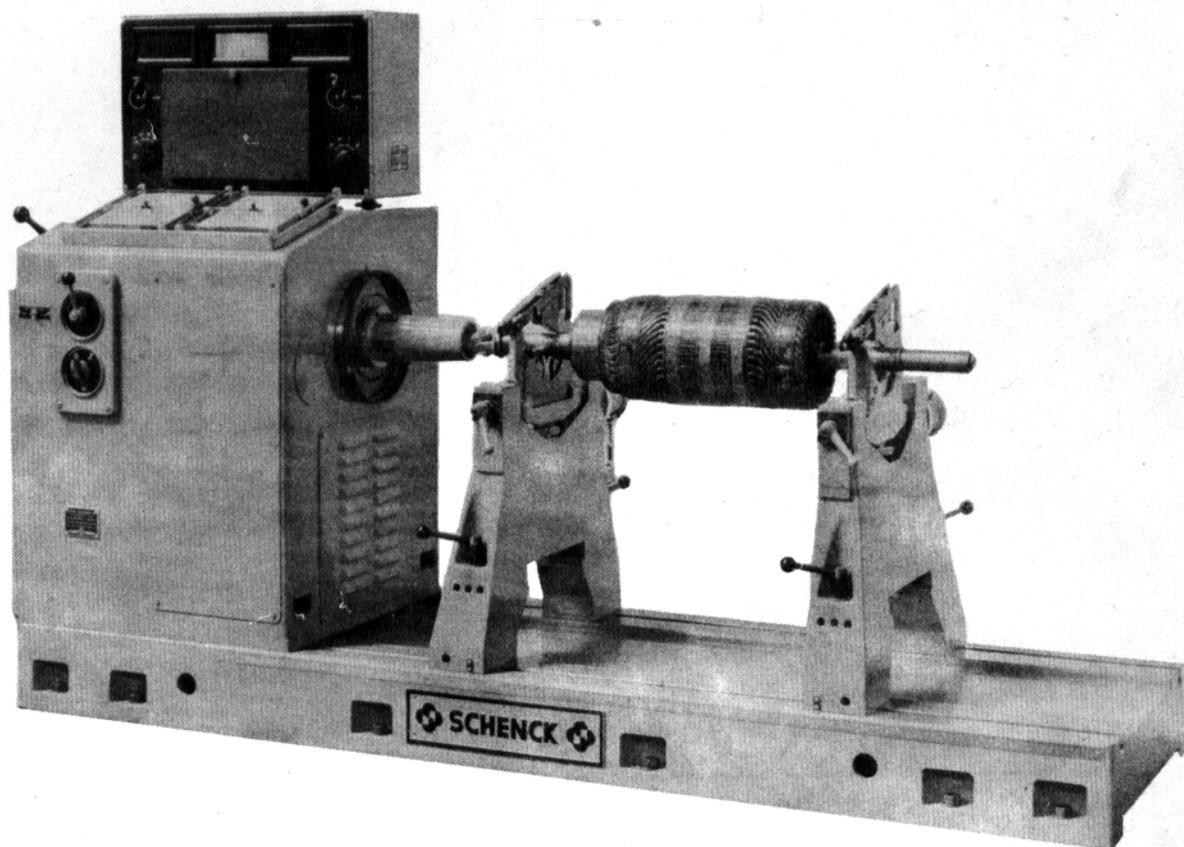


EQUILIBRAÇÃO E MAQUINAS DE EQUILIBRAR



Equilibradora wattmétrica R 30 U
para corpos com peso até 400 kg.

COMÉRCIO E INDÚSTRIA NEVA S. A.

SÃO PAULO: Avenida Paulista, 2073 - 7.º andar - Conjunto Nacional - Telefone: 287-3122

RIO DE JANEIRO: Avenida Rio Branco, 39 - 17.º andar - Telefone: 43-0031 - 23-1449

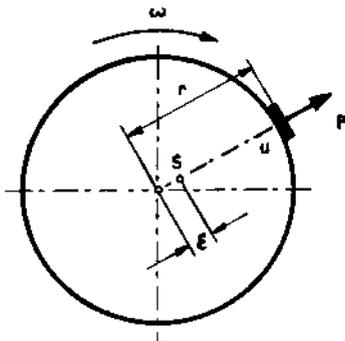
EQUILIBRAÇÃO E MÁQUINAS DE EQUILIBRAR

Introdução

Define-se equilibrar como melhorar a distribuição de massa de um corpo rodante de tal maneira que as forças centrífugas, criadas em torno do eixo de rotação deste corpo, não ultrapassem as tolerâncias admissíveis.

Equilibrção em um plano

Seja o disco abaixo que gira em torno do eixo de rotação AA', a 3000 rpm.



O disco tem raio de 500 mm., pesa 1000 kp.

Suponhamos que a distribuição da massa do disco - seja tão uniforme que cada elemento de massa "m" do disco tenha um "par" do lado oposto de tal maneira que a 3000 rpm., as forças centrífugas se compensem (ver desenho). Coloca-se agora uma massa M = 200 gramas na periferia do disco. Imediatamente é criada uma força centrífuga de $F = 200 \times 500 \times \frac{(2.314 \ 3000)^2}{10^7 \times 60^2} = 1000 \text{ Kp. (a 3000 rpm)}$.

Essa força de 1000 kp provocada pela massa M gira síncrona com o rotor, mudando continuamente de direção, e é transmitida aos mancais do disco aparecendo como uma força vibratória.

Suponhamos, por outro lado que a massa M de 200 gramas já fizesse parte do disco. Então para se equilibrar esse disco é necessário uma máquina que encontre o valor em gramas e a posição angular de uma massa que estivesse exatamente ao contrário de tal maneira que houvesse oposição total.

Na realidade, quando o corpo está perfeitamente equilibrado, o seu centro de gravidade coincide com o eixo de rotação. Devido a massa M, entretanto, (quando o corpo está desequilibrado) o centro de gravidade se afasta do centro de rotação do valor ϵ , em microns, calculado pela fórmula:

$$\epsilon = \frac{\text{massa M em gramas} \times \text{raio em mm}}{\text{Peso do disco em Kp.}}$$

No caso desse disco o C.G. se afasta de:

$$\epsilon = \frac{200 \times 500}{1000} = 100 \text{ microns}$$

O produto "massa M em gramas X raio em mm" da fórmula acima é conhecido como - "desbalanceamento" medido em mmg (ou às vezes em cmg).

O deslocamento ϵ acima do centro de gravidade, é também utilizado como fator - de indicação e comparação, entre vários corpos, dos seus estados de balanceamento, devido às seguintes razões:

1. - é independente da velocidade.
2. - é independente do peso do corpo.

Daí as tabelas de tolerância de equilibragem indicarem por exemplo.

Tipo de rotor	Fator ϵ para várias rotações de serviço em R.p.m.					
	300	950	3.000	9.500	30.000	1.000.
Volantes	200	63	2,0	6,3	2	16

	80	25	8	2,5	0,8	6,3

A tabela indica que para um volante que gira a 300 rpm. o fator ϵ deve estar situado entre 200 e 80 microns para ser o volante considerado como dentro da - tolerância de equilibragem.

Observa-se que em rotações maiores a tolerância é muito mais estreita, porque a força centrífuga cresce com o quadrado da rotação

NOTA:- A rotação de equilibrção de um corpo não precisa coincidir com a rotação de serviço para o caso de corpos rígidos (ver diante). Em geral - aquela é bem menor. Isto porque, tendo uma equilibradora um aparelho de medição com boa sensibilidade pode-se economizar potência de acionamento, equilibrando-se a uma rotação menor do que a de serviço.

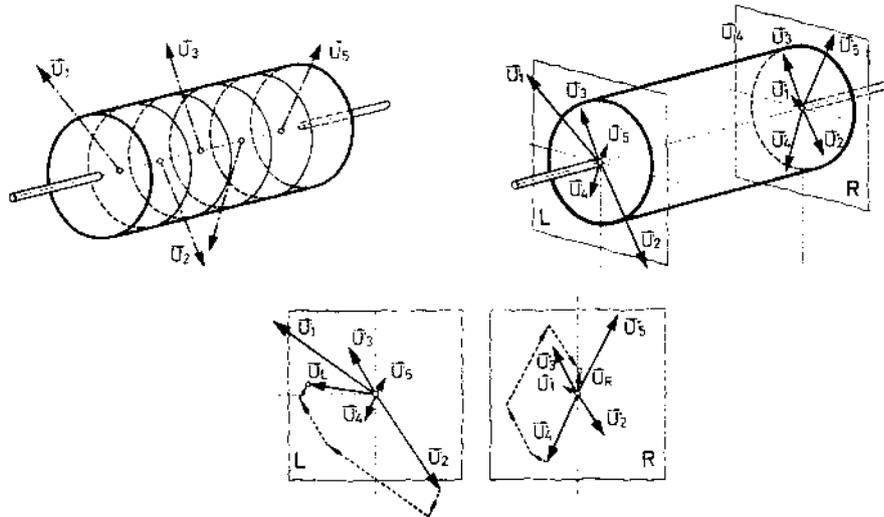
A equilibrção de um disco fino onde, pela colocação de massa de compensação, o centro de gravidade coincide com o eixo de rotação, é também designada como equilibrção em um plano, porque é no plano da massa desequilibrada que se coloca a massa de compensação.

Na prática, utilizando-se as máquinas modernas atuais, diz-se equilibrção - dinâmica em um plano, porque a determinação da massa de compensação e sua posição angular se faz com o roto girando e não parado. Pode-se equilibrar em um plano, com o rotor sem girar, utilizando-se dois gumes paralelos ou discos diz-se então equilibrção estática, (evidentemente em um plano) mas a precisão atingida é grosseira.

EQUILIBRAÇÃO EM DOIS OU MAIS PLANOS

Suponhamos, no caso geral, um corpo cilíndrico e rígido. (Rigidez significa - que a rotação de serviço desse corpo é pelo menos 0,5 vezes menor que a sua - primeira rotação crítica, ou seja não há flexão nenhuma do corpo por ação de - momentos fletores devido à força centrífuga de massas desequilibradas.)

Dividamos esse corpo em discos finos e designemos por U_1, U_2, U_3 , as massas - desbalanceadas de cada disco, as quais irão provocar as forças centrífugas U_1, U_2 , todas normalmente passando pelo centro de rotação.



De acordo com as regras da estática esse sistema de forças radiais admite duas resultantes, passando cada uma por um plano situado no extremo do corpo. Escolhem-se esses planos o mais perto possível dos extremos, para se ter resultantes menores que naturalmente vão precisar de menos massa de compensação.

