

MJERENJE VIBRACIJA TEHNIČKIH SUSTAVA

Ver. 26.11.08.

Predmetni nastavnik:
dr. sc. I. Čala, izv. prof

Obrada vježbe:
dr. sc. D. Lisjak



SADRŽAJ

1. DEFINICIJA VIBRACIJA
2. ZAŠTO MJERITI VIBRACIJE
3. IZVORI VIBRACIJA
4. VIBRACIJE KOTRLJAJUĆIH LEŽAJEVA
5. SUSTAV ZA MJERENJE VIBROTEST 60
6. SUSTAV ZA MJERENJE SPM - Leonova

Definicija vibracije?

- Svako gibanje koje se ponavlja u nekom vremenskom intervalu zove se **vibracija** ili *oscilacija*.



Zašto mjeriti vibracije?



- Zbog provjere frekvencija i amplituda naprezanja kako se nebi prešla dinamička izdržljivost materijala (Wöhlerova krivulja)
- Zbog izbjegavanja pobude rezonancije određenih dijelova strojeva



- Zbog potrebe prigušenja i izolacije izvora vibracija
- Zbog uvođenja sustava održavanja po stanju



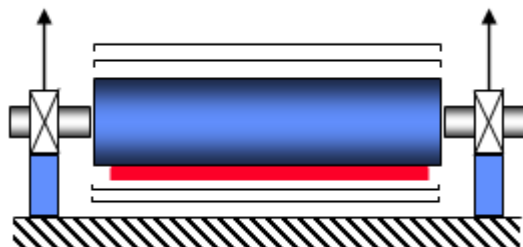
- Zbog konstrukcije i verifikacije računalnih modela struktura



Izvori vibracija

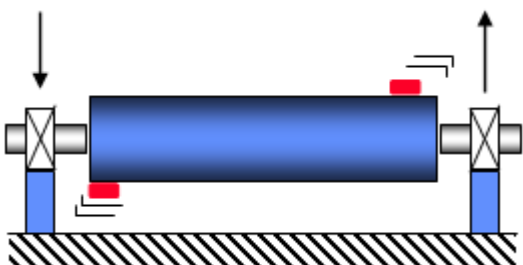
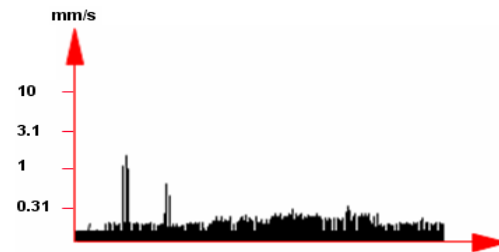
- Neravnoteža sustava
- Asimetričnost sustava
- Savijanje osovine/vratila
- Ekscentričnost
- Ležajevi

Neravnoteža



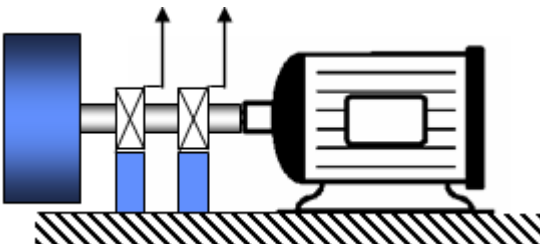
Statička neravnoteža

- Jednak fazni pomak na svaki od ležajeva
- Uglavnom radijalne vibracije



Dinamička neravnoteža

- Fazni pomak od 180°
- Uglavnom radijalne vibracije

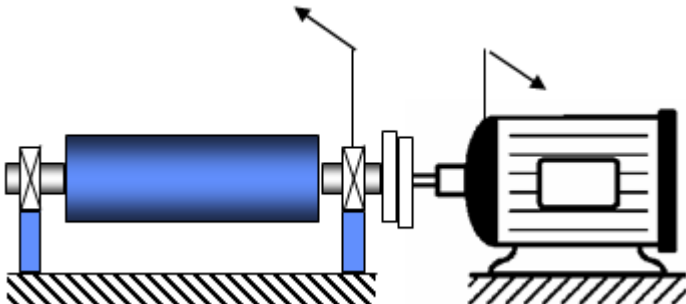


Neravnoteža konzolnog opterećenja

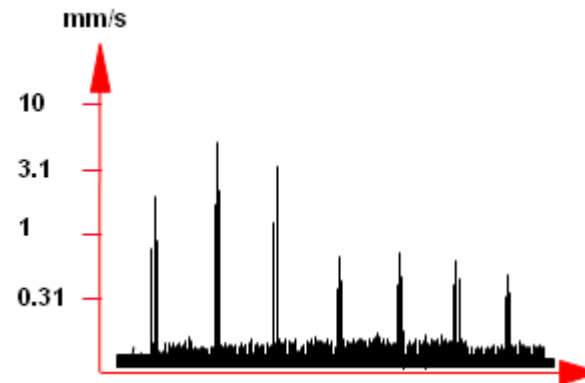
- Istovremene radijalne i aksijalne vibracije
- Statička i dinamička neravnoteža

