

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

MEASURING SYSTEM FOR DETERMINATION OF STATIC AND DYNAMIC PRESSURE INTERACTION BETWEEN MAN AND ENVIROMENT

SYSTÉM PRO MĚŘENÍ ROZLOŽENÍ STATICKÝCH A DYNAMICKÝCH INTERAKCÍ ČLOVĚKA S OKOLÍM

VOLF Jaromír, PAPEŽOVÁ Stanislava, VLČEK Josef, HOLÝ Stanislav

Abstract: *Pressure distribution measurement is important mechanical parameter, e.g. pressure distribution between tyre and road, robot stability control etc. This paper deals with system for measurement of static and dynamic pressure distribution to analyse human walk, pressure distribution on sole, sitting position and to indication of condition big joints. The system consists of 7500 sensors of dimension 3 x 3 mm, distributed in matrix on area 300 x 400 mm. As the transducer resistive polymer is used. This system is controlled by PC and enables analyse 300 samples per second. As converter of pressure to electrical signal the conductive elastomer is used. Practical application of this system is in labour and sport medicine, orthopedy, neurology and biomechanics.*

Souhrn: Měření rozložení tlaků je jedním z důležitých mechanických parametrů, např. rozložení tlaků mezi pneumatikou a vozovkou, řízení stability robotu apod. Příspěvek se zabývá systémem pro měření rozložení statických a dynamických tlaků, pro analýzu chůze člověka, rozložení tlaků na ploše chodidla, sedu a k indikaci stavu velkých kloubů. Systém tvoří snímač, obsahující 7500 čidel rozměru 3 x 3 mm umístěných na ploše 300 x 400 mm, je řízen počítačem a umožňuje analýzu až 300 snímků za sekundu. Jako převodník síly na elektrický signál je použit vodivý elastomer. Použití je v pracovním sportovním lékařství, ortopedii, neurologii, stabilometrii a biomechanice.

Keywords: *pressure distribution measurement, man and environment, resistive polymer, data processing*

Klíčová slova: *měření rozložení tlaku, člověk a okolí, polovodivý polymer, zpracování dat*

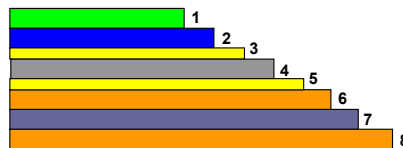
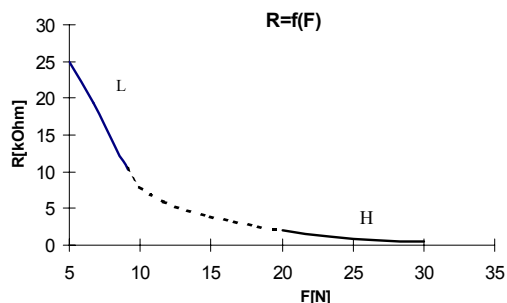
1. Úvod

Konstrukce snímače využívá závislosti změny odporu vodivého elastomeru na působícím mechanickém tlaku [1], [2]. Vyhodnocení rozložení tlaku na ploše snímače je umožněno maticovou úpravou snímače, tj. rozdělením plochy snímače na elementární čidla. Čidla jsou tvořena oblastmi křížení pásových vodičů elektrod, které jsou proloženy fólií polovodivého elastomeru. Vyhodnocení elektrického odporu jednotlivých elementárních čidel, který je funkcí působícího tlaku, je umožněno multiplexním provozem snímače. Při něm je volen aktivní element snímače přivedením budícího napětí na elektrodu v rovině budících elektrod odpovídajícího elementu a snímáním protékajícího proudu z elementu odpovídající elektrody v rovině snímacích elektrod.

2. Konstrukce snímače

Jádrem snímače je 0,5 mm tlustá fólie vodivého elastomeru (4) CS 57-7 RSC firmy Yokohama Rubber Co, který mění svůj odpor s působícím tlakem a slouží jako převodník tlak – elektrický signál. Závislost odporu na zatížení zobrazuje obr. 1.

Na charakteristice jsou patrné dvě prakticky lineární oblasti L a H. Pro snímač je používána oblast H s nižší citlivostí, ale s dostatečnou dlouhodobou stabilitou. Elektrody jsou tvořeny pozlacenou Cu fólií na polymerním nosiči CUFLEX (viz pozice 3 a 5 na obr. 2). Ochrana snímače před poškozením je zabezpečena krycí fólií 1, správný přenos tlaků pak vrstvou 2. Vliv nerovnosti podložky na snímač je vyloučen vloženou duralovou deskou 7, která je obložena poddajnými fóliemi 6 a 8.



