

Identifikácia hornín pomocou frekvenčnej analýzy zvuku

Jozef Futó¹, Karol Kostúr¹, Igor Leššo¹ a Dušan Baluch¹

Identification of minerals by frequency analysis of voice

In the paper the collecting method, proceeding and evaluating of voice signals developed during rotary drilling of minerals is described. Utilizing the frequency analysis of voice signals is suitable for recognizing types of minerals. In the laboratory identification of three other minerals was done.;

Key words: Identification and system parameter estimation, Fourier transformation, Fast fourier transformation, frequency analysis.

Úvod

Modelovanie primárnych a sekundárnych spôsobov rozpojovania hornín a minerálov bolo riešené na niekoľkých pracoviskách. Väčšina z nich sa zakladala na experimentálnych výsledkoch, spracovaných štatistickými metódami s cieľom nájsť adekvátny model niektorých teoretických problémov rozpojovania hornín a jej optimalizácie. Tento prístup však neumožnil vyriešiť problémy spojené s hodnotením vrtacích nástrojov s obnoviteľným britom, kde sa nástroj v priebehu svojho opotrebovania mení, a problémy s identifikáciou sústavy hornina - nástroj, vyplývajúce aj z toho faktu, že sa mení nielen nástroj, ale aj hornina (Imrich, 1995).

Rýchly rozvoj výpočtovej techniky, ako aj ich relatívne nízka cena, umožňuje nové aplikácie pomocou už známych matematických metód. Jednou z nich je aj Fourierova transformácia, ktorá predstavuje modernú metódu diskretného spracovania signálu.

Pomocou Fourierovho radu vieme rozložiť všeobecný neharmonický periodický dej na harmonické zložky. Výsledkom tohto rozvoja je nekonečný rad čisto harmonických priebehov. V prípade rotačného vrtania malopriemerovými, jadrovacími nástrojmi impregnovanými diamantami sa vďaka monitorovaniu procesu rozpojovania hornín získava celý rad veličín, ktoré môžu byť použité pre charakterizovanie práve vrtaných hornín. Späťne, vďaka monitorovaciemu systému môžeme spresňovať, prípadne vykonávať geologický prieskum v danom priestore.

V závislosti od zloženia hornín sa menia nástroje, otáčky, prítlak, ako aj ďalšie prevádzkové parametre vrtacej súpravy. Preto našim cieľom bolo snímať také nové veličiny v závislosti na otáčkach a prítlaku, ktoré by mohli charakterizovať vlastnosti horniny, prípadne pomocou týchto nových veličín definovať monitorované veličiny. Jednou takouto monitorovanou analógovou veličinou je zvuk, ktorý vzniká na čelbe vrtu, na kontakte hornina – nástroj.

Metodika merania

Merania v Laboratóriu priameho riadenia vychádzali z výskumov rotačného vrtania, realizovaného na Ústave geotechniky SAV v Košiciach, na základe experimentálneho vrtania na laboratórnom stande. Analýza snímaných veličín (jednou z nich bol aj zvuk) naznačila, že by bolo možné pomocou frekvenčnej analýzy snímaného zvuku sledovanej sústavy určiť niektoré jej charakteristické vlastnosti, prípadne závislosti, ktoré by boli nápomocné pri jej identifikácii. Tieto namerané a vyhodnotené výsledky nás viedli k tomu, že sme v našich laboratórnych podmienkach vytvorili stand na rozpojovanie hornín pomocou rotačného vrtania jadrovými malopriemerovými diamantami impregnovanými nástrojmi, ktorého hlavným cieľom bolo zabezpečiť spoľahlivé snímanie zvuku a jeho následnú analýzu.

Popis meranej a meracej sústavy: Objektom merania hluku bola sústava: hornina - nástroj. Hornina bola upravená do tvaru kvádra o stranách 60 x 25 x 225 mm, pevne uložená na stojane

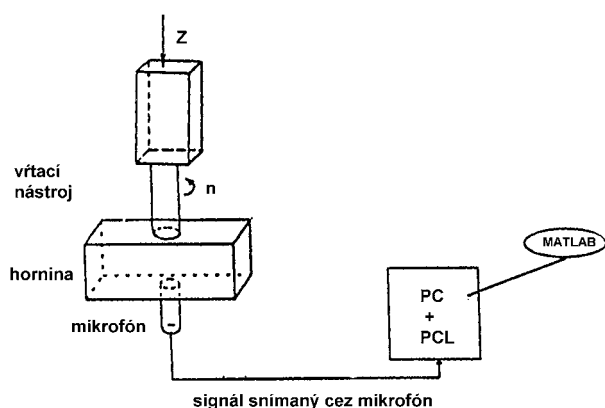
¹ Ing. Jozef Futó, doc. Ing. Karol Kostúr, CSc., doc. Ing. Igor Leššo, CSc. a Ing. Dušan Baluch, Katedra riadenia výrobných procesov, F BERG Technickej univerzity, 042 00 Košice, ul. Boženy Němcovej 3
(Recenzovali: Ing. Juraj Haluška, CSc. a RNDr. Ján Bejda, CSc. Revidovaná verzia doručená 30.10.1997)

vrtáka tak, aby sa zamedzilo vzniku ďalšieho zdroja hluku. Pri meraniach sa používali tri druhy hornín: pieskovec, vápenec a žula, ktoré majú rôznorodé vlastnosti, čo dokumentuje nasledovná klasifikácia (tab.1.).

