Ing. Antonín N o v á k , VÚHU
Ing. Vladimír P a t e r a , VÚHU
Ing. Tomáš K r a t o c h v í l , VÚHU

VIBRAČNÍ DIAGNOSTIKA VELKÝCH PŘEVODOVÝCH SKŘÍNÍ ZDVIHU A VÝSUVU RÝPADEL KU 800

Převodové skříně zdvihu a výsuvu rýpadel KU 800 svojí funkcí a konstrukčním řešením mají rozhodující význam pro stabilitu rýpadla a tím i pro jeho existenci a provozuschopnost. Výrobce rýpadla právě z těchto důvodů striktně stanoví v předepsaných časových intervalech vizuální prohlídky těchto převodovek a po 12 500 hodinách jejich práce (počítá se pouze čas vlastní práce převodovky, tj. točení) provést jejich výměnu za převodovku novou. Toto pravidlo bylo akceptováno vedením bývalého koncernu SHD od počátku nasazení prvního stroje KU 800. Výměny převodovek představují vysoké finanční náklady i pracnost spojenou s jejich výměnami.

Zavádění a rozvoj metod bezdemontážní diagnostiky v SHR navodilo situaci pokusit se pomocí komplexní diagnostiky sledovat převodovky zdvihu a výsuvu s cílem detailně poznat jejich technický stav a na základě těchto znalostí jednat s výrobcem o možnosti prodloužení povoleného času práce za hranici 12 500 hodin. Bližší vysvětlení otázky komplexní diagnostiky převodovek zdvihu a výsuvu KU 800 je uvedeno v literatuře /1/ a /2/. Je zřejmé, že jakékoli prodloužení jejich životnosti či zvýšení provozní spolehlivosti přinese značný finanční efekt. Součástí komplexní diagnostiky je diagnostika vibrační, které bylo při řešení daného problému využito.

Sledování převodovek zdvihu a výsuvu na rýpadlech KU 800 pomocí veličin mechanického kmitání je jednou z metod popisujících jejich stav. Jde především o kvalitu provedení výroby a montáže, ale i o vlastní průběh opotřebení rotujících částí převodovek.

Metodou vibrační diagnostiky lze určit zařízení, včetně místa na něm, kde úroveň kmitání dosahuje nežádoucí velikosti. Dále lze určit pravděpodobné zdroje i příčiny nadměrného kmitání včetně navržených vhodných účinných opatření.

Při řešení tohoto úkolu bylo navázáno na práci /3/, ve které jsou základní principy vibrační diagnostiky rozpracovány. Bylo však nutné přihlédnout ke specifice převodovek zdvihu a výsuvu, k nimž patří např. jejich velikost, práce při různých provozních otáčkách a převládající statické zatížení.

Určení doby práce převodovek

Doba práce převodovek zdvihu a výsuvu byla výrobcem stanovena na 12 500 provozních hodin. Protože měření doby práce převodovek zdvihu a výsuvu pomocí součtových hodin je prováděno pouze u dvou nasazených strojů v revíru, a to u KU 800.7/75 (DUK - VČSA) a KU 800.11/84 (DLM), bylo nutné určit závislost mezi časem práce převodovek a časem práce pohonu kolesa (doba těžby). Vycházelo se z údajů součtových hodin instalovaných na výše uvedených rýpadlech. Hodnoty času práce převodovky zdvihu a výsuvu KU 800.7/75 a doby těžby jsou uvedeny v tab. 1. Z této tabulky vyplývá, že čas práce převodovky zdvihu je za dané časové období roven 21,7 % času pohonu kolesa (doba těžby) a čas práce převodovky výsuvu je za dané časové období roven 15,8 % času práce pohonu kolesa (doby těžby). Údaje, které vyplývají z měření rýpadla KU 800.11/84 (DLM) jsou ve shodě se závěry, vyplývajícími z tab. 1. Proto lze celkově konstatovat, že:

Tabulka č. 1

Vyhodnocení údajů času práce ze součtových hodin PVD zdvihu a výsuvu na rýpadle KU 800.7/75

Období	Čas práce		
	PVD zdvihu (hod)	PVD výsuvu (hod)	doba těžby (hod)
květen 88	70,4	53,9	310,3
červen 88	72,0	52,7	316,8
červenec 88	59,5	54,3	292,0
srpen 88	73,4	57,9	341,9
září 88	44	37,8	156,6
říjen 88	-	roční revize	-
listopad 88	32,1	30,6	154,1
prosinec 88	67,5	53,3	244,3
leden 89	60,8	52	352,2
únor 89	54,2	50,1	309,5
březen 89	64,1	56	372,4
duben 89	47,2	31,5	230,1
květen 89	78,4	45,9	323,4
červen 89	83,9	48,3	379,3
červenec 89	40,2	20,5	161,4
srpen 89	-	roční revize	-
září 89	59,3	40,1	253,1
říjen 89	64,6	43,4	406,9
celkem	971,6	728,3	4 604,3
	21,1 %	15,8 %	