1 – krycí vrstva, 2 – smyková vrstva, 3 – horní elektroda CUFLEX, 4 – vodivý elastomer CS 57-7 RSC, 5 – dolní elektroda CUFLEX, 6 – antistatická vrstva, 7 – duralová deska, 8 – antistatická vrstva

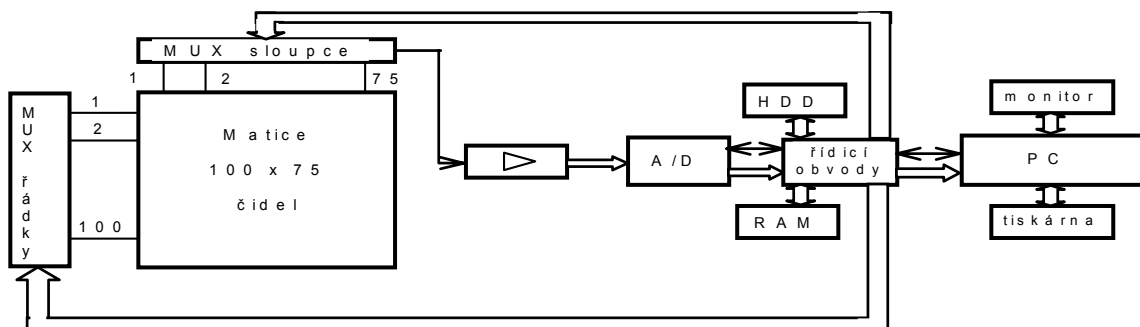
Obr. 1 Závislost odporu na působící síle

Obr. 2 Řez snímačem

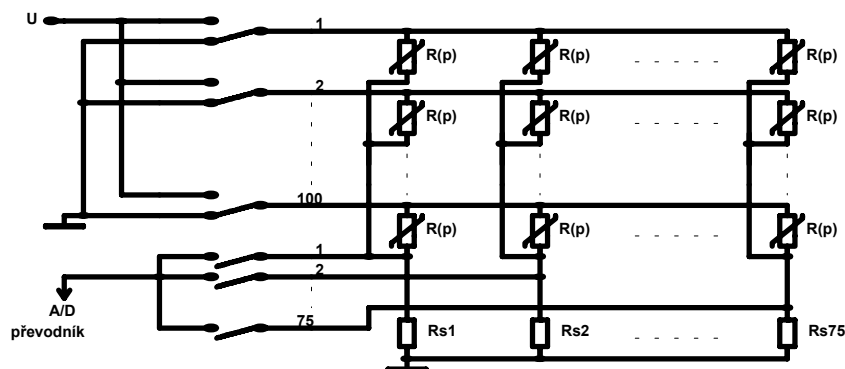
Aktivní plocha snímače 300 x 400 mm obsahuje v 75 řádcích a 100 sloupcích jednotlivá čidla o rozměru 3 x 3 mm s mezerou 1 mm. Měřicí rozsah tlaků je 0 - 414 kPa s možností dlouhodobého přetížení 1,4 MPa či rázového 10 MPa. Maximální snímková frekvence celé plochy je 300 Hz. Výstupní napětí při budícím napětí 5 V a základním odporu $R_S = 47 \Omega$ je pro maximální tlak 0,414 MPa 1 V. Řádková frekvence je 25 kHz, vzorkovací pak 2,5 MHz, 8 bitová architektura zajišťuje 256 úrovní obrazové informace.

3. Snímací multiplex a řídicí obvody snímače

Snímací multiplex obsluhující snímač je řešen s ohledem na požadavek sledování časových průběhů dynamického tlaku chodidla, pro které je třeba odečítat až 60 vzorků z každého čidla během doby cca 200 ms, daná trváním kontaktu chodidla s podložkou při chůzi. V souladu s těmito požadavky byly zvoleny i základní parametry multiplexu. Blokové schéma multiplexu a jeho řídicích obvodů je uvedeno na obr. 3.



Obr. 3 Blokové schéma řídicích obvodů multiplexerů



Obr. 4 Elektrické schéma zapojení vlastního snímače

Budícími elektrodami je snímač připojen na řádkové spínače, kterými je elektroda zvoleného řádku připojena k napětí, ostatní elektrody jsou uzemněny (obr. 4). Proud snímacích elektrod všech sloupců je veden na sériové zatěžovací odpory $R_s = 47 \Omega$ a úbytky na nich jsou přes spínače sloupcového multiplexu postupně přiváděny na analogový výstup snímače. Multiplex je konstruován jako periferie běžného PC. Komunikace s PC a generování řídicích signálů multiplexů zabezpečuje samostatná řídicí jednotka, která je spolu s ultrarychlým 8bitovým A/D převodníkem, zpracovávajícím signál ze snímače, řešena jako speciální interface jednotka, propojená přes paralelní port s PC. Její součástí je HDD a rychlá paměť RAM pro zaznamenání naměřených dat. Data jsou v průběhu měření nebo po jejich ukončení přenesena do PC k dalšímu zpracování.

