

Ing. Antonín N o v á k , VÚHU

Stanovení měřících míst a metodika měření převodovek DPD technologických celků řady TC 2

1.0 Úvod

Rozhodnutím vedení koncernu SHD o zavádění bezdemontážní diagnostiky v SHR bylo VÚHU, k.ú.o., uloženo:

- dobudovat výzkumné vývojové pracoviště bezdemontážní diagnostiky jako vedoucí pracoviště pro přípravu provozního využití diagnostických metod do systému údržby strojů a zařízení TC v SHR;
- připravovat potřebnou, v praxi využitelnou, metodiku měření.

Dle požadavku OPZF GŘ koncernu SHD byla v rámci úkolu RVT řešeného ve VÚHU s názvem "Racionalizace údržbářských procesů a optimalizace vybavenosti TC doplňkovou a pomocnou mechanizací" vypracována a odborným týmem pro řízení úkolů RVT schválena osnova metodiky použití vibrační bezdemontážní diagnostiky pro údržbu převodových skříní DPD pro technologické celky řady TC 2.

Metodika by měla dát odpověď na otázky uvedené v osnově. Mezi ně patří:

1) použitelnost metodiky - omezující podmínky

- vliv ustavení pohonů:

- a) souosost převodové skříně a motoru
- b) vyvážení spojek a brzdových kotoučů

- vliv přesunu poháněcích stanic a deformace ocelové konstrukce na správné ustavení pohonů (důkaz na podkladě měření souososti před a po přesunu).

## 2) vlastní způsob použití metodiky

- výběr vhodných měřících míst z hlediska:
  - a) získání dostatečných informací o technickém stavu
  - b) získání reprezentativního signálu
  - c) získání signálu dostatečné úrovně
- úprava měřících míst pro kontaktní měření:
  - a) snímací elementy
  - b) povrchové úpravy skříní (broušení rovinných ploch pro magnetické držáky snímačů apod.)
- podmínky a způsob měření
  - a) měření naprázdno či pod zatížením
  - b) kontaktní nebo bezkontaktní měření
- výběr vhodné přístrojové techniky pro měření (s odůvodněním)
- časové intervaly měření pro:
  - a) přetržitý provoz
  - b) nepřetržitý provoz
- potřebné příslušenství:
  - a) výpočetní technika (hardware)
  - b) programové vybavení (software)
    - pro měření
    - pro vyhodnocení
- bezpečnost práce při měření:
  - a) přehled bezpečnostních předpisů, souvisejících s prováděnou činností
  - b) návrh na jejich úpravu ve smyslu povolení výjimky pro pracovníky bezdemontážní diagnostiky
  - c) pravidla bezpečnosti práce při měření

## 3) způsob vyhodnocování

- interpretace měření:
  - a) určení a výpočet základní harmonické řady
  - b) určení a výpočet vyšších harmonických řad
  - c) určení a výpočet subharmonických řad

- d) určení a výpočet pracovních frekvencí
  - ložisek
  - ozubených kol
  - význam růstu signálu
  - stanovení základních výchozích (referenčních) hodnot pro převodové skříně používané u DPD TC 2
  - stanovení mezních hodnot provozní použitelnosti pro převodové skříně používané u DPD TC 2.
- 4) využití metodiky v údržbě
  - návrh na využití bodu 3) v provozní údržbě
  - zaměření na stanovení okamžiku, kdy je zapotřebí výměna převodové skříně a její následná oprava v dílnách
  - možnosti prognózování zbytkové životnosti (provozuschopnosti) na základě získaných údajů z měření:
    - a) s využitím matematických metod
    - b) s využitím praktických poznatků na základě systematického dlouhodobého sledování reprezentativního souboru převodových skříní a podrobné identifikace rozsahu a příčiny poruch.

Celá metodika použití vibrační diagnostiky pro údržbu převodových skříní DPD pro technologické celky řady TC 2 by měla být zpracována a vydána do konce roku 1988.

Při vypracování metodiky bude využito informací z provozních měření, která jsou prováděna na k. p. DJF, k. p. DVIL, k. p. DNT a z měření prováděných VÚHU na VČSA Komořany, DJŠ Holešice a na experimentálním pohonu.

Ve své přednášce bych se chtěl zmínit o stanovení měřících míst převodovek DPD a měření rychlosti kmitání  $V_{ef}$ , jakožto veličiny používané ČSN a frekvenčního spektra.