Tabulka 2

Rýpadlo	Podnik	Uvedení do provozu	Výměna převodovek	Čas práce		
				Pohon kolesa celkem (doba těžby)(h)	Převodovka zdvihu (h) / (%)	Převodovka výsuvu (h) / (%)
KU800.1/59	DJF	1973	1983	19 304	4 826/19,3	3 661/14,6
KU 800.3/61	DJF	1973	1984	12 859	3 215/12,9	2 572/10,3
5/65	DJF	1973	1986	12 409	3 102/12,4	2 482/9,9
6/72	DNT	1977		55 068	13 767/55,1	11 014/44,1
7/75	DVIL	1978		30 184	7 546/30,2	6 037/24,1
8/77	DNT	1979		48 250	12 038/48,2	9 630/38,5
9/81	DVIL	1979		23 705	5 926/23,7	4 741/19,0
10/79	PKAZ	1981		32 357	8 089/32,4	6 471/25,9
11/84	DLM	1981		27 054	6 764/27,1	5 411/21,6
13/90	DVIL	1982		21 579	5 395/21,6	4 316/17,3
14/92	DLM	1983		26 600	6 650/26,6	5 320/21,3
15/94	DLM	1984		18 446	4 612/18,5	3 689/14,8
18/99	DJF	1988		5 130	1 283/5,1	1 026/4,1
19/98	DJF	1986		12 430	3 108/12,4	2 486/9,9

Poznámka: U rýpadel KU 800.1, .3, .5 jsou vzaty údaje od výměny převodovek do 30.9.1989.
U ostatních rýpadel od uvedení do provozu do 30.9.1989

$$t_{pz} \leq 0{,}25\ t_{pk}\ ,$$
$$t_{pv} \leq 0{,}20\ t_{pk}\ ,$$

kde

t_{pz} (h) - čas práce převodovky zdvihu,
t_{pv} (h) - čas práce převodovky výsuvu,
t_{pk} (h) - čas práce pohonu kolesa (doba těžby).

Přestože čas práce převodovky výsuvu je kratší, nelze mezi oběma převodovkami diferencovat z důvodu délky doby nasazení proto, že při provádění výměny převodovky je nutné stroj na poměrně dlouhou dobu odstavit. Vyplatí se tedy provést výměnu obou převodovek najednou.

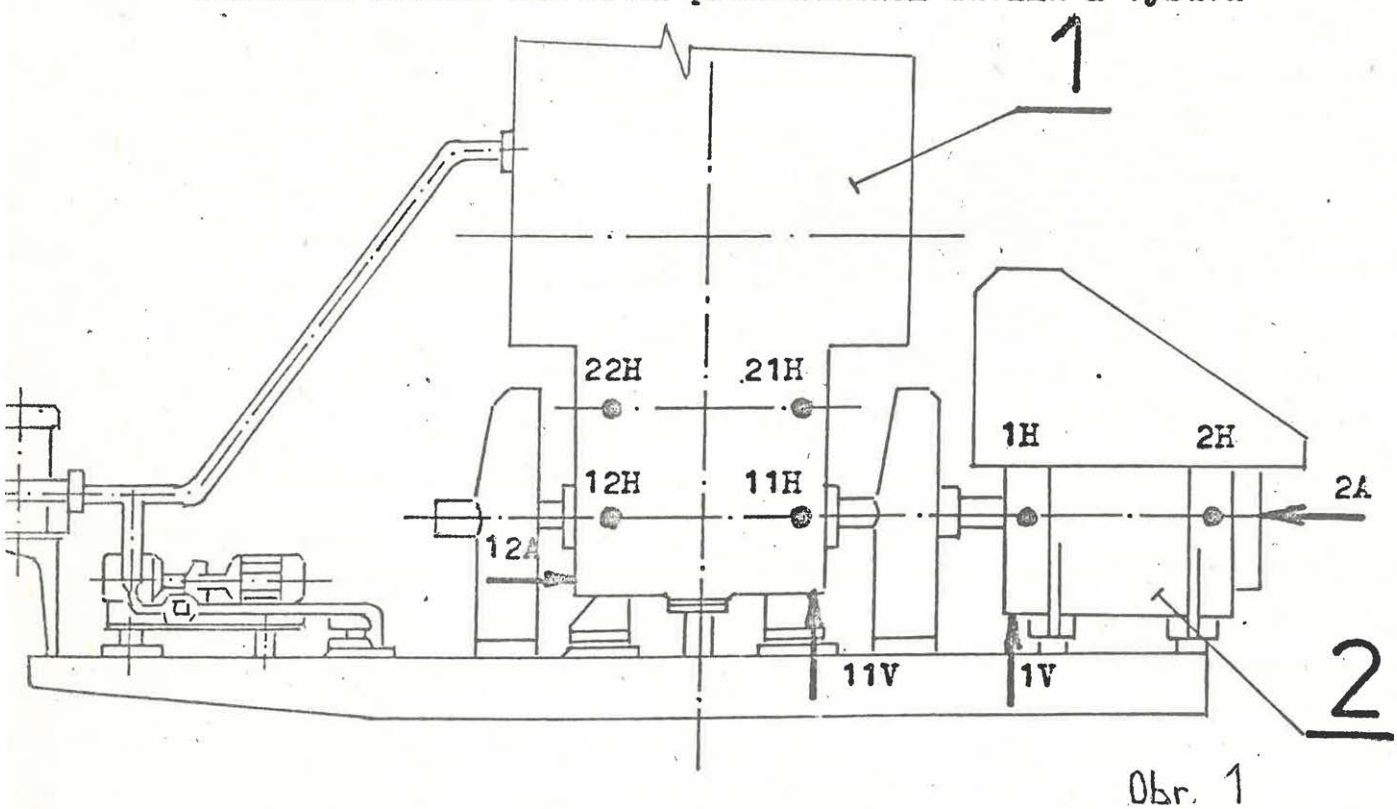
V tab. 2 jsou uvedeny výkony všech rýpadel KU 800 v SHR a přepočtené hodnoty časů práce převodovek zdvihu a výsuvu. Procentuální hodnoty jsou vztaženy k předpokládané prodloužené celkové životnosti převodovky (25 000 h). Z tab. 2 vyplývá, že nejdelší čas mají převodovky zdvihu a výsuvu na rýpadlech KU 800.6/72 a KU 800.8/74, která jsou umístěna na DNT.

