

❑ Máquinas de Balanceamento de Mancais Flexíveis

➤ Exemplo de Balanceamento (Caso Geral)

- Portanto, o efeito das massas de teste foram:

$$\begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= \vec{\delta}_{A+t} - \vec{\delta}_A \\ \vec{\delta}_{B,t} &= \vec{\delta}_{B+t} - \vec{\delta}_B\end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= 0.43 \angle 103^\circ - 0.4 \angle 90^\circ \\ \vec{\delta}_{B,t} &= 0.24 \angle 174^\circ - 0.3 \angle 150^\circ\end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= -0.097\hat{i} + 0.019\hat{j} \\ \vec{\delta}_{B,t} &= 0.021\hat{i} - 0.125\hat{j}\end{aligned}}$$

- Os coeficientes de influência podem ser determinados, como segue:

$$\begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= \alpha_{CA}\vec{u}_{C,t} + \alpha_{DA}\vec{u}_{D,t} \\ \vec{\delta}_{B,t} &= \alpha_{CB}\vec{u}_{C,t} + \alpha_{DB}\vec{u}_{D,t}\end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= \alpha_{CA}m_tR_C\angle\theta_{C,t} + \alpha_{DA}m_tR_D\angle\theta_{D,t} \\ \vec{\delta}_{B,t} &= \alpha_{CB}m_tR_C\angle\theta_{C,t} + \alpha_{DB}m_tR_D\angle\theta_{D,t}\end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned}\vec{\delta}_{A,t} &= \alpha_{CA}10R_C\angle 0^\circ + \alpha_{DA}10R_D\angle 90^\circ \\ \vec{\delta}_{B,t} &= \alpha_{CB}10R_C\angle 0^\circ + \alpha_{DB}10R_D\angle 90^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}-0.097\hat{i} + 0.019\hat{j} &= 10(\alpha_{CA}R_C)\hat{i} + 10(\alpha_{DA}R_D)\hat{j} \\ 0.021\hat{i} - 0.125\hat{j} &= 10(\alpha_{CB}R_C)\hat{i} + 10(\alpha_{DB}R_D)\hat{j}\end{aligned} \quad \Rightarrow$$

$$\boxed{\begin{aligned}\alpha_{CA}R_C &= -0.0097 \text{ [mm/g]} \\ \alpha_{DA}R_D &= 0.0019 \text{ [mm/g]} \\ \alpha_{CB}R_C &= 0.0021 \text{ [mm/g]} \\ \alpha_{DB}R_D &= -0.0125 \text{ [mm/g]}\end{aligned}}$$



❑ Máquinas de Balanceamento de Mancais Flexíveis

➤ Exemplo de Balanceamento (Caso Geral)

- Digamos que, para balancear o rotor, devemos adicionar uma massa m_C , **no mesmo raio em que havíamos colocado a massa de teste**, e analogamente para o plano **D**. Logo, podemos reescrever o sistema linear da Eq .37, como segue:

$$\begin{bmatrix} \alpha_{CA} & \alpha_{DA} \\ \alpha_{CB} & \alpha_{DB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{u}_C \\ \vec{u}_D \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \vec{\delta}_A \\ \vec{\delta}_B \end{bmatrix} \quad \Rightarrow \quad \begin{bmatrix} \alpha_{CA} & \alpha_{DA} \\ \alpha_{CB} & \alpha_{DB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_C R_C \angle \theta_C \\ m_D R_D \angle \theta_D \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \vec{\delta}_A \\ \vec{\delta}_B \end{bmatrix} \quad \Rightarrow \quad \begin{bmatrix} \alpha_{CA} R_C & \alpha_{DA} R_D \\ \alpha_{CB} R_C & \alpha_{DB} R_D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_C \angle \theta_C \\ m_D \angle \theta_D \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \vec{\delta}_A \\ \vec{\delta}_B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0.0097 & 0.0019 \\ 0.0021 & -0.0125 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_C \angle \theta_C \\ m_D \angle \theta_D \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} 0.4 \angle 90^\circ \\ 0.3 \angle 150^\circ \end{bmatrix}$$

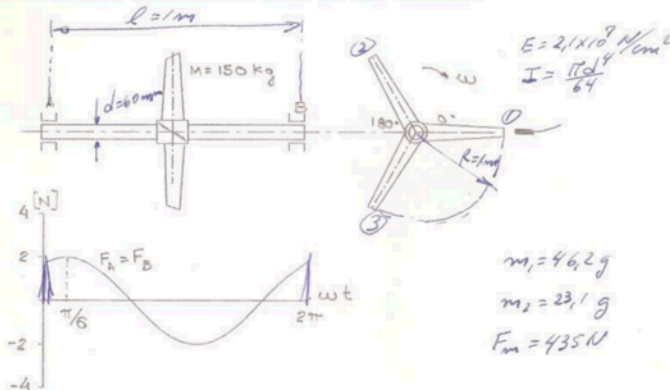


$$\begin{aligned} m_C \angle \theta_C &= 45 \angle 95^\circ = (-4.2\hat{i} + 45.2\hat{j}) \text{ [g]} \\ m_D \angle \theta_D &= 29 \angle 138^\circ = (-21.5 + 19.7\hat{j}) \text{ [g]} \end{aligned}$$



Exercício: Lista 1-Q9

O ventilador indicado na figura, com eixo de massa desprezível, é montado sobre uma máquina de balancear de mancais rígidos e posto a girar a 95,5 rpm, obtendo-se o seguinte gráfico para a força nos mancais, em função da posição angular do eixo. Determinar as massas a serem retiradas nas pás para balancear o rotor. Se o rotor fosse montado no ventilador e posto a girar a 1146 rpm, qual seria a força máxima dinâmica em cada um dos mancais?

