

## Souhrnné měření základních parametrů na modelovém dopravníku

*Ing. Vlastimil Moni, Ph.D., Ing. Petr Klouda, Ing. Václav Škrabán*

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, Most

Přijato: 28. 1. 2013, recenzováno: 29. 3. a 18. 4. 2013

### Abstrakt

**Příspěvek popisuje komplexní měření charakteristických parametrů na modelovém dopravníku dálkové pásové dopravy.** Účelem měření bylo doplnit měření elektrických příkonů, běžně prováděné na pohonech reálných pásových dopravníků provozovaných na lomech ČR, měřením dalších fyzikálních veličin a získat tak představu o jejich vzájemných relacích a o relacích veličin z nich odvozených. Příspěvek obsahuje stručný popis a výsledky těchto měření na vlastním modelovém dopravníku s uzavřenou cestou přepravy materiálu.

### Summary measurement of basic parameters of model conveyor

The article describes a complex measurement of characteristic parameters on a model conveyor of long distance belt transportation. Electric power is currently measured on real drives of belt conveyors operated in Czechia quarries. Completion of the power measurement with a measurement of other physical quantities and getting knowledge of their mutual relations and of relations of quantities derived of them was a goal of the measurement. The article contents a description and results of the measurements on own model conveyor with a closed material transport way.

### Zusammenfassende Messung grundlegender Parameter auf einem Modellförderer

Der Beitrag beschreibt komplexe Messungen der charakteristischen Parameter auf einem Modellförderer der Fernbandanlage. Zweck der Messung war es, die laufend vorgenommenen Messungen des Aufnahmewertes an den Antrieben realer Bandanlagen, die in den Tagebauen in der ČR betrieben werden, um Messungen weiterer physikalischen Größen zu ergänzen und damit eine Vorstellung über ihre gegenseitige Relationen zu bekommen sowie über Relationen der von ihnen abgeleiteten Größen. Der Beitrag bietet eine kurze Beschreibung und Ergebnisse dieser Messungen auf einem eigenen Modellförderer mit einem geschlossenen Weg des Materialtransports.

**Klíčová slova:** pásový dopravník, diagnostika pásů, spolehlivost, napínání.

**Keywords:** belt conveyor, belt diagnostics, reliability, tensioning.

### 1 Úvod

Popisované měření je dílčí součástí projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“ a ukazuje jeden z možných přístupů ke kvantifikaci parametrů a sledování a vyhodnocení technického stavu pohonu a dopravního pásu. Výsledky předloženého měření slouží k ověření výsledků modernějších metod měření parametrů především dopravního pásu a hnacího bubnu při vývoji diagnostického systému pásového dopravníku. Také jsou využívány pro stanovení charakteristických parametrů pohonů pro zmíněný diagnostický systém pásového dopravníku. Tento systém, doplněný o navazující certifikované diagnostické služby, najde uplatnění ve výbavě širokého spektra pásových dopravníků, od malých až po velké, provozovaných na lomech a kamenolomech ČR.

Popsanému postupu předcházela řada měření in situ na jiných pásových dopravnících a celá série je tak zakončena dlouhodobým měřením na vlastním, pro účely tohoto projektu postaveném, malém pásovém dopravníku s uzavřenou cestou přepravy materiálu, viz obrázek č. 1.

### 2 Měření mechanického kmitání (vibrací)

Mechanické kmitání pohonu bylo v rámci komplexního měření zaznamenáváno na pohonech č. 1 a 2 modelového dopravníku, jejichž umístění je patrné z obrázku č. 2.

Měřicí místa byla volena na pláštích převodovky v místech uložení ložisek výstupního hřídele. Označení měřicích míst a orientace směrů měření jsou znázorněny na obrázku č. 3.

Měřenou charakteristikou veličinou byla rychlosť kmitání  $v$  [ $m \cdot s^{-1}$ ] a zrychlení kmitání  $a$  [ $m \cdot s^{-2}$ ] ve směru Y – kolmo na osu elektromotoru, ve směru X – kolmo na osu elektromotoru a ve směru axiálním Z – v ose elektromotoru.



Obr. 1: Modelový dopravník.

Tab. 1: Naměřené efektivní hodnoty.

