

Ing. Vladimír P a t e r a , VÚHU

Vliv nevývahy a nesouososti na chvění poháněcích stanic DPD

1. Úvod

Jedním ze současných významných směrů v rozvoji moderní preventivní diagnostiky je měření a vyhodnocování vibrací elektrických a mechanických rotačních strojů. Tato měření a vyhodnocování lze použít jako prostředku k určení a k posouzení

- stavu výroby, montáže a usazení těchto strojů,
- provozního stavu těchto strojů a k lokalizaci příčin hrozících defektů.

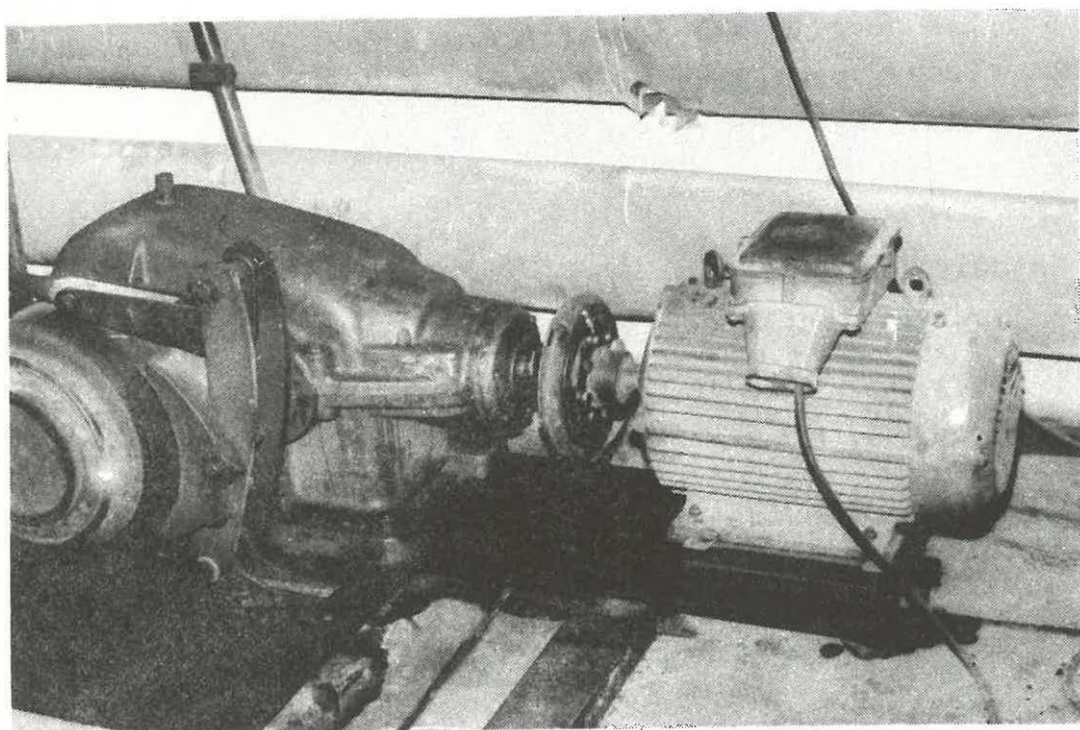
Nejdůležitější zdroje vibrací stroje - časově proměnné síly - jsou vyvolány především nevyvážeností rotujících částí, dále pak deformací a nesouosostí hřídelů, záběrem ozubených kol a ložisky.

Abychom mohli stanovit účinky výše uvedených vlivů, bylo ve VÚHU zhotoveno experimentální modelové zařízení pohonu - (obr. 1).

To bylo sestaveno:

- z elektromotoru typu F 180 L04/4, $P = 22 \text{ kW}$, $n = 1460 \text{ min}^{-1}$,
- spojky PERIFLEX $\varnothing 280 \text{ mm}$,
- převodovky typu 570-06,
- brzdy.

Na tomto pohonu bylo zvoleno 10 měřících míst, z toho 9 míst (č. 1 - č. 9) bylo na převodovce a 1 měřící místo (č. 10) na elektromotoru. Vzhledem k žebrovaní elektromotoru nebylo možné na něm volit více měřících míst. Zvolená měřící místa a



Obr. 1: Experimentální pohon

jejich poloha jsou zobrazena na obr. 2. Měřicí místa uvedená v závorkách (4) a (5) platí pro vzdálenější stranu převodovky.

Pro měření vibrací na experimentálním pohonu byly použity následující přístroje:

- frekvenční analyzátor VIBROPORT fy Schenck (NSR),
- frekvenční analyzátor IRD 880 fy IRD Mechanalysis (Anglie).

