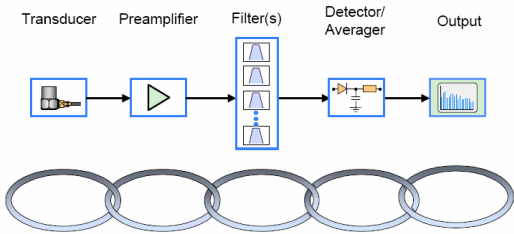


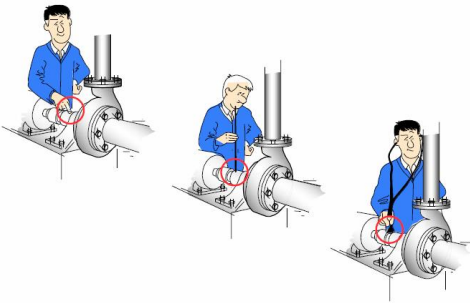
МЕРЕЊЕ НА ВИБРАЦИИ



Мерен систем



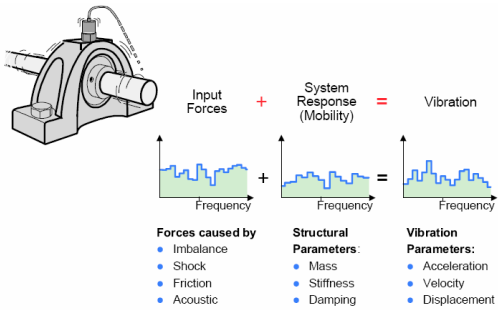
Застарени методи за мерење



Современи методи за мерење



Сили и вибрации на системи



Зошто се мерат вибрациите ?



Да се утврди дека фреквенциите и амплитудите не ги надминуваат дозволените вредности за материјалот



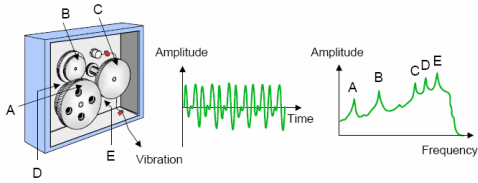
Да се избегне побуда на одредени делови од машината во резонантно подрачје

Да се преземат мерки за придушување и изолација на изворите на вибрации
За превентивно одржување на машините

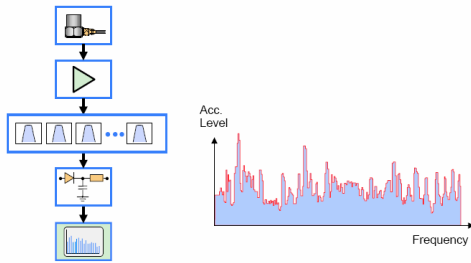


За конструирање и верификација на компјутерски модели на конструкции

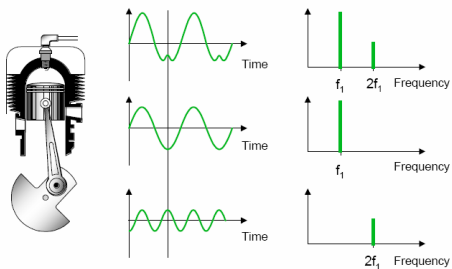
Периодични вибрации Улога на фреквентната анализа



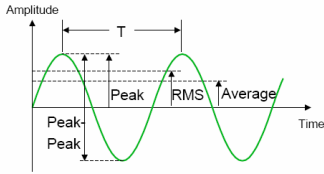
Што е фреквентна анализа ?



Периодични вибрации и хармоници



Што се мери кај вибрациите

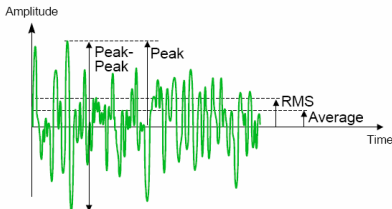


$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

$$\text{Average} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt$$

$$\text{Crest Factor} : \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}}$$

Што се мери кај вибрациите



$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

$$\text{Average} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt$$

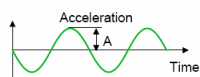
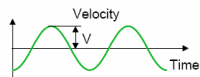
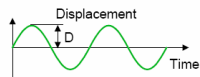
$$\text{Crest Factor} : \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}}$$