<b>DH-PH</b>	<b>Y</b>	1,48 mm.s <sup>-1</sup>	1,43 m.s <sup>-2</sup>
	<b>X</b>	2,78 mm.s <sup>-1</sup>	5,47 m.s <sup>-2</sup>
	<b>Z</b>	1,52 mm.s <sup>-1</sup>	1,65 m.s <sup>-2</sup>
<b>DH-PD</b>	<b>Y</b>	1,36 mm.s <sup>-1</sup>	2,52 m.s <sup>-2</sup>
	<b>X</b>	2,90 mm.s <sup>-1</sup>	7,25 m.s <sup>-2</sup>
	<b>Z</b>	1,56 mm.s <sup>-1</sup>	2,38 m.s <sup>-2</sup>

Efektivní hodnota rychlosti kmitání byla měřena přístrojem MICROLOG CMVA 60 s váhovým filtrem ve frekvenčním pásmu 10÷1 000 Hz. Současně přístroj zpracoval spektra rychlosti kmitání ve stejném frekvenčním rozsahu.

Průběh zrychlení kmitání v čase byl snímán dvěma systémy. Ve frekvenční oblasti 0÷350 Hz systémem EMS DV 813 a ve frekvenční oblasti 100÷1 000 Hz systémem Brüel & Kjaer.

Systém EMS DV 813:

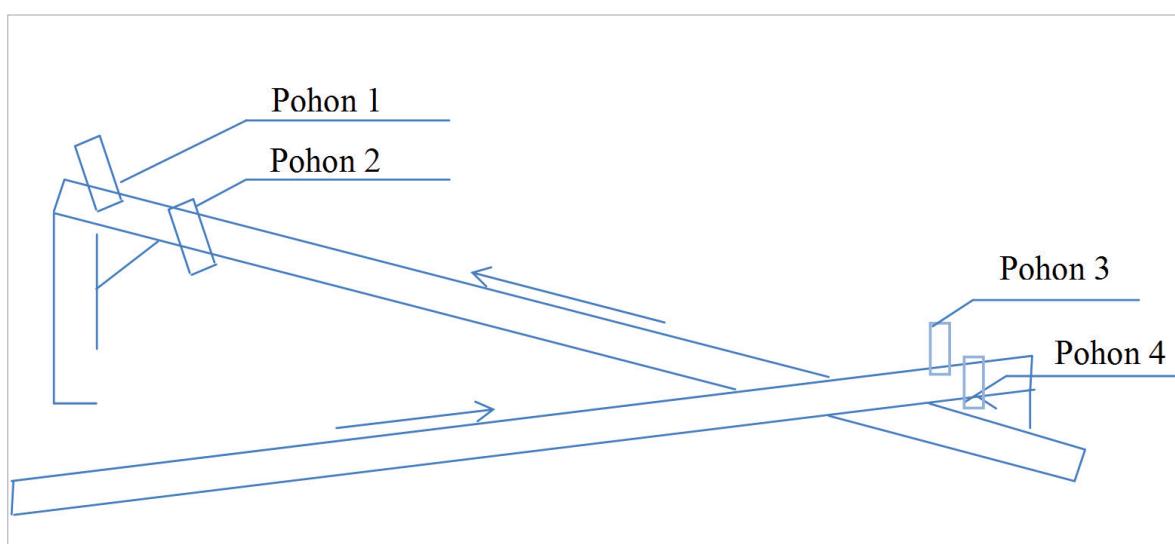
- vzorkování 200 S.s<sup>-1</sup> dynamicky, 1 S.s<sup>-1</sup> staticky.

Systém Brüel & Kjaer:

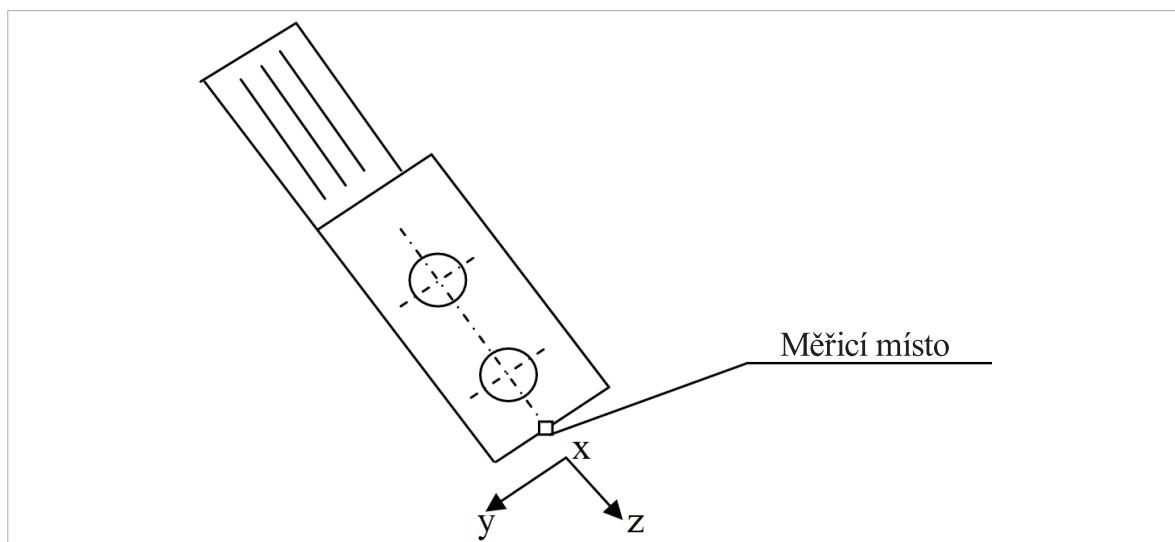
- vzorkování 4 000 S.s<sup>-1</sup>,
- sejmoutá data byla ukládána na disk sběrného počítače.

V rámci měření mechanického kmitání pohonu bylo provedeno celkem 13 měření s různými hodnotami napnutí dopravního pásu v intervalu od minimální na hodnotu plného pásu.

Naměřené efektivní hodnoty – systém Microlog CMVA 60 - pásmo 10÷1 000 Hz jsou uvedeny v tabulce č. 1.



Obr. 2: Schéma rozmístění pohonů na modelovém dopravníku.



Obr. 3: Vyznačení měřicího místa a orientace směrů měření.

Zjištěné hodnoty mohutnosti kmitání v  $\text{mm.s}^{-1}$  překračují limitní hodnotu  $2,3 \text{ mm.s}^{-1}$  podle ČSN ISO 10816-3:2010 pro nově přejímané stroje u pohonů:

- dolní - vibrace převodovky ve směru osy bubnu  $2,9 \text{ mm.s}^{-1}$ ,
- horní - vibrace převodovky ve směru osy bubnu  $2,78 \text{ mm.s}^{-1}$ .

### 3 Měření teplot

#### 3.1 Měření válečků

Při výrobě modelového pásového dopravníku byly objednány a nainstalovány nové válečky od třech různých výrobců. Pro jednodušší vzájemné rozlišení jsou v modrém, červeném a žlutém provedení. Měření teploty valivých ložisek na těchto třech sadách válečků (viz obrázek č. 4) bylo provedeno za použití bezkontaktní termovizní aparatury Therma CAM™ PM 545 firmy FLIR Systems za provozu modelového dopravníku s následujícími výsledky:

<b>Modré válečky</b>	max. teplota $82,7^\circ\text{C}$	průměrná teplota $35,2^\circ\text{C}$
<b>Červené válečky</b>	max. teplota $22,5^\circ\text{C}$	průměrná teplota $19,9^\circ\text{C}$
<b>Žluté válečky</b>	max. teplota $20,6^\circ\text{C}$	průměrná teplota $19,6^\circ\text{C}$

Z výše uvedených výsledků jednoznačně vyplývá, že nejhůře z hlediska provozních teplot (tření) dopadly modré válečky, dále s velmi malým rozdílem válečky červené a žluté.

#### 3.2 Měření pásu

Povrchová teplota pásu obou smyček modelového dopravníku byla měřena zhruba po 30 minutách od zahájení provozu (viz obrázek č. 5). Na smyčce větve dolního pásu nebyly naměřeny žádné teplotní anomálie. Na smyčce větve horního pásu byly naměřeny následující teploty:

<b>Pravý okraj pásu ve směru toku materiálu</b>	max. teplota $56,7^\circ\text{C}$
<b>Levý okraj pásu ve směru toku materiálu</b>	max. teplota $21,2^\circ\text{C}$

