

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

MEASUREMENT OF FORCE RESPONSE UNDER A SKIER BINDING IN A CARVING TURN

MĚŘENÍ SILOVÝCH ÚČINKŮ POD VÁZÁNÍM LYŽAŘE PŘI CARVINGOVÉM OBLOUKU

Tomáš Zůbek¹, Aleš Lufinka¹, Josef Mevald², Jaromír Barbora¹, Soňa Vodičková³

The paper describes measurement system designed for measurement of forces in triaxial system including appropriate moments under a skier binding when performing a carving turn. The system is based on specially-shaped measurement elements with a set of miniature strain gauges. The measurement itself is ensured by a single-chip microcontroller with an amplifier board and a Compact Flash card as a data recorder. The forces in the system influence each other, thus numerical post-processing is required in order to obtain appropriate results. The system is capable of offline synchronising data with a video record for a 3D analysis. The system had to meet requirements such as working on snow, no affect on ski properties, the least possible influence on skier movement.

A basic set of evaluation measurements was performed involving skiers at different skill-level. The obtained results show a remarkable difference between the groups of skiers according to their skill level.

Keywords ski, force response, strain gauges

Klíčová slova lyže, silové účinky, tenzometry.

Úvod

V posledních letech došlo k výrazným změnám především v konstrukcích lyží a lyžařské obuvi a k přechodu k tzv. carvingovému lyžování. Při takovémto způsobu jízdy je využíváno větší boční krojení lyže a lyže kratších délek, s čímž souvisí řada změn v technice jízdy, kdy poloha těžiště těla lyžaře se zvýšila díky speciálním deskám, které jsou umístěné mezi lyží a vázáním (lyžařskou obuví). Nová konstrukce usnadňuje lyžařům jízdu po hraně lyže, což vede především ke změnám trajektorie a rychlosti. Adekvátně k tomu musí být rozloženy síly, kterými

¹ Ing. Tomáš Zůbek, Ing. Aleš Lufinka, Doc. Ing. Jaromír Barbora, CSc: Hydrodynamická laboratoř, Katedra částí a mechanismů strojů, Fakulta strojní, TU v Liberci; Hálkova 6, 461 17 Liberec, Česká Republika, tel.: +420485133905, e-mail: hdl@email.cz

² Doc. Ing. Josef Mevald, CSc: Katedra mechaniky, pevnosti a pružnosti, Fakulta strojní, TU v Liberci; Hálkova 6, 461 17 Liberec, Česká Republika, tel.: +420485354145, e-mail: josef.mevald@vslib.cz

³ Mgr. Soňa Vodičková, Ph.D.: Katedra tělesné výchovy, Fakulta pedagogická, TU v Liberci; Hálkova 6, 461 17 Liberec, Česká Republika, tel.: +420485355134, e-mail: sona.vodickova@vslib.cz

lyžař působí na podložku. Pokud tomu tak není, dochází k narušení stability a následně i k častým úrazům a vzniku mikrotraumat zejména v oblasti kolenního kloubu.

To vedlo ke vzniku potřeby určit silové účinky mezi lyží a botou lyžaře při průjezdu definovaného typu oblouku s použitím výbavy pro carvingové lyžování. K tomu účelu bylo nutné zkonstruovat měřicí systém, který bude schopen měřit síly ve třech osách kartézského souřadného systému spolu s příslušnými ohybovými momenty na obou lyžích za reálných podmínek, tj. při jízdě na sněhu. Měřicí systém bylo nutné umístit do omezeného prostoru mezi vázání a lyží namísto zvyšující desky při zachování funkčních vlastností lyže. Dalším požadavkem na tento měřicí systém bylo minimální omezení pohybu lyžaře za jízdy po svahu spolu s odolností vůči otřesům nebo možnému pádu a možnost pozdější „offline“ synchronizace získaných dat s 3D analýzou záznamu pohybu částí těla lyžaře.

Měřicí systém

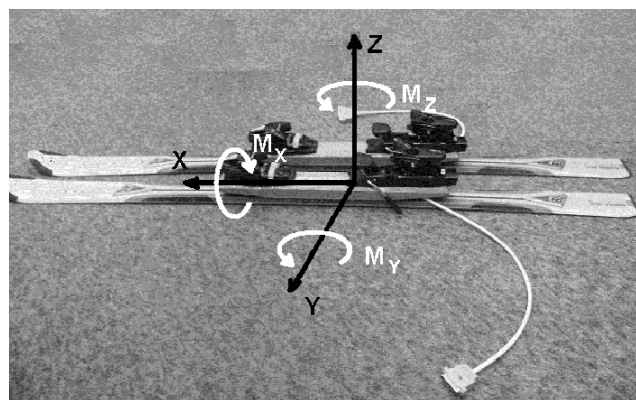
Pro experiment byly zvoleny lyže Blizzard SLK Kompresor s poloměrem zatáčky 16 m. Ve výchozím provedení byla pod vázáním namontována carvingová deska, která zvyšuje polohu těžiště těla, čímž usnadňuje uvedení lyže do točení. Tato deska je na koncích doplněna o pryžové silentbloky omezující průhyb a tedy i kmitání lyže při jejím prohnutí např. v zatáčce nebo jízdě po značně nerovném povrchu (Obr. 1).



