

DESIGN OF THE OPTOFIBER SENSOR SYSTEM TO MONITORING CHANGE OF LENGTH

Michal Jelínek

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xjelin36@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Břetislav Mikel

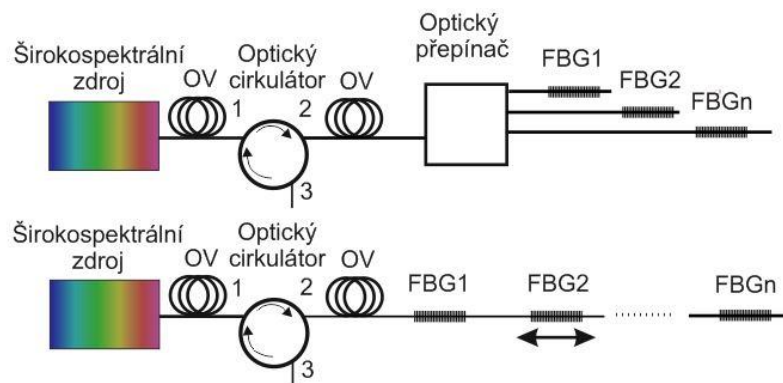
E-mail: mikel@feec.vutbr.cz

Abstract: A design of the control system for the measurement of shape changes of a concrete console is presented. The sensors of this system are made from the aluminium block and consist the optical fibers with the Bragg reflection gratings. We prepared system of the measurement of optical spectrum from the Bragg grating based on the optical filter. The control system is driven from the PC by the SW programmed in LabVIEW.

Keywords: Bragg grating, measuring of optical spectrum, fiber sensors

1. ÚVOD

Optické senzory mají ve srovnání se standardními elektrickými senzory několik výhod, mezi které lze zařadit především kompaktní rozměry, chemickou odolnost a imunitu vůči elektromagnetickému rušení. Díky těmto vlastnostem se využívají ve stále větším množství aplikací od automobilového a stavebního průmyslu, telekomunikací až po např. letecký a ropný průmysl. Optické senzory mohou měřit teplotu, tlak, mechanické napětí, deformaci, posuv, vibrace, elektrický proud, parciální tlak plynů, pH atd. Širší využití pak mají ve specializovaných oblastech optovláknové techniky [1], [2]. Většina dnes využívaných optických senzorů je pak založena na senzorech s Braggovými mřížkami. V článku je prezentován návrh sensorového systému s Braggovými mřížkami pro měření tvarových změn betonových staveb.



Obr. 1: Zapojení Braggových mřížek do optického vlákna.

2. METODY MĚŘENÍ

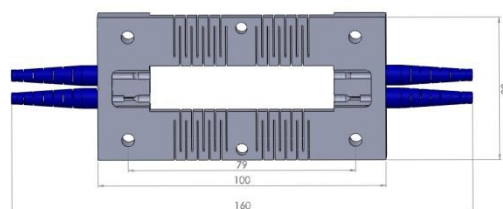
Braggova mřížka v optickém vlákne má funkci optického frekvenčního filtru. Parametry filtru lze měnit fyzikálními změnami optického vlákna, které způsobují změny v parametrech Braggovy mřížky. Vlnová délka a odrazivost Braggovy mřížky je závislá na rozdílu a periodě indexu lomu, délce mřížky a vlnové délce procházejícího světla. V závislosti na aplikaci lze zapojit Braggovy mřížky do měřícího systému více způsoby (obr. 1). V aplikacích, kde je nutné měřit více bodů současně, lze zapojit senzory s Braggovými mřížkami např. přes optický přepínač.

