

Ing. Vladimír PATERA, VÚHU Most, a.s.

ZVIDITELNĚNÍ PROVOZNÍCH KMITŮ

Messungen der Betriebsschwingungsformen

Der Beitrag befaßt sich mit der Anwendung der neuen diagnostischen Methoden bei der Auswertung der Vibrationsmessungen. Die angewandte Methode ermöglicht die im Raum gemessenen Vibrationswerte zu vergrößern und darzustellen und dadurch sich eine reale Vorstellung über das Geschehen auf der schwingenden Anlage zu bilden. Für die verantwortliche Bestimmung der Schwingungen dient dabei als ein wichtiges Hilfsmittel die Rechneranimation.

Seeing-ability of operation vibrations

This article engages in utilization of new diagnostical methods at the evaluation of measurements of vibrations. The used method enables to increase and picture the measured levels of vibrations in the space and by that to form also the real conception about running processes on the oscillating equipment. The animation on computer is then the important help for responsible statement of causes of vibration.

Обозримость рабочих колебаний

Данная статья занимается использованием новых диагностических методов при оценке измеренных вибраций. Примененный метод позволяет увеличить и изобразить измеренные уровни вибраций в пространстве, а тем самым предоставить реальное представление о действиях проходивших на вибрирующем механизме. Мультипликация на ЭВМ представляет тогда важное пособие для ответственного установления причин колебания.