Obr. 1 – původní carvingová deska

Původní carvingová deska byla nahrazena uzavřeným prvkem složeným ze dvou dílů, mezi nimiž jsou umístěna speciální měrná tělíska se systémem tenzometrů. Vnější rozměry měrného členu jsou velmi blízké parametrům původní desky, byly přeneseny i pryžové členy, aby zůstaly zachovány vlastnosti lyže.

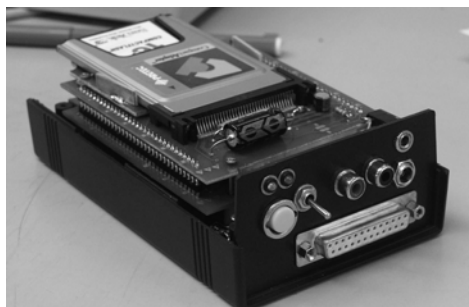
Měrná tělíska byla navržena jako systém velmi malých nosníků tak, aby bylo možné po nalepení soustavy miniaturních polovodičových tenzometrů a následném matematickém zpracování získaných signálů určit silové účinky v u vedených třech osách a příslušné ohybové momenty. Na každé lyži byla zapojena sada osmi tenzometrických pálmůstků. Celý systém byl pečlivě uzavřený, konektor pro napájení a se signály pro měření byl vyveden za patou lyžaře. Upravený systém spolu s definicí souřadného systému je uveden na obr. 2.



Obr. 2 – měrná deska a souřadný systém

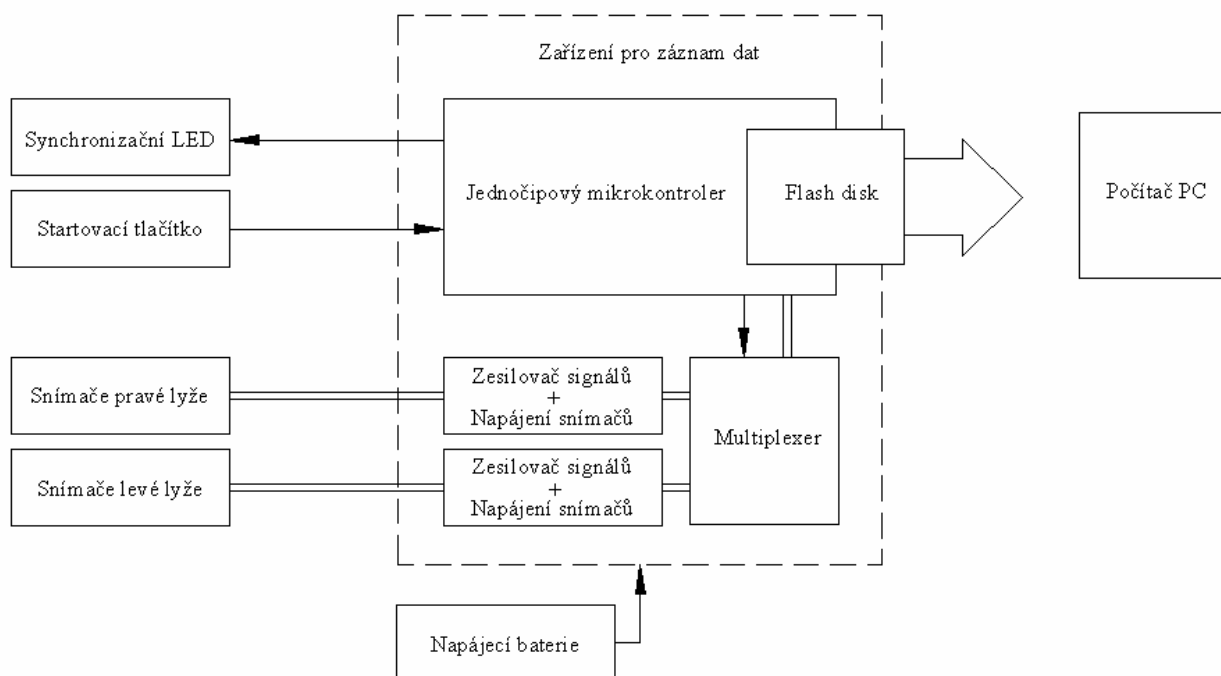
Napájení soustavy tenzometrů, zesílení signálů a záznam dat byl realizován s využitím systému založeného na jednočipovém mikrokontroleru, který díky „sendvičového“ systému zapojování dalších modulů nad nebo pod základní desku lze velmi snadno rozšířit a získat tak

nezávislý mobilní systém upravený pro danou aplikaci. V tomto případě byl základní modul doplněn o CompactFlash disk pro snadný záznam a přenos dat a desku zesilovačů pro zpracování signálů z tenzometrů před jejich záznamem na disk (na obr. 3). Uvedený systém je možné umístit do malého pouzdra na zádech lyžaře.



