



HYDRODYNAMIC QUALITY

## **TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA spol. s r. o.**

Jilemnického 4  
08001 Prešov  
SLOVAKIA

[www.tdgonline.sk](http://www.tdgonline.sk)  
[tdg@nexta.sk](mailto:tdg@nexta.sk)

Tel.: + 421 51 77 328 54  
+ 421 51 75 958 11  
Fax: + 421 51 75 958 12  
Mobil: 0905 539 888 PA  
0907 946 677 RB  
0905 370 991 MB

### **Kritické otáčky točivých strojov – prevádzka v oblasti rezonancie.**

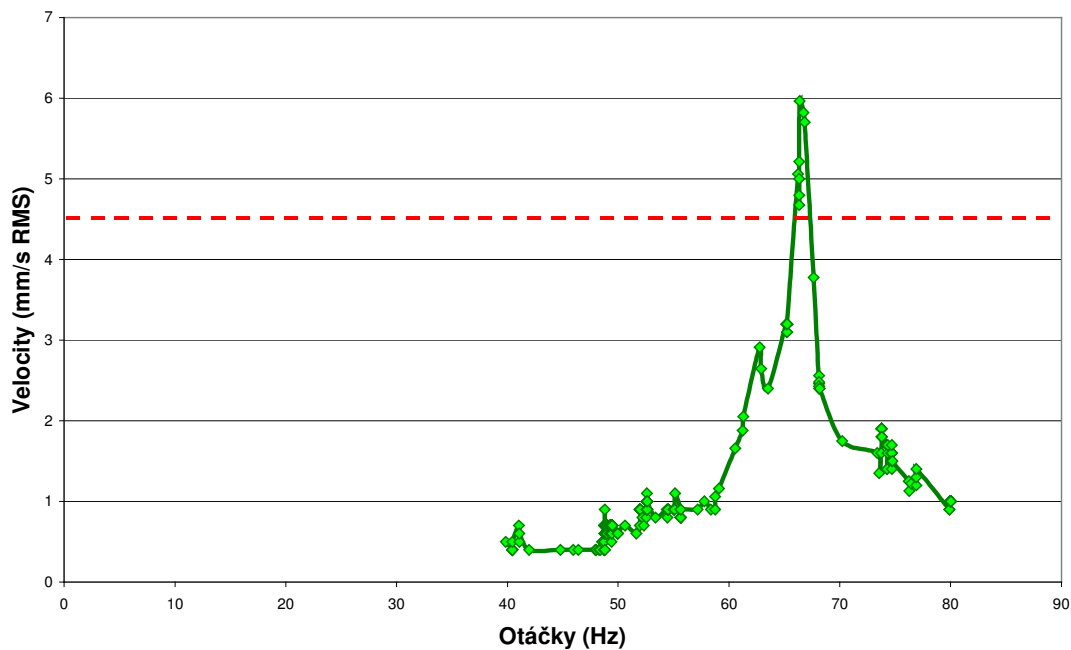
V posledných rokoch sledujeme v priemysle nárast počtu točivých strojov, ktorých pohon – elektromotor - má plynulú reguláciu otáčok. Reguláciou otáčok sa dosahuje optimalizácia výkonu stroja podľa aktuálnej potreby alebo stavu technologického procesu. Jedným z rizík používania pohonov s plynulou reguláciou otáčok je skutočnosť, že točivý stroj je prevádzkovaný aj v oblasti kritických otáčok. Vplyvom rezonancie dochádza ku nárastu vibrácii nad doporučené limity a tým ku zvýšenému dynamickému namáhaniu celého stroja aj jeho blízkeho okolia. U takýchto strojov potom často evidujeme predčasné poškodenie alebo náhly neočakávaný výpadok.

#### **Vibrodiagnostika**

Točivé stroje počas chodu generujú vibrácie. Analýzou vibračného signálu je možné získať informáciu o technickom stave alebo prevádzkových podmienkach stroja. Touto oblasťou sledovania stavu strojov sa zaoberá technická diagnostika – vibrodiagnostika. V príspevku uvádzame príklady jednoduchého merania celkových (sumačných) vibrácii na strojoch s plynulou reguláciou otáčok.