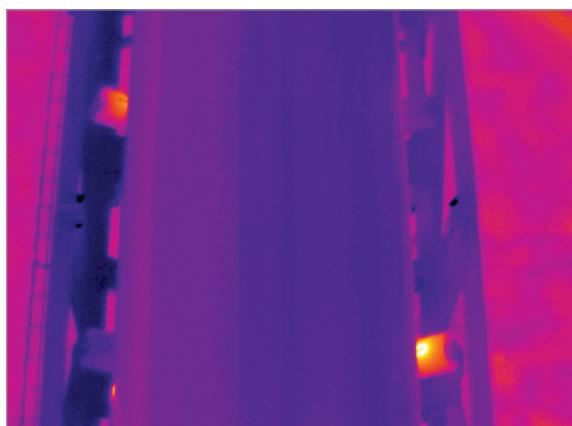
Rozdíl teplot naměřený v profilu dopravního pásu značící nerovnoměrné zatížení byl  $35,5^\circ\text{C}$ .

#### 3.3 Měření pohonů

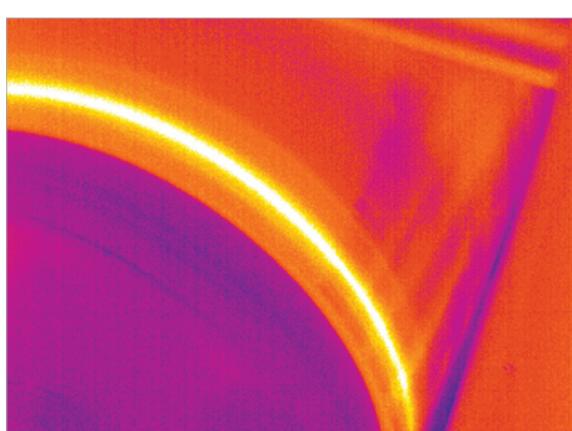
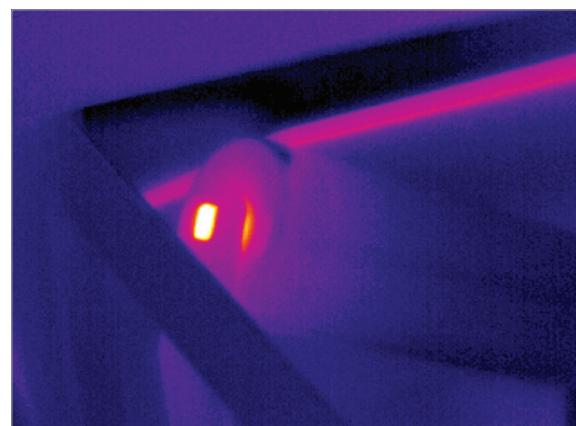
Měření provozní povrchové teploty všech pohonů a převodovek byla rovněž prováděna zhruba po 30 minutách od zahájení provozu bez nálezu, viz obrázek č. 6. Při měření hluku ve venkovním prostoru byly současně zaznamenávány meteorologické podmínky.

#### 4 Měření hluku

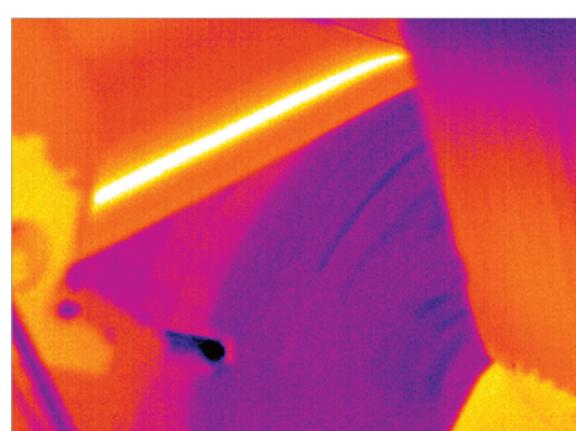
Měření hladin akustického tlaku tří sérií válečků bylo provedeno zvukoměrem B&K 2236, mikrofonem B&K 4188 a kalibrátorem B&K 4231 ve vzdálenosti 1 a 5 m.