Volba měřicích míst

Volba měřicích míst byla provedena podle zásad uvedených v /1/. Hlavními kritérii bylo
- získání maximálního signálu,
- dostupnost měření v daném místě,
- bezpečnost.

V počátku bylo vybráno deset měřicích míst, a to šest na převodovce 4 na elektromotoru. Měřicí místa jsou uvedena na obr. 1. Počet měřicích míst určuje

Základní měřící místa na převodovkách zdvihu a výsuvu



Obr. 1

Pozice : 1 - Převodovka / P V D /

2 - Elektromotor / E L M /

i dobu měření. Při vyhodnocení naměřených hodnot se prokázalo, že některá místa na převodovce dávají shodné informace o stavu převodovky. Proto při zjišťování stavu převodovky byla vybrána dominantní měřicí místa 11H, 11V a 12A na převodovce, čímž bylo zajištěno měření ve třech kolmých směrech, a na elektromotoru měřicí místo 1H, ve kterém charakterizuje ustavení elektromotoru a převodovky.

Snížením počtu měřicích míst se dosáhlo zkrácení doby měření, ale všechny podstatné informace pro diagnostiku zůstaly zachovány.

Volba měřicího přístroje

S volbou měřicího přístroje souvisí i volba měřených veličin a naopak. Jako základní byly vzaty tyto údaje:

- úroveň efektivní rychlosti kmitání v_{ef} (mm/s), měřené ve frekvenčním pásmu 10 - 1000 Hz,
- spektrální analýza, prováděná v pásmu 0 - 1000 Hz,
- úroveň stavu valivých ložisek BCU.

Další podmínkou byla i možnost rychlého změření a uchování dat.

Velice dobře těmto podmínkám vyhovuje měřicí zařízení od fy Schenck Vibrocam 1000, jehož součástí je i kolektor dat Vibrostore 41. Toto zařízení umožňuje měřit

- úroveň efektivní rychlosti kmitání V_{ef} (mm/s) ve frekvenčním pásmu 10 až 1000 Hz,
- spektrální analýzy ve zvoleném frekvenčním pásmu (zvoleno 0 - 500 Hz, 400 čárové spektrum),
- úroveň stavu valivých ložisek v jednotkách BCU.

Podstatnou výhodou tohoto zařízení je možnost nastavení "opakování měření", tzn. vzorkování, které umožňuje eliminovat nahodilé jevy při měření. Při vlastním měření byl výpočet prováděn ze 4 vzorků. Velký počet vzorků opět neúměrně prodlužuje čas měření.

Měření otáček elektromotoru bylo prováděno přístrojem fy Schenck Vibroport, který počítá počet světelných impulsů, odražených od rotující plochy.

Volba provozních podmínek při měření

Vlastní měření na stroji bylo prováděno ve čtyřech základních činnostech - ve dvou pro převodovku zdvihu (zvedání a spouštění) a ve dvou pro převodovku výsuvu (vysouvání a zasouvání). Jednotlivé cykly jsou prováděny takto:

a) příprava k měření: - zasunutí výložníku
- spuštění výložníku

b) vlastní měření: PVD zdvihu - zvedání
- spouštění
PVD výsuvu - vysouvání
- zasouvání.

Podmínkou měření je i volba rychlosti pohybu výložníku. Rychlost pohybu výložníku lze ovládat v 10 stupních. Po kontrolních měřeních byla tato rychlost volena s ohledem na celkovou dobu pohybu výložníku z jedné krajní polohy do druhé. Tato doba musela být delší, než doba na změření všech měřicích míst. Proto byly stanoveny rychlosti:

- PVD zdvihu - zvedání: 4. stupeň
- spouštění: 2. stupeň
- PVD výsuvu - vysouvání: 5. stupeň
- zasouvání: 3. stupeň.

Tyto zvolené rychlosti odpovídaly základním měřicím místům. Po provedené redukci měřicích míst bylo možné provést zvýšení těchto rychlostí a to na maximální hodnotu, tj. 10. stupeň. Tím bylo dosaženo
- vyšších úrovní chvění,
- posunutí základní otáčkové frekvence výše, což umožňuje lepší rozlišitelnost jednotlivých pracovních frekvencí ve spektru,
- projeví se i nižší kmitočty ve spektru.

Měření

Měření bylo prováděno na všech rýpadlech KU 800, která pracují v SHR, a to za zvolených pracovních podmínek, které jsou výše uvedeny. Vlastní sběr dat byl realizován pomocí sběrače dat Vibrostore 41, který ukládá naměřené údaje do vnitřní paměti, odkud jsou přehrávány do počítače IBM AT nebo počítače s ním kompatibilním. Přehraná data jsou v počítači zpracována programem Vibroexpert, který je součástí dodávky fy Schenck a programy vytvořenými pracovníky VÚHU speciálně pro tyto účely.

Stanovení přepočtených charakteristických hodnot

Charakteristickou hodnotou nazýváme úroveň mechanického kmitání, měřeného v určitém frekvenčním rozsahu. Jak již bylo uvedeno, byly jednotlivé převodovky zdvihu a výsuvu měřeny při různých rychlostech otáčení elektromotoru (tzn. různých rychlostech pohybu výložníku). V průběhu několika měření bylo prokázáno, že nastavení rychlostního stupně nezajišťuje stejné pracovní otáčky. Porovnání je provedeno v tab. 3. Z toho vyplynula otázka, jakým způsobem porovnávat jednotlivé naměřené hodnoty (charakteristické hodnoty) mezi sebou, jsou-li naměřeny při různých otáčkách. Odpověď zní: přepočítat naměřené hodnoty (charakteristické hodnoty) na jednotné otáčky.

