

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vybrané partie z elektrických strojů (KEV/VPS) – cvičení 2

Vibrace – normy

Jan Šobra

2021/2022

Normy – vibrace strojů a součástí

- Mezinárodní klasifikace: [ICS 17.160 - Vibrace, rázy a měření vibrací a rázů](#)
- Zahrnuje ***názvosloví, měření*** (metody, přístroje, snímače) a ***hodnocení vibrací*** v obecné rovině i pro konkrétní typy strojů a soustrojí, ***monitorování stavu*** a ***diagnostiku*** strojů
- Nezahrnuje:
 - Účinky vibrací a rázů na lidské tělo ([13.160](#))
 - Vyvažování rotujících hmot ([21.120.40](#))
 - Vibrace stavebních konstrukcí ([91.120.25](#))

Normy – vibrace strojů a součástí

- Názvosloví obecně

- ČSN ISO 2041 Vibrace, rázy a monitorování stavu – Slovník
- ČSN ISO 13372 Monitorování stavu a diagnostika strojů - Slovník

Normy – vibrace strojů a součástí

➤ Vibrace a rázy – Zpracování signálů

- *ČSN ISO 18431-1* Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 1: Obecný úvod
- *ČSN ISO 18431-2* Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 2: Časová okna pro analýzu Fourierovou transformací
- *ČSN ISO 18431-3* Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 3: Metody časově-frekvenční analýzy
- *ČSN ISO 18431-4* Vibrace a rázy - Zpracování signálů - Část 4: Analýza spektra rázové odezvy

Normy – vibrace strojů a součástí

- Monitorování stavu a diagnostika strojů
 - ČSN ISO 13373-1 Monitorování stavu a diagnostika strojů - Monitorování stavu vibrací - Část 1: Obecné postupy
 - ČSN ISO 13373-2 Monitorování stavu a diagnostika strojů - Monitorování stavu vibrací - Část 2: Zpracování, analýza a prezentace vibračních dat
 - ČSN ISO 13373-3 Monitorování stavu a diagnostika strojů - Monitorování stavu vibrací - Část 3: Návod pro vibrační diagnostiku

Normy – vibrace strojů a součástí

➤ Elektrické stroje – obecně

- ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny
- ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací
- ČSN ISO 10816-3 Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15000 1/min při měření *in situ*

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**
- Obecné podmínky a postupy měření vibrací
 - Rotující, nerotující části a části s vratným pohybem
 - Absolutní a relativní radiální hřídelové vibrace
 - Hodnocení velikosti i změny vibrací
 - Monitorování stavu i přejímací zkoušky

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**
- Měřené veličiny
 - Výchylka vibrací (μm)
 - Rychlost vibrací (mm/s)
 - Zrychlení vibrací (m/s^2)
- Sledovaná hodnota
 - Efektivní hodnota (rms)
 - Špičková hodnota (0-p)
 - Rozkmit (p-p)

Normy – vibrace strojů a součástí

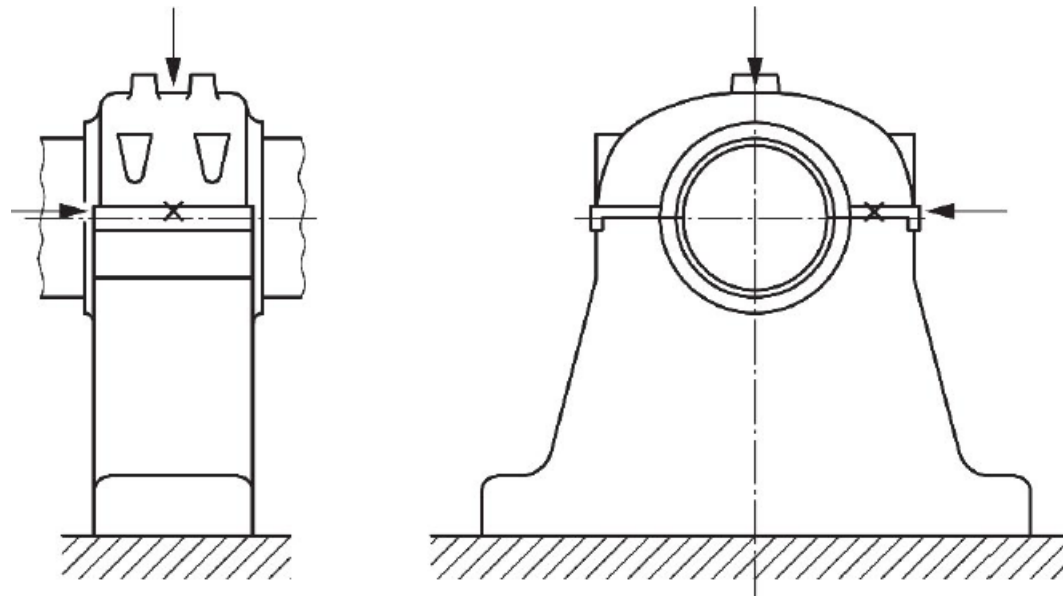
- **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**
- Frekvenční rozsah => přizpůsobení šířky pásma frekvenčnímu spektru stroje
 - Provozní otáčky (příp. jejich rozsah)
 - Typ stroje
 - Účel měření (přejímka, monitorování stavu apod.)
 - Diagnostika ložisek? (valivá nebo kluzná)