Asimetričnost

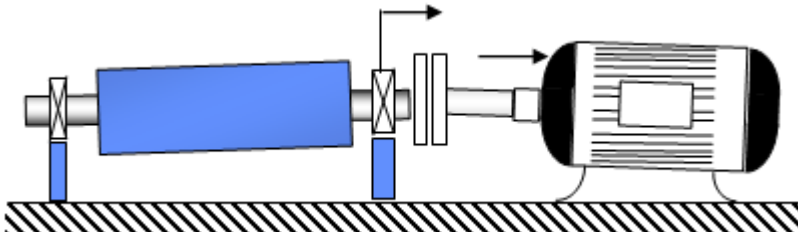
A. Paralelna



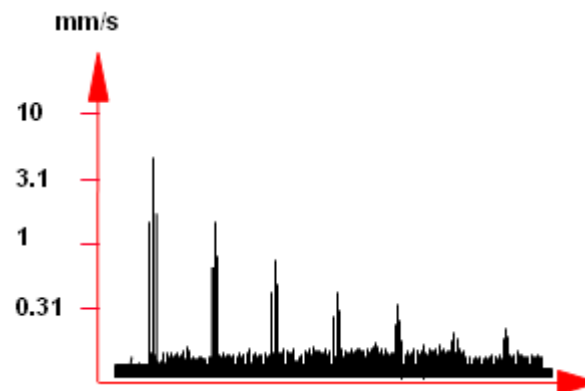
- Radijalne vibracije sa faznim pomakom od 180°



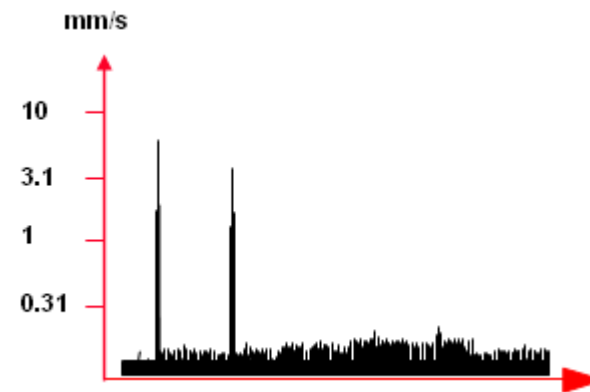
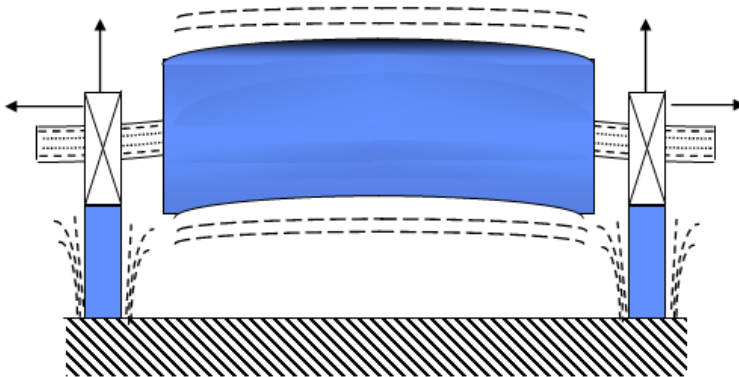
B. Kutna



