51.67	20400	1.40				
38	45.85	19800	1.60				
45	38.65	19000	1.90				
54	31.57	18000	2.25				
47	36.49	18700	2.00	R 90 DZ112M4	127		B 0403
58	29.66	17700	2.40	RF 90 DZ112M4	124		B 0404
34	50.80	11600	0.90	R 86 DZ112M4	86		B 0405
38	45.41	11900	1.00	RF 86 DZ112M4	89		B 0406
43	40.01	12200	1.10				
50	34.59	12500	1.30				
57	30.37	12600	1.50				
39	43.76	12000	0.80	R 80 DZ112M4	86		B 0407
45	38.42	12300	0.95	RF 80 DZ112M4	88		B 0408
55	31.28	12600	1.15	R 80 DZ112M4	84		B 0409
62	27.93	12400	1.30	RF 80 DZ112M4	87		B 0410
69	25.08	12000	1.45				
77	22.29	11700	1.60				
89	19.33	11300	1.85				
100	17.15	10900	2.10				
119	14.46	10400	2.50				
66	26.06	4360	0.85	R 76 DZ112M4	62		B 0411
				RF 76 DZ112M4	64		B 0412
82	20.91	5870	0.85	R 70 DZ112M4	60		B 0413
92	18.69	6340	0.95	RF 70 DZ112M4	62		B 0414
104	16.47	6610	1.10				
121	14.24	6390	1.25				
138	12.50	6200	1.45				
153	11.22	6040	1.30				
173	9.95	5860	1.25				
193	8.90	5700	2.00				
219	7.84	5520	2.30				
130	13.27	765	0.80	R 60 DZ112M4	49	65	B 0415
149	11.57	1470	0.95	RF 60 DZ112M4	50	70	B 0416
192	8.98	1620	1.00				
218	7.90	2040	1.15				
246	6.98	2140	1.20				
282	6.09	2100	1.20				
333	5.16	2050	1.35				
396	4.34	1990	1.50				
260	13.27	2180	1.65	R 60 DZ112M2	49		B 0417
298	11.57	2140	1.90	RF 60 DZ112M2	50		B 0418
384	8.98	2000	2.00				
437	7.90	1950	2.30				
494	6.98	1900	2.45				
567	6.09	1850	2.45				
669	5.16	1780	2.70				
795	4.34	1710	3.00				

Sem freio, sem carga de óleo

* Excluding brake, excluding oil filling

* Ohne Bremse, ohne Schmierstofffüllung



ACOPLAMENTOS FLEXÍVEIS

Os acoplamentos TDE são projetados de acordo com as normas DIN 740 que permite o máximo de intercambiabilidade e consequente mínimo estoque de peças sobressalentes. Eles oferecem tanto os colares de sobrecarga como um sistema de retenção espaçadora, os quais asseguram que, em caso de quebra da membrana, o espaçador não se desprenderá.

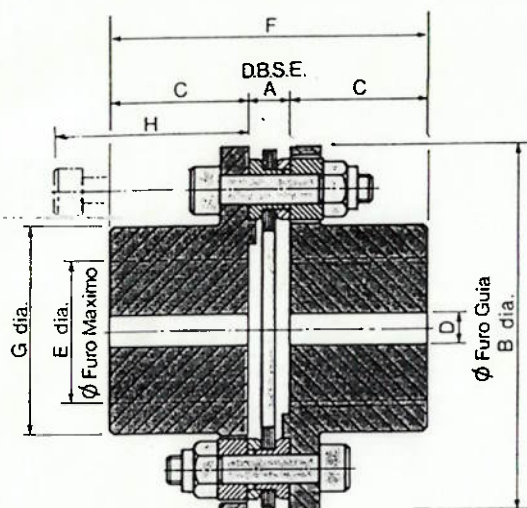
Acoplamentos TDE de membranas flexíveis, são projetados para acomodar desalinhamentos residuais entre eixos, que estão nominalmente "alinhados" dentro dos padrões normais de conexões. Tais desalinhamentos podem ser qualquer combinação dos três tipos fundamentais, isto é, angular, lateral e axial.