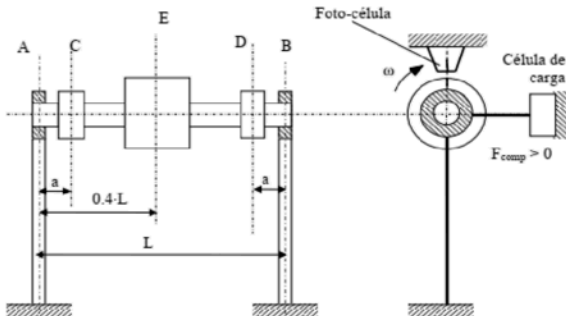


❑ Exercício: P1-2020-Q2

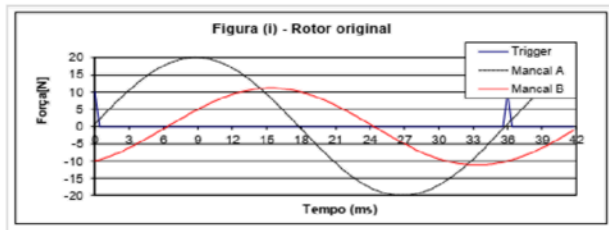
2ª Questão- O rotor rígido mostrado na figura tem massa $M = 15 \text{ kg}$ e está instalado em uma máquina de balancear de mancais rígidos, para ser balanceado nos planos C, D e E.

As forças horizontais nos mancais **A** e **B** com o rotor na condição original são mostradas na Figura (i) abaixo. O princípio de balanceamento adotado é o de anular o desbalanceamento estático por retirada de massa no plano do centro de massa (plano E) e de anular o desbalanceamento de momento por retirada de massa nos planos C e D. Sendo dados $a=50\text{ mm}$ e $L=500\text{ mm}$, pede-se:

- Calcular a massa a ser retirada no plano E, a um raio $R_E = 60 \text{ mm}$, assim como sua posição angular, para balancear estaticamente o rotor original.
- Após o balanceamento do item a) haver sido feito, determinar as massas a serem retiradas nos planos C e D a um raio $R = 40 \text{ mm}$, assim como suas posições angulares, para balancear dinamicamente o rotor.

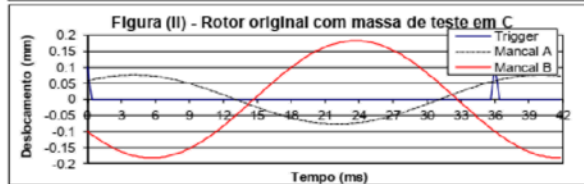
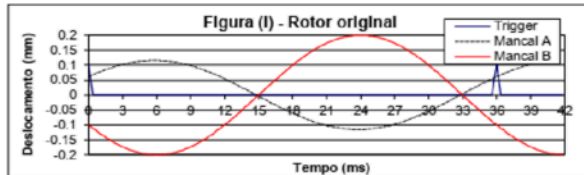
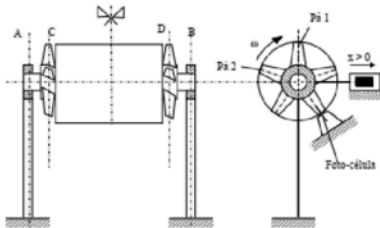


- c) Sabendo-se que o rotor deve operar à **6000 rpm**, determinar o máximo desbalanceamento residual total admissível de modo que o rotor satisfaça a classe **ISO G-6.3** e propor uma tolerância para o desbalanceamento residual da primeira etapa do procedimento prático (plano E no quesito a) e para a segunda etapa (planos C e D no quesito b).



Exercício: P1-2020-Q1

1ª Questão— O rotor rígido simétrico com massa 20 kg e cuja rotação de operação é de 5000 rpm , representado na figura instalado simetricamente em uma máquina de balancear de mancais flexíveis, deve ser balanceado nos planos dos ventiladores por retirada de massa nas extremidades das pás, de modo a satisfazer uma classe de balanceamento ISO G 6.3. Os deslocamentos horizontais medidos nos mancais **A** e **B** em função do tempo, contado a partir do pulso da fotocélula, são mostrados na **Figura(i)**, com o rotor em sua condição original. Após a adição de uma massa de teste $m_t = 10 \text{ g}$ na extremidade da pá número 1 do plano C, com raio $R = 100 \text{ mm}$, obteve-se os gráficos de deslocamento apresentados na **Figura(ii)**. Pede-se:



- Determinar as posições relativas dos traços do eixo central de inércia e do eixo geométrico do rotor original nos planos transversais por **A** e **B**.
- Calcular os coeficientes de influência α_{xy} (medidos em mm/g) que relacionam as amplitudes provocadas nos mancais **A** e **B** por massa adicionada nas extremidades das pás nos planos **C** e **D**.
- Determinar as massas a serem retiradas nas pás dos planos **C** e **D** para balancear o rotor.
- Calcular o desbalanceamento residual admissível em cada plano de balanceamento e estimar a tolerância das massas a serem retiradas das pás.