- Aksijalne vibracije sa faznim pomakom od 0°

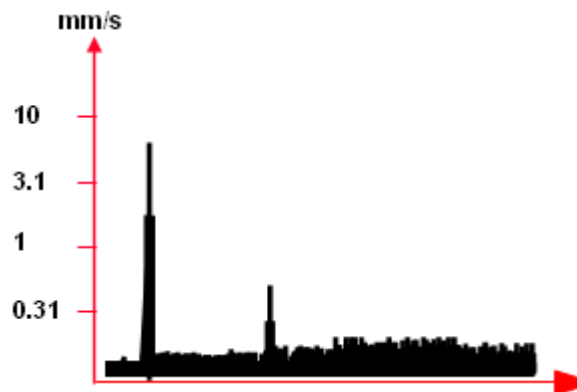
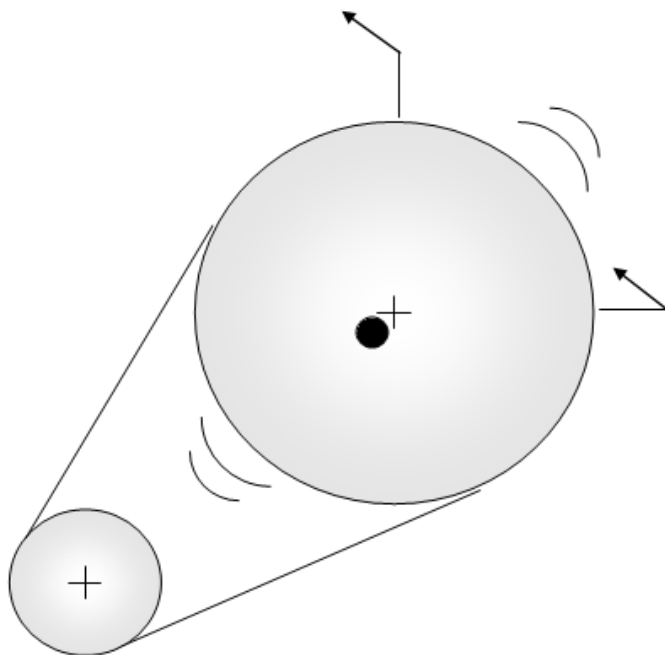


Savijanje osovine



- Aksijalne i radijalne vibracije
- 180° fazni pomak kod aksijalnih vibracija
- 0° fazni pomak kod radijalnih vibracija

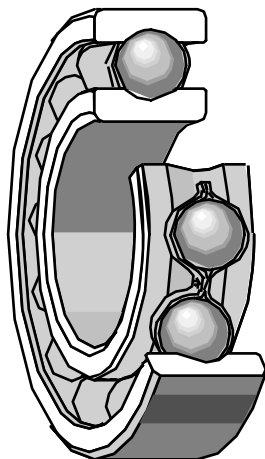
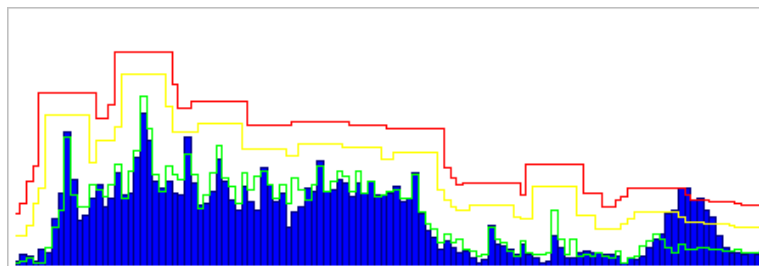
Ekscentričnost



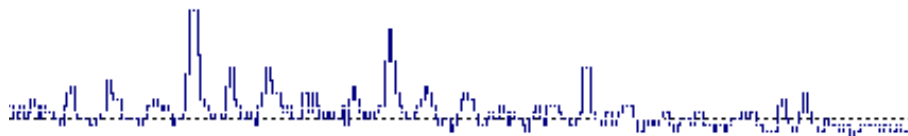
- Centar rotacije različit od geometrijskog centra
- Radijalna i aksijalna faza jednake ili različite od 180°

Vibracije kotrljajućih ležajeva

- Greške kotrljajućih ležajeva detektiraju se pomoću CPB metode u visokofrekvencijskom opsegu



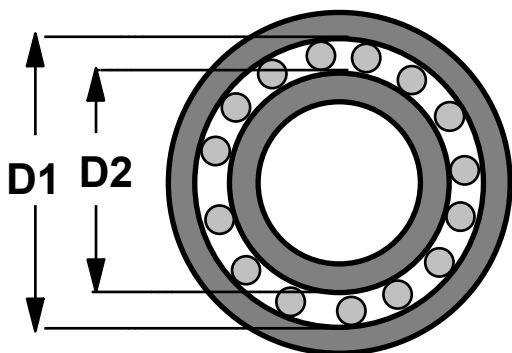
- Primjena “Envelope spectra” metode za detekciju i dijagnozu stanja ležaja