### Príklad 1 - ventilátor

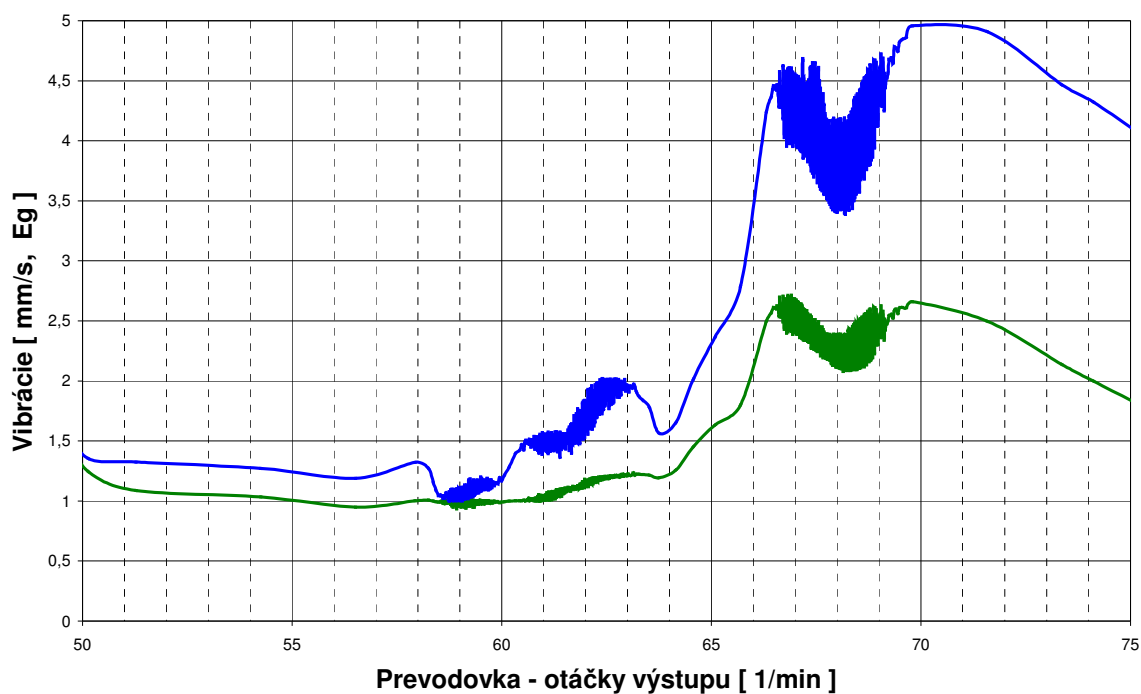
Súčasťou technologickej linky je 20 samostatných ventilátorov. Stroje sú umiestnené v uzavretých krytoch s komplikovaným prístupom. Pracujú vo výbušnom prostredí a v nepretržitej prevádzke. Otáčky ventilátorov sa plynule regulujú v rozsahu 2500 až 5000 ot/min podľa aktuálnej potreby technológie.



Obrázok číslo 1, graf ukazuje závislosť vibrácii stroja na otáčkach. Kritické otáčky sa nachádzajú v okolí frekvencie otáčania 67Hz – 4000 ot/min. V dôsledku rezonančných dejov vibrácie stúpajú nad doporučenú hranicu. Chod stroja mimo kritickú oblasť otáčok je relatívne kludný, namerané vibrácie sú vtedy nízke.