2. Vliv statické nevývahy na mohutnost kmitání

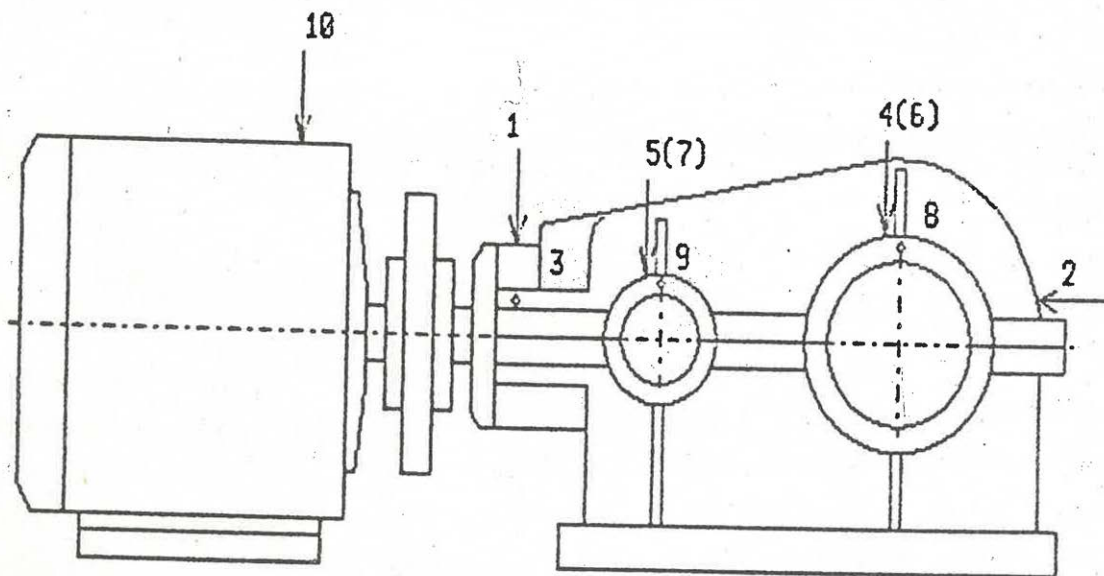
Základním předpokladem pro zjišťování této závislosti je ustavení pohonu do tzv. ideálního stavu, kdy jsou nevyvážené hmoty nulové a nesouosost také nulová. To je však pouze teoretický stav, kterého nelze u konkrétního zařízení dosáhnout. Proto byly stanoveny pro experimentální pohon, jako dostatečné, tyto hodnoty:

- souosost lepší než 0,25 mm
- statická nevývaha nižší než 10 g.

Měření nesouososti bylo prováděno na kotoučích spojky číselníkovým úchylkoměrem, a to ve vertikální i v horizontální rovině. Převodovka byla přišroubována napevno a elektromotor byl pod patkami podkládán dle zjištěných úchylek nesouososti tak, aby absolutní hodnota nesouososti byla menší než stanovená. Po ustavení pohonu byla naměřena nesouosost 0,22 mm ve vertikálním směru a 0,01 mm v horizontálním směru. Absolutní hodnota nesouososti tedy byla 0,22 mm.

Vyvažování pohonu bylo prováděno na PERIFLEX spojce. Jednalo se o vyvažování dynamické ve dvou rovinách. První rovinou byla příruba spojky na straně převodovky, druhou rovinou byla příruba spojky na straně elektromotoru. Jako snímací roviny