- U slučaju grešaka da nema dobiva se tzv. “flat envelope” spektar



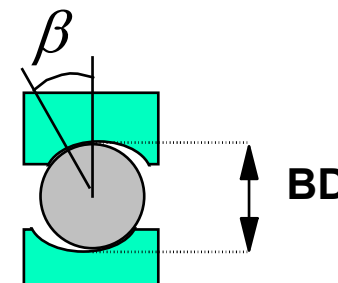
Izračunavanje frekvencija elemenata ležajeva



$$PD = \frac{D1 + D2}{2}$$

$n =$ broj kuglica

$f_r =$ frekvencija rotacije

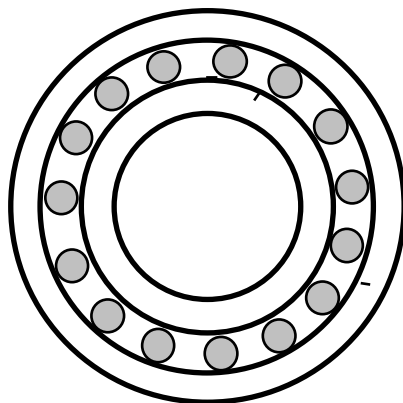


$$\text{BPFO} = f_{outer} \text{ (Hz)} = \frac{n}{2} f_r \left(1 - \frac{BD}{PD} \cos \beta \right)$$

$$\text{BPFI} = f_{inner} \text{ (Hz)} = \frac{n}{2} f_r \left(1 + \frac{BD}{PD} \cos \beta \right)$$

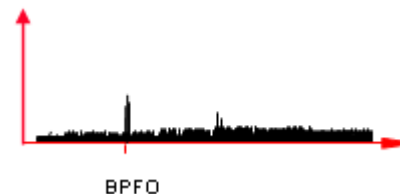
$$\text{BSF} = f_{ball} \text{ (Hz)} = f_r \frac{PD}{BD} \left[1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right)^2 \right]$$

$$f_{cage} \text{ (Hz)} = \frac{1}{2} f_r \left(1 - \frac{BD}{PD} \cos \beta \right)$$



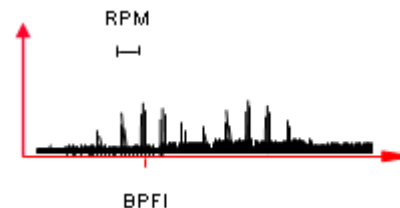
1. Greške vanjske staze kotrljanja

- *Ball Pass Frequency Outer Race (BPFO)*
- Traje mjesecima



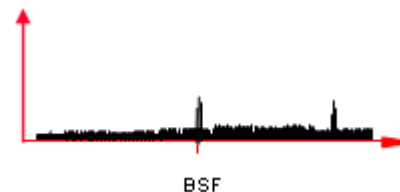
2. Greške unutarnje staze kotrljanja

- *Ball Pass Frequency Inner Race (BPFI)*
- Traje danima ili tjednima



3. Greške kuglica

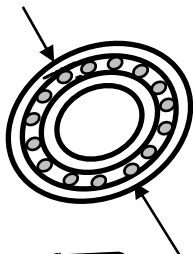
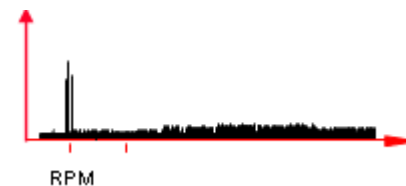
- *Ball Spin frequency (BSF)*
- Često u kombinaciji sa BPFO i BPFI
- Zahtijeva hitnu zamjenu ležaja



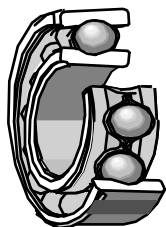
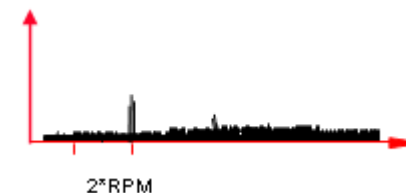
Vibracije ležajeva zbog grešaka montaže



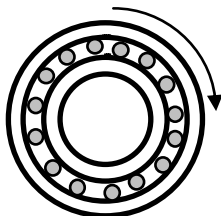
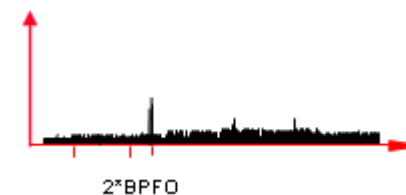
*Asimetričnost rotora
Neravnoteža rotora*