Obr. 3 – měřicí systém

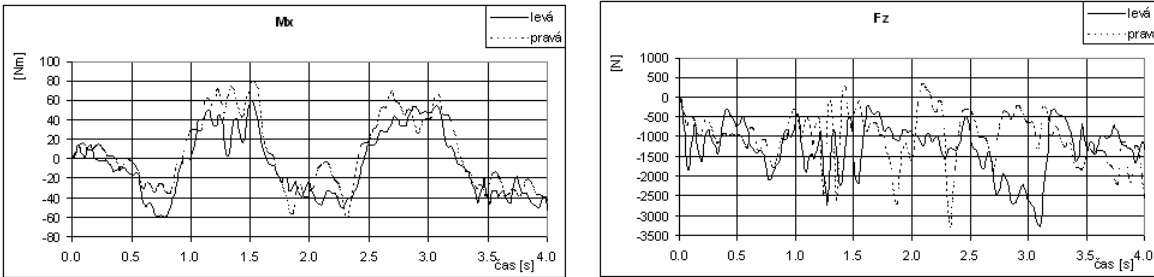
Aby bylo možné získaná data synchronizovat s obrazovým záznamem, byla dále na čelo lyžaře umístěna vysoce svítivá LED dioda, která bliká v definovaných intervalech (stav diody uložen v souboru současně s daty). Měření se spouští stiskem tlačítka na těle lyžaře před vjezdem do měřené sekvence zatáček. Principiální blokové schéma celého systému je uvedeno na obr. 4.



Obr. 4 – blokové schéma uspořádání měřicího systému

Výsledky

Naměřená surová data zaznamenaná během jednotlivých jízd (8 tenzometrických výstupů na každé lyži) je nutné dále matematicky zpracovat, aby bylo možné získat údaje o jednotlivých silových účincích. Protože jednotlivé síly i momenty působí současně a jejich kombinace ovlivňuje výstup jednotlivých tenzometrických elementů a stejně tak jeden izolovaný silový účinek se projeví nežádoucím způsobem na ostatních. Proto bylo nutné numerickými metodami stanovit přepočební matici, která vzájemné vlivy eliminuje a stanoví skutečné průběhy jednotlivých sledovaných složek. Příklady získaných průběhů pro moment kolem osy x a svislou sílu jsou pro tři oblouky uvedeny v grafech na obr. 5



Obr. 5 – příklady výsledných průběhů silových účinků

Zkušební jízdy pro srovnání způsobu průjezdu zvoleného typu oblouku podle úrovně lyžařů byly provedeny za účasti členů České reprezentace v alpském lyžování, lektorů lyžování a lyžařů střední pokročilosti. Získané výsledky vykazují nezanedbatelné rozdíly v měřených silách během oblouku.

Závěr

Bylo vyvinuto kompaktní měřicí zařízení schopné záznamu silových účinků ve třech osách kartézského systému souřadnic a příslušných torzních momentů kolem těchto os, které umožní analýzu průjezdu lyžaře carvingovým obloukem. Měření je založené na využití systému specializovaných tělísek s miniaturními tenzometry a nezávislého jednočipového mikrokontroleru. Po následném matematickém zpracování jsou k dispozici údaje o jednotlivých silových účincích na každé lyži pro další analýzu.

Po provedené základní sadě měření lze konstatovat dobrou shodu získaných výsledků s údaji uváděnými v literatuře a jednoznačnou souvislost mezi způsobem provedení oblouku (zkušenostmi lyžaře) a měřenými silovými poměry.

Na provázání dat s obrazovým záznamem pro 3D analýzu pohybu se v současné době pracuje.

Tato neinvazivní metoda nabízí široké spektrum využitelnosti v oblasti alpského lyžování, ať už se bude jednat o eliminaci počtu zranění např. v kolenním kloubu, či o optimalizaci techniky jízdy či tréninkového procesu.

Literatura

- [1] Maxwell S.M. & Hull M.L.: *Measurement of Strength and Loading Variables on the Knee during Alpine Skiing*. – Journal of Biomechanics. 22, 1989, 6/7, p. 609 – 624
- [2] Příbramský M. & Makovec B.: *Tenzometrické snímače sil ke sledování změn v zatížení lyží* – Teorie a praxe tělesné výchovy, Praha, 1976, 3/24, s. 169 – 172