ZVOLENÁ MĚŘICÍ MÍSTA NA EXPERIMENTÁLNÍM POHONU



Obr. 2

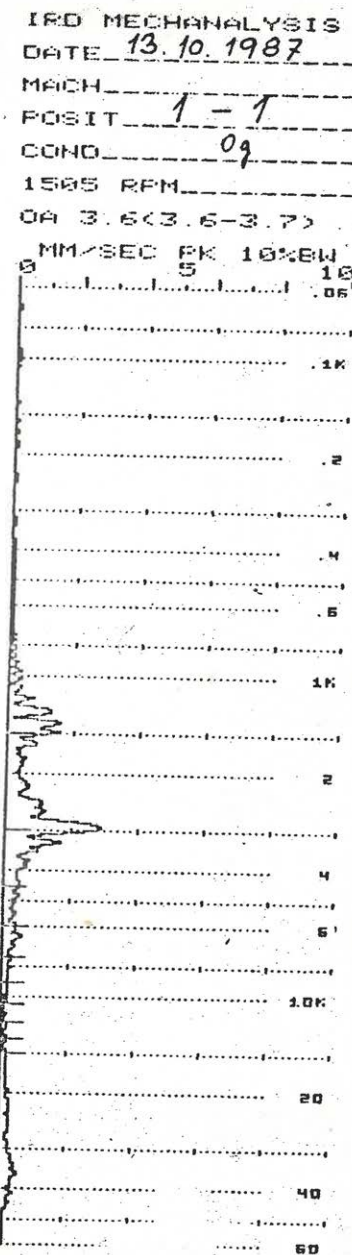
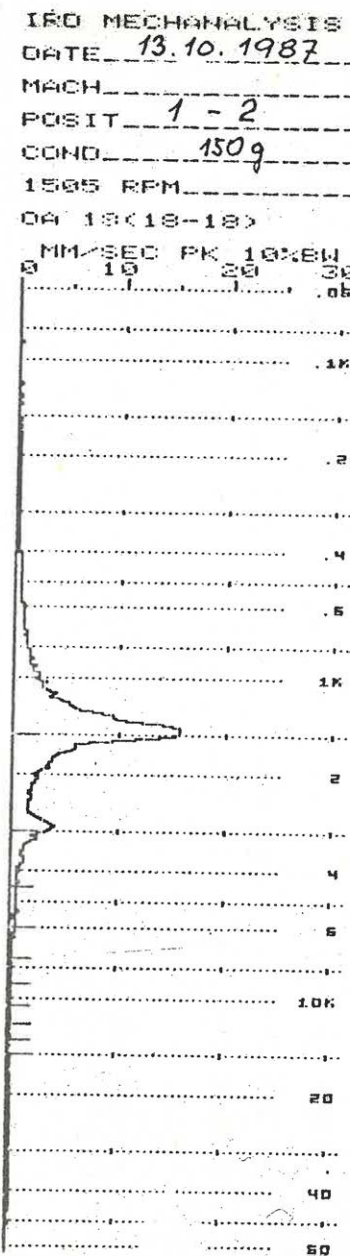
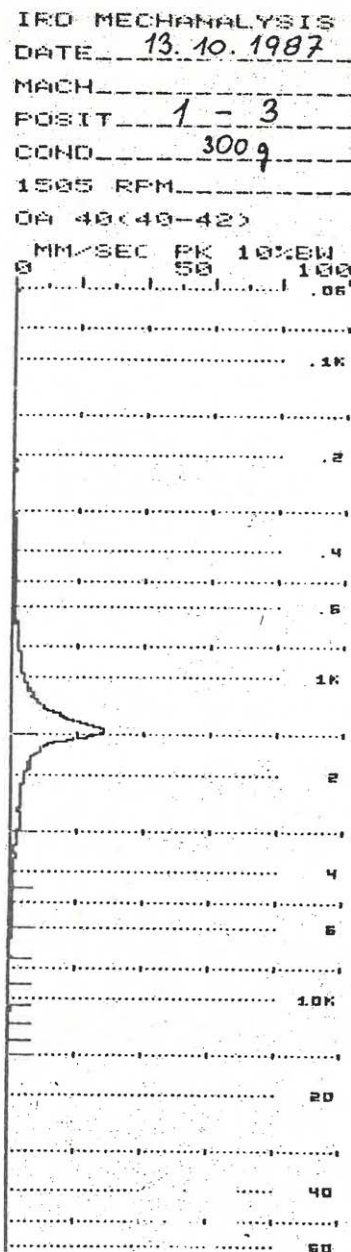
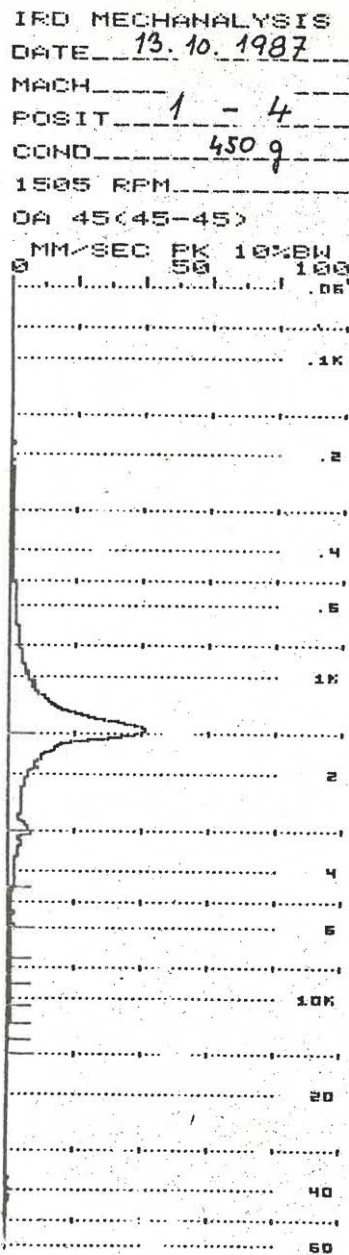
Zvolená měřicí místa na experimentálním pohonu