Pouhým přepnutím lze pak měřit jednotlivé senzory dle potřeby, příp. kontinuálně přepínat mezi všemi. Druhým způsobem systému s měřením více senzorů současně je připojení optického vlákna s více Braggovými mřížkami. V tomto zapojení musí mít mřížky počáteční vlnovou délku odrazu světelného spektra dostatečně vzdálenou od sebe tak, aby nedocházelo k překryvu spekter mřížek ani při dosažení hraničních hodnot měření. V nejnáročnějších aplikacích lze pak použít modifikaci obou zapojení, kdy jsou k optickému přepínači připojena optická vlákna s více Braggovými mřížkami. V našem případě jsme v první verzi systému přikročili k variantě s optickým přepínačem a vlákny s jednou Braggovou mřížkou. Tento systém do budoucna umožňuje snadné rozšíření pouhou výměnou sensorových vláken.

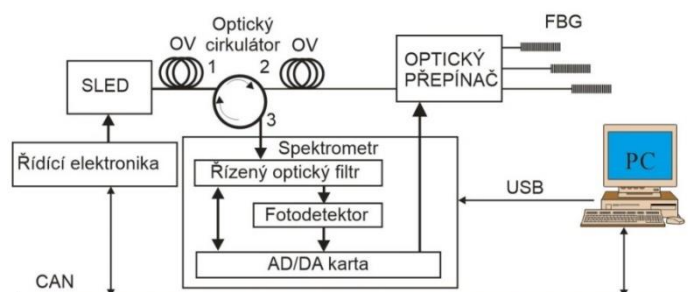
3. REALIZACE SENZORU

Návrh měřicího systému jsme začali návrhem konstrukce senzoru (obr. 2), kde bylo potřeba nejdříve vypočítat požadovanou citlivost senzoru a určit maximální rozsah měření vzhledem k aplikaci. Experimentálně jsme zjistili maximální změnu vlnové délky při natahování senzoru pro délku senzoru i mřížky 20 mm, která je $\lambda_{MAX} = 6$ nm. Při dalším natahování vlákna pak dochází k nevratným změnám v jeho struktuře. Uvedená změna vlnové délky odpovídá protažení senzoru o $\Delta l \cong 100$ μ m.

Senzor je vyroben z hliníku a jsou v něm vloženy 2 optické vláknové mřížky. Jedna je zafixována pevně v osách montážních otvorů, druhá je uložena volně a slouží ke kompenzaci teploty. Na krajích senzoru se nacházejí otvory k připevnění senzoru na měřený objekt. Otvory uprostřed slouží pro připevnění krytu vláknových mřížek. Konstrukce senzoru je navržena tak, aby při maximálním protažení vlákna nedošlo k nevratnému poškození konstrukce senzoru.



Obr. 2: Konstrukce senzoru



Obr. 3: Schéma zapojení sensorového systému.

4. SCHÉMA ZAPOJENÍ

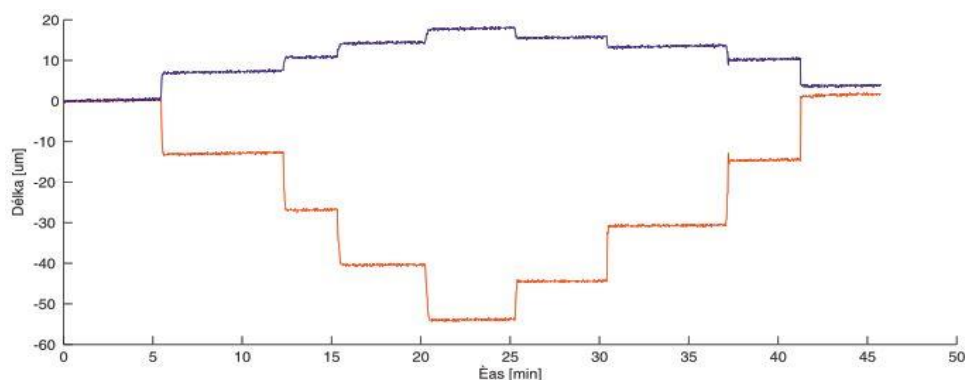
Navržený sensorový systém (obr. 3) využívá pro měření frekvenčního spektra optický filtr, díky kterému je systém levnější a je možné dosáhnout vyššího rozlišení. Světelné záření z optického zdroje SLED diody CS5203A o optickém výkonu 20mW je přivedeno na optický cirkulátor. Z optického cirkulátoru je záření přesměrováno do optického přepínače, kde je zavedeno do aktuálně měřeného vláknového senzoru. Světelné spektrum, které se odrazí od vláknové mřížky, se vrací opět přes optický cirkulátor do optického laditelného filtru Lightwaves2020.