Seja U_L a resultante esquerda situada no plano esquerdo L que corta perpendicularmente o corpo e seja U_R a resultante direita, situada no plano direito R .

Se tomarmos uma referência angular para esses planos L e R , podemos dizer que a resultante U_L está no ângulo X_L e que a resultante U_R está no ângulo Y_R da - posição zero U_L .

Para esse corpo rígido ser equilibrado então, deve a máquina equilibradora encontrar pelo menos quatro incógnitas:

1. - uma massa e sua posição angular que se deve colocar no lado oposto de U_L de tal maneira que compense essa força.

2. - uma massa e sua posição angular que se deve colocar no lado oposto de UR de tal maneira que compense essa força.

Periodicamente todo corpo rígido deveria ser equilibrado em dois planos, mesmo no caso do disco anteriormente descrito, porque só um disco de espessura infinitesimal admite equilíbrio em um só plano. Na prática, entretanto, equilibra-se em dois planos corpos tais que a relação:

$$\frac{\text{comprimento}}{\text{diâmetro}} = \text{seja menor ou igual a } 1/5.$$

Em relação a máquina equilibradora utilizada para equilibrar em dois planos se diz:

Equilibradora eletro-dinâmica para equilibrar em dois planos.

A equilibração em dois planos admite ainda as seguintes considerações:

E evidente que se no caso geral é necessário no mínimo um par de forças, criadas por um par de massas de compensação para se equilibrar um corpo em dois planos, onde tais forças estão sempre situadas em planos paralelos, nada existe contra se, quando necessário, desejarmos equilibrar em três, quatro, cinco ou mais planos desde que a soma total das forças de compensação nos planos seja igual à soma total das forças desequilibradas.

E evidente também que só a forma do corpo a equilibrar pode determinar onde devem ser colocadas as massas de compensação. No caso geral deve o projetista pré-determinar esses lugares no projeto inicial de corpos rodantes.

NECESSIDADE DE BALANCEAMENTO

A tendência em direção a altas rotações na construção mecânica, assim como a utilização sempre de menor peso possível, origina a necessidade de uma distribuição de massa satisfatória proveniente de um bom balanceamento.

Forças centrífugas criadas por massas desbalanceadas, são indesejáveis pelas seguintes razões:

1. - Forças muito altas em mancais de apoio do corpo rodante, impedem a formação de filme de óleo e por consequência gastam os mancais. Desde que as forças centrífugas crescem com o quadrado de rotação, as exigências de um bom balanceamento crescem com a rotação.
2. - Quebra por fadiga de carcaça, fundações e apoios, e do próprio rotor. O balanceamento diminui a excitação e facilita a passagem pela ressonância, se for o caso.
3. - Acidentes devido à trepidação que solta parafusos etc.



4. - Fadiga do operador devido à vibração.

5. - Fadiga pelo barulho principalmente em altas rotações.

O balanceamento correto aumenta a segurança, a vida de um maquinário e melhora a utilização. Daí ser o balanceamento exigido, não só por razões técnicas, como econômicas.

MÁQUINAS DE EQUILIBRAR SCHENCK

A firma CARL SCHENCK MASCHINENFABRIK GmbH., Alemanha é hoje lider mundial na fabricação de máquinas de equilibrar e de aparelhos para medida e análise de vibrações.

Em seu vasto programa de fabricação são produzidas máquinas para equilibrar - corpos que pesam desde gramas até 150.000 quilos.

O que segue tem como objetivo mostrar que tipos de máquinas são fabricadas e - onde devem ser utilizadas.

Máquinas de equilibrar.

No caso geral uma máquina de equilibrar pode ser - "horizontal" ou "vertical "

A máquina horizontal é - constituída de:

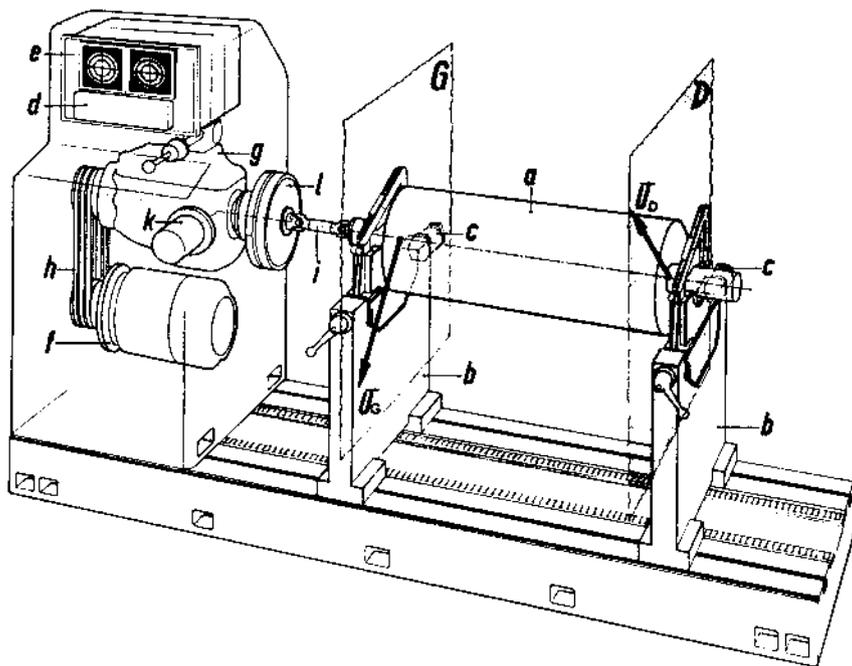
1 base

2 suportes sôbre a base, contendo uma ponte oscilante, portanto, com capacidade de vibrar, onde o corpo a equilibrar é apoiado através de seu próprio eixo ou de um eixo auxiliar.

1 sistema de acionamento, para rodar o corpo a equilibrar.

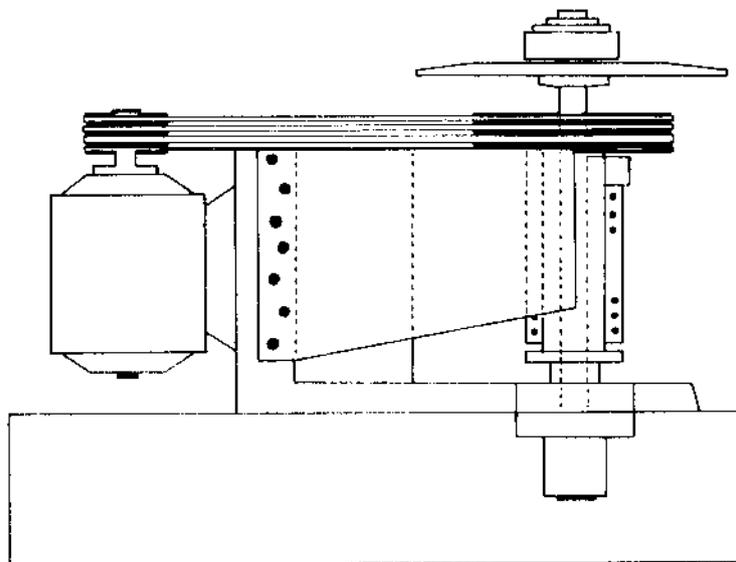
1 sistema de medição que indica onde e quando se deve colocar ou tirar a massa de corpo a equilibrar.

1 sistema de compensação de desequilíbrio por ex: aparelho de solda, furadeira, etc.



A máquina vertical é constituída de:

- 1 carcaça de chaparia apoiada - em uma base.
- 1 fuso apoiado em molas; portanto com capacidade de vibrar.
- 1 sistema de acionamento para - rodar o corpo a equilibrar.
- 1 sistema de medição do desequilibrio, que indica onde e - quanto se deve colocar ou ti-rar massa do corpo.
- 1 sistema de compensação do de-sequilíbrio, etc.).



A máquina "horizontal" pode equilibrar qualquer tipo de corpo utilizando o próprio eixo do corpo para apoio ou, se necessário, um eixo auxiliar. É evidente - que uma máquina horizontal pode equilibrar em um, dois ou mais planos. Por exemplo: girabrequins, volantes, eixos-cardans, motores, etc.

A máquina "vertical" que também pode equilibrar em um, dois planos, é utilizada preferencialmente para corpos que não são longos (como volantes, discos de embreagem, etc.) e que não dispõem de eixo-auxiliar. Isto porque, utilizando-se um adaptador é muito mais prática a fixação desses corpos nesta máquina, do que em uma horizontal, o que determina um menor tempo de equilibragem, muito importante principalmente em alta produção.

Tanto nas máquinas verticais, como horizontais, o corpo a equilibrar gira apoiado em apoios capazes de vibrar. Nesse apóio estão ligadas duas bobinas de captação ou transdutores, (uma só no caso de equilibrar em um só plano) que, recebendo a vibração ocasionada pelo desequilíbrio do corpo, a transmite ao aparêlho de medição, em forma de sinal elétrico. Conectado ao apóio oscilante existe um outro sistema elétrico que envia ao aparelho de medição um sinal elétrico correspondente à posição angular do desequilíbrio. Esses sinais (da bobina e do - indicador da posição angular) são trabalhados no aparelho de medição, o qual dá em resposta quais massas e em que posição angular devem ser colocadas, a fim de equilibrar o corpo. Relembramos que, se fôr equilibração em um plano, é necessária apenas uma massa e sua posição angular, e, se fôr em dois planos são necessárias duas massas e suas posições angulares para equilibrar o corpo.

Em relação ao sistema de medição acima descrito, verifica-se que três são os - componentes do sistema de medição.

- 1) Bobinas de captação ligadas ao apóio vibrante do corpo a equilibrar.
- 2) Dispositivo ligado ao corpo que transmite sinal de referência da posição angular.
- 3) Aparêlho de medição que com os sinais acima recebidos indicam o desequilíbrio em gramas (ou outra unidade) e sua posição angular.

Dependendo do tipo de apóio podem ainda as máquinas de equilibrar serem classificadas em subcríticas (duras) ou supercríticas (moles).

Nas máquinas subcríticas (duras), a frequência própria dos apoios é de ordem muito elevada de tal maneira que as vibrações transmitidas pelo corpo girando estão muito abaixo da ressonância do apoio. Êste apóio vibra, é certo, mas com amplitude da ordem de décimos de microns, ou menos.