4. Možnosti měřicího systému

Systém lze zcela ovládat z připojeného PC a umožňuje tři základní režimy:

- a) **průběžné zobrazení** aktuálního rozložení tlaku na snímači v reálném čase.
- b) **dlouhodobé měření s malou záznamovou rychlostí**, kdy měřená data nejsou přímo zobrazována, ale jsou ukládána na interní pevný disk (HDD) v systému pro pozdější přenos do PC. 3GB disk, umožňuje až 4 hodiny záznamu.
- c) **Krátkodobé měření s velkou záznamovou rychlostí**. Měřená data nejsou přímo zobrazována, ale ukládána do interní paměti (RAM) v systému a později přenesena do PC. Slouží pro záznam rychlých jednorázových dějů.

Při každém měření lze samostatně nastavit několik parametrů:

- rychlost měření;
- zesílení signálu ze snímače;
- posuv nuly vstupního signálu k zamezení pronikání rušení nebo šumu do naměřených dat či pro zachycení i nepatrné zátěže.
- typ spouštění záznamu (okamžitě z PC či externí nebo při aktivaci snímače, například došlapem).

Obslužný software umožňuje naměřená data nejen zobrazovat a ukládat, ale i jejich zpracování:

- Zobrazit jakýkoliv snímek z naměřeného průběhu. Požadovaný snímek lze nastavit buď podle jeho času, nebo jako číslo snímku v průběhu.
- Otáčet snímky podle osy X a Y a zvětšovat.
- Přehrávat záznam zvolenou rychlostí oběma směry.
- Zobrazit těžiště (centrum tlaku) ve snímku.
- Ve snímku vytvořit lokální regiony a v těch určit vlastní těžiště.
- Vytvořit vodorovné a svislé řezy. Ke každému lze otevřít vlastní dialog v němž lze při přehrávání záznamu sledovat průběhy ve vybraných řezech.
- Pro zobrazení lze vytvořit vlastní stupnici (paletu) barev. Toho lze použít například při požadavku zvýraznění některých úrovní tlaku pomocí nějaké výjimečné barvy.
- Výpočet minim, maxim, průměru a histogramu ve zvoleném snímku nebo regionu.

5. Výsledky měření

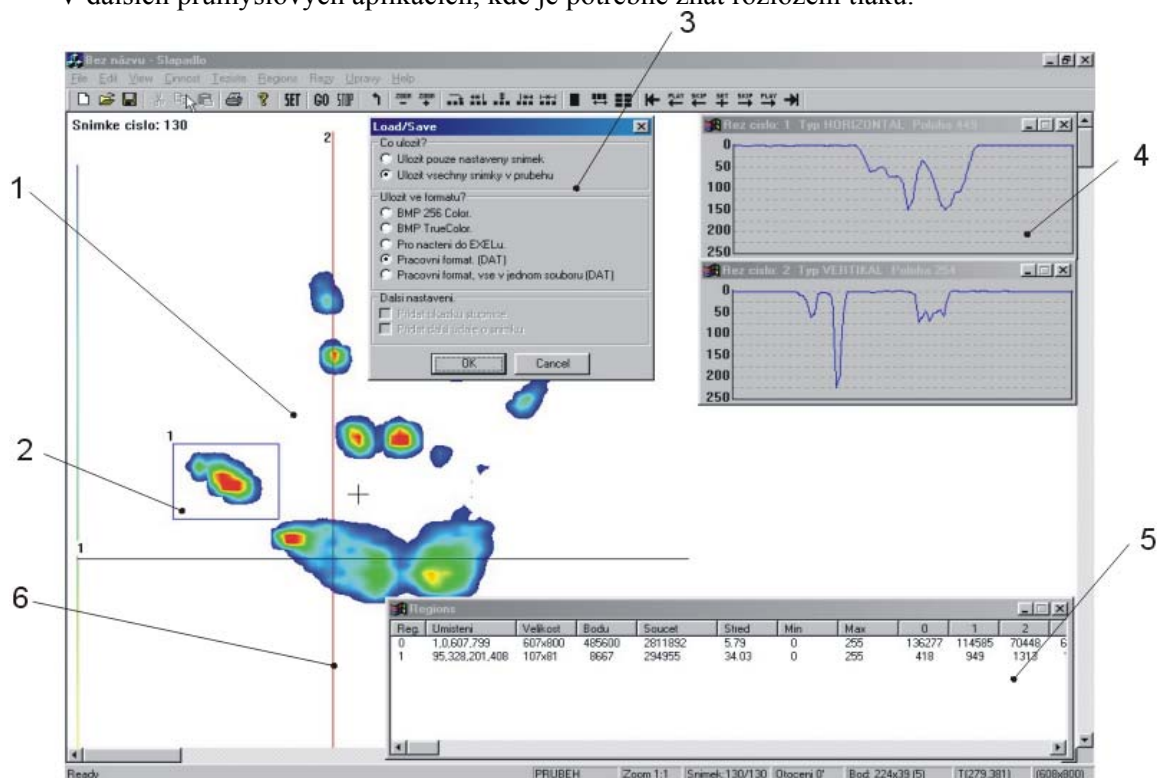
Výše uvedená sestava snímače, multiplexu a řídicí elektroniky umožňuje přímé kvalitativní vyhodnocení rozložení tlaku na podložku formou polotónového dvojrozměrného obrazu (obr.6). Kvantitativně lze rozložení tlaku vyhodnotit pomocí vertikálních nebo horizontálních řezů, kterými lze zobrazit formou grafu průběh signálu v libovolném řádku nebo sloupci snímací matice.