Мерни големини

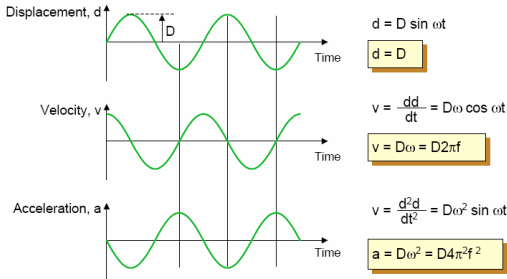
ЛИНИСКИ ГОЛЕМИНИ



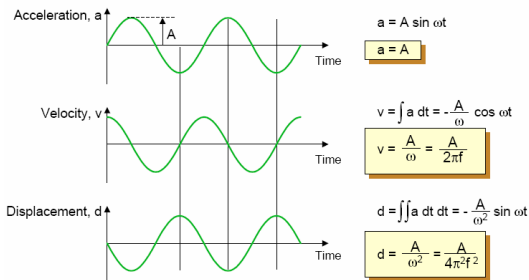
ОСЦИЛАТОРНИ ГОЛЕМИНИ



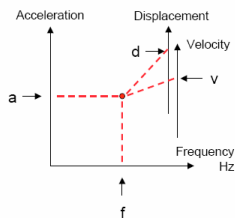
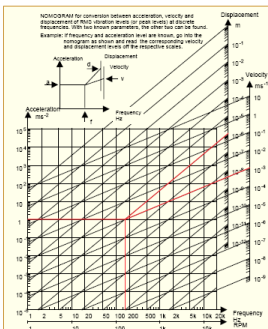
Од поместување до забрзување