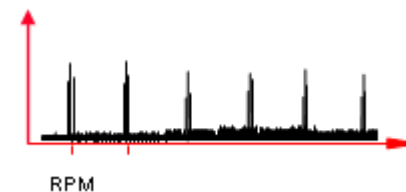
*Radijalno
naprezanje ležaja*



*Asimetričnost
vanjske staze
kotrljanja*



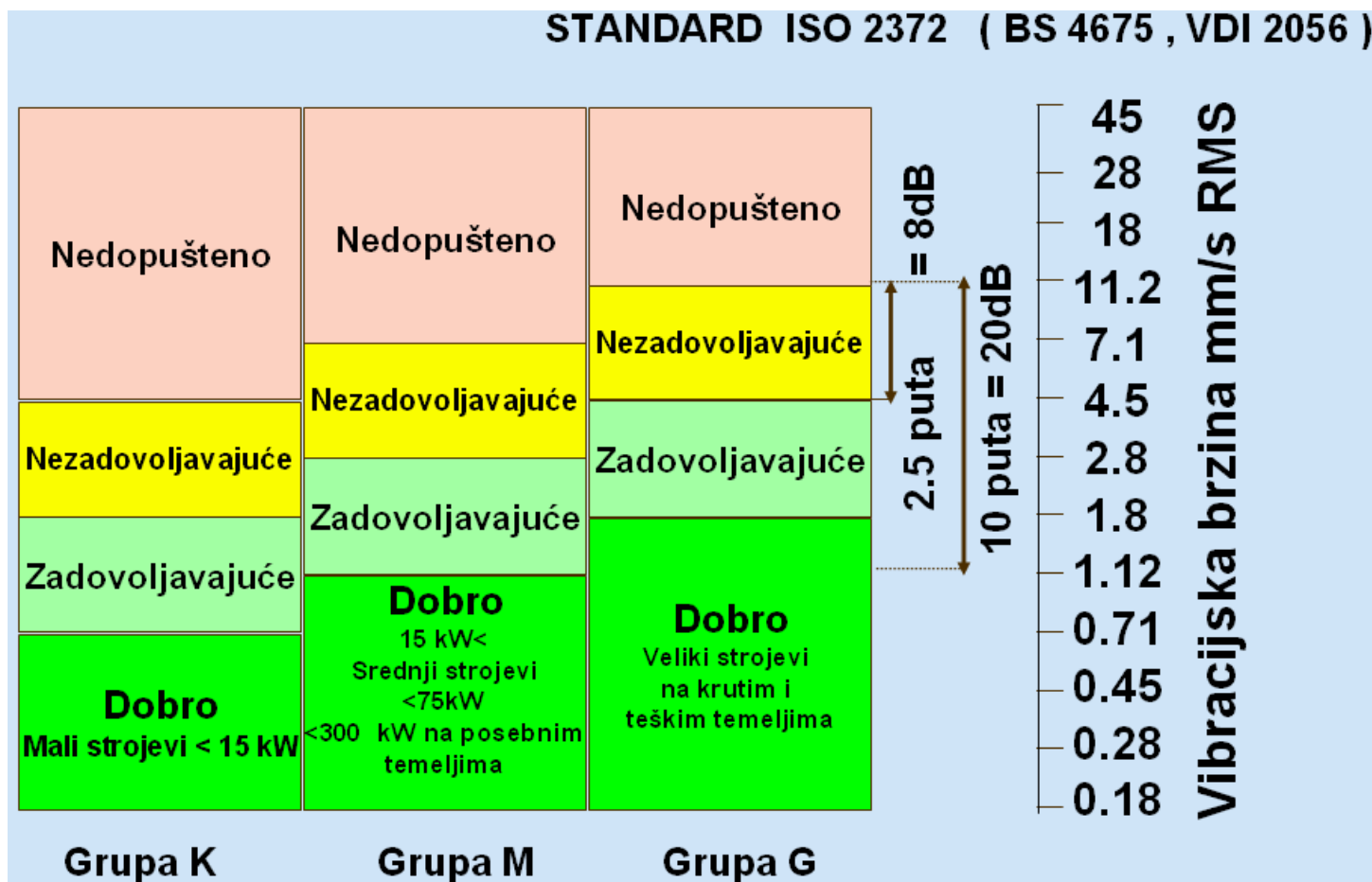
*Nepravilnosti staze
zbog ugradnje
sjedišta*