Êste tipo de máquina tem a vantagem de não necessitar de pré-taragem, utilizando-se massa de tara. O operador limita-se a tomar cinco dimensões do corpo a equilibrar e com essas medidas em mm. ajusta as escalas correspondente existentes no aparelho, o qual indica imediatamente o desequilíbrio. Esta máquina aplica-se em geral no caso de equilibração de corpos de dimensões variadas (não em série) com também para pêsos a partir de 300 gramas.

Nas máquinas supercríticas, por outro lado, a frequência própria do apóio oscilante é baixa (200 r.p.m.) e daí as rotações do corpo a equilibrar estão sempre acima dessa ressonância. A amplitude de vibração dos apoios pode atingir até vários mm. Como os sinais elétricos criados nos captadores de vibração, são proporcionados à amplitudes de vibração, estas máquinas atingem, como propriedade geral, muito maior sensibilidade, com menos necessidade de amplificadores eletrônicos. Podem "ler" com precisão e sem distorção desequilíbrios até a ordem de 0,001 microns, por exemplo: na equilibração de giroscópios. São exelentes também na equilibração em série.

Os sistemas de acionamento das máquinas horizontais são:

1. a eixo-cardan:

Consta de motor, sistema elétrico de partida, sistema de redução de rotações, (polia escalonamento ou caixa de câmbio, dependendo da máquina) e eixo-cardan de acionamento, o qual traciona o corpo ligado diretamente a êle.

2. acionamento por correia.

Consta de uma correia guiada por roletes, a qual é tracionada por um motor elétrico. A correia abraça o corpo a equilibrar e o traciona por arraste. É evidente que em alguns casos não é possível usar êste sistema e então é necessário optar por outro tipo de tração.

3. acionamento a ar comprimido

Usado por exemplo por corpos a equilibrar leves que dispõem de pás ou ventilador.

4. acionamento por indução

para motores elétricos por exemplo. Consta de um meio estator com campo magnético giratório.

5. tração própria

usado no caso de equilibrar motores completos por exemplo, afim de se evitar desbalanceamento surgidos na montagem dos componentes.

As máquinas verticais são tracionadas por motor elétrico o qual através de correia impulsiona diretamente o fuso.

Como já foi dito anteriormente, o sistema de medição consta de bobinas, sistema para coletar a posição angular e aparelho de medição.

Neste particular classificam-se as máquinas nos seguintes tipos:

1. wattmétricas com gerador de fases
2. não-wattmétricas com retificação dependente da fase.
3. não-wattmétricas estroboscópicas.
4. wattmétricas foto-elétricas.

Todas as máquinas wattmétricas podem dispôr de dispositivo de anulação elétrica do desequilíbrio inicial. As outras máquinas não wattmétricas, devido ao seu principio de construção não dispõem desse dispositivo. As máquinas wattmétricas "duras" não tem necessidade d'ele.

Os aparelhos de medição wattmétricos podem ter indicação polar ou em coordenadas. Na indicação polar pode-se oferecer um aparelho com dois vectôrmetros a ponto luminoso, cada um para cada plano de equilibragem, ou então apenas um vectômetro com chave troca-plano.

Na indicação cartesiana pode-se oferecer aparelho de medição com quatro wattímetros de ponteiro, dois wattímetros e chave troca-plano ou apenas um wattímetro com chave de 4 posições.

Instruções gerais para equilibrção

Para permitir um perfeito trabalho da máquina e uma exata correção do desequilíbrio, devem-se observar as seguintes instruções:

1. - No acionamento por eixo articulado (eixo-cardan) deve-se escolher sempre um eixo articulado adaptado à peça a ser equilibrada, quer dizer, o peso do eixo articulado deve ser em relação à ser equilibrada, tão pequeno -



quanto possível, e o torque a ser utilizado para a rotação máxima da peça a ser equilibrada não deve ser maior do que o torque nominal do eixo articulado. O eixo articulado tem que trabalhar sem folga e tem que ser exatamente centrado.

Deslocamentos da massa das articulações dão medições errôneas.

As superfícies de aperto têm que ser paralelas entre si e livres de sujeira.

Uma ligação defeituosa do eixo articulado causa medições errôneas.

2. - Nas juntas universais da transmissão da bobina de captação, da guia da haste de impacto, bem como entre os braços das alavancas da transmissão da bobina e os suportes de mancais não se devem encontrar corpos estranhos. Uma fricção das hastas da bobina da haste de impacto ou da transmissão da produz erros angulares e as alterações da sensibilidade.
3. - A distância entre os planos de correção e os raios de correção devem ser escolhidos tão grandes quanto possível. A influência de um plano de correção ao outro é assim mantido reduzido e toda a sensibilidade do dispositivo de medição pode ser aproveitada.

Um grande raio de correção facilita a transmissão dos valores angulares para a peça a ser equilibrada e permite a correção com as menores massas possíveis.

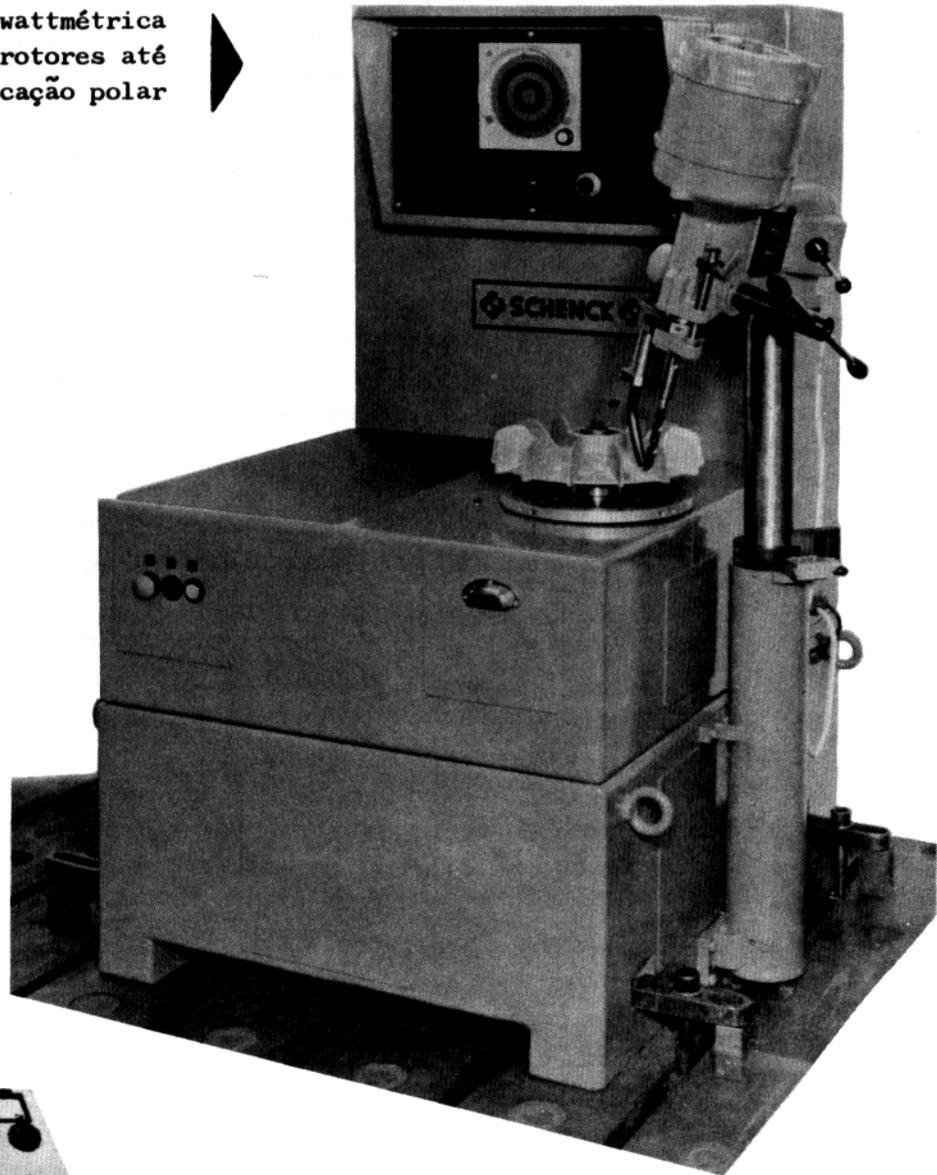
4. - Quando se corrige por meio de furação, não se deve furar profundo demais. Nas perfurações radiais o deslocamento do ponto de gravidade do furo fura do em direção ao eixo de rotação não dá a completa correção.

Nas furações axiais o deslocamento traz uma alteração da distância entre os planos de correção e com isso há influência entre os planos. Nos desequilíbrios maiores será mais vantajoso corrigir por meio de duas furações

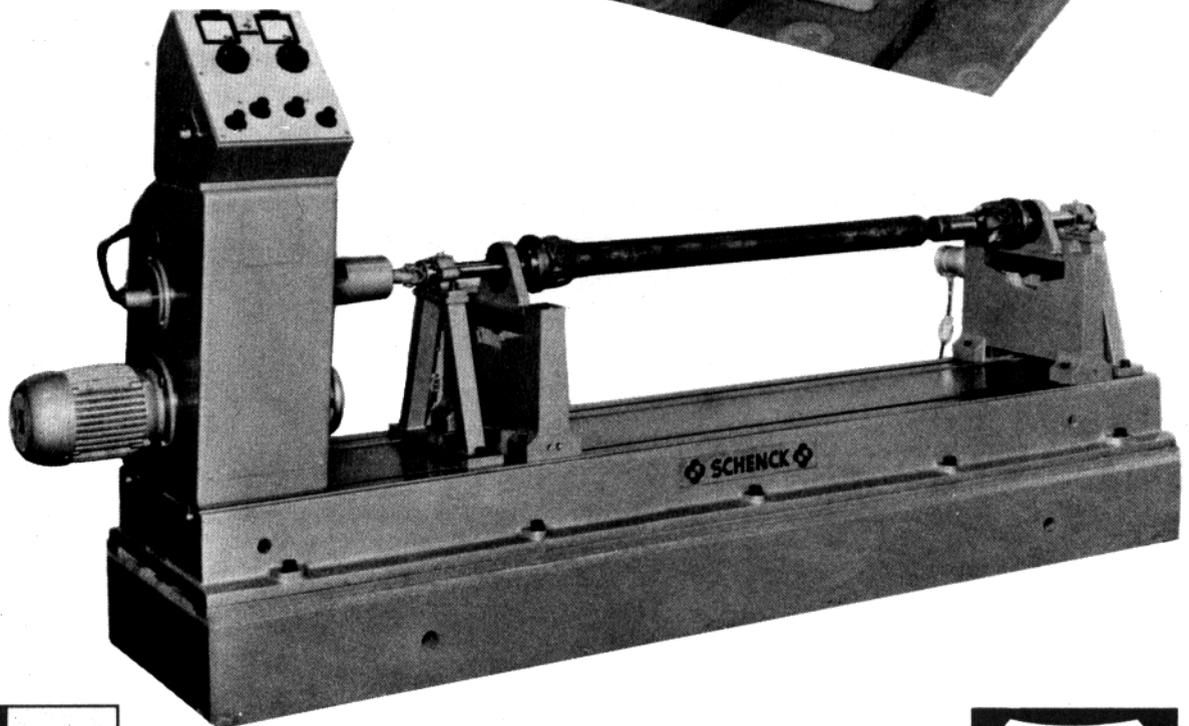
5. - Nas peças a serem equilibradas que se compõem de várias partes, deve-se cuidar para que não se apresentem deslocamentos de massa (deslocamento do enrolamento em rotores elétricos ou do ventilador no seu eixo), pois isto causaria alterações dos valores da medição.
6. - Corrigir sempre tão exatamente quando possível.
(Valores diretrizes para a qualidade de equilibração de máquinas conforme VDI - Associação dos engenheiros alemães).