Vycházelo se z následující úvahy: je zřejmé, že stav jednoho konkrétního stroje při stejném pracovním pohybu na stejném měřicím místě je stále stejný, i když je určen různou charakteristickou hodnotou, která je závislá na provozních otáčkách elektromotoru (tzv. rychlostním stupni). Proto bylo nutné charakteristické hodnoty přepočítat na vybrané (jednotné) otáčky, tzn. stanovit $V_{ef} = f(n)$. Při stanovení funkční závislosti f (n) bylo využito naměřených hodnot na rýpadle KU 800.9/81 (tab. 4). Hodnoty funkce byly stanoveny metodou nejmenších čtverců zvlášť pro v_{ef} a zvlášť pro BCU. Tvar funkce pro přepočet efektivní rychlosti kmitání na vybrané jednotné otáčky n = 1500 min^{-1} je dán rovnicí:

$$v_{ef-1500} = V_{ef-n} (1500/n)^{1,35},$$

kde

V_{ef-n} (mm/s) - efektivní rychlost kmitání měřená při provozních otáčkách
n (min^{-1}) - provozní otáčky.

Koeficient korelace, který popisuje shodu zvolené křivky s naměřenými hodnotami, je r = 0,96 (velmi silná vazba). Naměřené hodnoty /1/ a přepočtené hodnoty /2/ jsou na obr. 2.

Pro přepočet hodnot BCU byla stanovena rovnice ve tvaru:

$$BCU_{1500} = BCU_n \exp(0{,}000782 (1500 - n)),$$

kde

BCU_n (g) - hodnota stavu valivých ložisek měřená při provozních otáčkách.

Tabulka č. 3 Porovnání rychlostních stupňů a otáček při měření

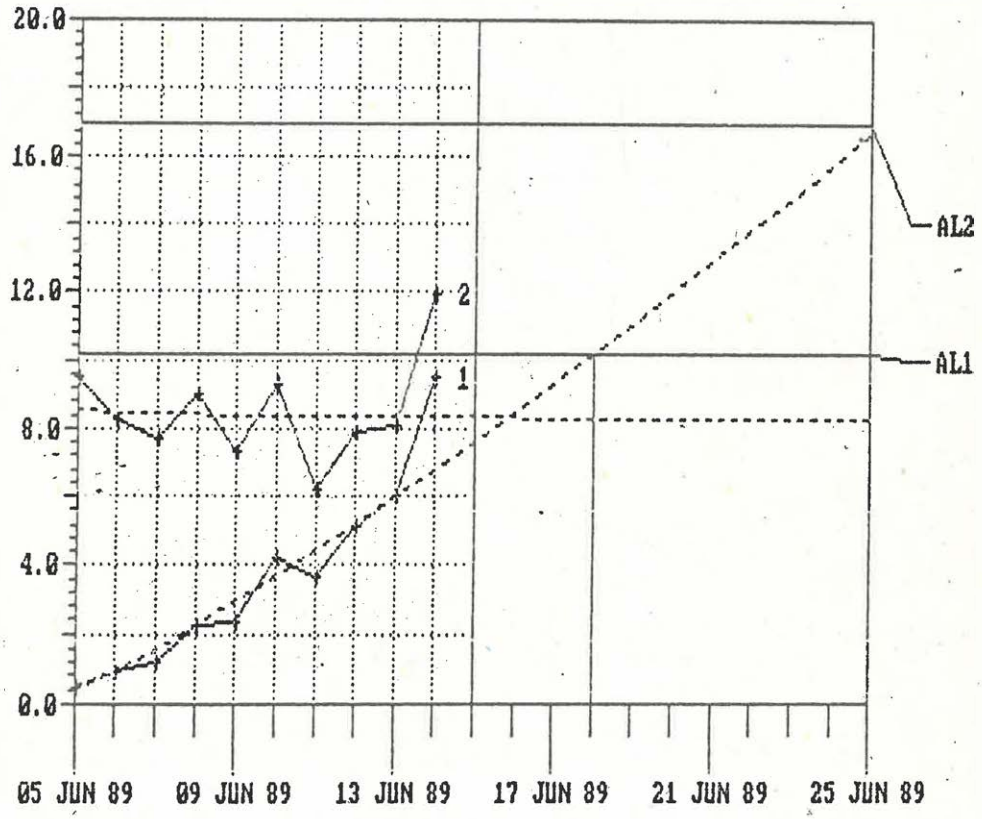
Rýpadlo	PVD Zdvihu				PVD Výsuvu			
	zvedání rych- lost	ot/min	spouštění rych- lost	ot/min	vysouvání rych- lost	ot/min	zasouvání rych- lost	ot/min
KU 800.1/59	4	636	2	437	5	650	3	770
3/61	4	410	2	378	5	454	3	683
6/72	4	510	2	350	5	774	3	544
6/72	10	1270	10	1212	10	1380	10	1420
5/65	4	458	2	510	5	377	3	474
7/75	10	1104	10	1240	10	875	10	1236
8/77	4	671	2	418	5	500	3	311
9/81	4	261	2	366	5	603	3	567
10/79	4	715	2	593	5	1175	2	629
11/84	4	706	2	432	5	503	3	532
13/90	4	555	2	346	5	528	3	623
14/92	4	542	2	510	5	692	3	620
15/94	4	637	2	414	5	533	3	451
18/99	10	1001	10	1080	10	1095	10	1215
19/98	4	425	2	400	5	582	3	485