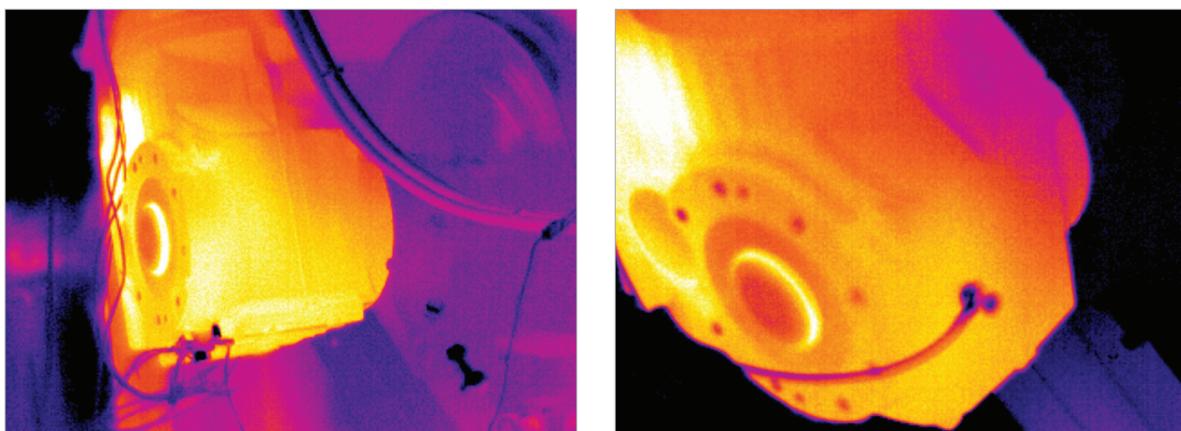


Obr. 4: Termovizní měření válečků.



Obr. 5: Termovizní měření pásu.





Obr. 6: Termovizní měření pohonů.

Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že nejvyšší hodnoty hladin hluku vykazovaly modré válečky, dále s velmi malým rozdílem válečky červené a žluté. Výsledky měření hluku plně korespondují s výsledky měření teplot.

## 5 Měření elektrických pohonů

Současně s výše uvedeným měřením probíhalo také měření elektrických pohonů. Byla použita měřicí aparatura skládající se z analyzátoru ENA 500.22 a jeho příslušenství. Jako příslušenství jsou využívány aktivní proudové smyčky (tzv. Rogovského smyčky) s rozsahem do 3 000 A. K měření napětí slouží signální napěťový kabel s bezpečnostními banánky. Důležité je také zdůraznit, že uvedený analyzátor obsahuje dvě sady napěťových a proudových vstupů a s výhodou je využíván pro měření dvou třífázových systémů současně. Činný výkon každého z pohonů při chodu prázdného dopravníku PD 01 je 3 kW, u pohonů dopravníku PD 02 je tato hodnota 2,5 kW. Dopravník PD 01 je osazen dvěma elektromotory o výkonu 22 kW. Nejsou použity frekvenční měniče, rozbežková výkonová špička je omezena přepínáním hvězda-trojúhelník. Dopravník PD 02 je osazen dvěma elektromotory o výkonu 15 kW s frekvenčním řízením.

## 6 Závěr

Předložené komplexní měření ukazuje jeden z možných přístupů ke kvantifikaci parametrů a sledování a vyhodnocení technického stavu pohonu a dopravního pásu [1]. Může se zdát, že článek opakuje již známé poznatky, ale ve skutečnosti je zcela nově aplikuje do rámce vývoje relativně levného, široce dostupného diagnostického a řídícího systému pro potřeby širokého spektra pásových dopravníků, který na českém trhu chybí.

## Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu MPO FR-TI1/537 „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“.

## Literatura

- [1] HELEBRANT, F.: *Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost - II. Provozní spolehlivost*. MONTANEX, a.s. Ostrava 2004, I. vydání, 89 s., ISBN 80-7225-X.

Tab. 2: Naměřené hladiny hluku.

Místo měření	Hladina hluku $L_A$ [dB(A)]					
	$L_{Aeq}$	$L_{Amin}$	$L_{Amax}$	$L_{95}$	$L_{50}$	$L_{05}$
modré válečky 1 m	77,9	74,8	80,8	26,5	29,5	40,5
červené válečky 1 m	72,7	71,2	73,7	26,5	29	32,5
žluté válečky 1 m	72,2	70,5	73,8	26,5	29,0	32,5
modré válečky 5 m	71,2	69,4	73,4	29,5	34,0	38,5
červené válečky 5 m	68,1	67,1	70,0	26,5	29,5	41,5
žluté válečky 5 m	66,3	65,1	69,6	26,5	29,5	42,0

Pozn.:  $L_{Aeq}$  - ekvivalentní hladina akustického tlaku.