Correção exata a zero não tem sentido e encarece desnecessariamente o processo de equilibração.

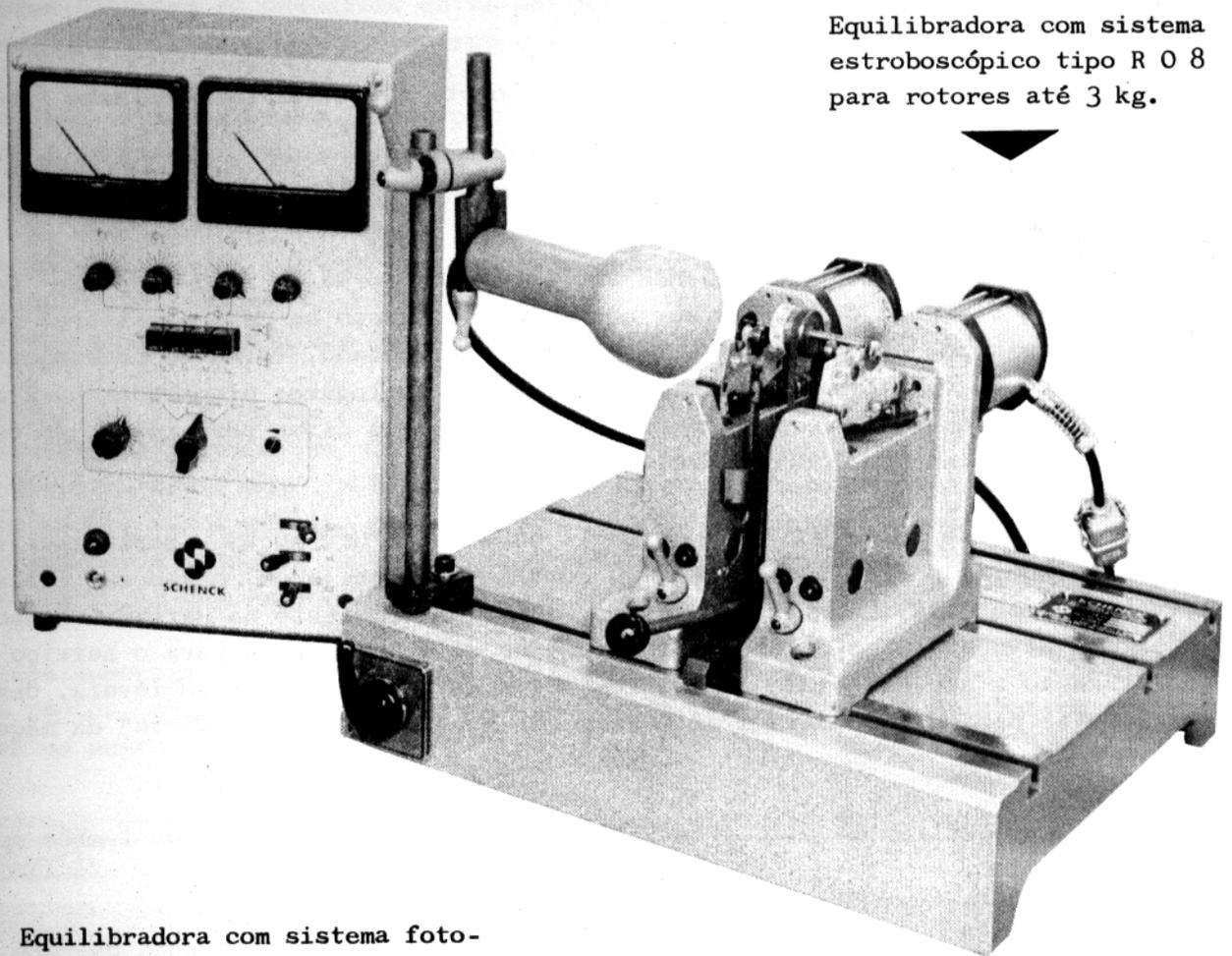
Equilibradora wattmétrica
vertical para rotores até
30 kg. com indicação polar



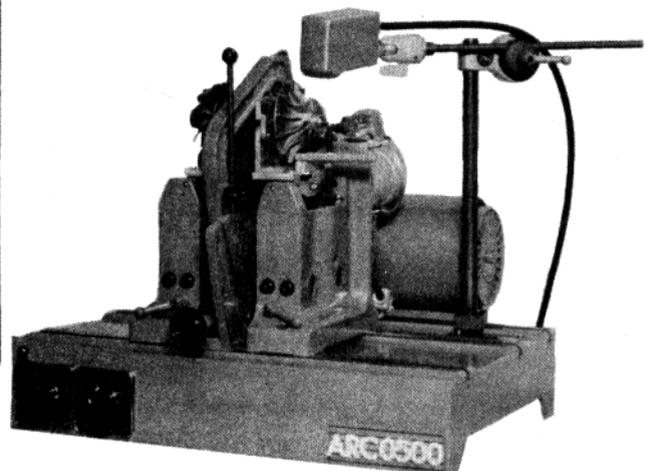
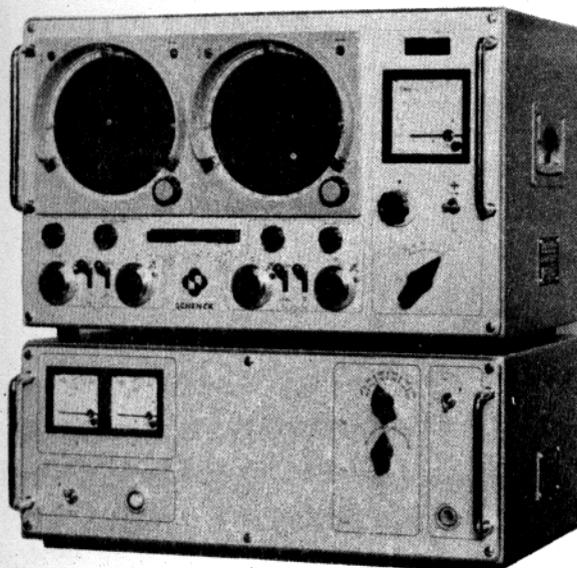
Equilibradora
tipo R 35 KKV
com sistema
de medição por
dependência -
de fase, e in-
dicação polar
de desequilí-
brio



Equilibradora com sistema estroboscópico tipo R 0 8 para rotores até 3 kg.



Equilibradora com sistema fotoelétrico de alta sensibilidade e precisão tipo R 16, com indicação polar



Colocação da peça a ser equilibrada

Colocar os suportes de roletes na distância certa e apertar os parafusos firme e uniformemente.

Ajustar os roletes na altura correta.

Nos suportes de roletes conforme SAE a abertura em forma de sela da ponte de apóio recebe o munhão da peça a ser equilibrada. Quando se deve equilibrar em lugar determinado, com o acionamento por eixo articulado, torna-se necessário ligar a peça de tal forma ao eixo articulado que os lugares preparados para a correção do desequilíbrio se encontram na direção dos eixos principais do correspondente sistema de coordenadas.

As superfícies de rolamento, com os quais os munhões das peças a serem equilibradas se apoiam nos roletes de apóio, geralmente empregados, devem ser lisas e livres de impurezas. Lubrificar as superfícies do rolamento na partida de cada rotor com algumas gotas de óleo. Se a máquina se achar munida para o serviço de equilibração a ser executado com vários jôgos de roletes intercambiáveis, deve-se observar para o seu emprêgo as indicações gravadas sob o "suporte" da máquina.

A peça a ser equilibrada pode girar entre os suportes de roletes ou também apoiada em balanço.

Se a peça deve ser equilibrada em balanço, o contra-mancal esquerdo, que tem que **sustentar** a fôrça dirigida para cima, pode ser munido, em vez de um encosto de material sintético, de um rôlo. Em máquinas com acionamento por correia necessita-se do contra-mancal somente para o apóio em balanço.

Os suportes de mancais tipo RN para máquinas supercríticas

Os suportes de mancais são constituídos de duas partes principais:

Ponte oscilante e suporte em sí.

A ponte oscilante apoia-se em duas folhas de mola vertical, de maneira que pode vibrar no sentido transversal em relação à base da máquina.

A ponte oscilante recebe o jôgo de suportes de roletes, onde o rotor a ser equilibrado é apoiado. Deve-se proteger êsses suportes de roletes contra golpes ou pancadas. A fim de que rotores com grande desequilíbrio não se levantem dos apoios, êsses suportes de mancais possuem os respectivos contra-mancais. Cada contra-mancal possui um batente ou encosto de baquelite, o qual sendo deslocável permite a colocação de corpos a equilibrar de diferentes diâmetros nos apoios.

Esses batentes de baquelite devem ser ajustados de tal maneira que encostem - sem pressão sôbre o eixo do corpo a equilibrar.