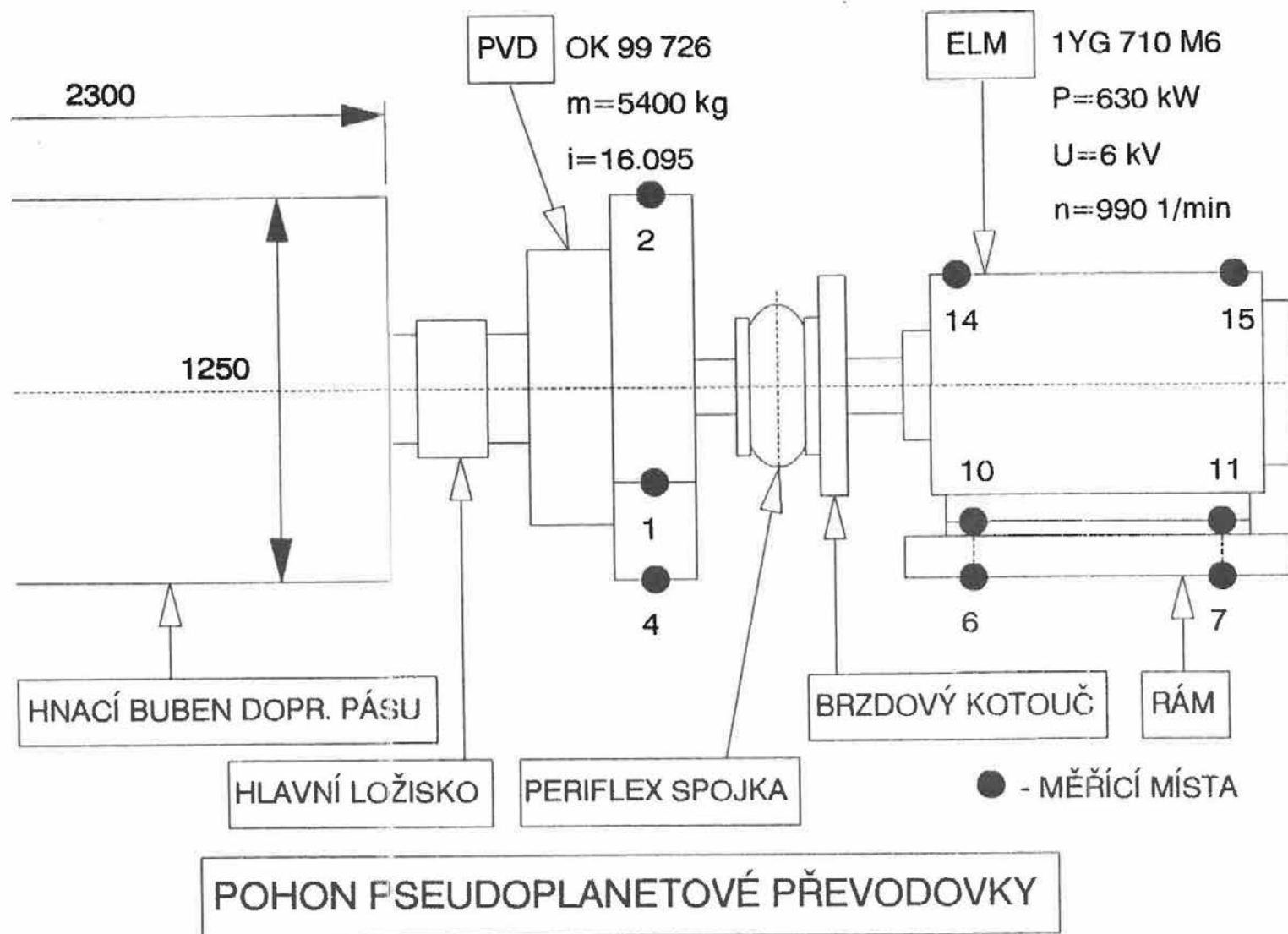
Zviditelnění provozních kmitů

Článek se zabývá využitím nových diagnostických metod při vyhodnocování měření vibrací. Použitá metoda umožňuje zvětšit a zobrazit naměřené úrovně vibrací v prostoru, a tím si i vytvořit reálnou představu o probíhajících dějích na kmitajícím zařízení. Animace na počítači je pak důležitou pomůckou pro odpovědné stanovení příčin kmitání.

Při řešení provozních problémů v oblasti bezdemontážní diagnostiky, to je určování příčin zhoršeného provozního stavu strojů a zařízení, je jednou z nejrozšířenějších metod vibrační diagnostika. Měření mechanických vibrací a provádění spektrálních analýz v součinnosti s dalšími diagnostickými prostředky (ustavování strojů a jejich provozní vyvažování) umožňuje řešit většinu těchto problémů. Přesto se objevuje několik procent problémů, se kterými si tyto základní diagnostické metody neporadí. Jednou z metod, která dokáže některé tyto "oříšky" rozlousknout, je měření provozních kmitů a jejich zviditelnění. Tato metoda umožňuje řešit problémy povolených spojů, nižších tuhostí soustavy vyvolaných trhlinami a prasklinami atd., a odkrývat tak "nejslabší" místa z hlediska vibrací.