## 2.0 Typy převodových skříní, pro které platí metodika

Obsah metodiky je zaměřen na převodovky pohonných jednotek DPD téměř všech dosud provozovaných typů ve výkonostních kategoriích 500, 630 a 1000 kW. Jde o převodovky:

|                             |            |         |
|-----------------------------|------------|---------|
| - starého provedení typu    | OK 000 517 |         |
|                             | OK 001 069 |         |
|                             | OK 000 926 | 500 kW  |
|                             | OK 001 070 |         |
|                             | OK 001 154 |         |
|                             | OK 000 698 |         |
|                             | OK 001 072 | 630 kW  |
| - upraveného provedení typu | OK 001 409 |         |
|                             | OK 001 414 | 500 kW  |
|                             | OK 001 408 |         |
| - nového provedení          | OK 001 225 | 500 kW  |
|                             | OK 001 224 | 630 kW  |
|                             | OK 001 146 | 1000 kW |

## 3.0 Stanovení měřicích míst

Měřicí místa na převodových skříních DPD byla stanovena v souladu s ČSN 01 1411, ve které se uvádí:

- určení míst, kde má být kmitání měřeno a jejich počet závisí na druhu a konstrukci strojního zařízení
- je třeba volit především taková místa, kde vzniká dynamické namáhání a dochází k přenosu sil na jiné části nebo uložení
- u strojů s rotujícími částmi (mezi ně převodovky DPD patří) jsou důležitými místy měření např. ložiskové podpory
- kmitání se měří ve třech vzájemně kolmých směrech.

### 3.1 Označování měřících míst

Různý způsob označování míst měření při periodickém sledování kmitání převodovek DPD stěžuje orientaci ve výsledcích měření. Doporučuje se proto používat jednoduchého způsobu označování míst měření - viz obr. 1.

Příklad označování měřících míst (obr. 1) se týká převodovek DPD, který lze zobecnit podle následujících zásad:

- průběžně označovat rotory převodovky od vstupu -  $R_1, R_2, \dots$
- ložiska L označovat podle uvedeného způsobu
- místo měření v dané rovině označit písmenem