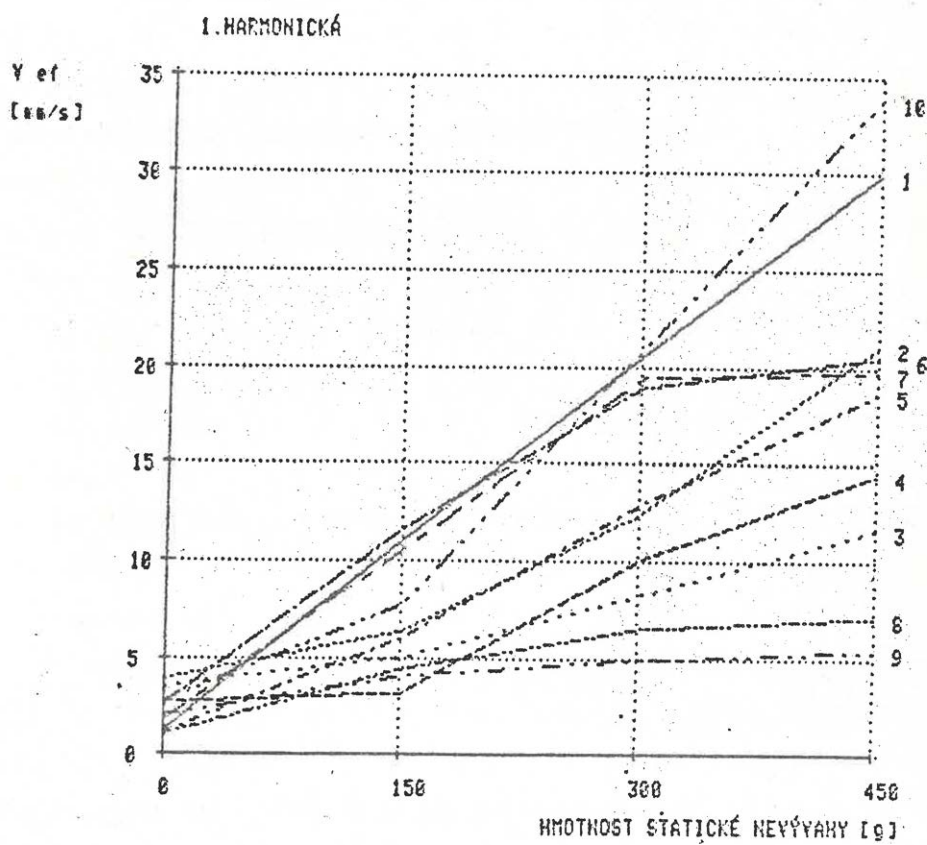
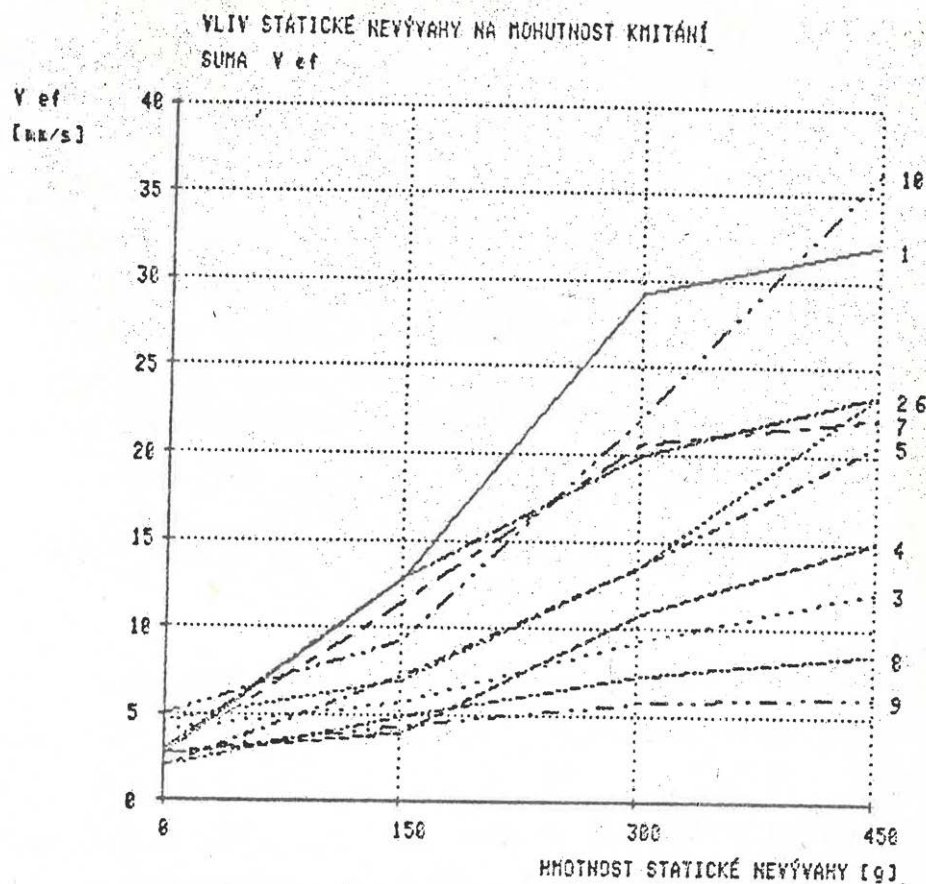
kmitání byla zvolena měřicí místa č. 1 a č. 10. Závaží byla vždy umísťována na poloměru rozteče šroubů ($R = 70 \text{ mm}$). Proto jsou nevývahy v textu udávány pouze v $[g]$, i když správné by měly být udávány jako moment hmotnosti v $[gmm]$. Skutečnou hodnotu nevývahy lze potom vypočítat jako součin nevývahy v $[g]$ a poloměru rozteče šroubů příruby.