Os efeitos dos vários tipos de desalinhamentos são aditivos, mas os acoplamentos TDE são projetados para durar indefinidamente quando operados dentro dos desalinhamentos recomendados e do torque considerado. Desalinhamentos maiores podem ser acomodados com alguma redução da vida dos mesmos, mas a experiência mostra que a prática normal de ajuste produzirá usualmente alinhamentos dentro dos valores recomendados como máximos, e falhas por fadiga são extremamente raras.

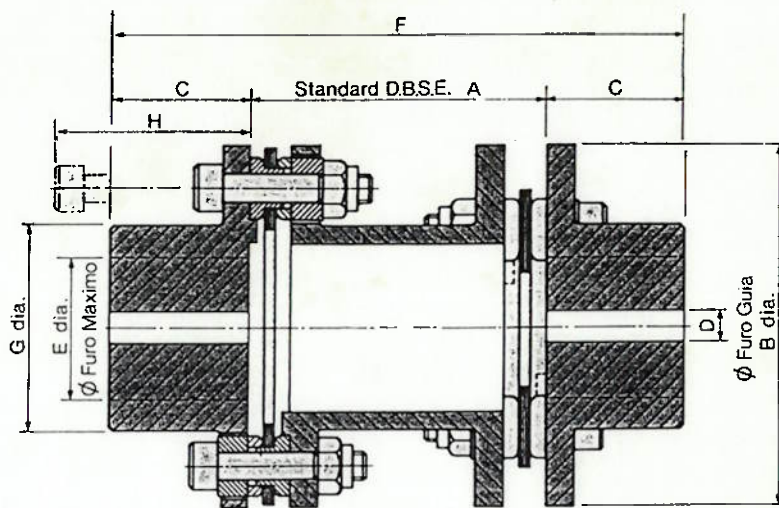
Acoplamentos TDE são fornecidos com membranas de aço inoxidável, parafusos e buchas de aço de alta resistência e todas as outras partes em aço carbono. As demais partes não fabricadas em aço inoxidável são submetidas a um durável tratamento anti-corrosivo em suas superfícies.

Todos os acoplamentos Metastream são estocados com cubos previamente furados, com furo guia. Usinagem fora do padrão normal ou instalações em eixos especiais poderão ser cotados quando requeridos. Quando os cubos são furados e chavetados pelo cliente, o diâmetro externo do flange deverá ser usado como referência.

Nova Designação	Antiga Designação	Estilo	Valor Kw/1000 rpm	Velocidade Máxima (RPM)	Desalinhamento Axial Máximo ±mm.
TDE 2	TDE 16	1	2	6000	0.8
		3			1.5
TDE 3	TDE 25	1	3	5500	0.9
		3			1.8
TDE 8	TDE 63	1	8	5000	1.4
		3			2.8
TDE 20	TDE 160	1	20	4500	1.8
		3			3.5
TDE 30	TDE 250	1	30	4000	2.2
		3			4.3
TDE 80	TDE 630	1	80	4000	2.7
		3			5.3
TDE 170	TDE 1600	1	170	3600	2.9
		3			5.8
TDE 260	TDE 2500	1	260	3600	3.7
		3			7.4



ESTILO 1



ESTILO 3

ACOPLAMENTOS METÁLICOS FLEXÍVEIS TDE DE ACORDO COM AS NORMAS DIN 740

- * MÁXIMA INTERCAMBIABILIDADE E MÍNIMO ESTOQUE REQUERIDO
- * ÓTIMA RELAÇÃO PESO/TORQUE
- * EXECUÇÃO DE SOBRECARGA STANDARD
- * RETENÇÃO ESPAÇADORA STANDARD
- * NÃO LUBRIFICÁVEL
- * RIGIDEZ TORSIONAL
- * ALTO VALOR DE BALANCEAMENTO INERENTE
- * ECONÔMICO

Distância normal entre eixos (mm) (DBSE)
Estilo 3

TDE 2	100	140		
TDE 3	100	140		
TDE 8	100	140		
TDE 20	100	140		
TDE 30	100	140	180	
TDE 80	100	140	180	250
TDE 170	100	140	180	250
TDE 260	100	140	180	250