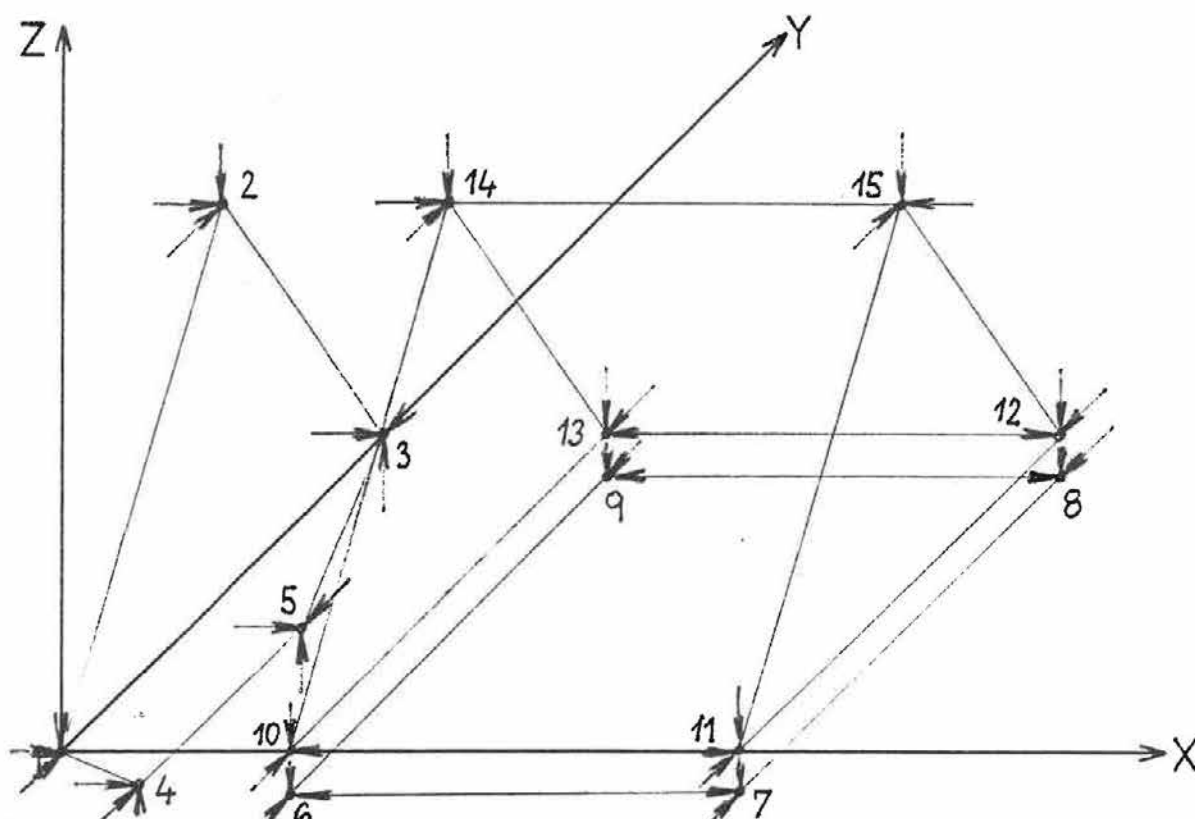
Provozní kmity mohou být měřeny přímo pomocí relativně jednoduchých prostředků. Tyto tvary kmitů poskytují velmi užitečnou informaci pro pochopení a vyhodnocení absolutního dynamického chování stroje. Vizualizace dynamického chování pomocí provozních tvarů kmitů může vést k řešení problémů, které na daném strojním zařízení vznikly. Přímé měření je rychlejší, jednodušší a přesnější než analytický výpočet. Není nutno zavádět žádné předpoklady, jako je např. předpoklad linearity.

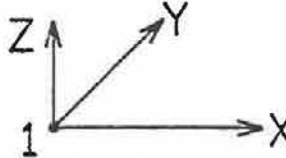
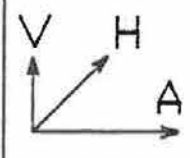
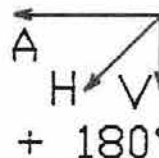
Pro praktické měření je výhodné využívat dvoukanálový analyzátor, tj. měření mezi pevným, referenčním snímačem a druhým snímačem, jenž se postupně



ZVIDITELNĚNÍ KMITŮ

MÍSTO: NAKLÁDACÍ PAS LEVÝ
 ZAŘÍZENÍ: KU 800.15/94
 DATUM MĚŘENÍ: 16.3.1992



ČÍSLO				 S [μm]	 S [μm]	 v [mm/s]	 a [m/s²]			
	SOUŘADNICE			VIBRACE			FÁZOVÉ POSUNY			
	Z	Y	X	V	H	A	V	H	A	
1	0	0	0	4,0	12,7	14,5	310°	320	286	
2	1732	1000	0	4,5	7,5	8,3	325°	301	215	
3	0	2000	0	3,4	5,7	8,0	140	107°	102	
4	-500	500	0	5,0	6,8	7,5	90	296	318	
5	-500	1500	0	4,6	10,1	12,2	160	112°	104	
6	-200	0	1000	10,0	16,0	16,0	124°	154	166°	
7	-200	0	3000	10,9	12,6	17,6	150°	157	342	
8	-200	2000	3000	2,4	9,2	6,5	281°	345°	36	
9	-200	2000	1000	0,3	12,4	6,0	30°	336°	221°	
10	0	0	1000	9,7	17,0	16,2	122°	155	163°	

[illegible]

přemísťuje do všech bodů a směrů, které nás zajímají. Z těchto měření se určuje relativní amplituda a relativní fáze.