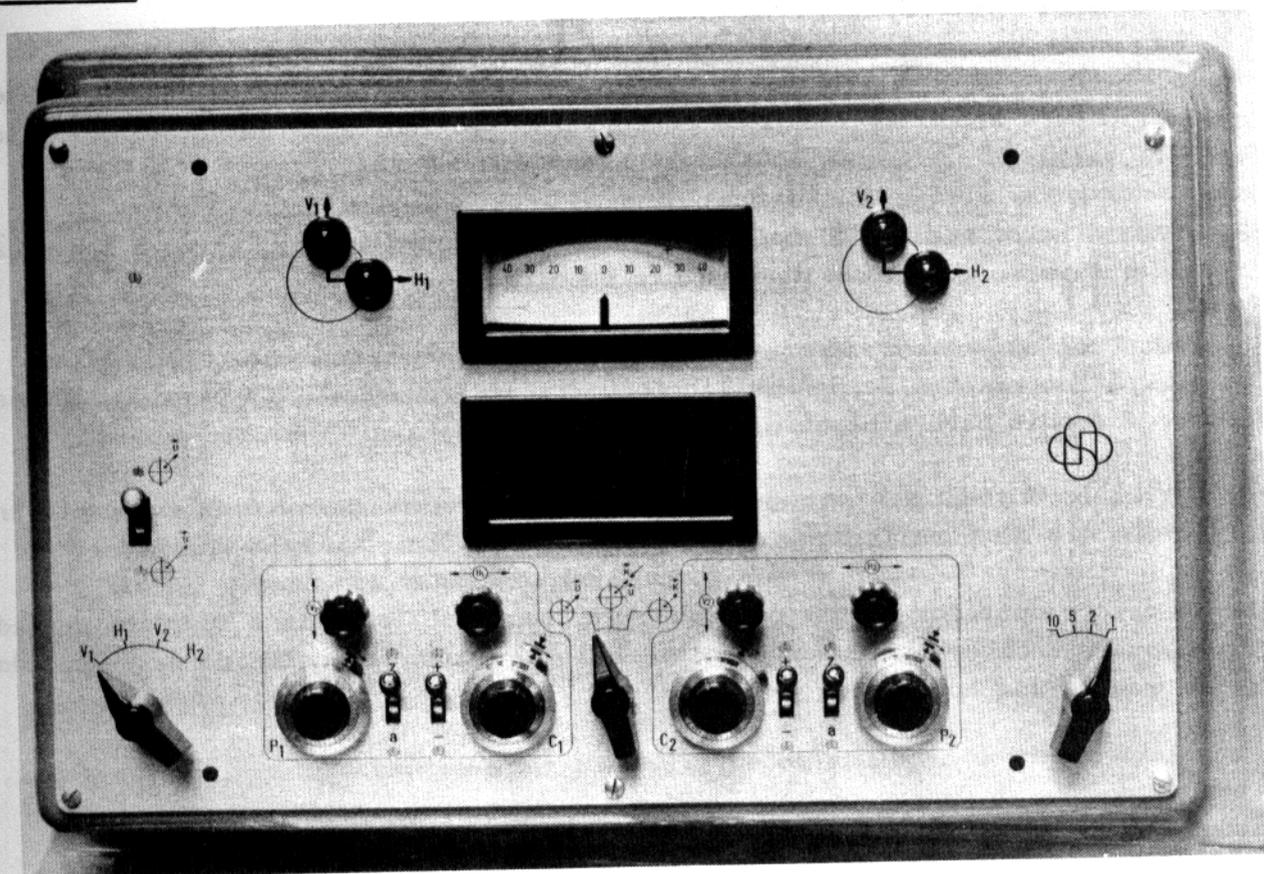
No caso de equilibração de corpos onde o centro de gravidade não está situado - entre os mancais, surgem fôrças verticais dirigidas para cima. Neste caso deve-se empregar contra-mancais com roletes.

No caso de alguns rotores que tendem a se deslocar longitudinalmente, como por-exemplo, ventiladores, deve-se fixar no suporte de mancais um contra-mancal lateral, menos no caso que o rotor seja acionado por eixo-cardan.

Na partida e na parada do rotor a equilibrar deve-se fixar as pontes oscilantes através das respectivas alavancas de bloqueio, as quais devem ser acionadas para a direita. Desta maneira bloqueia-se a ponte oscilante exatamente na sua posição média. Com a máquina parada e não estando bloqueada, a ponte oscilante deve permanecer exatamente na sua posição média. Se isto não acontecer, deve-se regular as molas espirais e ajustar nesta posição média.

Esses suportes de mancais podem ser equipados com um dispositivo de deslocamento rápido, utilizado quando se tem que equilibrar corpos de diferentes comprimentos muito frequentemente.

Aparelho de medição utilizado nas máquinas de suportes super criticos (máquinas "moles").



Na parte fronteira do aparelho de medição estão convenientemente colocados todos os botões de comando e instrumentos de indicação, que são necessários para equi libração individual ou em série de corpos. A corrente de referência alternada - pode ser fornecida por um gerador de fase e resistência ou por uma célula foto-elétrica em combinação com o circuito eletrônico integrador.

Aparelhos de medição com indicação em componentes são especialmente apropriados para compensação de desequilíbrio em componentes.

Por outro lado o aparelho de medição a ponto luminoso denominado vectometro é - mais vantajoso para compensação polar do desequilíbrio ou no caso de constantes trocas do tipo de compensação, principalmente devido ao uso de escalas gradua - das permutáveis.

Um aparelho de medição que dispõe do dispositivo de anulação elétrica do dese - quilíbrio inicial, permite abreviar consideravelmente o tempo de equilibração - porque neste caso não é necessário equilibrar o corpo previamente a "0" para a ajustagem do quadro elétrico do aparelho. O emprêgo deste dispositivo se faz - especialmente na equilibração individual ou na equilibração de pequenas séries - de corpos.

Os mais curtos tempos de equilibração são alcançados quando se utiliza apare - lhos de medição a ponto luminoso com 2 vectometros ou aparelhos com 4 wattime - tros, porque neste caso a leitura do desequilíbrio para ambos planos de compen - sação é feita simultaneamente.

Nos aparelhos com um único vectometro ou dois wattímetros, as leituras do dese - quilíbrio para ambos os planos de compensação são indicadas no aparelho sucessí - vamente, através da comutação de uma chave troca-planos.

Se o aparelho de medição é equipado com um wattímetro apenas, então a indicação do desequilíbrio se sucede da seguinte maneira:

Operador comuta sucessivamente as 4 posições da chave de 4 posições, obtendo - assim, os componentes de desequilíbrio verticais e horizontais para o plano es - querdo e depois para o plano direito de equilibração.

Os aparelhos de medição para 3 planos de equilibração, possuem na sua parte tra - zeira uma tomada para ligação de um captador de vibrações tipo apalpador.

Neste caso o operador comuta com uma chave especial, e assim o aparelho de medi - ção passa a indicar a flexão do rotor no local aonde foi colocado esse captador de vibrações com apalpador.

Ajustagem do aparelho de medição para máquinas super críticas "moles"

(Quadro elétrico)

1. - Para a ajustagem do quadro elétrico do aparelho de medição deve-se sempre utilizar a mesma rotação na máquina.
2. - Os aparelhos de medição que contém um único vectometro ou dois wattímetros para a leitura dos valores de desequilíbrio V_1 e H_1 para o plano esquerdo de compensação, coloca-se a chave troca-planos na posição (1), e para a leitura nos valores de desequilíbrio V_2 e H_2 para o plano direito de compensação, coloca-se a chave troca-planos na posição (2).

Nos aparelhos de compensação que contém um único wattímetro deve-se colocar a chave de 4 posições nas posições V_1 , H_1 , V_2 , H_2 , para se obter os componentes dos desequilíbrios nessas direções.

3. - Nos aparelhos de medição que contém dispositivo de anulação elétrica do desequilíbrio inicial deve-se observar o seguinte sobre a chave de ampliação do campo de anulação:

Chave de ampliação do campo de anulação do desequilíbrio inicial com duas posições:

a posição alta sensibilidade, corresponde a posição fundamental.

Chave de ampliação do dispositivo de anulação do desequilíbrio inicial com três posições:

a posição média, corresponde a posição fundamental e deve ser preferencialmente utilizada. Medição de alta sensibilidade é utilizada para rotores a equilibrar que se situam num limite inferior do campo de peso da máquina.

Em ambos os casos acima a posição grande do campo de anulação é ligada quando na posição fundamental da chave, a indicação do desequilíbrio inicial não pode ser completamente anulada.

A posição dessa chave escolhida para o primeiro rotor de uma série deve permanecer a mesma para todos os corpos do mesmo tipo, se não é necessário proceder a uma nova regulagem do quadro.

Para mudar essa chave de posição é necessário primeiramente puxá-la completamente para fora.

4. - Nos aparelhos que não possuem dispositivos de anulação do desequilíbrio inicial, somente se pode proceder a regulagem do quadro de medição quando se possui um corpo a equilibrar que foi previamente equilibrado totalmente



a "0". Esta pré-equilibração pode ser realizada na própria máquina da seguinte maneira:

Coloca-se o rotor na máquina e comanda-se a chave \pm do aparelho de medição para a posição "menos": coloca-se então progressivamente a massa de equilibrar no plano esquerdo, no plano direito segundo a indicação do aparelho da máquina, e assim necessivamente, repetindo-se a operação algumas vezes, leve-se a indicação "0" o que significa que o corpo está equilibrado. Deve-se escolher para essa operação a posição I da chave de sensibilidade do aparelho.

5. - Para ajustagem do quadro elétrico do aparelho de medição, coloca-se primeiramente todos os botões de comando na posição fundamental, i.é.:

os potenciômetros de plano P_1 e P_2 são colocados na posição "0,00" (marca vermelha), e os potenciômetros de calibração C_1 , e C_2 são colocados sobre a posição 10,00 (marca vermelha), a chave a/z é colocada sobre a posição "z".

Quando as chaves mais/menos do aparelho de medição estiverem colocadas na posição mais, o indicador do aparelho indica onde o corpo -é mais pesado, e na posição menos, indica onde o corpo é mais leve.

Desta maneira para a compensação através de furação ou frezagem, a chave-mais/menos é colocada na posição "mais" e para compensação através da adição de massa por exemplo, parafusos, rebites, a chave é colocada na posição "menos".

A chave de sensibilidade permanece na posição 1.

6. - Anulação elétrica do desequilíbrio inicial.

Primeiro ligar a máquina e levar o rotor à rotação de equilibragem pré-escolhida. Se se emprega uma célula fotoelétrica deve-se primeiramente - ajustar o botão de comando do dispositivo integrador de tal maneira que - nos instrumentos de controle da corrente de referência o ponteiro indicador esteja sobre a marca vermelha. Deve-se lêr então os valores indicados e anotar.