Máximo Desalinhamento Lateral				Dimensões mm									
100 mm	140 mm	180 mm	250 mm	A	B	C	D	E	F	G	H		
-	-	-	-	8-25	64	24	5	24	56-25	35	37		TDE 2
0-75	1-0	-	-	100					148				
-	-	-	-	9	74	28	6	28	65	41	40		TDE 3
0-75	1-0	-	-	100					156				
-	-	-	-	11-5	97	36	8	38	83-5	56	61		TDE 8
0-75	1-0	-	-	100					172				
-	-	-	-	15-5	117	46	10	48	107-5	68	75		TDE 20
0-75	1-0	-	-	100					192				
-	-	-	-	16-5	144	53	10	55	122-5	87	81		TDE 30
0-75	1-0	1-5	-	100					206				
-	-	-	-	18-5	175	73	12	75	164-5	113	96		TDE 80
0-75	1-0	1-5	2-0	100					246				
-	-	-	-	19-5	204	88	14	82	195-5	118	121		TDE 170
0-75	1-0	1-5	2-0	100					276				
-	-	-	-	20-5	228	93	14	95	206-5	142	121		TDE 260
0-75	1-0	1-5	2-0	100					286				

o de desalinhamento angular máximo permitido é 1/2.º por camada.

Seleção

I - Determinar o valor requerido do acoplamento de:

$$\text{Valor do acoplamento} = \frac{\text{Kw} \times 1000}{\text{R P M}} \times \text{fator de serviço}$$

II - Tendo determinado o valor do acoplamento, verificar o tamanho na tabela de dados técnicos.

III - Se o diâmetro do eixo exceder o furo máximo permitido pelo cubo, o tamanho seguinte deverá ser selecionado.

IV - Especifique a distância entre as extremidades dos eixos DBSE

FATORES DE SERVIÇO

Trabalho	Acionadores Primários		
	Motor Elétrico, Turbina a Vapour ou Gás.	Motor a Vapour ou Turbina à Água.	Motores de combustão interna.
Torque Constante bombas centrífugas, esteiras leves, alternadores, ventiladores leves.	1.0*	1.5	3.0
Pequena Flutuação de Torque máquinas operatrizes, compressores de engrenagem, bombas de engrenagem, compressores de anel líquido, secadores rotativos.	1.5	2.0	3.0
Flutuações Substanciais de Torque bombas recíprocas, misturadores de baixa viscosidade, guindastes, guinchos.	2.0	2.5	4.0
Flutuações Excepcionalmente Altas de Torque prensas rotativas, compressores recíprocos, misturadores de alta viscosidade, hélices marítimas.	3.0	3.5	5.0

* Quando existir um redutor de engrenagem entre o acionador e a máquina acionada, deve-se usar um fator de serviço de 1,25.

* Quando os motores são ligados em "partida direta" use o fator de serviço 1,5.

FLEXIBOX do BRASIL

INDUSTRIA E COMERCIO LTDA.

integrante da organização **FLEXIBOX INTERNACIONAL**

Rua Fernandes Moreira 1470/1474

São Paulo SP Caixa Postal No. 3

Tel 246.09.19 - 247.89.35 247-8322

Telex (11) 24082

Associados e Agentes em todo o mundo.

Produtos Flexibox são patenteados
nos principais países.

FLEXIBOX PTY LTDA

FLEXIBOX LTDA

FLEXIBOX S.A.

FLEXIBOX G.M.B.H.

FLEXIBOX LTDA

FLEXIBOX S.A.

FLEXIBOX B.V.

FLEXIBOX S.A.

FLEXIBOX PTY LTDA

FLEXIBOX A.B.

FLEXIBOX U.S. INC

FLEXIBOX SPA

Melbourne

Montreal

Rouen

Frankfurt

Manchester

Mexico

Haia

Madrid

Johannesburgo

Estocolmo

Houston

Milão

AUSTRALIA

CANADA

FRANÇA

ALEMANHA

INGLATERRA

MEXICO

HOLANDA

ESPAÑA

AFRICA DO SUL

SUECIA

U.S.A.

ITALIA