Protože však v tomto případě byl k dispozici pouze jednokanálový přístroj - VIBROPORT fy Schenck, bylo nutné snímat naměřené hodnoty jako hodnoty absolutní. Byla tedy snímána absolutní hodnota - efektivní rychlost kmitání na daném kmotočtu a hodnota absolutní fáze. Snímač, který určuje základní polohu fáze, je fotoelektrická hlavice. Hlavice vysílá světelný paprsek, který se při kontaktu s odrazivou páskou vrátí zpět do přijímací části hlavice. Tento časový okamžik se porovnává s dosažením maximální hodnoty měřené veličiny.

Pro praktické použití byl navržen formulář, umožňující zaznamenávání jednotlivých měřicích míst, jejich souřadnic i naměřených hodnot. Zadávání těchto hodnot je prováděno ručně. Ve formuláři jsou nakresleny základní směry jednotlivých souřadnic a směry fázových posunů podle toho, jak je přikládán snímač. Na konkrétním případě jsou hodnoty fázových posunů, které byly měřeny proti směru os (poloha snímače byla proti ose), označeny tečkou. Při zadávání do počítače je nutno tuto hodnotu opravit přičtením hodnoty 180° .

Pro konkrétní vysvětlení je zde uveden příklad měření na státním podniku Doly Ležáky Most, a to konkrétně na kolesovém rýpadle KU 800.15/94. U tohoto rýpadla je pohon nakládacího pásu tvořen dvěma pohony - pravým a levým. Na obrázku je naznačeno uspořádání levé poloviny pohonu (obr. je směrem proti pohybu pásu, proto je tento pohon označen jako levý). Nejtužší místo celé soustavy je hlavní ložisko, naproti tomu převodovka je nasazena na hřídeli bubnu a je v axiálním směru (tj. ve směru osy) poměrně volná. Základní informace o pohonu jsou uvedeny na obrázku. Protože se předpokládalo, že základním zdrojem buzení bude otáčková frekvence, což se potvrdilo i dalšími měřeními, bylo provedeno celé vyšetření na frekvenci 16.5 Hz. Bylo zvoleno 15 měřicích míst, která byla měřena ve třech na sebe kolmých směrech. Základní měřicí místa jsou patrná z formuláře, kde jsou vyznačeny i směry měření. Na převodovce bylo zvoleno 5 měřicích míst. Jedná se o převodovku čelní dvoustupňovou pseudoplanetovou, která má relativně malou hloubku, a proto bylo všech pět měřicích míst zvoleno v jedné rovině (v rovině kolmé na osu rotace). Na elektromotoru bylo zvoleno 10 měřicích míst, a to čtyři měřicí místa na rámu, čtyři měřicí místa na patkách elektromotoru a dvě měřicí místa v horní části elektromotoru.

Po naměření všech údajů a jejich zaznamenání do formuláře byla data vložena do počítače. Pro vyhodnocení byl sestaven program, který umožňuje animaci kmitání. Aby byla jednotlivá místa dobře viditelná, je nutné zvolit viditelné hrany. Je výhodné tyto hrany volit tak, aby co nejvíce popisovaly skutečný tvar měřeného zařízení. Kontrolní výtisk vložených dat je možno provést přímo z programu do souboru, který lze vytisknout.

Po zvolení příslušného jména datového souboru se na obrazovce počítače zobrazí námi definovaný tvar měřeného zařízení. Ovládání programu se provádí pomocí myši. V horní části na levé straně je funkce POSUNY, která pomocí šipek umožňuje pohybovat s celým obrazem v libovolně zvoleném směru. Na pravé straně je funkce ROTACE, která umožňuje natáčení celého obrazu. V levé dolní části je funkce VELIKOST, umožňující plynulé zvětšování a zmenšování obrazu. Funkce TISK DO SOUBORU byla již popsána výše a umožňuje tisk dat do datového souboru.