H ..... horizontální směr

V ..... vertikální směr

A ..... axiální směr

příklad: 11 H značí horizontální směr v rovině 11, tj. na vstupu převodovky

- při nedostatku místa uvádět vhodné zkratky

ELM ..... hnací elektromotor

PVD ..... převodovka

L ..... ložisko

### 3.2 Poloha a počet měřících míst

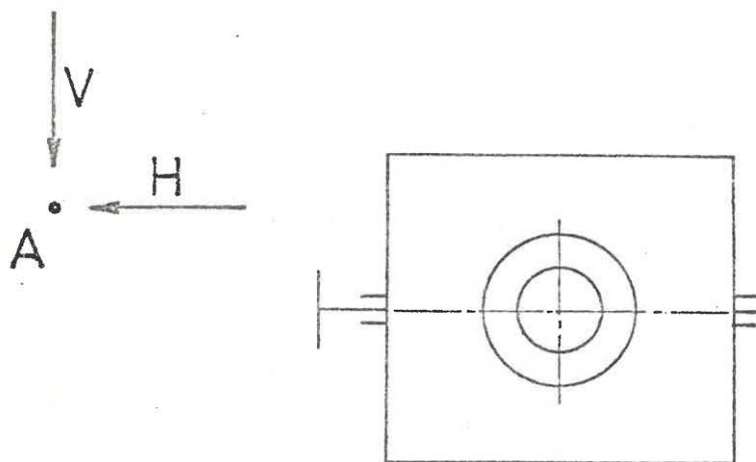
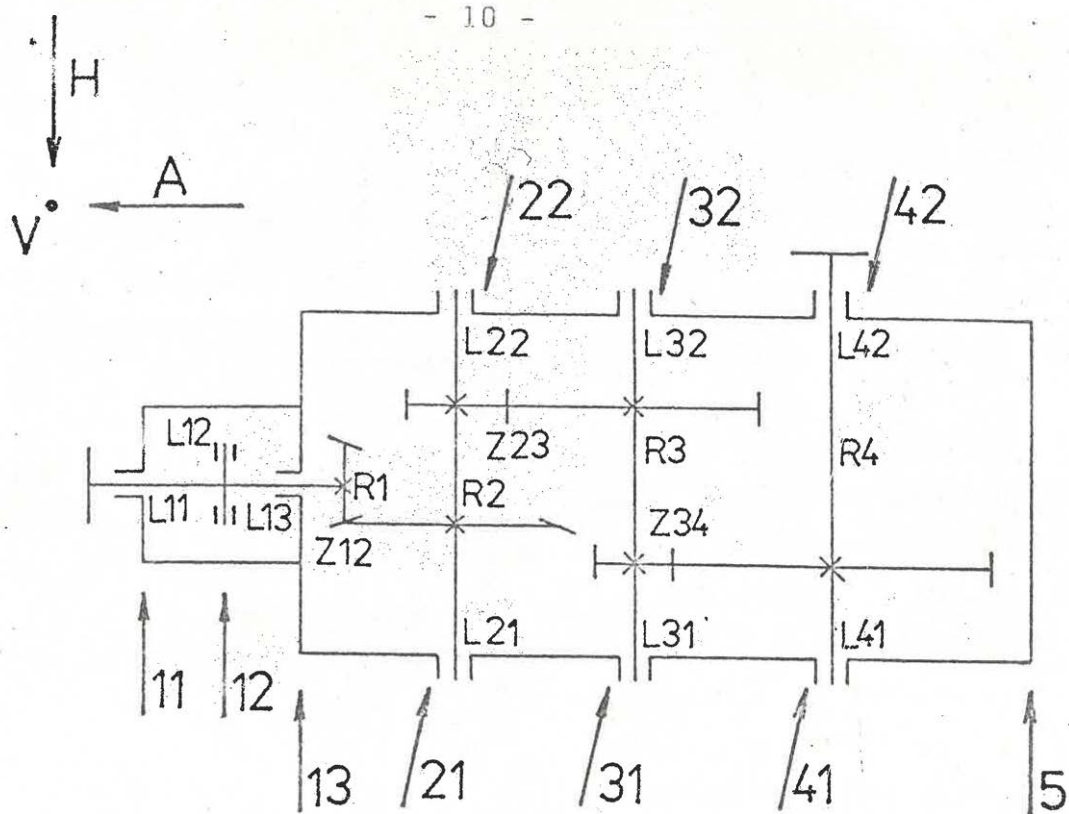
Pro periodické měření na převodovce DPD plně postačí měřit  $V_{ef}$  v následujících místech:

11 H, 11 V, 5 A.

Spektra kmitání pak v místech 11 H, 11 V, 5 A.

U jedné převodovky DPD bude měřena efektivní hodnota rychlosti kmitání celkem na 3 místech, max. hodnota pak určuje velikost mohutnosti kmitání.

Spektra kmitání rovněž měřit celkem ve 3 místech, které podle dosavadních poznatků mohou plně charakterizovat změny stavu součástí.



OBR. 1

SCHÉMA OZNAČOVÁNÍ ROTORŮ, LOŽISEK,  
ZUBOVÝCH ZÁBĚRŮ, ROVIN A SMĚRŮ  
MĚŘENÍ PŘEVODOVÝCH SKŘÍNÍ

Na obr. 2 je vyznačena konkrétní poloha měřících míst pro PVD typu OK 001 154, OK 001 408, OK 001 409, OK 001 414, OK 001 069, OK 001 070, OK 001 072.

### 3.3 Úprava měřících míst

Při periodických měřeních na převodovkách je velmi důležité, aby signál byl vždy snímán ze stejného měřícího místa. Proto VÚHU doporučuje upravit měřící místa 3 způsoby.

1. Způsob spočívá v barevném označení měřícího místa
2. Způsob spočívá v přilepení ocelového plechu
3. Způsob - systém rychloupínacího snímacího šroubu.

### 4.0 Návrh mezních hodnot

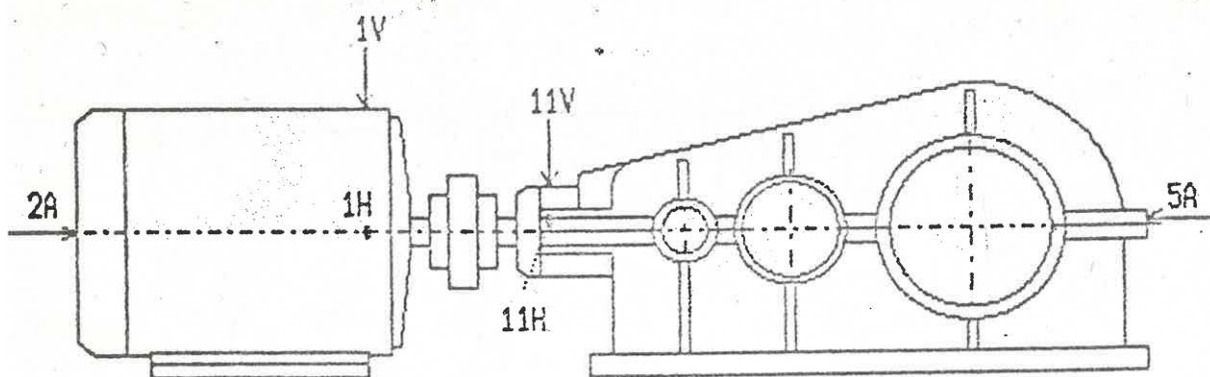
Stanovení technicky oprávněné mezní hodnoty mechanického kmitání sledovaného strojního zařízení, v našem případě převodovek DPD, je důležité ze dvou hledisek:

- pro objektivní posouzení komplexní jakosti výroby, montáže a seřízení nových a generálkovaných převodovek
- u prognostické údržby k posouzení stavu poškození jednotlivých součástí a skupin stroje v průběhu provozu.

Soubor dosud získaných výsledků měření neumožňuje širší statistické vyhodnocení a nebylo možné dosud konfrontovat výsledky měření s hodnocením stavu poškození součástí po celkové demontáži sledovaného zařízení.

VÚHU proto pokládá pro další řešení za užitečné navrhnout předběžnou velikost mezních hodnot mechanického kmitání ( $V_{ef}$ ), které budou v průběhu řešení upřesňovány.

# MĚŘÍCÍ MÍSTA NA POHÁNĚCÍCH STANICÍCH DÁLKOVÉ PÁSOVÉ DOPRAVY



OBR. 2

POLOHA MĚŘÍCÍCH MÍST PRO PS TYPU  
OK 001154, OK 001408, OK 001409, OK 001414 A,  
OK 001069, OK 001070, OK 001072

Vychází přitom z ČSN 01 1412. Tato norma se týká velkých rotačních strojů o výkonu vyšším než 300 kW s provozními otáčkami od 10 do 200 s<sup>-1</sup> na pružném základu a stanoví pravidla měření a hodnocení mohutnosti kmitání těchto strojů v provozních podmínkách a v kmitočtovém rozsahu od 10 do 1 000 Hz.

Podle této normy se mohutnost kmitání hodnotí podle níže uvedené tabulky:

| Mohutnost kmitání<br>$V_{ef}$ (mm s <sup>-1</sup> ) | Systém "stroj - základ" - pružný |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                     | stav                             |
| 2,8                                                 | dobrý                            |
| 7,1                                                 | uspokojivý                       |
| 18,0                                                | neuspokojivý                     |
| větší než 18                                        | nepřípustný                      |

Poznámka: Podle této normy je celková úroveň mechanického kmitání určena efektivní hodnotou rychlosti kmitání, max. hodnota  $V_{ef}$  změřená na důležitých místech stroje udává mohutnost kmitání ( $U = V_{ef} \text{ max}$ )

#### 5.0 Provozní podmínky při měření

- Během měření mechanického kmitání stroje by se měl udržovat setrvalý provozní stav, tj. frekvence otáčení, výkon, zatížení.
- Jestliže je stroj provozován při různých provozních režimech, např. různém zatížení, pak se mohutnost kmitání určí při daném pracovním režimu, tzn., že se k údajům mohutnosti kmitání připíše poznámka, při jakém zatížení (plném = 100 %, 50 % a pod.) byla tato hodnota změřena.

## 6.0 Intervaly měření

Pro převodovky DPD navrhujeme tyto intervaly periodických měření a sledování mechanického kmitání ( $V_{ef}$  a frekvenčního spektra):

- u převodovek se vstupními otáčkami  $n = 1\,000\text{ min}^{-1}$   
.....8 týdnů provozu
- u převodovek se vstupními otáčkami  $n = 1\,450\text{ min}^{-1}$   
..... 6 týdnů provozu

V lomových provozech s ohledem na bezpečnost při práci je nutné, aby měření prováděli 2 pracovníci.

## S h r n u t í

Článek se zabývá částí metodiky při použití vibrační diagnostiky pro údržbu převodových skříní DPD pro technologické celky řady TC 2. V článku jsou uvedeny typy převodových skříní pro které metodika platí, dále poloha a počet měřicích míst, včetně jejich označování a úpravy. V závěru jsou uvedeny podmínky při měření a intervaly měření.