Deve-se em seguida colocar a chave de comando principal sobre a posição - "ajustar". Com a ajuda dos potenciômetros de anulação do desequilíbrio - inicial, levar a indicação nas quatro componentes V_1 , H_1 , V_2 , H_2 , a "0". Quando o tipo do desequilíbrio do corpo fôr muito grande, ampliar primeiramente o desequilíbrio inicial, conectando-se a chave de sensibilidade à posição para sensibilidade menor, e então corrigir a anulação, colocando-se essa chave na posição 1.

7. - Ajustagem

No plano esquerdo de compensação (1), coloca-se uma massa de tara de valor conhecido no raio de compensação, na direção "V" a "0" ou a 180° indicado pelo disco graduado na máquina. Em seguida coloca-se no plano de compensação direito (2), no raio de compensação, na direção H a 90° ou a 270°, indicado pelo disco graduado, uma massa de tara de mesmo valor. Tanto para o plano como para outro deve-se obter uma indicação no instrumento do aparelho de medição que quase alcance o fundo da escala.

Como valor aproximado para a grandeza dessa massa de tara, vale a fórmula abaixo:

$$T = \frac{3 \cdot G}{r} \quad (\text{Gramas})$$

G = peso do rotor em kg.

r = raio de compensação em cm.

T = O valor de T é obtido em gramas

Deve-se colocar as massas de tara de tal maneira que o desequilíbrio inicial seja compensado o máximo possível.

Ligar a máquina e levá-la à rotação de equilibragem. Girar o potenciômetro P_1 , até que, para o plano esquerdo de compensação, a indicação do componente H (H_1) seja levada a "0". Se girando-se P_1 , a indicação de H_1 aumenta ou afasta-se de "0", deve-se comutar a chave a/z, que estava na posição "a". Logo que a indicação, para a posição H_1 , foi levada a "0", deve-se bloquear o potenciômetro P_1 .

Similarmente gira-se o potenciômetro P_2 , até que, para o plano de compensação direito 2, a indicação do componente V_2 , seja levada a "0". Se girando-se o potenciômetro P_2 , a indicação vertical para V_2 afasta-se de "0" deve-se então comutar a chave a/z para "a": Logo que a indicação V_2 foi levada a "0", deve-se bloquear o potenciômetro P_2 .

Em seguida gira-se o potenciômetro de calibração C_1 até que a indicação para V_1 esteja na relação desejada com a massa de tara colocada no plano esquerdo de compensação.

Por exemplo: massa de tara de 50 gr. produz uma indicação de 25 divisões, então nesse caso, 2 gramas de massa de tara correspondem a uma divisão.

Segundo ex: 10 mm de profundidade de furação produz uma indicação de 20 divisões = 0,5 mm de profundidade de furação corresponde a uma divisão.

Em seguida deve-se bloquear o potenciômetro C_1 .

Da mesma maneira procede-se a calibração do plano direito de compensação com o potenciometro C_2 , o qual em seguida deve ser bloqueado.

O bloqueio dos botões dos potenciometros acima é realizado através do deslocamento da alavanca de bloqueio existente na borda dos botões de potenciometros.

Deve-se em seguida anotar na ficha de equilibração, os seguintes valores:

Potenciometro P_1 ;	Chave a/z;	Chave +/;	Potenciometro calibração C_1
P_2	a/z;	+/;	C_2

Deve-se anotar a posição da chave de sensibilidade, a rotação, a distância entre os uportes da máquina, se fôr o caso, a posição da celula fotoelétrica.

8. - Nos aparelhos que possuem dispositivos de anulação elétrica do desequilíbrio, inicial, deve-se em seguida, levar a chave de comando principal para a posição desequilíbrio inicial. Se a indicação do desequilíbrio fôr demasiadamente grande, de tal maneira que o ponto luminoso indicador afasta-se da área da escala, deve-se então comutar as chaves de sensibilidade para uma menor. Deve-se então na compensação do desequilíbrio, multiplicar a massa de compensação encontrada pelo fator da chave de sensibilidade.

por exemplo:- chave de sensibilidade na posição 5. Indicação para o plano de compensação o qual é igual a 30 divisões.
calibração: 2 gr /divisão.
massa de compensação -é= 5 x 30 divisões x 2 gr/divisões = 300 grs.

Se a compensação do desequilíbrio não é feita no mesmo raio que foi realizada a ajustagem do quadro elétrico do aparelho, então é necessário recalcular a massa de compensação.

por exemplo:- raio de compensação utilizável na ajustagem do aparelho é = 100 mm
massa de tara é = 50 gr.
temos então: 5000 mmg.

raio de compensação é = 200 mm
massa de compensação é = 5000 mmg. sobre 200 mm é = 25 g. que é igual a 25 divisões ou seja 1 g./divisão.

Bloquear as indicações do aparelho ou anotar essas indicações.

Desligar a máquina.

Retirar tôdas as duas massas de tara.

Compensar então o desequilíbrio no corpo de acordo com a indicação do aparelho, quando a chave de comando principal do aparelho estava conectada na posição desequilíbrio inicial.

9. - Se o aparelho de medição não dispõe de dispositivo de anulação elétrica do desequilíbrio inicial, deve-se após a ajustagem do aparelho, parar a máquina. Em seguida, deve-se retirar todas as massas de taras utilizadas na ajustagem. Liga-se então novamente a máquina, bloqueia-se os valores de indicação dos equilíbrios no aparelho ou anota-se. Deve-se em seguida parar a máquina, e correspondentemente a indicação do aparelho deve-se realizar a compensação no corpo.

10.- Verificação do resultado

Liga-se novamente a máquina e observa-se se as indicações dos aparelhos que indicam que o desequilíbrio restante tem valor abaixo da tolerância desejada de equilíbrio.

- 11.- Para equalização bastante precisa ou para regulagem do aparelho de medição para equalização em grandes séries de corpos, aconselha-se separar a colocação de massa de tara, no processo de ajustagem do aparelho acima. Isto porque, se a colocação simultânea das massas de tara não for feita exatamente nas posições angulares "0" ou 180° para o plano esquerdo e 90 ou 270° para o plano direito de compensação resulta que a ajustagem do quadro elétrico do aparelho não é muito precisa

Coloca-se então primeiramente a massa de tara no plano esquerdo de compensação e gira-se o potenciometro P_1 até que a indicação para o plano direito seja "0".

Para-se a máquina. Em seguida retira-se a massa do plano esquerdo e coloca-se a mesma massa no plano direito, girando-se o potenciometro P_1 até que a indicação para o plano esquerdo seja "0".

Deve-se entretanto observar que a calibração da indicação com o potenciometro C_1 e C_2 deve ser sempre realizada após a ajustagem do quadro elétrico do aparelho, através dos potenciometros P_1 e P_2 .

Assim logo após a ajustagem dos potenciometros P_1 e P_2 , pára-se a máquina e retira-se a massa de tara utilizada. Coloca-se a massa de tara novamente no plano de compensação 1 e realiza-se a calibração com o potenciometro C_1 . Para-se novamente a máquina. Retira-se essa massa e coloca-se no plano de compensação 2. Liga-se a máquina novamente e realiza-se a calibração deste plano de compensação através do potenciometro de calibração C_2 .

Os suportes de mancais tipo H (para máquinas duras)

Os suportes de mancais tipo H foram construídos como suportes universais de mancais. Eles podem ser empregados em combinação com um instrumento de medição para ajustamento de acordo com as dimensões geométricas do rotor ou para ajustamento por meio de massas de aferição. De acordo com o tamanho da máquina, os suportes de mancais podem ser fornecidos com ou sem dispositivo de translação acionado manualmente. A ponte de apoio com o apoio é sustentada por molas chatas verticais. A rigidez dos suportes de mancais é tão elevada que a equilibração se realiza na faixa subcrítica. Os suportes de mancais são por isso designados como "duros".

A transmissão das vibrações de desequilíbrio para o captador de vibrações é feita pela haste de impacto, da parte de apoio através de um sistema de alavancas. O ajustamento da haste da bobina de captação não deve ser modificada no braço da alavanca, pois com isso seria alterada a sensibilidade da instalação de medição. Os parafusos de aperto da haste de impacto, do sistema de alavancas e da haste da bobina de captação devem estar sempre bem apertados, para evitar medições errôneas.

A ponte de apoio pode ser equipada, de acordo com o tipo de rotor, com mancais de rolamentos ou lisos. Os mancais devem ser protegidos contra choques e batidas. Os roletes dos contra-mancais devem ser ajustados de forma que corram livremente no munhão do rotor.

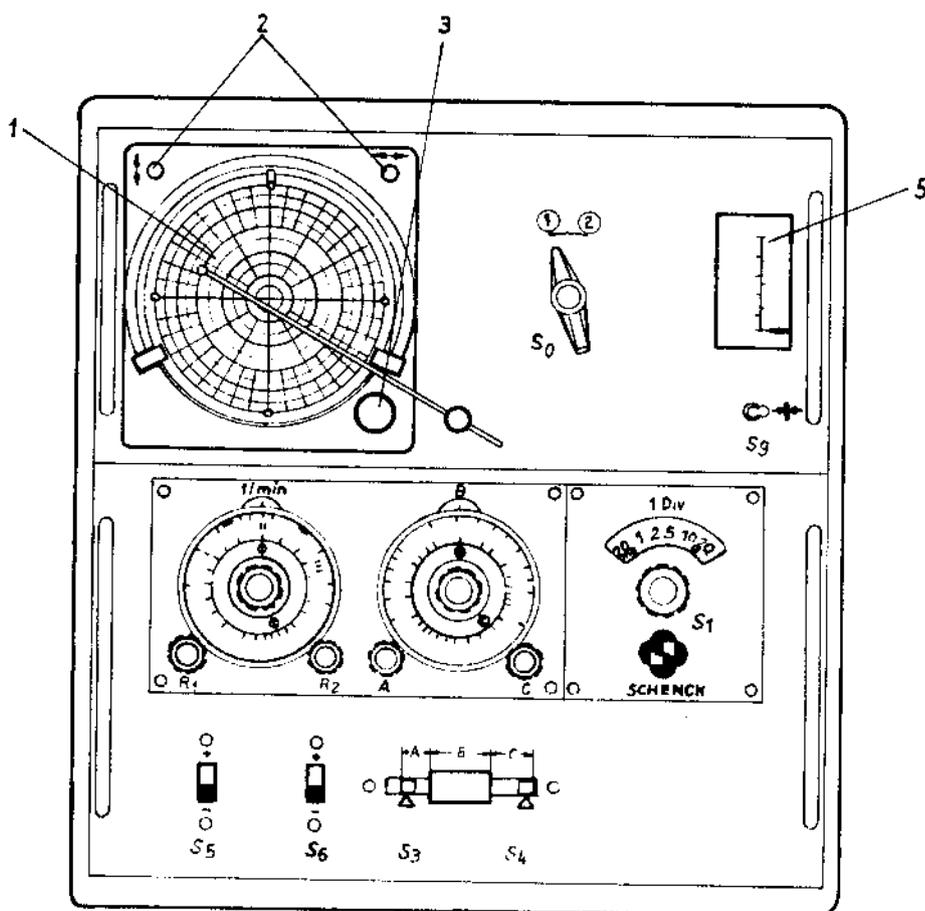
Vantagens de suportes "duros" de mancais:

- 1) O campo de medições dos suportes de mancais é muito amplo. Podem se medir em desequilíbrios excessivos, deslocamentos do ponto de gravidade de vários milímetros.
- 2) Também com grandes forças de excitação (rotores com pás, eixos pesados de cardan) o suporte de mancal não chega, em oposição aos suportes "moles" de mancais, à oscilação da ressonância.
- 3) A segurança com rotores pesados a elevadas rotações é especialmente boa.
- 4) Pode-se operar com rotações muito baixas de equilibração.
- 5) Trabalho sem perigo com rotores de diâmetros muito grande porque não se soltam retenções da ponte.
- 6) Devido ao sistema de medição empregado, há a possibilidade de se empregar, exatamente como com os suportes "moles" de mancais, várias rotações de equilibração e, com vibrações perturbadoras, sem indicação fixa.