Tab.1. Klasifikácia hornín pri vŕtaní (Zeman, 1987).

Hornina		pieskovec	vápenec	žula
Klas. trieda podľa	rozpojiteľnosť	1 – 2	4 – 5	11
	abrazívnosť	3 - 4	1 - 2	4 – 6

Ako vyplýva z tabuľky jedná sa z hľadiska rozpojiteľnosti vždy o iný druh horniny a môžeme konštatovať, že týmto spôsobom sme vytvorili tri rôzne sústavy typu hornina – nástroj.



Obr.1. Konfigurácia meracej a meranej sústavy.

Meracia sústava sa skladá z reťazca: mikrofón - zosilňovač - AD prevodník - štandardný počítač IBM PC kompatibilný (obr. 1).

Dôležitou vlastnosťou týchto prenosových sústav je ich linearita v celom rozsahu typickom pre daný mikrofón a zosilňovač kvôli tomu, aby bolo možné ľubovoľný signál rozložiť pomocou Fourierovej transformácie na jednotlivé zložky harmonických signálov.

V meracom reťazci bol použitý počítač s nasledovnými technickými parametrami:

V/V karta Advantech PCL 812 bola pripojená na počítač IBM AT so základným vybavením:

- procesor INTEL 386 SX, 33MHz,
- 4MB RAM, 2 x 45MB HDD (Leško, 1994).

Rozbor dosiahnutých výsledkov

V elektroakustike sa často merajú alebo udávajú rôzne veličiny v závislosti na frekvenčnom spektre signálu. Frekvenčná závislosť meranej veličiny môže byť v mnohých prípadoch dôležitejším kritériom vlastností nejakej sústavy, ako jej absolútna veľkosť. Využíva sa možnosť previesť časový priebeh signálu (časovú funkciu) na frekvenčné spektrum a naopak. Túto možnosť, ako už bolo spomenuté, poskytuje Fourierova transformácia.

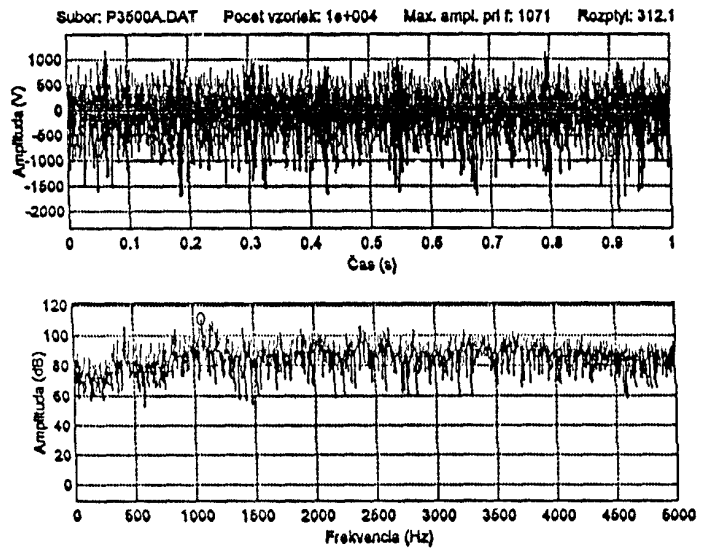
Samotná Fourierova transformácia mala v praxi obmedzený význam, avšak v poslednej dobe sa čoraz v širšej miere uplatňuje tzv. diskrétna Fourierova transformácia (DFT), pre ktorú sú k dispozícii veľmi rýchle algoritmy, označené ako rýchla Fourierova transformácia (FFT). Tieto nové skutočnosti umožňujú využívať výpočtovú techniku na to, aby jej prostredníctvom (v našom prípade karta PCL 812) bolo možné snímať ľubovoľný signál a jeho vzorky ukladať do pamäti s využitím DMA prenosu. Frekvencia vzorkovania sa nastavuje hodnotami deličov D_1 a D_2 , zapísaných do počítačových PCL karty podľa vzťahu:

$$f_{vz} = \frac{f_k}{D_1 \cdot D_2},$$

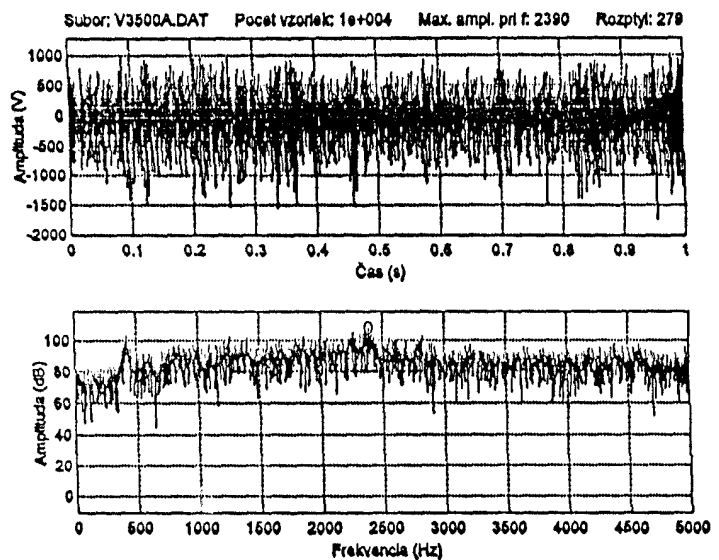
kde: f_{vz} - frekvencia vzorkovania,
 f_k - frekvencia kryštálu,
 D_1, D_2 - hodnoty deličov.

Na obrázkoch č.2 až č.4 sú reprezentatívne priebehy snímaných dát sústav hornina - nástroj, ako aj spektrálna analýza signálu, ktorú sme vyhodnocovali pomocou matematického interaktívneho programu MATLAB. Na základe nameraných údajov, ich vyhodnotenia a porovnania môžeme

konštatovať, že zo snímaných a vyhodnotených dát sú z hľadiska kvality sústavy hornina - nástroj charakterické: dominantná frekvencia príslušnej sústavy a rozptyl snímaných dát.

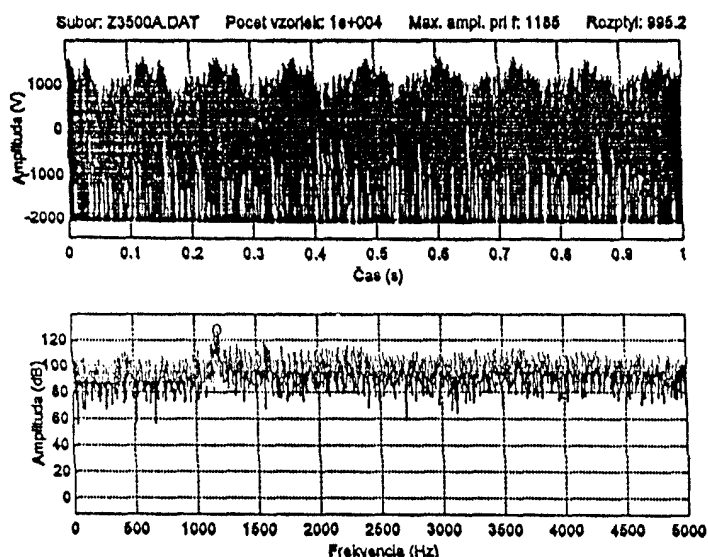


Obr.2. Priebehy snímaných a vyhodnotených veličín pre pieskovec.



Obr.3. Priebehy snímaných a vyhodnotených veličín pre vápenec.

Obr.4. Priebehy snímaných a vyhodnotených veličín pre žulu.



Každá hornina má svoj charakteristický priebeh amplitúdy i frekvenčné spektrum. Vo frekvenč-nom spektre každá hornina má svoju maximálnu (dominantnú) frekvenciu, ktorá však nie je dostatočným identifikačným faktorom (tab. 2). Výrazným identifikačným faktorom horniny je rozptyl, ktorý umožňuje jednoznačnejšie rozlíšiť typ horniny (tab. 2).

Tab. 2. Namerané a vypočítané hodnoty snímaných veličín pri záťaži Z3 a 500 ot/min.

Hornina	Dominantná frekvencia [Hz]	Rozptyl [%]
Pieskovec	1071	312,1
Vápenec	2390	279
Žula	1185	995,2

Záver

Pomocou uskutočnených meraní sme sa v laboratórnych podmienkach pokúšali zistiť charakteristické údaje sústav hornina - nástroj pomocou spektrálnej analýzy zvuku. Základným predpokladom pre zvládnutie danej problematiky bolo oboznámiť sa s podmienkami šírenia zvuku v priestore, ktorého vlastnosti boli blízke podmienkam voľného priestoru. Programové riešenie bolo založené na vytvorení algoritmu, ktorý dokázal zabezpečiť snímanie, spracovanie a vyhodnotenie signálu. Uvedené príklady potvrdzujú možnosť využitia frekvenčnej analýzy zvuku, ako jedného z možných prístupov pre merania a rýchle vyhodnotenia prevádzkových stavov zariadení, resp. sústav hornina – nástroj.

Príspevok je vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu č.95/5305/562.

Literatúra

- Leško, I.: Signalverarbeitung mit dem PC – Computer beim Monitoringsystem für Tunellöfen. 5. Internationales DAAM Symposium Universität Maribor – Slowenien. Technische Fakultät, Maribor 1994.
- Imrich, P.: Možnosti využitia bázy znalostí pre hodnotenie impregnovaných diamantových nástrojov. Autoreferát dizertácie pre získavanie vedeckej hodnosti kandidáta technických vied. Ústav geotechniky SAV Košice, 1995, 25 s.
- Zeman, V.: Hlubinné vrtání. Vysoká škola baňská v Ostrave, 1987, 205 s.