

# CWDM TECHNOLOGY FOR OPTICAL WIRELESS LINKS

**Vítězslav Kumpán**

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xkumpa00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Otakar Wilfert

E-mail: wilfert@feec.vutbr.cz

**Abstract:** In this work an optical wireless test link for studying of atmospheric phenomena in the optical bands of 850 nm and 1550 nm is described. The WDM technology involving technology of optical fibers is included into transmitter of the link. The measuring devices for measuring power, spectrum and polarization control are included into receiver of the link. The outcomes of this work are both measuring chain design and verification of its functionality.

**Keywords:** WDM, laser, atmospheric environment, optics

## 1. ÚVOD

V současné době dochází ke stále většímu uplatnění přenosu informace bez použití datových kabelů nebo vlnodů. S rozvojem datových služeb (internet, mobilní síť), vysílaných volně do zemské atmosféry, se počet nevyužitých frekvenčních pásem neustále zmenšuje. Jenou z možností, jak tento problém řešit, je využívat spoje s pracovními frekvencemi, které doposud nejsou zaplněny. Tato práce se zaměřuje na využití vlnové délky elektromagnetického záření, kdy už mluvíme o světle. Cílem je navrhnout testovací spoj pro měření vlivu atmosféry na procházející optický svazek.

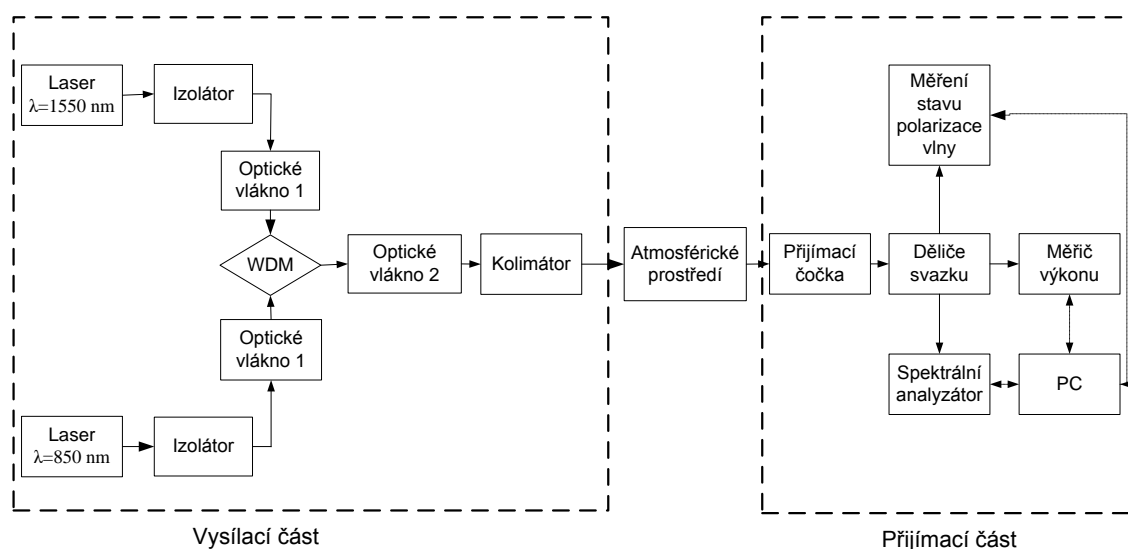
## 2. NÁVRH A REALIZACE BEZKABELOVÉHO TESTOVACÍHO SPOJE

Navržený testovací spoj je složen ze dvou hlavních částí, a to vysílací a přijímací části. Vysílací část využívá dominantně optických vláknových prvků a jedná se tedy o spoj fotonického charakteru. Jako zdroje optického záření jsou využity lasery pracující na dvou vlnových délkách, které jsou pomocí vláken přivedeny na vláknový WDM prvek. Odtud jsou optické vlny vedeny vláknem do kolimátoru a dále září do atmosféry. Atmosféra je oblast, jejíž vlastnosti měníme. V laboratoři je možné vlastnosti přesně ohraničené části atmosféry měnit (například pomocí generátoru mlhy) a tím simulovat reálné podmínky. Ke stanovení parametrů atmosféry je potřebné znát parametry šířící se vlny jak na výstupu vysílače, tak na vstupu přijímače. Ve vyhodnocovací části testovacího spoje je optická vlna v děliči rozdělena do více kanálů. V každém kanálu je jeden přístroj pro měření a vyhodnocování jedné veličiny nosné vlny. Z těchto měření získáme informace o optickém výkonu, spektru a polarizaci. Principiální blokové schéma měřicího řetězce je uvedené na obr. 1.

### 2.1. VYSÍLACÍ ČÁST

Jako zdroje optického záření jsou použity dva polovodičové lasery o vlnových délkách 850 nm a 1550 nm. Tyto lasery září přímo do vlákna. Mezi lasery a WDM prvkem jsou zapojeny izolátory, které slouží k ochraně laserů. Pokud by došlo k odrazu laserového svazku zpět do laserů, tyto izolátory zabrání jejich zničení. Použitá vlákna v této části řetězce jsou jednomodová a zachovávají polarizaci. WDM prvek slouží k zavedení vln generovaných lasery vždy do jediného vlákna. Finální koncové vlákno, které vystupuje z WDM prvku je vícemodové a polarizaci zachovávají. Toto vlákno ozařuje vysílací optickou soustavu (kolimátor). Takovým uspořádáním vysílače omezíme chybu, která by vznikla nestejnou polohou dvou svazků vyzařovaných do atmosféry při použití dvou vysílacích optických soustav. Útlumy jednotlivých prvků vláknového spoje jsou poměrně malé, dosahují hodnot 0,5 – 1 dB. Větší útlum způsobují některé spoje dvou optických vláken, kde se

nedokonalostí konektorového spoje může na výstupu vyskytnout útlum až 6 dB. Celkový útlum vláknového spoje není příliš důležitý a je možné jej před začátkem měření určit a zahrnout do výpočtů. Důležité je, aby byl tento útlum po celou dobu měření konstantní a nezpůsoboval zkreslení výsledků měření.