Po úvodním vyvážení spojky byly naměřeny tyto údaje: nevývaha na straně převodovky 81 g na úhlu 20° od reflexní značky a na straně elektromotoru 81 g na úhlu 189° od reflexní značky. Převeďme-li tyto hodnoty na nevývahy statické a dynamické, získáme následující údaje: na straně převodovky 8 g na úhlu 105° statická a 80 g na úhlu 15° dynamická nevývaha, na straně motoru pak 8 g na úhlu 105° statická a 80 g na úhlu 195° dynamická nevývaha.

Tento stav pohonu byl vzat jako "ideální" a tedy i jako výchozí. Opakovaně pak byla provedena další měření a to tak, že na straně převodovky bylo do místa reflexní značky vkládáno závaží o hmotnosti 150, 300 a 450 g. Ve všech 10 měřicích místech byla provedena frekvenční analýza při všech hmotnostech závaží. Záznam naměřených hodnot z měřicího místa č. 1 je na obr. 3. Protože frekvenční analyzátor IRD 880 snímá měřené veličiny jako špičkové, byly tyto hodnoty upraveny na hodnoty efektivní (70,7 % hodnoty špičkové). Naměřené hodnoty ze všech 10 měřicích míst byly shrnuty do grafu (obr. 4). V horní části je měřená hodnota kmitání udávána jako součtová, která je označena SUMA V ef. Ve spodní části je měřená hodnota kmitání na otáčkové frekvenci označena jako 1. harmonická. Z obr. 4 je zřejmé, že zvětšováním statické nevyváženosti dochází ke zvyšování hodnoty kmitání prakticky ve všech měřicích místech. Největší a také nejrovnoměrnější nárůst byl zjištěn v měřicích místech 1 a 10. V některých měřicích místech se naopak proje-

Obr. 3





Obr. 4

Vliv statické nevývahy na mohutnost kmitání

vílo zvýšení hodnoty kmitání minimálně (měř. místa 8 a 9). Porovnáme-li obě části obr. 4, můžeme konstatovat, že na růstu celkové hodnoty kmitání se podílela nevývaha růstem kmitání pouze na otáčkové frekvenci. Jako nejvhodnější místa pro měření nevyváženosti se proto jeví měřicí místa 1 a 10, protože jsou nejcitlivější na změnu statické vyváženosti pohonu. Zjištěná skutečnost podporuje i vhodnost volby těchto měřicích míst pro vyvažování pohonů. Tuhost převodovky je ve vertikálním směru nižší než v horizontálním směru, a proto i naměřené hodnoty kmitání jsou v měřicím místě 1 nižší než v místě 3.

3. Vliv nesouososti pohonu na mohutnost kmitání

Pohon byl ustaven do výchozího stavu. Byla změřena nesouosost, která byla 0,22 mm ve vertikálním směru a 0,05 mm v horizontálním směru. Úhlové úchyly byly $0,18^{\circ}$ ve vertikálním a $-0,19^{\circ}$ v horizontálním směru. Naměřená nevývaha byla 45 g na úhlu 155° na straně převodovky a 58 g na úhlu 338° od reflexní značky na straně motoru. Převedeme-li tyto hodnoty na nevývahy statické a dynamické, získáme: na straně převodovky statická nevývaha 7 g na úhlu 345° a dynamická nevývaha 52 g na úhlu 157° , na straně motoru 7 g na úhlu 345° statická a 52 g na úhlu 337° dynamická nevývaha. Měření bylo provedeno ve všech zvolených 10 měřicích místech. Pak byl vyjmut z pod patek motoru jeden podkládací plech. Opět byla změřena nesouosost ($-0,61$ mm ve vertikálním a $0,11$ mm v horizontálním směru). Úhlové úchyly byly $0,44^{\circ}$ ve vertikálním a $0,10^{\circ}$ v horizontálním směru. Naměřená nevývaha na straně převodovky 133 g pod úhlem 131° a na straně motoru 125 g pod úhlem 310° od reflexní značky. Převedeme-li tyto hodnoty na statické a dynamické nevývahy, získáme: na straně převodovky statická nevývaha 4 g na úhlu 145° a 129 g na úhlu 131° , na straně motoru 4 g na úhlu 145° statická a 129 g na úhlu 311° dynamická nevývaha. Opět bylo provedeno měření. Potom byly vyjmuty z pod

patek elektromotoru oba podkládací plechy. Byla změřena nesouosost (-1,88 mm ve vertikálním a -0,12 mm v horizontálním směru). Úhlové úchylky byly $0,75^{\circ}$ ve vertikálním a $-0,10^{\circ}$ v horizontálním směru. Naměřená nevývaha byla 205 g na úhlu 119° na straně převodovky a 196 g na úhlu 298° od reflexní značky na straně motoru. Po převedení na statické a dynamické nevývahy dostaneme: na straně převodovky 5 g na úhlu 134° statická a 200 g na úhlu 119° dynamická, na straně motoru 5 g na úhlu 134° statická a 200 g na úhlu 299° dynamická nevývaha.

