

Využití DTS v kabelové technice

Ing. Ondřej Veselý, Kabelovna Kabex, a. s.,
Ing. Jakub Čubík, Ing. Stanislav Kepák, VŠB-TU Ostrava

Optovláknové kabely DTS (*Distributed Temperature System*) jsou určeny k přenosu elektrické energie nízkého a středního napětí. Navíc tento systém poskytuje rozšířenou funkci v podobě integrovaných optických vláken, která umožňují nejen přenos informace, ale i sledování teploty, popř. mechanického namáhání podél kabelové trasy.

Optovláknové DTS jsou unikátní senzorické systémy založené na analýze zpětné

a jsou využívány k měření uvedených veličin.

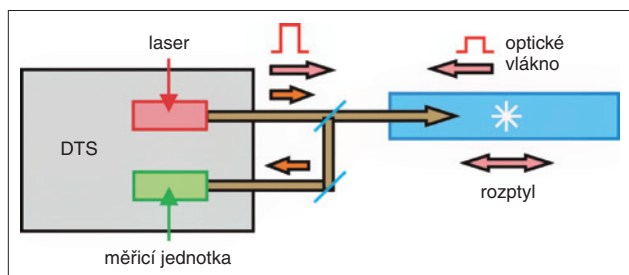
Při zaměření se na princip vzniku Ramanova rozptylu lze zjistit, že velká část záření rozptýleného na molekulách má stejnou vlnovou délku jako záření původní (Rayleighův rozptyl). Pouze u malé části rozptýleného záření se oproti původnímu budicímu záření mění vlnová délka. Tento jev v roce 1928 experimentálně prokázal indický vědec Chandrasekhara Venkata Raman, po němž byl jev pojmenován.

K rozptylu záření na molekulách dochází ve chvíli, kdy se foton záření sráží s molekulou optického vlákna. Při pružné srážce se nemění energie fotonu, a tak i vlnová délka zůstává stejná. Naopak při nepružných srážkách je mezi molekulou a fotonem předána určitá část energie, což zapříčiňuje

8 až 10 km. Prostorová rozlišitelnost je 1 m s přesností měření teploty až 0,01 °C. Přesnost měření teploty závisí na integrační době, po kterou probíhá měření, a na počtu iterací při výpočtu. Tyto parametry jsou nastavovány před každým měřením a platí, že čím je doba integrace delší a počet iterací větší, tím více jsou zpřesňovány získané hodnoty. Nicméně i při uvedené nejvyšší přesnosti měření teploty trvá jedno měření řádově desítky sekund.

Je-li zájem měřit kromě teploty i mechanické napětí podél kabelové trasy, je nutné použít systém detekující Brillouinův stimulovaný rozptyl, který se používá v kombinaci s jednovláknovými vlákny (průměr jádra 9 µm, průměr pláště 125 µm). Dosah takové ho systému je více než 50 km a umožňuje prostorovou rozlišitelnost až 0,5 m při přesnosti měření teploty až 0,05 °C.

Integrovaním měřicího vlákna do struktury kabelu se získá systém umožňující za provozu sledovat teplotní i mechanické namáhá-

