

Vláknově optické senzory

Vláknově optické senzory a systémy vycházejí z vláknově optických komunikací, využívají téměř identické prvky a součástky jako optické komunikace. Zásadním rozdílem je, že ve vláknově optických komunikacích se dělá vše pro to, aby se vlivy okolí na přenos minimalizovaly, nebo jsou ošetřeny v rezervách systému, v případě vláknově optických senzorů se hledají uspořádání jak tyto vlivy naopak maximalizovat.

V současné době neexistuje veličina – mechanická, elektrická, chemická, biologická a další, která by nebyla měřitelná vláknově optickými senzory. Senzory je možné řadit do sítí a v mnoha případech není nutno používat žádných převodníků mezi senzory a přenosovou sítí.

Typickým příkladem je počítání vozidel, kdy vláknově optický senzor zachytává vibrace vyvolané projíždějícími vozidly, převede je na počty změn (frekvenční změny) optického výkonu ve vlákně a ty lze přenášet na vzdálenosti 10-20 km po komunikačních vláknech do míst zpracování. Vše je pasivní, v místě měření není potřeba napájení, místo zpracování měřeného signálu může být vzdáleno od místa jeho získání.

Vláknově optické senzory mohou být rozděleny do několika základních kategorií.

Bodové senzory tedy kontaktní čidla měří veličinu (většinou teplotu) v bodě, ve kterém se dotýkají daného prostředí. Veličina je měřena pomocí zpětného odrazu na látce (GaAs, Fosfor, aj.) umístěné na konci vlákna (sondy). Tyto senzory pracují většinou na multimódovém vlákně a měří intenzitu vracející se z krystalu. Tento senzor má díky použitému médiu pasivní dosah max. stovky metrů.

Dalšími senzory jsou senzory FBG (Fiber Bragg Grating), jedná se o strukturu podobnou difrakční mřížce vnořenou do optického vlákna. Světlo vedené takovýmto vláknem prochází mřížkou, nicméně vlnová délka, která vyhovuje tzv. Braggově podmínce, je odražena zpět. Pokud na takovou mřížku působíme např. teplotou nebo mechanickým namáháním, vlnová délka odražená zpět se mění. Na základě kalibrace takového senzoru můžeme vyhodnotit změny v měřené veličině.

Fázové senzory pracují na základě porovnání fází světla. K tomu dochází ve dvou částech (měřící a referenční rameno), takto sestavené zařízení nazýváme interferometr. Tyto fázové rozdíly mohou být měřeny s extrémní citlivostí. Jsou tak daleko přesnější než většina ostatních senzorů, díky čemuž mají vyšší dynamický rozsah. Nevýhodou je pak ale složitější konstrukce, kvůli které jsou pořizovací náklady vyšší. Proto se obecně hodí především pro náročnější aplikace, zatímco dříve zmíněné senzory mají širší uplatnění.

Dalším typem vláknových senzorů jsou senzory distribuované. Tedy senzory založené na Ramanově (DTS - Distributed Temperature Sensor) a Brillouinově (DSTS - Distributed Strain Temperature Sensor) rozptylu. Tyto senzory patří mezi sofistikované zařízení s velkým důrazem na komponenty, především na zdroj záření a fotodetektor. Měření teploty popř. mechanického napětí se provádí pomocí zpětného rozptylu. Tento rozptyl vzniká ve všech částech vlákna na základě již popsaných jevů. Ve zpětně odraženém paprsku se nacházejí dvě různé spektrální složky. Tyto složky jsou na sobě nezávislé, přičemž jedna je měřenou veličinou ovlivněna, druhá však nikoliv.

Významnou skupinu tvoří vláknově optické senzory pro měření a monitorování elektrických veličin, jakými jsou proudy a napětí. Zde se využívá několika jevů – změna polarizace procházejícího světla, indukovaný dvojlom, elektrostrikce a magnetostrikce převedená na změny propustnosti optických vláken. Jejich předností je poměrně jednoduchá konstrukce a naprostá EM kompatibilita, neobsahují žádné vodivé části.

Všechny tyto senzory se využívají na nejrůznější aplikace a jejich potenciál stále roste. Jsou to například: monitoring staveb, mostní konstrukce, železniční i silniční doprava, zabezpečení oblastí proti vniku osob, predikce zemětřesení, měření teploty nebo mechanické namáhání a to vše i v oblastech se zvýšeným elektromagnetickým zářením (jedná se většinou o aplikace, kde lze využít pouze dielektrické optické vlákno) a další.

Popsané senzory mají velice různorodé využití (viz předchozí odstavec). V těchto aplikacích jsou schopny měřit mnoho veličin a tento seznam se díky výzkumu stále rozšiřuje. Jmenovat můžeme

například mechanické napětí, tlak, teplotu, elektrické napětí nebo pole, úhel, rotace, posun, určení směru, rychlost a mnoho dalších. Definovanými zařízeními na bázi optických vláken jsou hydrofony, mikrofony, gyroskopy, chemické monitory a jiné. Tyto veličiny lze měřit i jinými prvky, které jsou dostupné. Některé aplikace však dovolují použít pouze optická vlákna, a to především pro jejich dielektrické vlastnosti (oblasti výskytu vysokého napětí nebo vysoce hořlavých materiálů). Někdy je výhodou malý rozměr, provozní teplota, energetická nezávislost senzoru a v současnosti i cena. Výhodou je také jednoduchý multiplex při použití více optických čidel na jednom vlákně. Nejčastěji se využívá dělení vlnové, což znamená využití různé vlnové délky pro každý senzor. Vyhodnocovací jednotka ze svazku, obsahujícího širší spektrum světla, dokáže pasivně jednotlivé vlnové kanály vydělit. Druhý nepoužívanější je časový multiplex. Ten pracuje na základě rozdělení pásma na časové sloty, každý snímač má přiděleno místo, kde data vysílá směrem k vyhodnocovací jednotce. Především z těchto důvodů je dnes poměrně časté využití optických vláken v senzorce a monitoringu.

Součástí semináře budou praktické ukázky aplikací, vysvětlení některých principů a diskuze nad uplatnitelností a praktické příklady terénních aplikací a měření. Bude ukázán mimo jiné princip měření polohy úniku benzínu z produktovodu, detekce průniku osob, ochrana místností, princip monitorování zatížení stavebních konstrukcí.

Další významnou skupinu aplikací fotoniky představují systémy založené na výkonových LED, které lze použít současně pro osvětlování a komunikace. Jedná se o tzv. Li-Fi systémy. V naší laboratoři se řeší otázky s těmito systémy spojené a ukazuje se, že lze dosáhnout přenosových rychlostí několika stovek Mbit/s. Zásadní výhodou tohoto přístupu je integrace dvou funkcionalit – osvětlování a komunikace do jednoho systému. Tento přístup je vhodný zejména pro mobilní komunikace ve vnitřních prostorech, pro veřejné osvětlení a další.