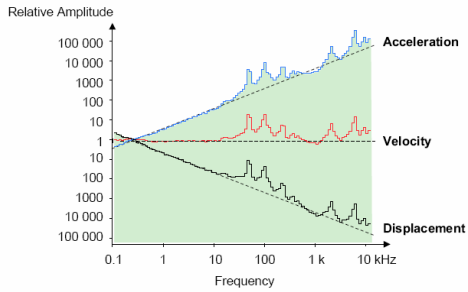
Од забрзување до поместување



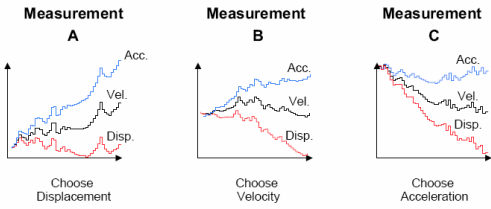
Употреба на номограми



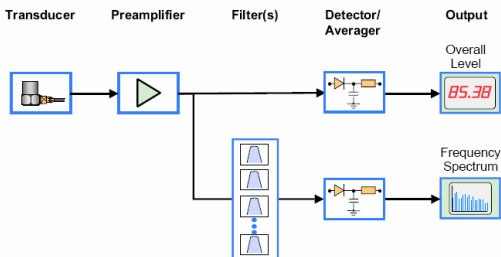
Избор на мерната големина



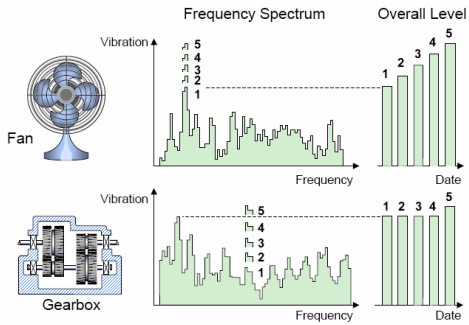
Избор на мерната големина



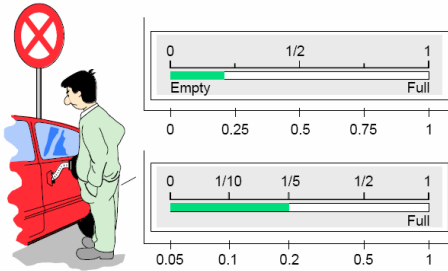
Фреквентна анализа или вкупно ниво



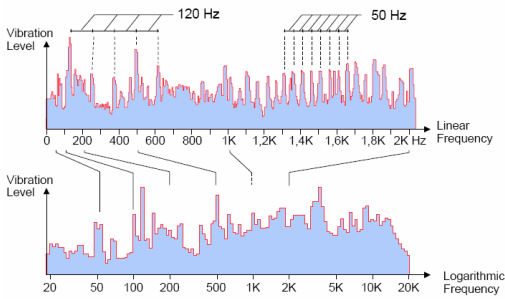
Фреквентна анализа или вкупно ниво



Линеарна или логоритамска скала



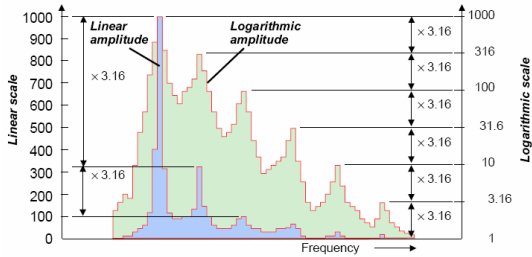
Линеарна или логоритамска скала



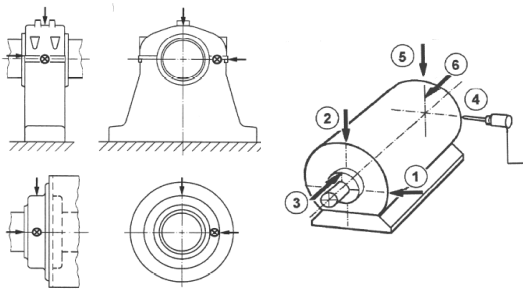
Линеарна или логоритамска скала

Advantages of logarithmic amplitude scale

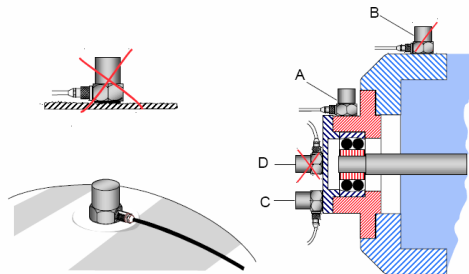
- Constant factor changes are equally displayed for all levels
- Optimal way of displaying a large dynamic range



Мерни места



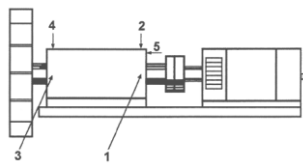
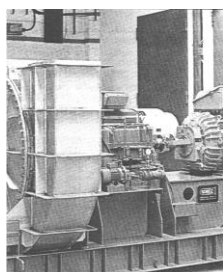
Поставување на давачот



Нормирање на вибрациите VDI 2056

V _{RMS} [mm/s]	Класификација на ниво на вибрација според VDI 2056			
	Група К Мали машини	Група М Средни машини	Група С Големи машини	Група Т Турбо-машини
28	Недозволено			
18	Недозволено			
11	Недозволено			
7	Уште дозволено			
4.5	Уште дозволено			
2.8	Уште дозволено			
1.8	Дозволено			
1.1	Дозволено			
0.7	Добро			
0.45	Добро			

Мерење на нивото на виб. (вентилатор)



SCHENCK 23/FEB/93 10:24

Overall Bearing Vibration

1 2.80 mm/s RMS

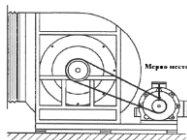
2 1.46 mm/s RMS

REF : 3578 RPM

Speed: 3578 RPM

Brg.Impell.hor. Brg.Impell.vert.

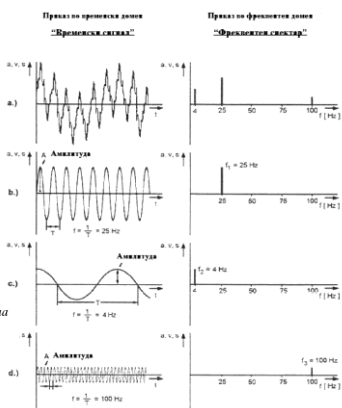
Анализа на вентилатор



Дебаланс на моторот, $n=1500 \text{ rpm}$
 $f_{\text{rot}} = 25 \text{ Hz}$

Електромагнетна возбуда $2xf_{\text{mca}}=100 \text{ Hz}$

Вибрации на ременца $f_{\text{remena}}=4 \text{ Hz}$

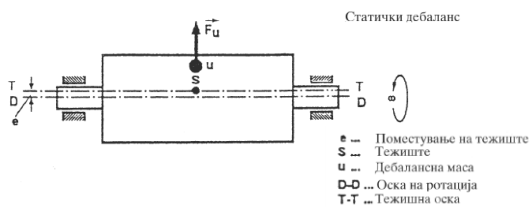


Причини за вибрации

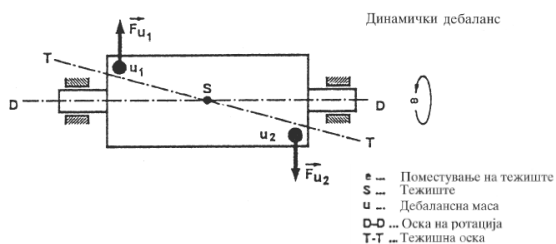
- дебаланс,
- нецентричност,
- резонанс,
- лежишта,
- запченици,
- лопатки,
- каиши,
- кавитација,
- вртложење на масло,
- турбуленција,
- вентили,
- лабавости,
- фундаменти,
- меко стапало,
- свиткано вратило,
- торзиони вибрации,
- биене и др.

