

# Sledování stavu zubového čerpadla měřením akustické emise

David Varner<sup>1</sup>, Miroslav Varner<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> CorrosionFatigue, info@davar.cz

## Abstrakt

*Článek se zabývá metodikou zjišťování stavu zubového čerpadla použitého v hydraulickém okruhu malého letounu. Při měření akustické emise byly u identického nového a použitého zubového čerpadla sledovány 2 charakteristické parametry: RMS signálu a funkce PSD událostí akustické emise.*

*Klíčová slova: akustická emise, hydraulické čerpadlo, letecká konstrukce*

## Abstract

*Presented article deals with status evaluation of a hydraulic pump used in a small aircraft fuselage. Acoustic emission signals have been monitored both for new and used hydraulic pump. Two significant parameters have been taken into account: RMS and values of PSD for individual acoustic emission events.*

*Keywords: acoustic emission, hydraulic pump, aircraft construction*

## Úvod

Hydraulické zubové čerpadlo bylo v testovacím hydraulickém okruhu provozováno po dobu 50 hodin. Poté bylo podrobena řadě diagnostických měření včetně měření akustické emise. Zároveň bylo pomocí stejné metodiky přezkoušeno zcela nové hydraulické zubové čerpadlo stejného typu.

## Princip hydraulického zubového čerpadla

Hydraulická zubová čerpadla (též zubové generátory) tvoří dvojice spoluzabírajících ozubených kol uložených v příslušném vybrání tělesa čerpadla. Pracovní prostor tvořený zubovými mezerami kol je ohraničen zuby kol, plochami radiálně a axiálně přiléhajícími k ozubeným kolům a stykem zubů v záběru.

Funkce hydraulického zubového čerpadla je následující: kapalina je nasávána do vstupního (sacího) prostoru podtlakem vznikajícím cyklickým zvětšováním objemu vstupního prostoru při otevírání zubových mezer tak, jak vycházejí jednotlivé zuby ze záběru. Potom postupuje v zaplněných zubových mezerách po obvodu kol do výstupního prostoru. Výstupní prostor je vůči vstupnímu prostoru těsněn malou radiální a axiální vůlí kol v tělese čerpadla (zuby tvoří vícenásobné labyrintové těsnění) a záběrem zubů. Na následující obrázku je zjednodušený řez typickým hydraulickým zubovým čerpadlem s vyznačenými směry proudění kapaliny a pozicí zubů při provozu. [1]



XV1P/0.9	G 3/8"	G 3/8"	77.1	37.3	240	260	280	6000	700
----------	--------	--------	------	------	-----	-----	-----	------	-----

Tabulka 1: Provozní parametry zkoušeného hydraulického zubového čerpadla XV1P/0.9. [3]

### **Předpoklady vzniku akustické emise u zkoušeného čerpadla**

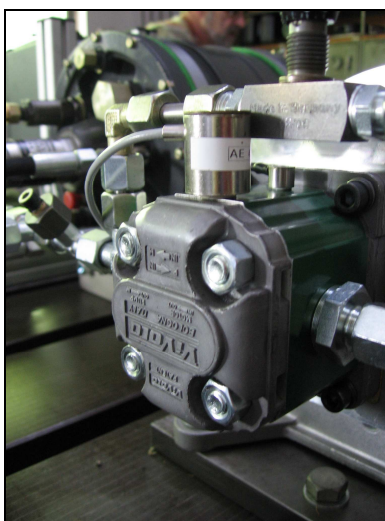
Akustická emise při provozu hydraulického zubového čerpadla vzniká při kontaktu zubů kol čerpadla a v důsledku opotřebení kovových částí, průsaků a kavitace kapaliny.

Průběh kontaktu jednotlivých zubů a četnost vznikajících událostí akustické emise mohou být závislé na rychlosti otáčení ozubených kol čerpadla. Měření akustické emise při provozu hydraulického zubového čerpadla XV1P/0.9 bylo realizováno při dvou frekvencích otáčení zubových kol: 30 Hz (1800 ot/min) a 50 Hz (3000 ot/min).

Při opotřebení vnitřních ploch ozubených kol a zvýšení netěsností dochází k nedokonalému plnění mezizubních prostor. V kapalině transportované po obvodu zubového čerpadla poté dochází ke krátkodobým variacím tlaku a rychlosti spojenými případně se vznikem turbulentního proudění. V extrémních případech může dojít i ke vzniku kavitace projevující se rázy a nerovnoměrným chodem čerpadla. V případě měření akustické emise tyto jevy způsobují zvýšení počtu a mohutnosti událostí akustické emise.