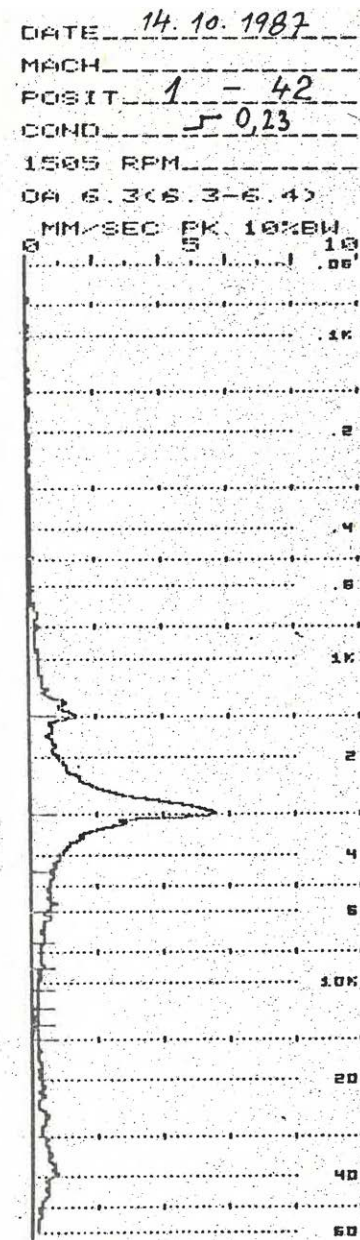
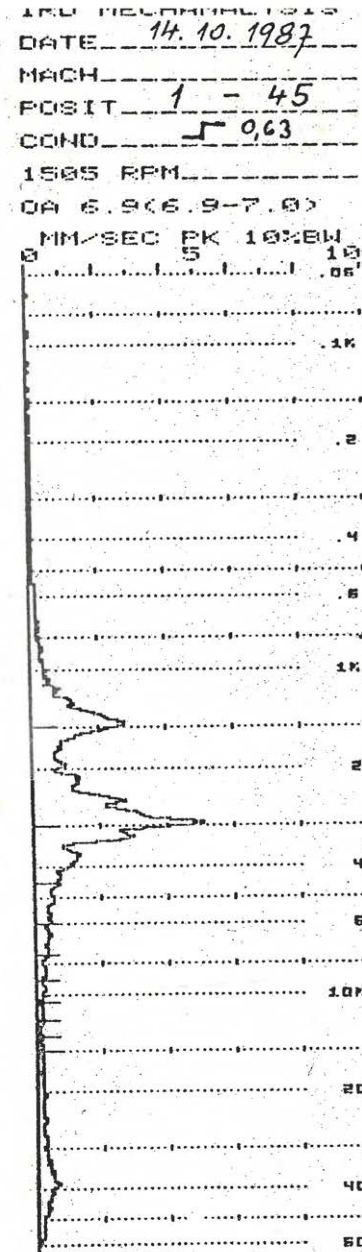
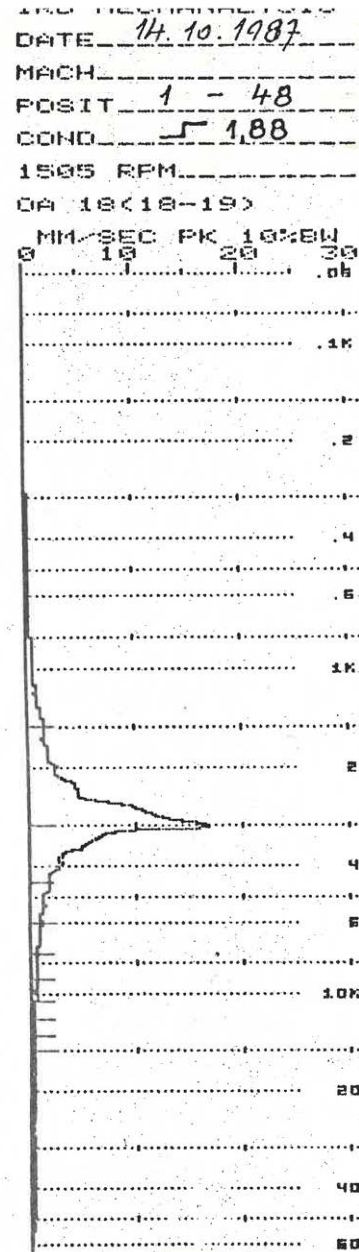
Záznam naměřených hodnot z měřicího místa 1 je na obr. 5. Uvedená hodnota nesouososti je vypočtena jako absolutní hodnota nesouosostí v horizontálním a ve vertikálním směru.