- дебаланс 40%
- нецентричност 30%
- резонанс 20%
- останато 10%

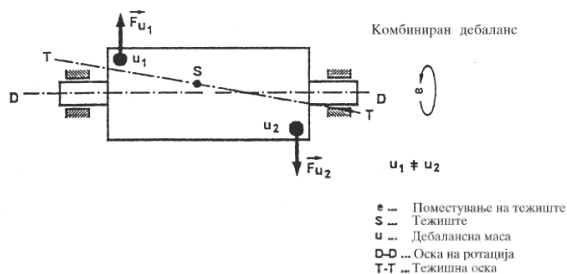
Типови на небалансираност



Типови на небалансираност



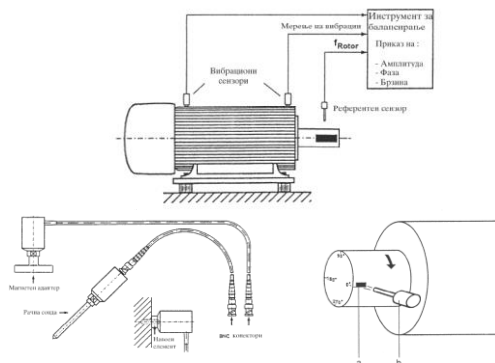
Типови на небалансираност



Причини за небалансираност

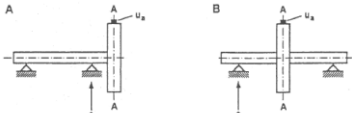
- **Конструктивни грешки** од несиметрични делови, необработени површини, отстапувања од кружност и сл.,
- **Грешки во материјал** при лиење на компонентите, нехомоген материјал, нееднаква дебелина и сл.,
- **Производствени и монтажни грешки**, трајни деформации после заварување, напони предизвикани од нееднакво притегнување на завртки и навртки и сл.,
- **Грешки за време на работа** од ерозија и корозија на роторот, налепување на материјал на лопатки, кршење на лопатки, истрошеност на млински тркала, термички деформации од топол издувен гас кај вентилаторите и сл.

Мерење при балансирање

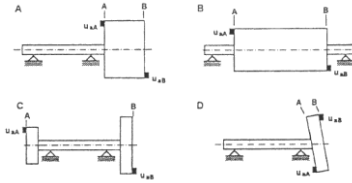


Избор на корекциони рамнини

Балансирање во една рамнина



Балансирање во две рамнини



Динамичко балансирање - пример

Табела 5.1 $n = 1489 \text{ rev/min}$

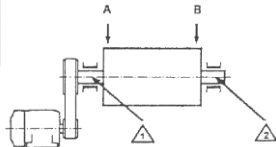
Мерење на почетен дебаланс			
Рамнина 1		Рамнина 2	
Амплитуда	Фаза	Амплитуда	Фаза
9,52 mm/s	11°	8,10 mm/s	310°

Табела 5.2 $m_p = 50 \text{ g}$

Мерење со пробна маса во рамнина А			
Рамнина 1		Рамнина 2	
Амплитуда	Фаза	Амплитуда	Фаза
8,30 mm/s	108°	6,50 mm/s	225°

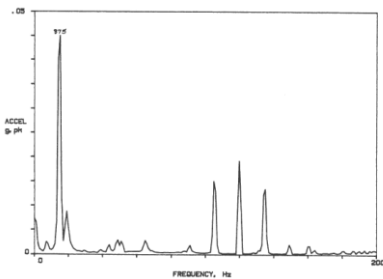
Табела 5.3 $m_p = 10 \text{ g}$

Мерење со пробна маса во рамнина В			
Рамнина 1		Рамнина 2	
Амплитуда	Фаза	Амплитуда	Фаза
9,85 mm/s	2,5°	7,90 mm/s	265°



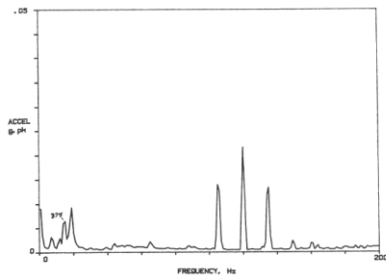
CORRECTION			
ATTACH IN PLANE A:		ATTACH IN PLANE B:	
Mass	Location	Mass	Location
45,73 g	28°	79,71 g	234°

Динамичко балансирање - пример



Сл. 5.4 Фреквенцисен спектар на небалансиран роотор

Динамичко балансирање - пример



Сл. 5.5 Фреквенцисен спектар на балансиран ротор