### **Měření akustické emise**

Měření akustické emise bylo provedeno aparaturou Dakel XEDO a piezoelektrického snímače Dakel AE. Akustické emise byla měřena u použitého a nového hydraulického zubového čerpadla. Snímač byl v obou případech přilepen na horní plochu pouzdra čerpadla. Připevnění snímače akustické emise a jeho akustická vazba s pouzdem čerpadla byla zajištěna sekundovým lepidlem (viz obrázek 3).



Obrázek 3: Piezoelektrický snímač akustické emise na pouzdru zkoumaného čerpadla. Foto D. Varner.

Signály akustické emise generované při běhu čerpadla byly snímány a vyhodnocovány analyzátozem XEDO s deskou AE 3.0 od společnosti DAKEL ZD Rpety. Jedná se o výkonný vícekanálový systém pro analýzu signálů akustické emise umožňující vzorkování a ukládání naměřených dat na disk řídicího PC. Deska analyzátoru pokrývá frekvenční rozsah cca 80 – 550 kHz. Data z analyzátoru Dakel XEDO byla odesílána přes rozhraní Ethernet do řídicího PC, kde byly v softwaru Daemon sledovány měřené parametry a data byla ukládána na disk pro následné vyhodnocení.

Pro měření akustické emise byla použita metodika srovnávacího měření. Akustická emise byla měřena při provozu nového i použitého hydraulického zubového čerpadla XV1P/0.9 při dvou hodnotách otáček čerpadla (30 a 50 Hz) a při dvou typických tlacích (12 a 20 MPa). Úkolem měření signálu akustické emise bylo nalézt rozdíly mezi jeho parametry (RMS a PSD) u nového a použitého čerpadla.

Kalibrace snímače akustické emise a analyzátoru Dakel XEDO byla provedena pomocí Pen Testu s tuhou 0,5 mm a certifikovaného adaptéru.

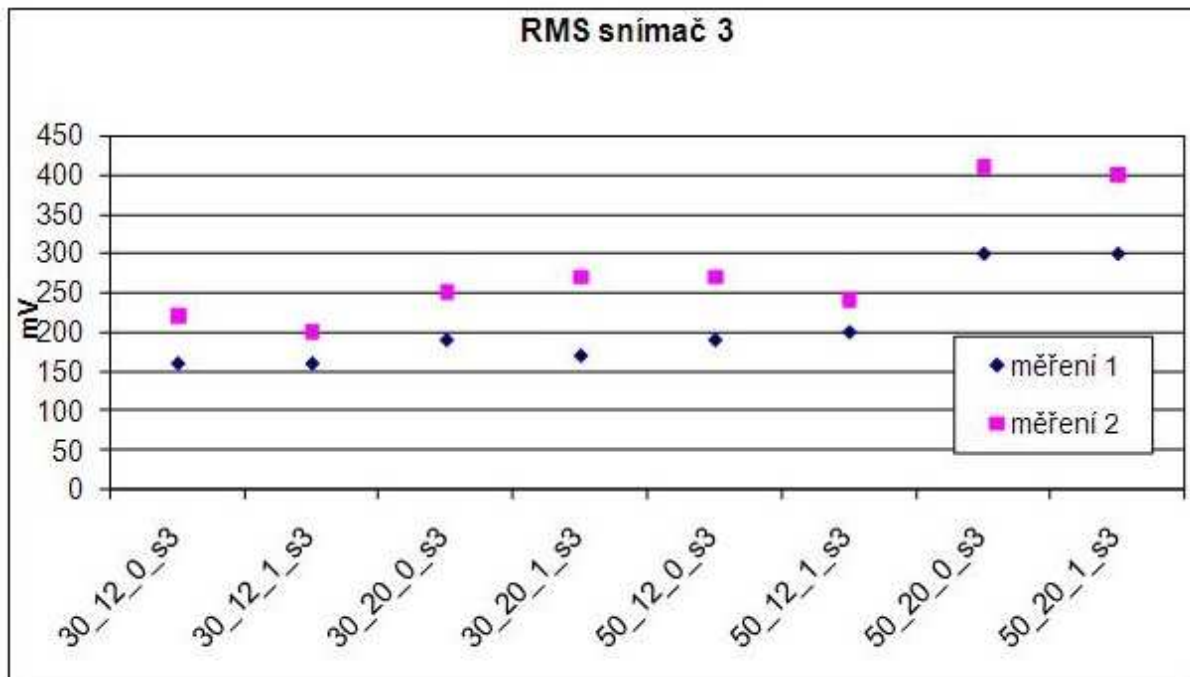
Nejprve bylo testováno nové čerpadlo. Po provedení měření bylo toto čerpadlo demontováno z hydraulického okruhu a nahrazeno čerpadlem použitým. Měření akustické emise probíhalo u každého čerpadla po dobu 1 minuty pro každou kombinaci provozních podmínek (otáček a tlaků).