Greške podmazivanja



Procjena vibracijskog stanja sustava prema ISO 2372



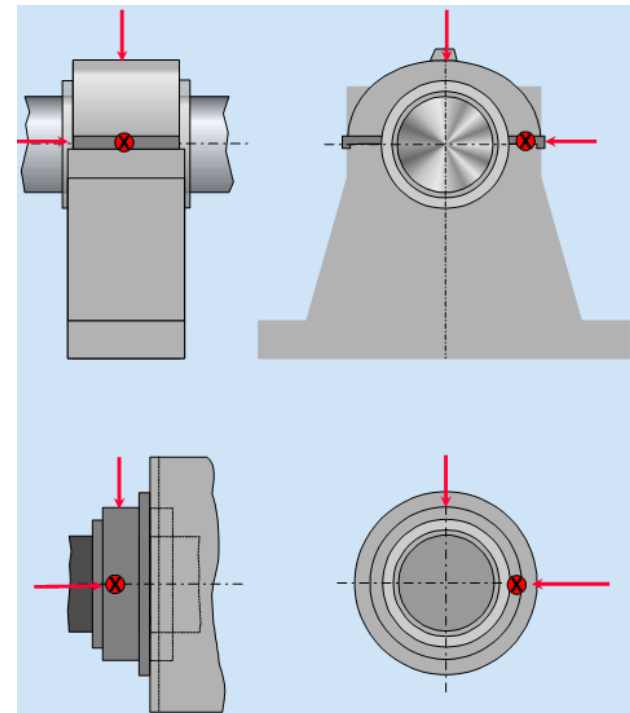
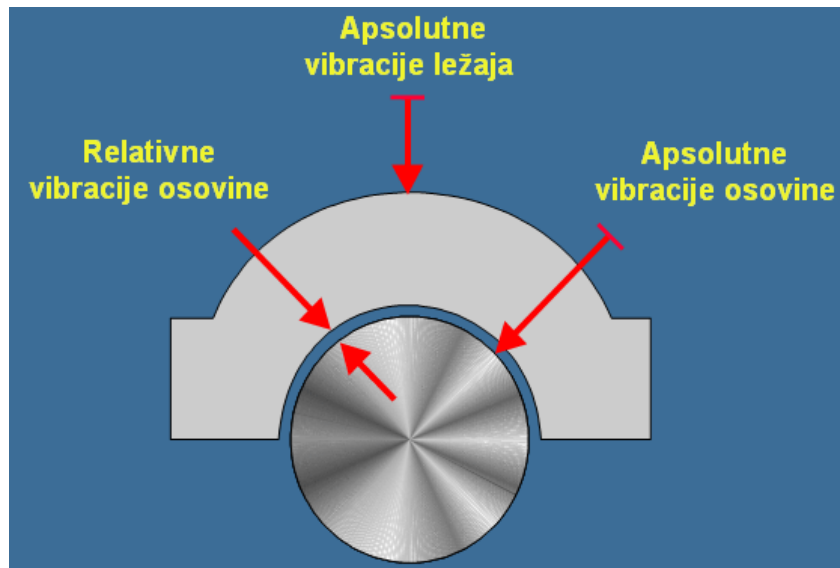
Sustav za mjerenje vibracija **VIBROTEST - 60**



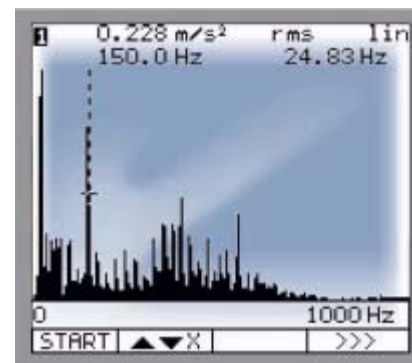
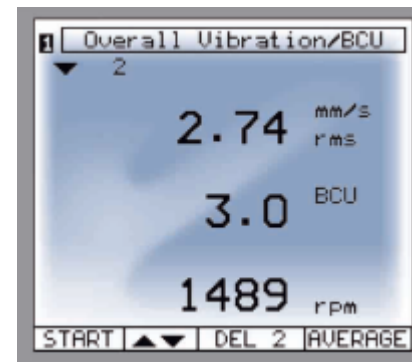
Brüel & Kjær Vibro



Preporuke izbora mjernih mjesta prema Brüel & Kjaer[®]