Tabulka č. 4 Naměřené charakteristické hodnoty na rýpadle KU 800.9/81 na převodovce výsuvu při vysouvání

Rychlost	Otáčky $n(min^{-1})$	Datum (MM/DD/RR)	v_{ef} (mm/s)	BCU
1	156	06/05/89	0,49193	0,07291
2	273	06/06/89	0,91094	0,07291
3	363	06/07/89	1,24435	-
4	497	06/08/89	2,23783	0,07812
5	603	06/09/89	2,34308	0,07989
6	776	06/10/89	4,19618	-
7	937	06/11/89	3,61776	0,10937
8	1028	06/12/89	5,18723	-
9	1129	06/13/89	6,05076	0,14322
10	1182	06/14/89	9,52332	0,16145

DVIL V-VY-9/81 02 NOV 89
11H 00516 MM/SEC

PVD ZDVIHU A VYSUVU - PREPOCET

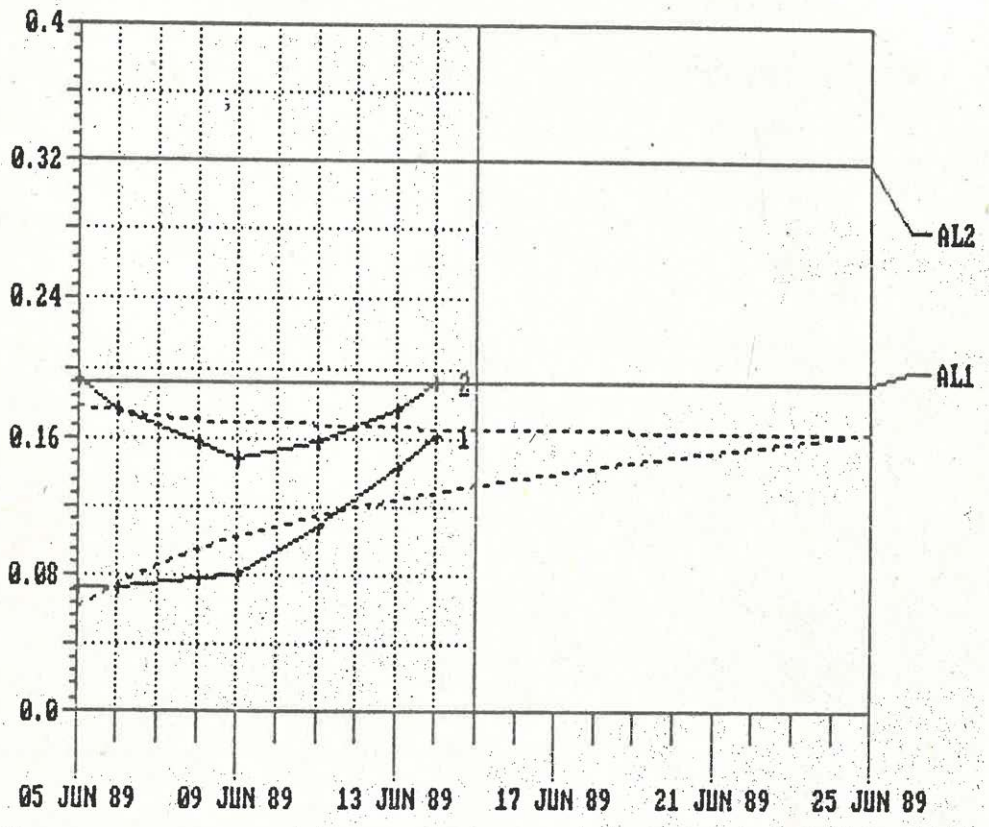


Cas.meritko= 4 dni / vyssi deleni

Obr. 2

DVIL V-VY-9/81 02 NOV 89
11H 00517 BCU

PVD ZDVIHU A VYSUVU - PREPOCET



Cas.meritko= 4 dni / vyssi deleni

Obr. 3

Koeficient korelace r = 0,91 představuje silnou vazbu mezi veličinami. Naměřené hodnoty /1/ a přepočtené hodnoty /2/ jsou na obr. 3.

Stanovení mezí přepočtených charakteristických hodnot

Při stanovení mezních hodnot se vycházelo z práce /1/, ve které se uvádí, že mezní hodnota efektivní rychlosti kmitání je rovna dvojnásobku střední hodnoty v daném měřicím místě pro daný pracovní pohyb.

Pro hodnoty stavu valivých ložisek BCU lze přijmout vztah $BCU_{mez} = 3\ BCU_{str}$, který určuje mez jako trojnásobek střední hodnoty, čemuž odpovídá nárůst přibližně o 10 dB. Vypočtené mezní hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.

Takto získané mezní hodnoty budou v průběhu dalších měření upřesňovány.

Hodnocení překročení mezí charakteristických hodnot

Po vypočtení mezí a jejich uložení lze porovnat úrovně všech vypočtených charakteristických hodnot s těmito mezemi. Pro stanovení stavu provozuschopnosti je nutné určit měřicí místa, ve kterých se úrovně kmitání blíží k mezní hodnotě (např. jsou vyšší než 80 % mezní hodnoty) nebo dokonce i tuto mez překračují. V těchto vytříděných měřicích místech je nutné provést frekvenční analýzu a určit pravděpodobné zdroje zvýšeného kmitání a sledovat i trend (nárůst) úrovně kmitání.