### **Výsledky experimentu**

Během provozu nového a použitého hydraulického zubového čerpadla XV1P/0.9 byly vyhodnocovány 2 parametry signálů akustické emise: RMS signálu a funkce PSD událostí akustické emise.

#### **RMS signálu akustické emise**

U použitého čerpadla došlo ve všech sledovaných provozních režimech k výraznému nárůstu RMS signálu akustické emise oproti novému hydraulickému zubovému čerpadlu o 25 až 58 %, viz obrázek 4.

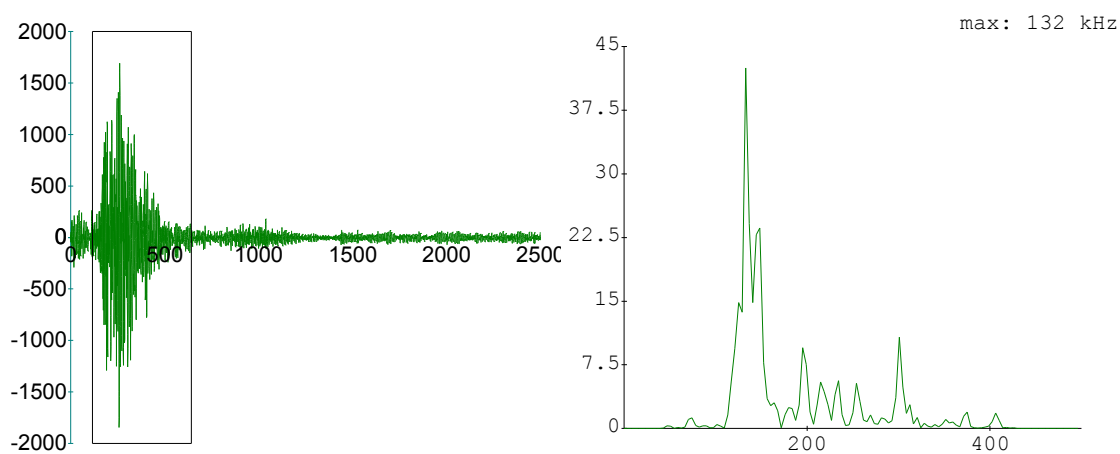


Obrázek 4: Hodnoty RMS signálu akustické emise u nového čerpadla (měření 1) a použitého čerpadla (měření 2) při různých konfiguracích otáček a tlaku.

#### Funkce PSD

Maxima funkce PSD se nachází v oblasti 120 kHz – 320 kHz. U použitého čerpadla došlo k zvýšení mohutnosti akustické emise při vyšších frekvencích. Výraznější posun frekvence maxima funkce PSD oproti novému čerpadlu však nebyl jednoznačný.

id #0 [07.03] 2008/09/03 13:42:46.081554



Obrázek 5: Ukázka typického grafu PSD (konfigurace 30\_12, použité čerpadlo)

## 6. Závěr

Stav hydraulického zubového čerpadla byl sledován měřením akustické emise za provozních podmínek specifikovaných otáčkami a tlakem v hydraulickém okruhu.

Při měření akustické emise byly vyhodnocovány 2 parametry: RMS signálu a funkce PSD událostí akustické emise. U použitého čerpadla došlo ve všech sledovaných provozních režimech k výraznému nárůstu RMS oproti novému hydraulickému zubovému čerpadlu. Průběhy funkcí PSD událostí akustické emise zjištěné při provozu nového a použitého čerpadla neumožnily jednoznačné posouzení stavu čerpadla.

Stav zubového čerpadla za provozu lze stanovit měřením RMS signálu akustické emise.

## 5. Poděkování

Autoři článku děkují: doc. Ing. K. Třetinovi, CSc. za odborné připomínky z oblasti hydraulických systémů letadel a společnosti DAKEL, ZD Rpety za pomoc při instrumentaci experimentu.

## 6. Seznam použité literatury

- [1] Katalog čerpadel Bucher [online]. 2001 , 06.02 [cit. 2009-03-25]. Soubor PDF obsahující specifikace hydraulických čerpadel Bucher. Angličtina. Dostupný z WWW: <[http://www.hydrocom.cz/doc/ap\\_200\\_p\\_991218\\_e\\_001.pdf](http://www.hydrocom.cz/doc/ap_200_p_991218_e_001.pdf)>.
- [2] PIVOŇKA, Josef, et al. Tekutinové mechanismy. 1. vyd. Praha : SNTL - nakladatelství technické literatury, 1987. 624 s.
- [3] Zubová čerpadla [online]. 2002 [cit. 2009-03-12]. Soubor PDF obsahující specifikace zubových čerpadel. Čeština. Dostupný z WWW: <[http://www.hydrocom.cz/doc/katalog\\_hydrocom\\_2006\\_071.pdf](http://www.hydrocom.cz/doc/katalog_hydrocom_2006_071.pdf)>.