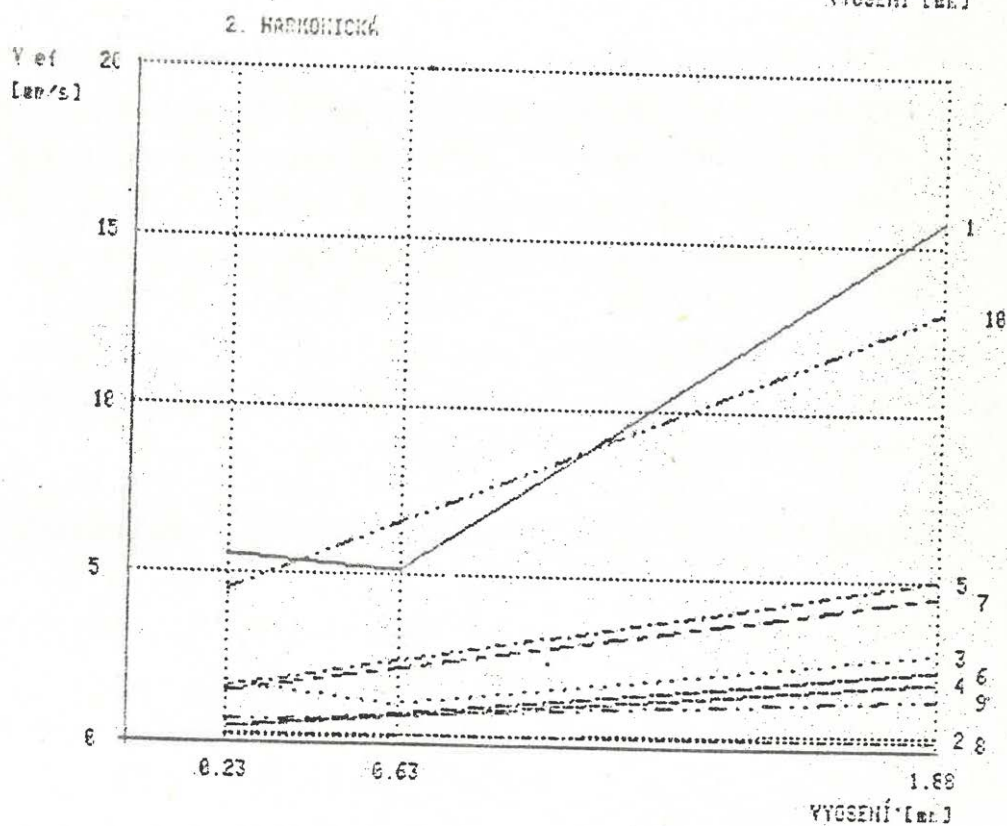
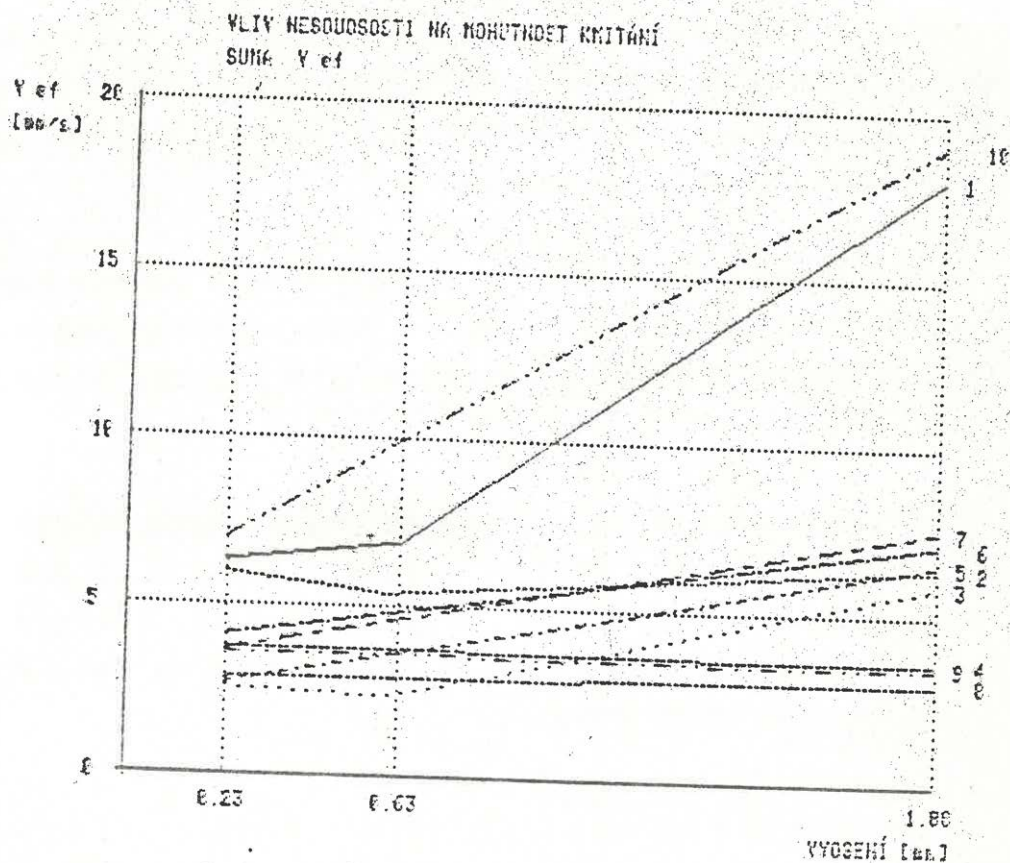
Naměřené hodnoty ze všech 10 měřících míst byly graficky vyjádřeny na obr. 6. V horní části je naměřená součtová hodnota kmitání SUMA V ef, v dolní části je mohutnost kmitání 2. harmonické frekvence základních otáček v závislosti na vyosení.