Spektrální analýzy - stanovení přepočtu spekter

Ze stejných důvodů, které byly již popsány výše, je nutné provést přepočet spekter. Na obr. 4 jsou záznamy provedených frekvenčních analýz, které odpovídají údajům v tab. 4. Z obr. 4 je zřejmé, že porovnání záznamů frekvenčních analýz je takřka nemožné. Proto byl proveden přepočet jednotlivých spekter, a to podle následujícího předpokladu:

- růst amplitudy na jednotlivých frekvencích je lineárně úměrný poměru vybraných (jednotných) otáček, tj. 1500 min^{-1} a pracovních otáček.

Po úpravě a přepočtu amplitud jednotlivých spekter získáme poměrně dobrou možnost porovnání spektrálních analýz mezi sebou (obr. 5).

Stanovení mezních spekter

Tato mezní spektra jsou vytvořena statistickým výpočtem jednotlivých čar obsažených ve spektru (bylo voleno 400 čar, což je maximální počet, který systém Vibrocam 1000 umožňuje), a to podle vzorce

$$v_{mez} = v_{str} + 2\ S_x\ ,$$

kde

v_{mez} (mm/s) - mezní hodnota efektivní rychlosti kmitání pro danou čáru (tj. i pro danou frekvenci),

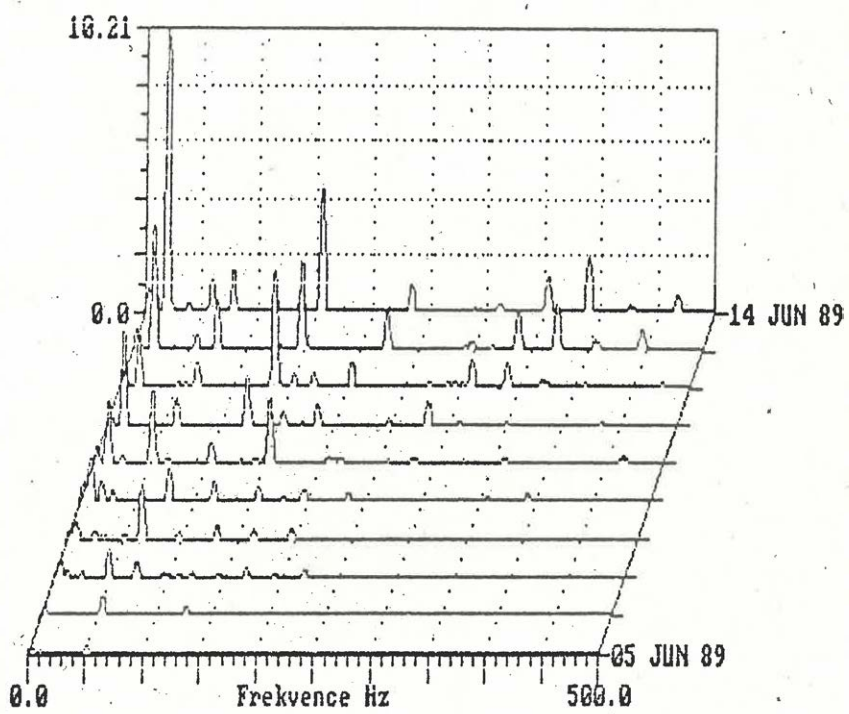
v_{str} (mm/s) - střední hodnota efektivní rychlosti kmitání pro danou čáru,

S_x (mm/s) - směrodatná odchylka souboru.

Tabulka č. 5 Mezní hodnoty charakteristických hodnot (silně orámována doporučená měř. místa)

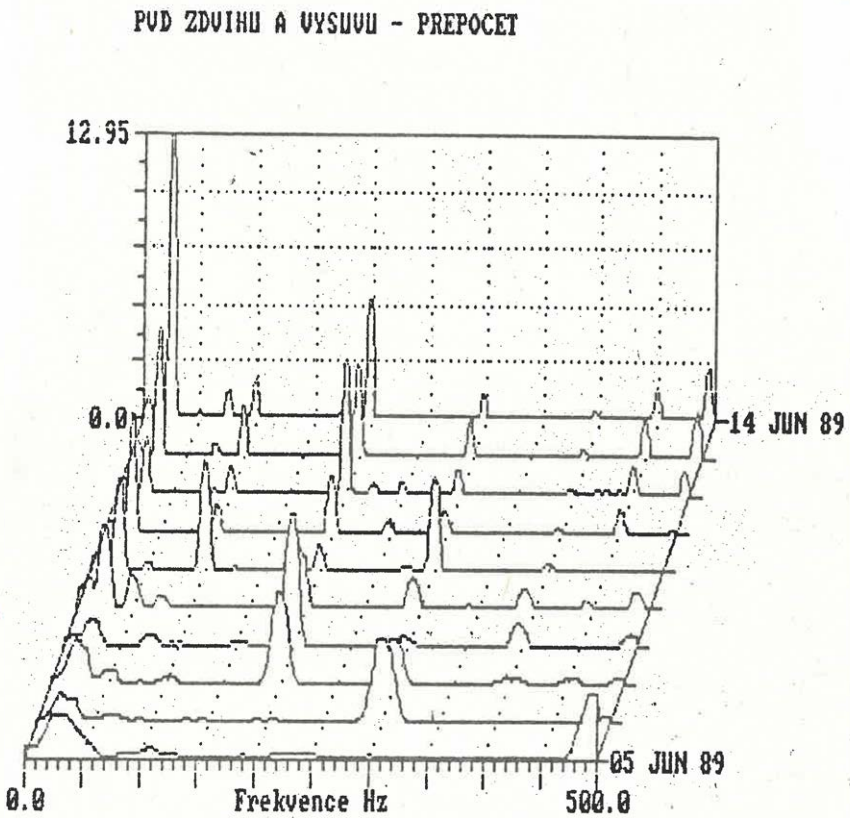
			PŘEVODOVKA - Pracovní pohyb			
			Z - ZV	Z - SP	V - VY	V - ZA
ELM	1 H	v_{ef}	24.317	23.478	25.203	58.103
	1 H	BCU	1.833	1.509	2.004	2.000
	1 V	v_{ef}	24.588	19.692	19.924	40.055
	2 H	BCU	1.071	0.827	0.713	0.734
	2 A	v_{ef}	36.723	26.532	37.085	51.700
PVD	11 H	v_{ef}	20.453	16.357	16.982	19.504
	11 H	BCU	0.413	0.417	0.482	0.528
	11 V	v_{ef}	9.559	7.938	11.281	12.186
	12 H	v_{ef}	19.654	18.341	16.824	18.660
	12 H	BCU	0.338	0.377	0.474	0.429
	12 A	v_{ef}	8.556	7.983	9.534	14.630
	21 H	v_{ef}	16.711	15.067	13.980	16.591
	21 H	BCU	0.275	0.314	0.321	0.329
	22 H	v_{ef}	14.487	14.847	13.706	14.657
	22 H	BCU	0.260	0.350	0.345	0.365