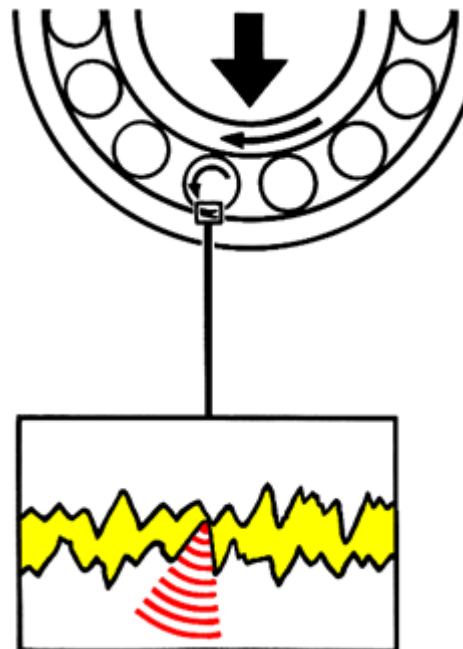


Primjer mjerenja sa **VIBROTEST-60**

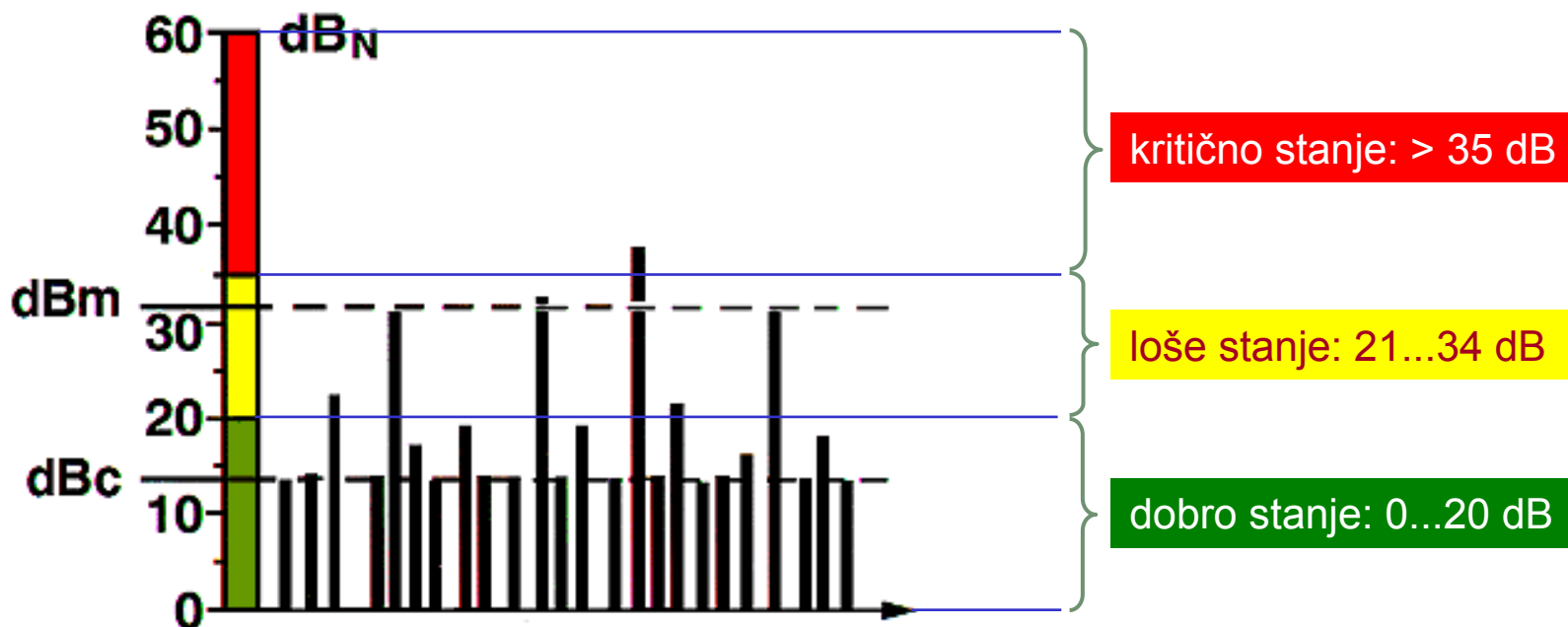


Metoda udarnih impulsa **SPM** – Shock Pulse Methods

- Švedski patent razvijen 60-tih godina
- **SPM** -om se mjere udarni valovi (impulsi) koji nastaju zbog prolaza kotrljajućeg elementa ležaja preko oštećenja