Desvantagem em comparação com as máquinas "moles":

Despesas maiores de fundamento. Conforme condições do solo e tipo das máquinas-visinhas, deve a massa do fundamento ser de a oito até quinze vezes à massa da máquina.

Aparêlho de medição utilizado nas máquinas subcríticas (de suportes "duros")



Pos. 1 Escala intercambiável do medidor vectorial

Pos. 2 Parafuso para a correção do ponto zero do ponto luminoso

Pos. 3 Botão de ajustamento com suporte para a lâmpada do ponto luminoso

Pos. 4 Indicador de rotação (a pedido)

1/min Botão de ajustamento para a rotação de equilibração

r₁/r₂ Botão de ajustamento para o raio de correção no plano de correção
 ① / ②

a Botão de ajustamento da distância entre o plano de correção ①
 e o apoio ①

c Botão de ajustamento da distância entre o plano de correção ②
 e o apoio ②

S₁ Chave escalonada de sensibilidade com valor de indicação por traço divisor de desvio.

- S₃ Chave de equilíbrio para o plano de correção ①
- S₄ Chave de equilíbrio para o plano de correção ②
- S₅ Chave mais / menos para o plano de correção ①
- S₆ Chave mais / menos para o plano de correção ②
 Em posição +  correção por retirada de massa
 Em posição -  correção por adição de massa
- S₉ Chave para re tenção do ponto luminoso
- S₀ Chave de seleção dos planos (esquerdo ① ; direito ②)
- Pos. 5 Marcador de indicação
- b Botão de ajustamento para a distância entre os planos de correção

O instrumento de medição

O instrumento de medição foi construído para a máquina sub-crítica, também chamada "dura". Ele funciona pelo sistema "wattimétrico", comprovado nas máquinas equilibradoras Schenck.

O instrumento permite o ajustamento para os planos de correção de acordo com as dimensões geométricas do rotor a ser equilibrado. Eliminam-se com isto as operações necessárias com os instrumentos de medição até agora em uso, para o ajustamento da ligação do quadro elétrico.

A rotação de equilibração pode ser amplamente variada.

Os raios de correção são ajustados separadamente para cada plano de correção, diretamente, sem operações de cálculo.

Com o ajustamento da rotação de equilibração são simultaneamente fixados o limite para os raios de correção e o alcance da sensibilidade, e o limite de rotações é transferido para o contador de rotações, montado a pedido especial. Todos os instrumentos de indicação e elementos de operação - acham-se dispostos, de acordo com as suas funções, de forma a facilitar a observação, no painel de frente.

Na parte trazeira do instrumento de medição acham-se dispostas, por cima da chapa de ligação, as tomadas de controle. A tomada preta (0) entre as tomadas V₁ e V₂ corresponde à ligação de medição. As seguintes funções podem ser verificadas por meio de um oscilógrafo ou de um instrumento de medição de elevado alcance ôhmico:

- Tomada 0 - tomada V₁ A tensão dos captadores de vibrações 1 e 2 atrás da ligação do instrumento de medição:
- tomada 0 - tomada V₂ Em posição "plano de apoio" (posição média) a chave de equilíbrio S₃ e S₄, isto corresponde a tensão da bobina principal.

Tomada 0 - tomada E ₁	A tensão de admissão dos amplificadores finais 1 e 2
tomada 0 - tomada E ₂	
Tomada 0 - tomada 24	A tensão estabilizada 24V para os transistores
Tomada 0 - tomada- 24	
Tomada 0 - tomada+200	A tensão anódica para as válvulas

Os dois fusíveis de 0,5 A são para a entrada da rede

Limites de aplicação

O produto :

raio de correção x rotações de equilibração pode ser ajustado no limite de 1:20 e isto para as seguintes grandezas:

$r \cdot n = 22.000 - 440.000 \text{ mm/min}$ $r = \text{raio}$ $n = \text{rotação r.p.m.}$

As distâncias :

do plano de apóio 1 (esq.) para o plano de correção 1 = "a" do plano de correção 2 para o plano de correção 2 = "b" e do plano de correção 2 para o plano de apóio 2 (dir.) = "c" são também ajustadas diretamente, de acôrdo com os comprimentos medidos, sem auxilio de cálculos.

A proporção: distância do plano de correção do apóio até a distância dos planos de correção ($\frac{a}{b}$ e $\frac{c}{b}$), pode ser ajustada para os valores 0 e 0,0316 a 10.

A distância dos planos de correção "b" tem que ser ajustada sempre antes das distâncias "a" e "c" e pode variar dentro dos limites de 5:200. Para os dois valores limites de "b", as distâncias "a" e "c" podem ser ajustadas dentro dos seguintes limites.

$b = 5$; "a" e "c" = 0,15 - 50

$b = 200$; "a" e "c" 0,4 - 2000

A sensibilidade do instrumento de medição pode ser ajustada, conforme o tamanho da máquina, dentro dos limites de 0,1 até 5 kg por traço divisor. Dentro do alcance de sensibilidade, determinado pela rotação de equilibração escolhida, pode-se reduzir em 11 estágios na proporção de 1 para 2.000

Ajustamento do instrumento de medição para o plano de correção

O ajustamento do instrumento de medição pode ser feito com a máquina parada.

- 1) Ajustar as chaves mais / menos S₅ e S₆ para a correção do desequilíbrio por adição de massa ou para a correção por retirada de massa
- 2) As chaves de equilíbrio S₃ e S₄ devem ser ajustadas de acôrdo com a posição dos planos de correção.

Nisso o plano de correção ① (à esquerda) acha-se atribuido à chave S₃₀



Massa de correção à esquerda = 0,2 g/ traço divisor

25 traços divisores = 5 g

Para um medidor vetorial (2) um traço divisor corresponde a:

500 mm : 50 mm = 10

Sensibilidade lg/ traço divisor reduzido pelo fator

10 = 0,1 g/ traço divisor

21 traços divisores = 2,1 g

- 10) Correção em um plano (Deslocamento do ponto de gravidade. Em alguns casos é somente necessário ou possível corrigir o desequilíbrio do centro de gravidade (resultante de desequilíbrio) do rotôr (rotores muito pequenos ou rotações muito baixas). Para êste ajustam-se os potenciômetros do quadro "a" , "b" , "c" a um valor escolhido, porém igual, e os potenciômetros dos raios r_1 e r_2 para o raio de correção no plano de correção ($r_1 = r_2$). A chave de equilíbrio S_3 coloca-se em posição "plano de apoio" - posição-média, a chave de equilíbrio S_4 coloca-se em posição final direita. A leitura do desequilíbrio se faz no medidor vetorial esquerdo, com instrumentos de medição com a chave de seleção do plano de equilíbrio na posição (1) de S_0 .

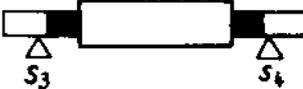
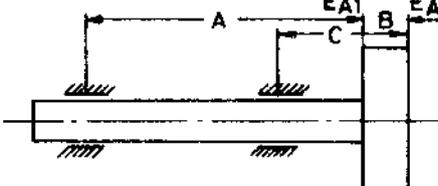
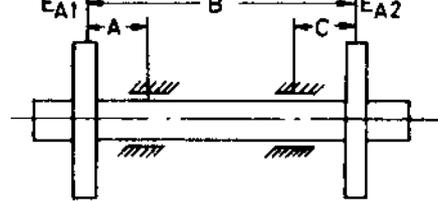
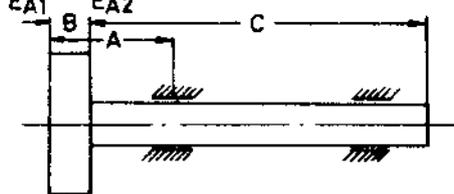
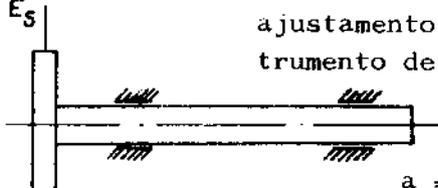
Um controle do desequilíbrio residual (inclusive participação do desequilíbrio dinâmico) em relação ao plano de apoio pode ser realizado após a correção do desequilíbrio do centro de gravidade, para o julgamento da qualidade de equilíbrio de acordo com VDI 2060 ou DIN 45 665 , colocando-se também a chave de equilíbrio S_4 em posição média e lendo-se os instrumentos de indicação para os planos (1) e (2) .

Uma correção eventualmente necessária do par de desequilíbrios (desequilíbrio dinâmico) realiza-se como acima descrito.

- 11) Se a proporção $\frac{a}{b}$ ($\frac{c}{b}$) for menor do que 0,0316 quer dizer, se um dos dois planos de correção se encontrarem bem juntos dos suportes de mancais, deve a chave equilíbrio que pertence a êste plano de correção (S_3 S_4) ser ligada em posição média (plano de apoio).

O erro se mantém como distância dos planos de correção / distância de apoio, portanto menor que 3%.