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**
- Měřicí místa na nerotujících částech
 - Ložiska
 - Nosné ložiskové skříně
 - Jiné konstrukční části, významně reagující na dynamické síly přenášené z rotujících elementů v místech ložisek
 - V každém místě měření ve třech vzájemně kolmých směrech

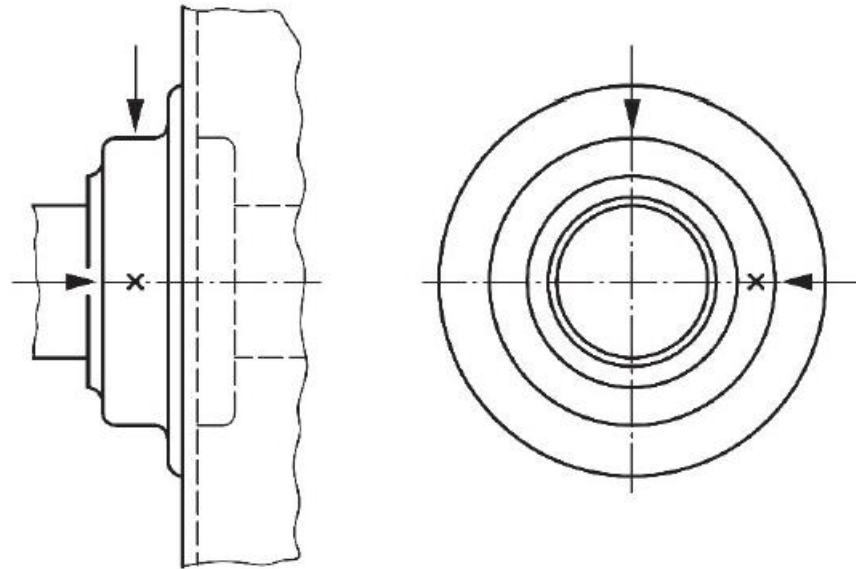
Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1** Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny
- Měřicí body na ložiskových stojanech



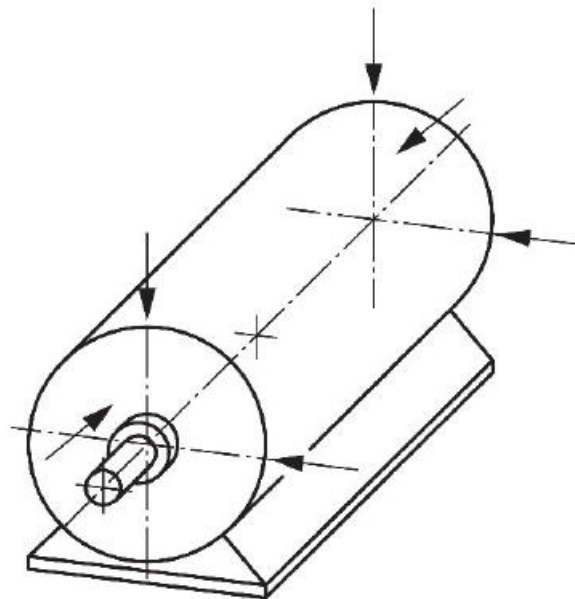
Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1** Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny
- Měřicí body u ložisek v ložiskových skříních



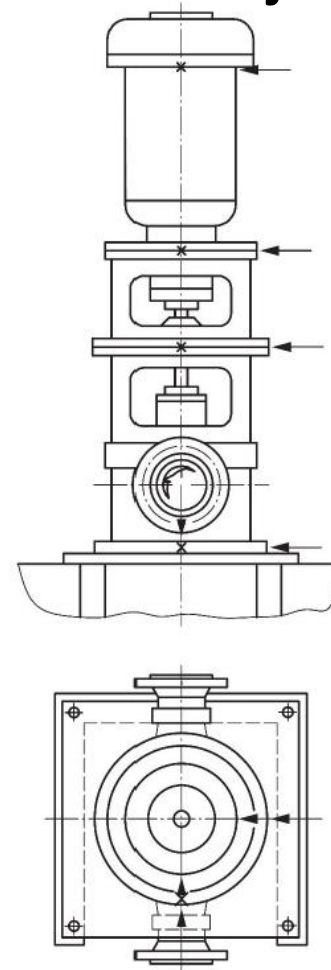
Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1** Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny
- Měřicí body na malých elektrických strojích



Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1** Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny
- Měřící body na vertikálních soustrojích



Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**
- **Pásma hodnocení**
 - Pásmo A: vibrace nově přejímaných strojů
 - Pásmo B: provoz umožněn zpravidla po neomezeně dlouhou dobu
 - Pásmo C: nevyhovující pro dlouhodobý trvalý provoz (nejbližší možný termín opravy)
 - Pásmo D: hrozí poškození stroje
- Hranice pásem platné obecně pro stroje neupravené vlastní normou

➤ **ČSN ISO 20816-1 Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů - Část 1: Obecné pokyny**

- Širokopásmová hodnota rychlosti (pod f_x a nad f_y nutné váhování vůči konstantní rychlosti mezi f_x a f_y)

X	frekvence
Y	efektivní rychlost vibrací
1	pásmo A
2	pásmo B
3	pásmo C
4	pásmo D



Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací**
- Platnost:
 - Přejímací zkoušky nebo stroje odpojené od zátěže / hnacího stroje
 - Stejnoseměrné a 3f střídavé stroje – výška osy nad 56 mm, výkon do 50 MW, RPM 120 až 15k
- Neplatí:
 - Stroje na pracovním místě (*in situ*)
 - 3f komutátorové motory, 1f stroje, 3f stroje v 1f sítích, horizontální hydrogenerátory, turbogenerátory nad 20 MW, stroje s mag. ložisky, sériové stejnosměrné stroje

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací**
- Měřené veličiny
 - Výchylka, rychlost, zrychlení na ložiskách stroje (širokopásmová efektivní hodnota)
 - Relativní výchylka vibrací hřídele uvnitř ložisek nebo v jejich blízkosti
- Frekvenční rozsah minimálně 10 Hz až 1 kHz

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací**
- Montáž stroje
 - Pevné uložení (max. rychlost vibrací na patkách nebo základu $\leq 25\%$ max. rychlosti na nejbližším tělese ložiska)
 - Pružné uložení (zavěšení na pružinu nebo uložení na pružnou podložku – pružiny, pryž)

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací**
- Zkušební podmínky
 - Stav naprázdno, jmenovité hodnoty příslušných veličin
 - Pro každou pevně stanovenou hodnotu jmenovitých otáček (regulované pohony pro otáčky, pro které jsou určeny)
 - Pouze jeden směr točení (kritéria pro vibrace ale platí pro oba směry)
 - Měřicí body dle ČSN ISO 20816-1 pro malé elektrické stroje
 - Hmotnost sestavy snímače $< 1/50$ hmotnosti stroje

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN EN IEC 60034-14 ed. 3 Točivé elektrické stroje - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací**
- **Kritéria pro hodnocení**
 - Tabulka s mezními hodnotami pro pásma A a B (výchylka, rychlost, zrychlení)
 - Pružné / pevné uložení
 - Osové výšky 56 mm až 132 mm, 132 mm až 280 mm, nad 280 mm
 - Tabulka s mezními hodnotami relativních vibrací hřídele

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 10816-3 Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15000 1/min při měření *in situ***
- Platnost:
 - Parní turbíny do 50 MW, parní turbosoustrojí nad 50 MW a RPM pod 1500 nebo nad 3600
 - Rotační kompresory
 - Průmyslové plynové turbíny do 3 MW
 - Generátory
 - Elektrické motory jakéhokoli typu
 - Dmýchadla nebo ventilátory

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 10816-3 Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15000 1/min při měření *in situ***
- Neplatí:
 - Turbosoustrojí na pozemních základech, výkon nad 50 MW a RPM 1500, 1800, 3000 nebo 3600 (viz ISO 10816-2)
 - Soustrojí s plynovou turbínou nad 3 MW (viz ISO 10816-4)
 - Soustrojí ve vodních elektrárnách a čerpacích stanicích (viz ISO 10816-5)
 - Stroje s vratným pohybem (viz ISO 10816-6)
 - Odstředivé čerpadla s integrovanými el. Motory (viz ISO 10816-7)
 - Kompresory – rotační objemové (např. šroubové), s vratným pohybem
 - Čerpadla s vratným pohybem, ponorné motory-čerpadla
 - Větrné turbíny

Normy – vibrace strojů a součástí

- **ČSN ISO 10816-3 Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15000 1/min při měření *in situ***
- Měřicí body dle ČSN ISO 20816-1
- Kritéria pro hodnocení
 - Tabulka s mezními hodnotami pro hranice pásem A/B, B/C a C/D (výchylka, rychlost)
 - Pružné / pevné uložení
 - Osově výšky 160 mm až 315 mm (výkon 15 kW až 300 kW), nad 315 mm (výkon 300 kW až 50 MW)
 - **Neupravuje** měření a hodnocení relativních vibračních hřídele

Děkuji za pozornost

Jan Šobra

jsobra@fel.zcu.cz