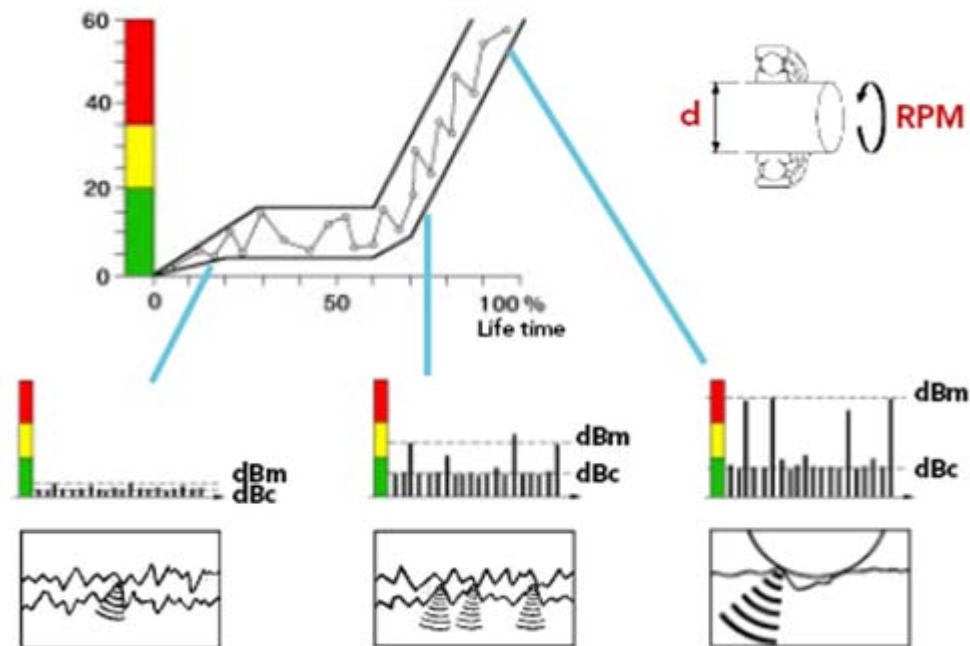


Mjerne značajke kod *SPM* metode



- **dBm** – *decibel maximum value* – maksimalna vrijednost udarnog impulsa u mjerenom signalu u dB.
- **dBc** – *decibel carpet value* – “tepih” vrijednost udarnih impulsa u mjerenom signalu u dB.
- **dB_N** – *normalized shock value* – normirana vrijednost udarnih impulsa u dB.

Propagacija oštećenja ležaja tijekom životnog vijeka



dBm vrijednosti:

- 30...40 – **blago** oštećenje ležaja
- 40...45 – **jako** oštećenje ležaja
- > 45 – **teško** oštećenje ležaja (**visok rizik od otkazivanja!**)

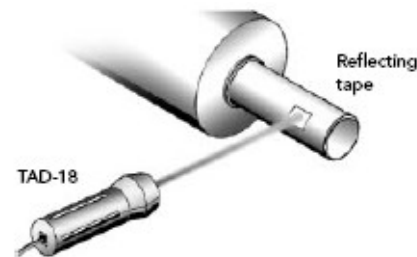
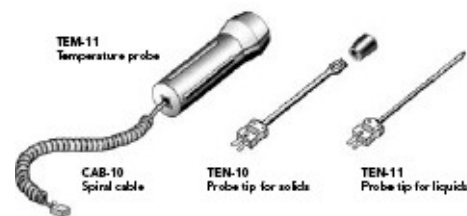
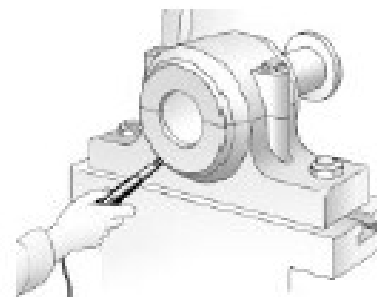
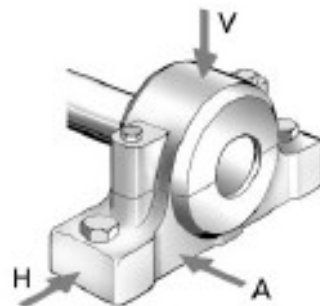
Sustav za mjerenje vibracija **SPM** - *Leonova*



Condmaster® Pro Version 3.0

Primjeri mjerenja sustavom **SPM** - Leonova

- Mjerenje vibracija
- SPM
- Mjerenje temperature
- Mjerenje broja okretaja



Primjer prikaza rezultata mjerenja *SPM* metodom