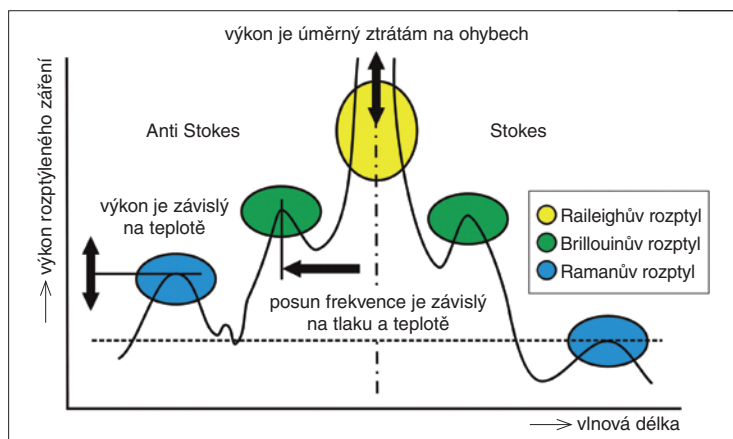


Obr. 1. Optické schéma měřicího systému

ho rozptylu v optickém vlákne, které jsou schopny měřit teplotu i mechanické napětí podél vlákna. Samotné optické vlákno se používá jako senzor ke sledování neelektrických veličin, přičemž jsou zachovány všechny výhody použití optických vláken. Mezi tyto výhody patří:

- odolnost proti elektromagnetickému záření,
- současně odečítání několika tisíců hodnot,
- snadná instalace a téměř žádná údržba,
- bezpečné použití v hořlavých a výbušných prostředích,
- okamžitá lokalizace změn teploty, tlaku a poruch.

Optovláknové DTS systémy jsou založeny na podobném principu jako optické reflektometry OTDR (*Optical Time Domain Reflectometry*). Do vlákna je vyslán optický pulz o definované šířce (typicky 10 ns) a vlnové délce (975, 1064 nebo 1550 nm v závislosti na konstrukci systému). Při průchodu optického pulzu vláknem se vlivem rozptylu odrazí část světelné energie, která se vrací zpět k vysílači (obr. 1). Právě díky frekvenční a amplitudové analýze této odražené energie lze s velkou přesností určit teplotu i mechanické namáhání podél vlákna. Část optického pulzu se vysílači vrací se stejnou vlnovou délkou, jakou měl původně vyslaný pulz – hovoří se o tzv. elastickém Rayleighově rozptylu. Jiná část světelného impulzu se vrací s odlišnou vlnovou délkou než původně vyslaný pulz – hovoří se o tzv. neelastickém rozptylu. Tyto neelastické jevy jsou označovány jako Ramanův a Brillouinův stimulovaný rozptyl



Obr. 2. Spektrum rozptýleného záření

změnu vlnové délky rozptýleného záření. Hovoří se o tzv. Ramanově posunu, který odpovídá frekvenci v Ramanově spektru (obr. 2). Pro vyhodnocení teploty je třeba se zaměřit na tzv. anti-Stokesovu oblast spektra odpovídající fotonům, které mají po srážce s molekulou vyšší energii, a frekvence záření je tak posunuta k vyšším hodnotám. Tato část spektra mění svou amplitudu právě v závislosti na okolní teplotě. Naopak amplituda Ramanova spektra ve Stokesově oblasti se s teplotou nemění. Z poměru obou amplitud lze přesně určit okolní teplotu.

Měřicí systém využívající analýzu Ramanova stimulovaného rozptylu se používá v kombinaci s mnohovláknovými vlákny (průměr jádra 50 µm, průměr pláště 125 µm), jejichž relativně vyšší útlumová charakteristika limituje dosah takového systému na přibližně

ní podél kabelové trasy. V případě kabelové techniky se jako nejpřínosnější jeví sledování teplotního profilu, kdy lze jednoduše lokalizovat např. místa s nadměrným ohřevem. Dále lze vyvozovat, jak stárne izolační systém kabelu, a na základě toho předcházet nepředvídanému zhoršení izolačních stavů. Takováto diagnostika je důležitá např. v energetice, petrochemickém průmyslu či dopravě, kde je nutná vysoká míra zabezpečení. Do struktury kabelu je integrován celý buffer s optickými vlákny, což znamená, že po zbylých vláknech v bufferu lze přenášet informace. Tuto skutečnost lze s výhodou využít pro přenos signálů v rámci technologických celků, kde má integrace optického vlákna do struktury metalického kabelu potenciál snižovat prostorové požadavky a cenu kabeláže.

<http://www.kabex.cz>