Vizualizační část umožňuje zobrazení naměřených dat a další práci s nimi. Po odstranění určitého prahového šumu následuje interaktivní zpracování hodnot do potřebných výstupů. Vizualizace a zpracování naměřených dat probíhá prostřednictvím počítače. Použitý software je vytvořen prostřednictvím Tcl/Tk programovacího jazyku a může pracovat pod operačními systémy UNIX, MS-Windows 9x/NT nebo OS/2.

Další záznamy, ukazující např. typické rozložení tlaků u mužského a ženského chodidla, ukázkou plochých nohou a zobrazení polohy těžiště, stejně jako rozložení tlaků u sedícího muže a dynamiku jednoho kroku, která je postupně zobrazena v jednotlivých fázích, budou uvedeny při vlastní prezentaci.

Popisovaný systém umožňuje:

1. Stanovení rozložení tlaků na ploskách chodidel a jejich časový průběh, což jsou informace přispívající k neinvazivní diagnostice poruch motoriky, ortopedických vad a dalších onemocnění.
2. K zabránění patologických tlaků na lidském těle, a tím vzniku proleženin, např. u tzv. inteligentní postele. Dále při měření tlaků v protézách a jejich optimálnímu přizpůsobení pahýlu končetiny.
3. Ve stabilometrii při měření stability.
4. Ve fyzioterapii pro rehabilitaci, pro vývoj rehabilitačních pomůcek a protéz, dále při biologické zpětné vazbě (biofeedback).
5. K návrhu sedaček pro paraplegiky a k preventivní zpětné vazbě či pro anatomické tvary sedaček a opěradel, zvláště v automobilovém a leteckém průmyslu.
6. Ve sportovním lékařství a metodologii.
7. V technice ke sledování tlaku pneumatik či v miniaturní formě při geofyzikálních procesech ke stanovení tlaků ve fyzikálních modelech.
8. V robotice pro stabilitu a vyvažování robotů – určení pevného místa uchopení, určení síly. V dalších průmyslových aplikacích, kde je potřebné znát rozložení tlaků.



Obr.5 Řídicí okno s obrazem ruky a znázorněním řezů (1 – pracovní okno, 2 – oblast zájmu, 3 – dialogové menu, 4 – rozložení tlaku v řezu, 5 – informace o sekci, 6 – vertikální řez)

Vývoj moderní medicíny je směřován k progresivním neinvazivním diagnostickým metodám, k nimž se řadí uvedený snímač, který nejen umožňuje diagnostikovat ortopedické poruchy, ale je schopen preventivně upozornit na patologické situace a tím předejít vzniku chorobných stavů.

Snímač v r. 1998 získal cenu INOVACE ROKU '98, udělenou Asociací inovačního podnikání ČR.

7. Literatura

- [1] Tech. documentation of the conductive elastomer CS 57-7 RSC, Yokohama Rubber Co, Japan
- [2] VOLF, J.- HOLÝ, S.- VLČEK, J. Using of Tactile Transducer for Pressure Distribution Measurement on Sole Sensors and Actuators A62. Physical, ELSEVIER SEQUOIA S.A., Lausanne, Switzerland, 1997, pp. 556-561
- [3] VOLF J. - HOLY S. - PAPEŽOVÁ S. - VLČEK J.: Tactile Transducer for Pressure Distribution Measurement and its Practical Test. Proceeding IMEKO XV, Osaka-Japan 1999, pp. 153-157 57
- [4] VOLF, J. – VLČEK, J. – HOLÝ, S. - PAPEŽOVÁ, S.: Proporcionalní snímač rozložení kontaktního tlaku. Přihláška vynálezu č.: 2003 – 3272
Tento výzkum je podporován grantem č. 106/03/0464 GAČR.