## Príklad 2 – prevodovka

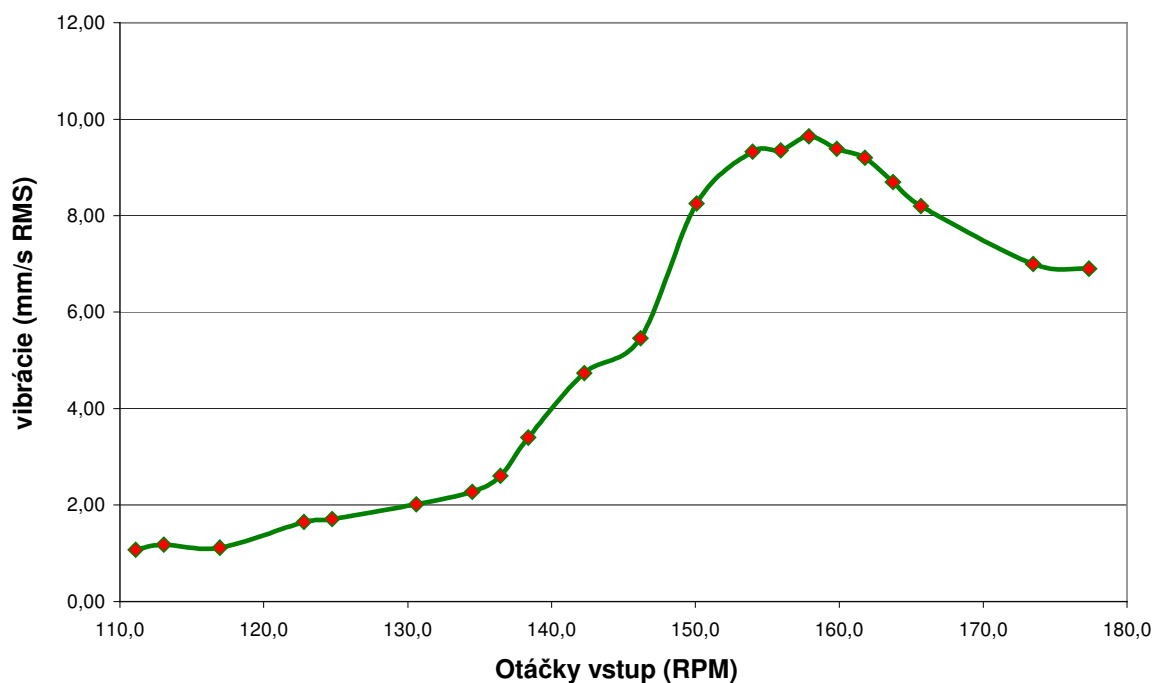
Ukážka rezonančných javov a merania vibrácií na pohone s dvojstupňovou prevodovkou. Otáčky motora sú regulované v rozsahu 800 – 1300 ot/min pri prenášanom výkone do 800 kW.



Obrázok číslo 2, graf ukazuje závislosť vibrácií na otáčkach výstupu prevodovky. V oblasti otáčok 68/min sme zistili lokálny pokles vibrácií. Prevádzkou stroja v tomto režime je možné znížiť riziko poškodenia a predĺžiť dobu do výpadku. Takto „ušetrený“ čas je možné využiť na kvalitnú prípravu a plánovanie opravy.

### Príklad 3 – prevodovka

Podobný prípad prevodovky prevádzkovej s vysokými vibráciami. Jedná sa o pomalobežný pohon s dvojstupňovou prevodovkou. Vstupné otáčky prevodovky sú do 180/min, prenášaný je výkon okolo 3 MW.