PVD ZDVIHU A VYSUVU



POPIS : NA PVD U SPOJKY
STROJ : V-VY-9/81
JEDN. : MM/SEC ef.
MISTO ID: 11H
MISTO : 00516

Obr. 4



POPIS : NA PUD U SPOJKY
STROJ : V-VY-9/81
JEDN. : MM/SEC ef.
MISTO ID: 11H
MISTO : 00516

Obr. 5

Tato mezní spektra, tzv. úzkopásmové výstrahy, umožňují stanovit stav převodovky při vlastním měření, tj. říci, jestli spektrum tuto výstrahu překračuje, či nikoliv. Dále tyto výstrahy vymezí tzv. charakteristické frekvence, tj. hodnoty, na kterých jsou amplitudy výstrah vysoké. Porovnáním těchto charakteristických frekvencí s výpočtovými lze vyjádřit i základní příčiny vzniku kmitání. Příklad úzkopásmové výstrahy je na obr. 6.

Výpočet pracovních frekvencí

Základní pracovní frekvence jsou stanoveny počtem převodů a počtem zubů jednotlivých ozubených kol v těchto převodech (způsob výpočtu viz /1/). Na základě konstrukčních informací byly vypočteny hodnoty frekvencí, viz tab. 6, které platí pro přepočtená spektra pro $n = 1500\ min^{-1}$.

Vzhledem k již dříve uvedeným pracovním podmínkám (volba rozsahu přístroje 0 - 500 Hz a 400 čar na jedno spektrum) lze určit frekvence, které jsou měřitelné. Jsou to ty, které se pohybují v rozsahu 1 - 500 Hz. V rozsahu 0 - 1 Hz je přesnost měření velmi malá, a to s ohledem na charakteristiku snímače a na fakt, že v tomto rozmezí je příliš mnoho frekvencí, které je těžké od sebe odlišit. Měřitelnost je uvedena v poznámce (M - lze měřit a vyhodnocovat).

Při překrývání frekvencí, ke kterému dochází, lze příčiny (zdroje) vibrací obtížně rozlišit. Jsou to tyto frekvence:
- 25 Hz (zákl. otáčková) a 24,696 Hz (zubová 3,4),
- 50 Hz (harmonická 2) a 49,392 Hz (zubová 3,4 * 2),
- 99 Hz (zubová 2,3) a 100 Hz (harmonická 4).

Pro "měřitelné" frekvence byly stanoveny mezní hodnoty na těchto frekvencích. Tyto meze jsou uvedeny v tab. 7.

Způsob hodnocení naměřených hodnot

Pro jednotlivá měřicí místa jsou porovnávány přepočtené naměřené hodnoty s mezemi následujícím způsobem:

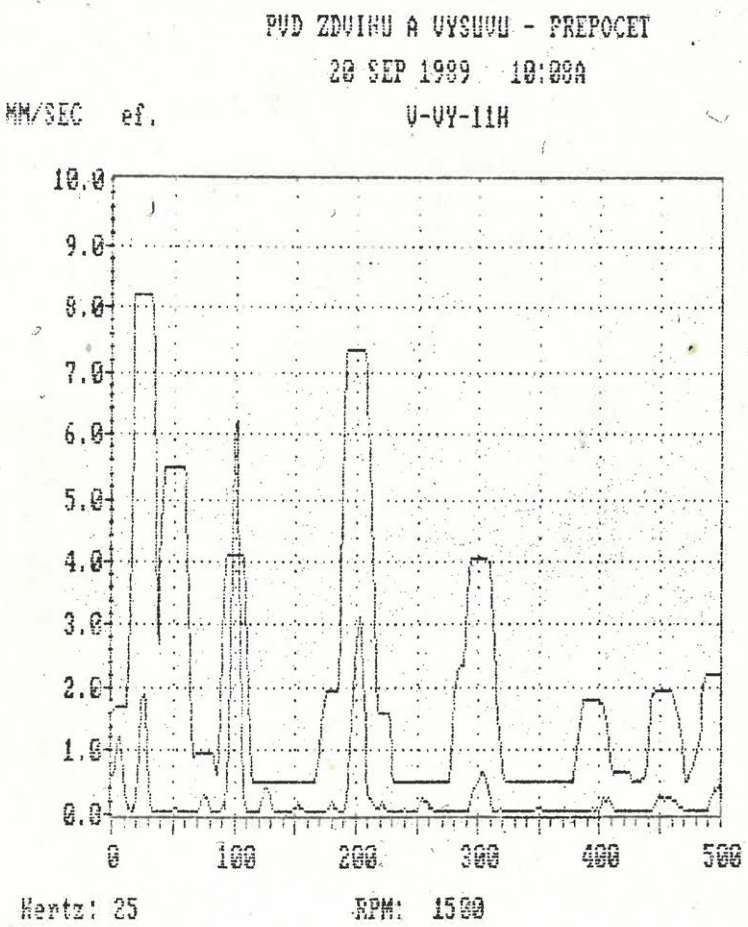
a) nepřekročení meze - vše v pořádku

b) překročení meze méně než o 50 %:
   - posoudit trend (nárůst měřené veličiny)
   - provést hodnocení frekvenční analýzy (při měření V_{ef})