Nejdůležitější je funkce ANIMACE, která umožňuje oživení zadaných dat. Jednotlivé značky znamenají:

- A : animace,
- M : volba měřítko. Tato funkce je velmi důležitá, neboť skutečná velikost kmitů je velmi malá a lidským okem takřka nerozlišitelná.
Např. $v_{ef} = 17.6 \text{ mm/s}$ odpovídá na frekvenci 16.5 Hz výchylka 0.17 mm,
- D : volba dělení, tj. počtu zobrazených čar při zviditelnění všech poloh,

Z V I D I T E L N Ě N Í P R O V O Z N Í C H T V A R Ů K M I T Ů

Nakládací pás levý KU 800.15/94

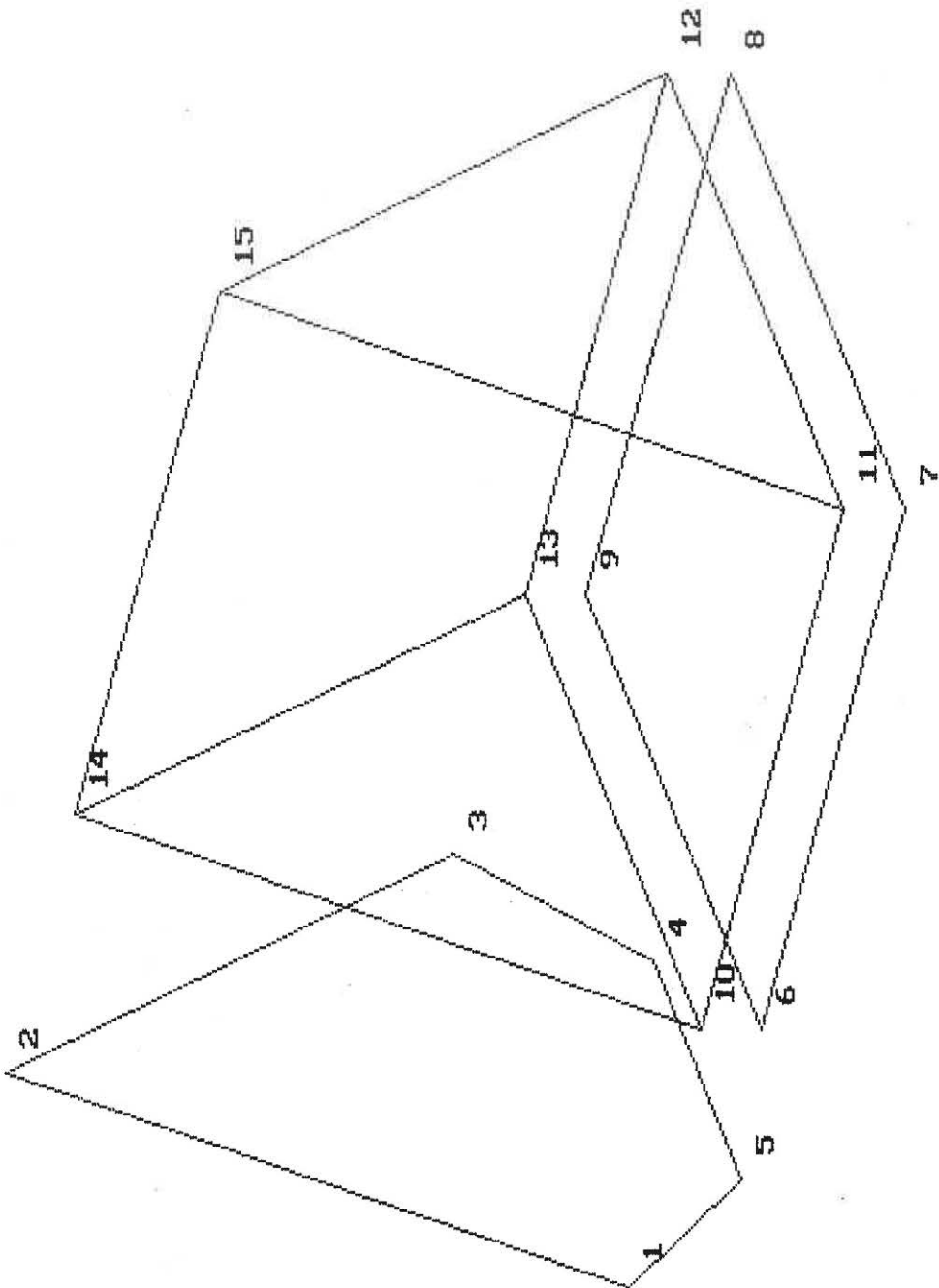
16.3.1992

Z A D Á N Í:

Č.	SOUŘADNICE [mm]			VIBRACE [mm/s]			FÁZOVÉ POSUNY		
	Z	Y	X	V	H	A	V	H	A
1	0.0	0.0	0.0	4.0	12.7	14.5	130	320	286
2	1732.0	1000.0	0.0	4.5	7.5	8.3	145	301	215
3	0.0	2000.0	0.0	3.4	5.7	8.0	140	287	102
4	-500.0	500.0	0.0	5.0	6.8	7.5	90	296	318
5	-500.0	1500.0	0.0	4.6	10.1	12.2	160	292	104
6	-200.0	0.0	1000.0	10.0	16.0	16.0	304	154	346
7	-200.0	0.0	3000.0	10.9	12.6	17.6	330	157	342
8	-200.0	2000.0	3000.0	2.4	9.2	6.5	101	165	36
9	-200.0	2000.0	1000.0	0.3	12.4	6.0	210	156	41
10	0.0	0.0	1000.0	9.7	17.0	16.2	302	155	343
11	0.0	0.0	3000.0	8.1	10.0	15.6	336	164	338
12	0.0	2000.0	3000.0	3.4	6.4	7.0	50	183	20
13	0.0	2000.0	1000.0	2.8	13.7	6.5	300	156	20
14	1732.0	1000.0	1000.0	7.7	10.2	11.4	294	165	322
15	1732.0	1000.0	3000.0	3.6	4.6	12.0	5	235	315

V I D I T E L N Ě H R A N Y

Č.	Z BODU Č.	DO BODU Č.
1	1	2
2	2	3
3	3	5
4	5	4
5	4	1
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	6
10	10	11
11	11	12
12	12	13
13	13	10
14	14	10
15	15	11
16	12	15
17	13	14
18	14	15

POSUNY		VJUH MOST - METODA ZUIDITELNENI PROVOZNIICH KMITU				ROTACE		VELIKOST		TISK DO SOUBORU		K O N E C		ANIMACE									
↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓								
										0	Z	P	S	D	M	A							
										↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓						
57										↓	↑												

ROTACE	VUHU MOST - METODA ZUIDITELNENI PROVOZNIH KMITU	POSUNY
↑ ↓ ↑ ↓		↑ ↓ ↑ ↓
O Z P S D H A	ANIMACE	K O N E C
U M	TISK DO SOUBORU	VELIKOST

- S : volba poslední viditelné hrany,
- P : volba první viditelné hrany,
- Z : vypínání zviditelnění, tj. všech poloh zvolených při dělení nebo jen aktuální,
- O : překreslení aktuálního obrázku, tj. dojde k přemazání zbytků čar, které mohou náhodně vzniknout.

Ze zviditelněných trajektorií pohybů lze např. určit:

- místo s největšími amplitudami,
- kvalitu provedení spojení rám - motor,
- druhy pohybů, tj. posuvný nebo kývavý.

V našem konkrétním případě se nepotvrdila možnost špatného spojení elektromotoru s rámem, neboť trajektorie rámu i trajektorie patek jsou skoro shodné. Projevilo se velké kývání převodovky v axiálním směru, způsobené "přetahováním" elektromotoru přes spojku. Tento poznatek je však viditelný pouze při oživení kmitání. Při zobrazení trajektorií to již není viditelné.

Možnými příčinami mohou být:

- špatné ustavení pohonu (špatná souosost),
- vůle na vstupu do převodovky, které nedovolují správně ustavit pohon.

Tato metoda, umožňující zviditelnit tvar kmitů, je žádanou pomůckou při zjišťování určitého dynamického chování soustavy. Poskytuje obrázek, který je vidět při použití stroboskopu, tj. "zmrazení" pozorovaného objektu při žádané frekvenci, ale umožňuje jej pozorovat při zvětšeném měřítku. Nedává však žádnou indikaci vlastních kvalitativních dynamických vlastností soustavy. Přesto však pomáhá řešit provozní problémy.

Seznam použité literatury

Dessing Ole: Structural Stroboscopy - Measurement of Operational Deflection Shapes (Strukturní stroboskopie - měření provozních tvarů kmitů)
Sound and Vibration, August 1988

Ing. Patera Vladimír: Návod k obsluze programu Zviditelnění provozních kmitů
VÚHU Most, březen 1992