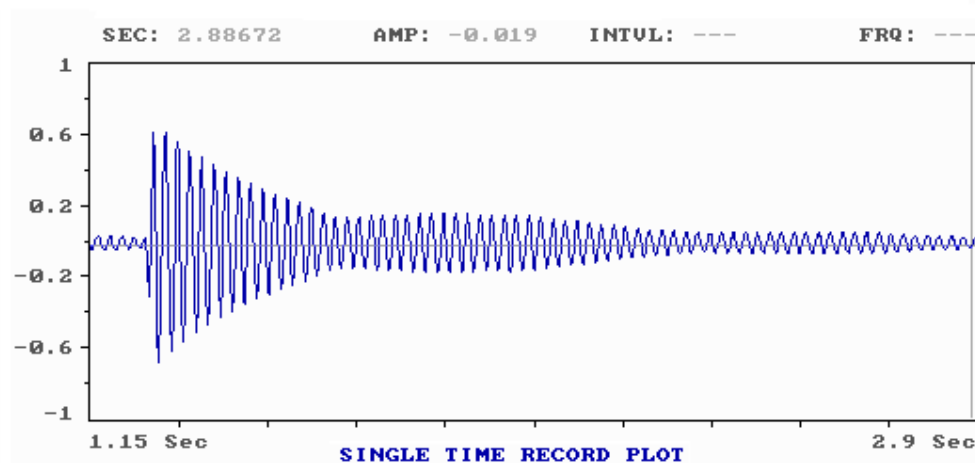
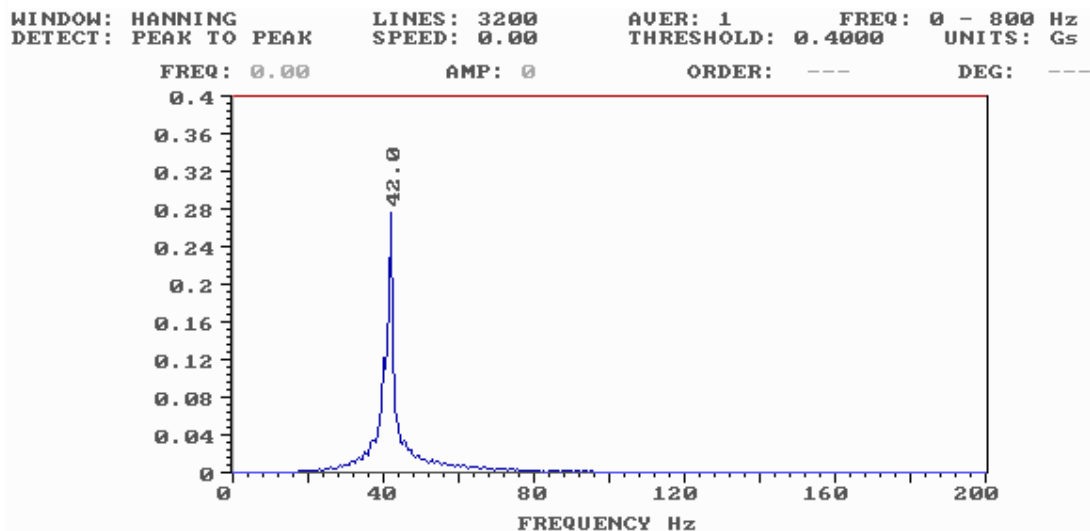
Obrázok číslo 3, graf aj v tomto prípade ukazuje oblasť otáčok s vysokými vibráciami a následný pokles hodnôt pre vyššie otáčky. V tomto prípade sa jednalo o prevodovku so silne opotrebeným a poškodeným ozubeným súkolesím. Oprava - výmena ozubenia bola vzhľadom na dodávku dielov možná až o 6 mesiacov. Prevedené merania slúžili ako podklad pre stanovenie režimu obmedzenej prevádzky zariadenia až do vykonania opravy.

#### Príklad 4 – čerpadlo

Trojica čerpadiel bola nahradená jedným výkonnejším s plynulou reguláciou otáčok elektromotora. Po spustení čerpadla do riadnej prevádzky bolo obsluhou linky zistené, že stroj vykazuje v určitých režimoch vysoké vibrácie. Previedli sme diagnostické merania vibrácii, závislosť medzi vibráciami a otáčkami čerpadla. Tabuľka ukazuje porovnanie hodnôt vibrácii zmeraných pre dve rôzne otáčky stroja.

Merané miesto	Namerané hodnoty vibrácii (velocity, mm/s rms)		Hodnotenie
	Otáčky 49,5 / s	Otáčky 41 / s	
Pohon el.motor	<b>4,2</b>	<b>14,8</b>	Nevyhovuje Rezonancia

Na základe prevedeného merania vibrácii sme počas odstavení čerpadla previedli rázovú skúšku. Cieľom rázovej skúšky je zistiť amplitúdovo – frekvenčnú odozvu meranej mechanickej sústavy na jednotkový rázový impulz.



Na obrázku číslo 4 je ukážka FFT spektra a TIME záznam – výsledok prevedenej rázovej skúšky. Meranie potvrdilo zreteľnú rezonančnú oblasť mechanickej sústavy čerpadlo – el.motor v okolí frekvencie 42 Hz.

### Záver

Točivé stroje poháňané elektromotorom s plynulou reguláciou otáčok sú v niektorých prípadoch prevádzkované aj v oblasti kritických otáčok. Ak chceme predísť neočakávaným poruchám a dosiahnuť plánovanú životnosť týchto strojov, je nutné posúdiť vibrácie aj s ohľadom na uvedenú skutočnosť. Metódu merania a použité prístroje je nutné zvoliť s ohľadom na charakter stroja aj druh prevádzky.

Ing. Pavel Adamčík  
[p.adamcik@diagnostika.sk](mailto:p.adamcik@diagnostika.sk)  
[www.tdgonline.sk](http://www.tdgonline.sk)