   Možná opatření:
   - v oblasti diagnostiky: - ustavení pohonu
     - vyvážení pohonu
   - v organizaci měření: - zkrácení intervalu mezi měřeními (na polovinu, podle okolností i na kratší časové údobí)

c) překročení meze více než o 50 %:
   - provést opakované měření
   - posoudit trend
   - provést hodnocení frekvenční analýzy

   Možná opatření:
   - v oblasti diagnostiky: - ustavení pohonu
     - vyvážení pohonu
     - jiné druhy diagnostických kontrol
   - pro provoz návrh na - výměnu elektromotoru
     - odstavení převodovky.



POPIS : NA PVD U SPOJKY

STROJ : V-VY-18/99 SKUPINA : DJF

MISTO ID: 11H MISTO : 00276

Obr. 6

Tabulka č. 6 Charakteristické vypočtené frekvence

Název	Kmitočet	Poznámka
Zákl. otáčková	25	M
Zubová 1,2	450	M
Zubová 1,2 * 2	900	
Otáčková 2	4,5	M
Zubová 2, 3	99	M
Zubová 2,3 * 2	198	M
Otáčková 3	0,882	
Zubová 3,4	24,696	M
Zubová 3,4 * 2	49,392	M
Otáčková 4	0,220	
Zubová 4,5	8,820	M
Zubová 4,5 * 2	17,640	M
Otáčková 5	0,063	
Harmonická 2	50,000	M
Harmonická 3	75,000	M
Harmonická 4	100,000	M

Tabulka č. 7 Meze charakteristických frekvencí

Označení měřícího místa	v_{ef} (mm/s)							
	Název frekvence							
	frekvence (Hz)							
	OT 2	Z 45	Z 45x2	OT 1 Z 34	HARM 2 Z 34x2	Z 23	Z 23x2	Z 12
	4,5	8,8	17,6	25	50	99	198	450
Z-ZV-1 H	2,9	2,9	12,4	12,4	42,9	3,7	3,7	0,5
11 H	3,4	3,4	4,0	4,0	4,2	9,5	13,8	1,7
11 V	1,1	1,1	1,8	1,1	0,9	2,6	4,3	1,8
12 A	2,5	2,5	4,7	4,8	3,3	4,1	1,7	0,7
Z-SP-1 H	1,8	5,5	16,5	16,5	15,0	2,0	3,4	0,7
11 H	1,3	1,1	3,0	3,0	4,6	3,5	8,8	2,1
11 V	1,1	1,1	1,1	0,8	0,5	1,7	2,1	1,8
12 A	2,4	2,4	3,9	3,9	3,0	0,9	0,8	0,6
V-VY-1 H	2,0	3,2	29,6	31,6	8,5	3,6	1,9	0,5
11 H	1,7	1,7	8,2	8,2	5,5	4,1	7,4	1,9
11 V	1,9	1,9	3,9	4,1	0,8	1,8	3,2	1,2
12 A	1,2	1,3	9,3	9,3	2,4	1,5	1,0	0,8
V-ZA-1 H	2,8	6,9	33,8	34,5	96,9	11,8	3,0	0,5
11 H	2,0	2,0	3,5	3,6	13,6	9,9	3,8	1,3
11 V	0,6	0,6	2,5	2,5	11,3	0,8	1,5	1,5
12 A	2,0	2,0	5,5	5,5	15,8	1,4	0,5	0,7

Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo podrobně seznámit čtenáře s vibrační diagnostikou převodových skříní zdvihu a výsuvu rýpadel KU 800.

Diagnostiku převodových skříní zdvihu a výsuvu je však nutné řešit komplexně, tzn. s využitím všech dostupných diagnostických metod (chemické rozbory olejů, ferrografické analýzy, měření a analýzy mechanického kmitání a měření teplot, včetně vizuální a defektoskopické kontroly), a dosáhnout tak jejich vysoké spolehlivosti. Dosažením vysoké spolehlivosti dojde k vytvoření reálné podmínky pro prodloužení doby provozu převodovek zdvihu a výsuvu nad danou mez 12 500 hodin.

Použitá literatura:

1. Kratochvíl, T., Novák, A., Patera, V., Veselý, J. - Návrh racionalizace údržby technologických celků TC2 s využitím vibrační diagnostiky a dalších diagnostických metod včetně expertního systému pro převodovky zdvihu a výsuvu kolesa KU 800. Výzkumná zpráva VÚHU Most, č. H 50-125-017-02-02/003-201/89, 1989.

2. Kratochvíl, T. - Expertní systém v diagnostice strojního zařízení rýpadel KU 800. Zpravodaj VÚHU Most, č.1/1990, s. 110-113

3. Patera, V. - Jednotná metodika použití vibrační bezdemontážní diagnostiky poháněcích jednotek DPD pro technologické celky TC 2. Výzkumná zpráva VÚHU Most, č. H-50-125-017-02-01-136/88, 1988