EXEMPLOS PARA O AJUSTAMENTO DAS CHAVES DE EQUILÍBRIO S3 e S4

	Natureza do rotôr	Chave de equilíbrio
I		
II		
III		
IV		
V	 <p style="text-align: center;">ajustamento do instrumento de medida</p> <p style="text-align: right;">$a = b = c$</p>	

E_{A1} - Plano de correção 1 (esquerdo)

E_{A2} - Plano de correção 2 (direito)

E_S - Plano do centro de gravidade (para desequilíbrio estático)

Equilibracão em série de corpos a equilibrar identicos

Regular o aparelho de medição de acordo com os valores da ficha de equilibracão.

colocar a chave de comando principal de aparelho na posicao equilibrar.

Ligar a máquina e levar o corpo a equilibrar à rotacão de equilibracão.

Copiar a indicacão do desequilíbrio ou registrá-la.

Frear a máquina e proceder a compensacão do desequilíbrio.

Girar a máquina mais uma vez e verificar se o desequilíbrio restante está dentro da tolerância.

Equilibracão em séries iguais de corpo a equilibrar identicos com o emprego do circuito integrador eletrônico.

Inicialmente regular o aparelho de acordo com os valores da ficha de equilibracão.

Colocar a chave de comando principal do aparelho na posicao equilibrar.

Ajustar o circuito integrador para a rotacão da máquina.

Levar o corpo à equilibrar a rotacão de equilibracão através do relays de tempo ou segundo instruções do capítulo "Ligacão da máquina".

Copiar a indicacão do aparelho ou registrar os valores de desequilíbrio.

Freiar a máquina e proceder a compensacão do desequilíbrio.

Girar a máquina novamente e verificar se o desequilíbrio individual está dentro da tolerância.

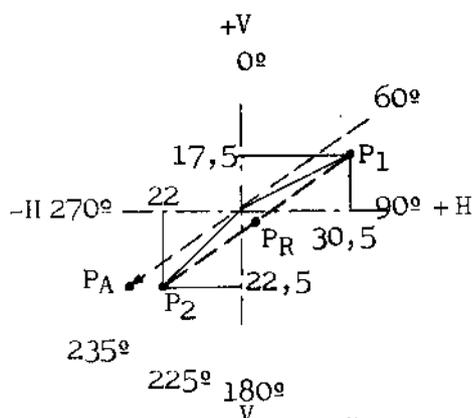
Equilibracão com eixos ou adaptadores auxiliares

Os rotores que necessitam de eixos ou adaptadores auxiliares devem ser também equilibrados pelo processo de rotacão de 180° em relacão ao eixo ou adaptador, a fim de que seja compensado o erro de excentricidade. Nesse caso, estão - por exemplo ventiladores e volantes. O processo de equilibracão ou de compensacão do erro de excentricidade é o seguinte:

Coloca-se o corpo na máquina, gira-se até a rotacão de equilibragem e procede-se a leitura do desequilíbrio indicado pela máquina, registrando-se no papel. Gira-se o rotor então de 180° em relacão ao seu adaptador, e anota-se os valores novos indicados pela máquina; girando-se o corpo novamente, este rotor deve então ser equilibrado até o valor médio de ambas as indicacões obtidas acima. Só neste caso está o rotor completamente equilibrado. A indicacão restante corresponde exatamente ao desequilíbrio proveniente da excentricidade do adaptador

Por exemplo: 1º Giro - indicação é igual:

$P_1 = 35$ divisões à 60° , ou $V_1 = +17,5$ divisões
e $H_1 = + 30,5$ divisões.



2º Giro - Indicação é igual:

$P_2 = 31$ divisões à 225° , ou $V_1 = 22,5$ divisões
e $H_1 = 22$ divisões.

Indicação restante:

4 divisões à 120° , ou $V_1 = 2$ divisões
e $H_1 = + 3,4$ divisões.

A grandeza e a posição angular exata do desequilíbrio do corpo sem contar o erro de excentricidade encontra-se ligando-se os pontos P_1 e P_2 e traçando-se uma paralela a essa linha, passando pelo ponto O . O ponto P_A é exatamente o lugar indicativo do desequilíbrio do corpo.

P_A = localização do desequilíbrio do corpo.

P_R = Localização do desequilíbrio do adaptador ou eixo auxiliar.

$P_1 P_2 / 2$ = desequilíbrio do corpo a equilibrar.

Verificação da máquina equilibradora

A exatidão do processo de equilibração verifica-se como segue:

Ligar o rotor a ser equilibrado com o dispositivo de adaptação (eixo articulado eixo auxiliar ou mandril do fuso de equilibrar) e medir o desequilíbrio na rotação de equilíbrio indicada para o rotor, e anotar os resultados.

Retirar o rotor do dispositivo de adaptação e girá-lo de 180° , fixá-lo novamente e medir novamente o desequilíbrio na mesma rotação.

Se o adaptador do rotor estiver exatamente equilibrado e sem jogo, ambos os valores de medição são da mesma grandeza e deslocados de 180° . Mostram os valores de medição uma diferença no deslocamento de 180° , então o adaptador do rotor apresenta em desequilíbrio ou jogo.

Correção do desequilíbrio do adaptador

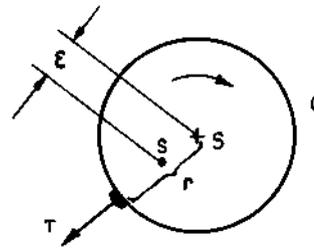
Eixos auxiliares ou mandrils no fuso de equilibração são equilibrados na forma usual,

Os eixos articulados são equilibrados junto com a peça a ser equilibrada. Acopla-se o eixo articulado ao rotor e equilibra-se o rotor depois a zero. Depois gira-se o rotor em relação ao eixo articulado de 180° e mede-se novamente o desequilíbrio. Ao desequilíbrio agora medido, corrige-se a metade no eixo articulado. Uma verificação posterior, após novo giro do rotor de 180° , tem que dar também a indicação zero nos instrumentos de indicação.

Verificação da sensibilidade.

Quando se quer verificar a sensibilidade da máquina, coloca-se um rotor equilibrado a zero, de peso conhecido G , no seu plano do centro de gravidade um peso de tara T a uma distância r do eixo de rotação. O deslocamento radial do centro de gravidade resulta do peso colocado E em μ (1/1000 mm) importa então a

$$\epsilon = \frac{T \cdot r}{G}$$



Para esta fórmula mede-se E em μ , r em mm, T em g e G em kg. (S centro de gravidade original, S' centro de gravidade novo, em consequência do peso de ensaio)

Exemplo:

Se o rotor tiver um peso de 50 kg e o peso de tara adicionado tiver 2 kg, com uma distância do eixo de rotação de 200 mm, então o deslocamento do centro de gravidade é obtido é :

$$\epsilon = \frac{2 \text{ g} \cdot 200 \text{ mm}}{50 \text{ kg}} = 8 \mu$$

Se este deslocamento do ponto de gravidade resultar em uma indicação de 8 traços divisores no instrumento de medição, então a máquina possui uma sensibilidade de 1 μ por traço divisor.

Observações adicionais

Se por acaso na equilibração de alguns corpos, como por exemplo ventiladores se torna necessário inverter a rotação de equilibração da máquina, afim de que diminua a resistência ao ar do ventilador, resulta que a indicação do aparelho - indicador da máquina torna-se invertida. A indicação normal do sentido de rotação da máquina encontra-se no disco graduado onde está gravada uma flexa. No caso desta inversão então a posição mais da chave mais / menos indica o lugar onde o corpo a equilibrar é mais leve, e da mesma maneira, a posição menos desta chave indica o lugar aonde o corpo a equilibrar é mais pesado. (Em algumas máquinas com acionamento por eixo cardan, a unidade de medição é de tal maneira - construída que sempre o lugar mais pesado do corpo a equilibrar é indicado quando a chave mais / menos está na posição mais).

Medição de grandes desequilíbrios

Se a indicação dos desequilíbrios afasta-se da área da escala do aparelho de medição mesmo estando a chave de sensibilidade na posição de mínima sensibilidade, é necessário reduzir os valores dos potenciômetros de calibração C_1 ou C_2 . (ou S_1 nas máquinas duras,)

Se produz então uma diminuição linear da indicação, i.é. se o potenciômetro de

calibração estiver na posição 5, indica o instrumento de medição a metade do valor do que se o potenciômetro de calibração estivesse na posição 10. Procedese então a primeira equalibração do corpo, o que naturalmente traz um resultado - aproximado.

Para a equalibração final do corpo a equalibrar até a tolerância desejada, deve se recolocar os potenciômetros de calibração nas posições indicadas pela ficha de equalibração para aquele corpo. Procedese então a equalibração final.

Se o desequilíbrio do corpo for muito grande de tal maneira que as pontes oscilantes chegam a bater contra os seus limites, então é necessário proceder a equalibração com as pontes oscilantes totalmente bloqueadas. Neste caso o aparelho de medição indica os desequilíbrios defasados, de cerca de 180°.

Quando a indicação do desequilíbrio no aparelho de medição com as pontes bloqueadas se torna bastante pequena, continua-se a equalibrar da seguinte maneira:

abre-se primeiramente o bloqueio da ponte oscilante do suporte esquerdo e equalibra-se esse lado aproximadamente segundo o processo descrito acima.

Em seguida fecha-se novamente a ponte oscilante equerda e abre-se o bloqueio da ponte oscilante direita, equalibrando-se este lado aproximadamente segundo também o processo descrito acima.

Desta maneira obtem-se uma equalibração aproximada nos dois planos de compensação do corpo a equalibrar. Em seguida procede-se a equalibração normal.

I N D I C E

	Página
Introdução	1
Equalibração em um plano	1 - 2
Equalibração em dois ou mais planos	3 - 4
Necessidade de balanceamento	4
Máquinas de equalibrar Schenck	5 - 8, 11- 12
Instruções gerais para equalibração	8 - 9
Colocação da peça a ser equalibrada	12
Suportes de mancais para máquinas super críticas	12 13
Aparêlho de medição usado nas máquinas de suportes super críticos	13 - 14
Ajustagem do aparelho de medição para máquinas super crítica (moles)	15 - 19
Suportes de mancais para máquinas sub crítica (duras)	20
Aparêlho de medição usado nas máquinas sub críticas	21 - 23
Ajustagem do aparelho de medição para máquinas sub crítica (duras)	23 - 27
Equalibração com eixos ou adaptadores auxiliares	27
Verificação da máquina equalibradora	28
Correção do desequilíbrio do adaptador	28
Verificação da sensibilidade	29
Medição de grandes desequilíbrios	29 - 30