Vyosení hřídelů se podstatně měnilo pouze v rovině vertikální. V měřících místech 1 a 10 byl naměřen vzrůst intenzity kmitání jak v součtové hodnotě SUMA V ef, tak i na 2. harmonické. V ostatních měřících bodech nebylo naměřeno podstatné zvýšení kmitání.

Z porovnání obou částí obr. 6 vyplývá, že na růstu celkové hodnoty kmitání se podstatnou měrou podílí 2. harmonická frekvence provozních otáček. Tento nárůst se však výrazně projevila až při vyšším vyosení (1,88 mm). Při hodnotách vyosení 0,23 mm a 0,63 mm nebyly naměřeny podstatné rozdíly.

Obr. 5
Frekvenční analýzy z měřicího místa č. 1





Obr. 6
Vliv nesouroosti na mohutnost kmitání

Dále se projevil při rostoucí nesouososti růst dynamic-
ké nevyváženosti a zachování přibližně stejné hodnoty static-
ké nevyváženosti. Tohoto poznatku lze využít při nepřímém mě-
ření nesouososti při vyvažování.

Protože nebylo možné na experimentálním pohonu realizovat
snímání hodnot kmitání na motoru v horizontálním směru, nebyla
měřena mohutnost kmitání v závislosti na vyosení hřídelí v
tomto směru.

Jako nejvhodnější místa pro měření kmitání, která vznikla
důsledkem nesouososti, se jeví měřicí místa 1 a 10 pro verti-
kální vyosení a místa 3 a 11, to je místo na 1. ložisku motoru
(u spojky) v horizontální rovině, které není na obr. 2 zakres-
leno pro horizontální vyosení.

Závěr

Správné ustavení pohonu a vyvážení spojky při uvádění do
provozu nových pohonů nebo pohonů po opravě má rozhodující
vliv pro vznik kmitání a výše jeho úrovně. Zabezpečí se tím
nižší zatížení ložisek na vstupu převodovky a hlavně elektro-
motoru, čímž se prodlouží životnost pohonu.

Doporučená měřicí místa pro posouzení vlivu nevývahy a
nesouososti, jak vyplynulo z výše uvedených měření, jsou dle
jednotné metodiky označována následovně:

- | | |
|-----------------------|--|
| 11 V - měřicí místo 1 | - vstup převodovky, vertikální poloha sondy |
| 11 H - měřicí místo 3 | - vstup převodovky, horizontální po-
loha sondy |
| 1 V - měřicí místo 10 | - 1. ložisko elektromotoru (u spojky)
vertikální poloha sondy |

1 H

1. ložisko elektromotoru, horizontální poloha sondy.

V těchto místech lze provádět vyvažování spojek i následovné periodické trendové analýzy pro možnosti prognózování životnosti.

Kvalitním ustavením pohonu dojde ke snížení celkové úrovně mohutnosti kmitání a tím se zvýší citlivost metody trendové analýzy a zvláště metody měření hodnoty SUMA V ef., což má za následek i zpřesnění možnosti prognózování životnosti pohonů.

S h r n u t í

Uvedený článek se zabývá vlivem nevyvážených rotujících hmot a vlivem nesoososti hřídelí na velikost úrovně mohutnosti kmitání pohonů DPD. Je vyhodnoceno modelování jevů na experimentálním pohonu včetně volby vhodných měřících míst.

Р е з ю м е

Влияние неуравновешенности и несоосности на вибрацию приводных станций магистрального конвейерного транспорта (МКТ)

Статья занимается влиянием неуравновешенных вращающихся масс и несоосности вала на величину уровня мощности вибрации привода МКТ. Дается оценка моделирования явлений на экспериментальном приводе, включая выбор удобных мест для измерений.