Optický filtr umožňuje měřit optické spektrum v rozsahu vlnových délek, které odpovídají telekomunikačním pásmům C + L, tj. <1530; 1625> nm s rozlišením FWHM (Full Width in Half Maximum) 0,1 nm. Za laditelným filtrem je pak fotodetektor, který detekuje optický výkon.

5. ŘÍZENÍ

Řízení celého systému a zpracování signálu je realizováno programem vytvořeným v LabVIEW. Komunikace s měřicí aparaturou je realizována přes USB AD/DA kartu National Instruments. AD/DA karta převádí analogové signály z detektoru a teplotu optického filtru a současně je využívána pro jeho modulaci. Optický filtr je modulován trojúhelníkovým napětím v rozsahu $\langle 0; 5 \rangle$ V s ofsetem $\langle 0; 2,5 \rangle$ V. Digitální výstupy na AD/DA kartě pak slouží pro řízení optovláčkového přepínače.

V programu je pro signál z fotodetektoru nalezeno maximum a jeho poloha vzhledem k trojúhelníkovému modulačnímu napětí optického filtru. Hodnota napětí na modulačním trojúhelníku pak udává měřenou vlnovou délku. Tato vlnová délka pak reprezentuje změnu délky senzoru a tím i změnu délky měřeného objektu. Systém byl testován na speciálně vytvořeném betonovém nosníku s železnými výztužemi. Hodnoty pnutí na betonovém nosníku jsou zaznamenány na časový graf (obr. 4). Každý skok na grafu reprezentuje změnu zatížení nosníku o 5 kN.



Obr. 4: Časový graf zobrazující pnutí na betonovém nosníku při skokovém zatížení po 5 kN. Modrá barva zobrazuje výsledek senzoru umístěného pod nosníkem, červená barva zobrazuje výsledek senzoru umístěného na horní straně nosníku.

6. ZÁVĚR

V článku je prezentován systém pro měření tvarových změn betonových staveb s vláknovými Braggovými mřížkami. Jako zdroj světla pro měření je použita SLED dioda CS5203A s optickým výkonem 20 mW. Sledováním světelného spektra mřížky ze senzoru na měřeném objektu lze vypočítat změnu tvaru objektu. Spektrum mřížky snímáme fotodetektorem přes laditelný optický filtr a následně vyhodnocujeme signál v programu vytvořeném v LabVIEW. V první fázi jsme systém testovali na speciálně připraveném železobetonovém nosníku. Podařilo se nám ověřit funkčnost celého systému a jeho nastavení.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory institucionálního financování RVO:68081731, grantového projektu Ministerstva vnitra České republiky projekt č. VG20132015124 a grantových projektů Technologické agentury České republiky, projekty č. TA01010995 a TA03010835.

REFERENCE

- [1] OTHONOS, Andreas a Kyriacos KALLI. *Fiber Bragg gratings: fundamentals and applications in telecommunications and sensing*. Boston, Mass.: Artech House, c1999, xiv, 422 p. ISBN 08-900-6344-3.
- [2] LOPEZ-HIGUERA, José Miguel, Luis Rodriguez COBO, Antonio Quintela INCERA, Adolfo COBO, Alfredo GEMES a Jose Manuel MENENDEZ. *Fiber Optic Sensors in Structural Health Monitoring*. *Journal of Lightwave Technology*. 2006, vol. 29, issue 4, s. 225-285. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470612071.ch3>.