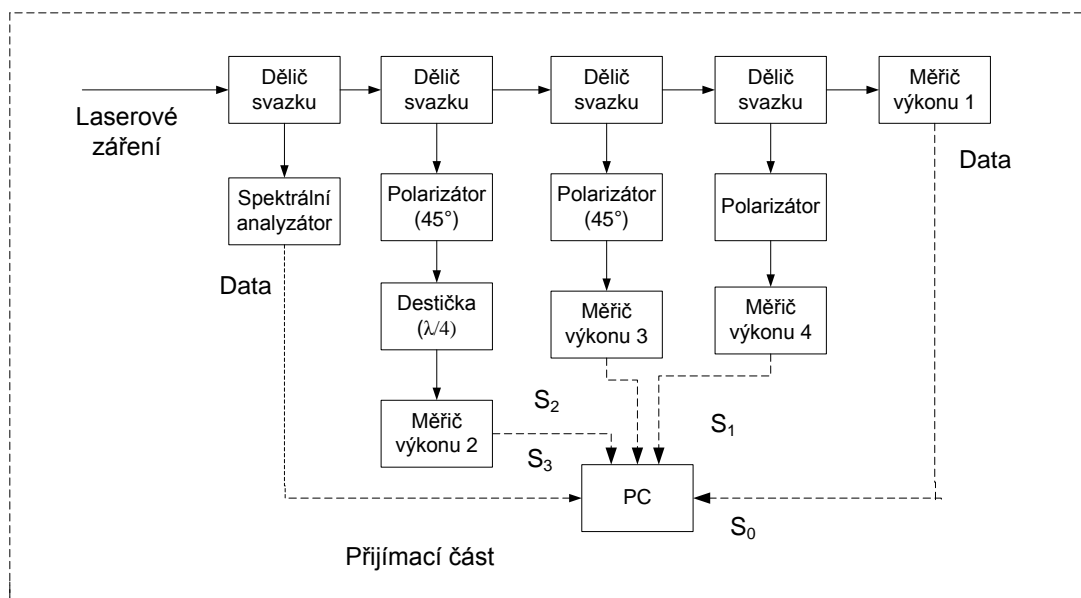
Obrázek 1 Blokové schéma testovacího spoje

## 2.2. PŘIJÍMACÍ ČÁST

Vysílací část našeho zařízení, složená z laseru, optických vláken a pasivního WDM, vyzářuje jediný svazek do atmosféry. Předpokládáme, že atmosférické prostředí procházející svazek ovlivní, ale samo atmosférické prostředí svazkem ovlivněno nebude. Může jít o změny polarizace, posun ve spektru nebo útlum procházející vlny. K prozkoumání těchto změn jsme sestavili měřicí řetězec, který slouží k získání komplexní informace o vystupujícím optickém paprsku. Cílem našeho měření je získat informaci o výkonu, spektru a polarizaci vysílaného laserového svazku v závislosti na čase. Podrobné blokové schéma je uvedeno na obrázku 2. Soustava děličů svazků (hranoly) slouží k rozdělení paprsku do pěti měřících přístrojů. Je vhodné využít děličů svazku s nerovnoměrným dělicím poměrem, například 1:9. Tím docílíme vysoké hodnoty výkonu i v koncové části měřícího řetězce. Měřicí přístroje jsou seřazeny na obrázku 2 podle citlivosti na velikost přijatého optického výkonu. Měřicí přístroje s velkou citlivostí jsou zařazeny na konec řetězce. Ve vedlejším paprsku prvního děliče svazku měříme vlnovou délku přijaté optické vlny s využitím Fourierova spektrálního analyzátoru. V dalších vedlejších svazcích měříme Stokesovy parametry v pořadí  $S_3$ ,  $S_2$ ,  $S_1$  a  $S_0$ . Je nutné, aby děliče svazku neměnily polarizaci světla. Měřený parametr  $S_0$  reprezentuje zároveň přijatý optický výkon. Všechny hodnoty přijatého optického výkonu je nutné vynásobit koeficienty v závislosti na poměrné velikosti optického výkonu, který je k nim přiveden. Veškeré změny optického výkonu budeme zaznamenávat do PC.

## 2.3. VYHODNOCOVACÍ ČÁST

Softwarové vybavení měřících přístrojů umožňuje zaznamenávat spektrum a optické výkony měřené optické vlny na PC. Díky přímému grafickému zobrazení měřených hodnot lze vytvořit videozáznam a zpětně vyhodnocovat změny ve výkonu a spektru. Programové vybavení všech měřících přístrojů umožňuje taktéž ukládání dat do textových souborů v závislosti na čase. Ze zaznamenaných hodnot měřičů optického výkonu můžeme vypočítat stupeň polarizace a normované hodnoty Stokesových parametrů. Tyto údaje umožňují výpočet vektoru v Poincarého sféře. Pomocí uvedené metody získáme informaci o tom, zda dochází nebo nedochází ke změně polarizace v daném časovém intervalu.



Obrázek 2 Blokové schéma přijímací části

### 3. ZÁVĚR

Cílem této práce je návrh optického bezkabelového testovacího spoje pro studium vlivu atmosféry v pásmech 850 nm a 1550 nm. Z důvodu minimalizace nepřesnosti nastavení dvou laserových vysílačů do stejné trasy je ve vysílací části použita vláknová (fotonická) technologie. Testovací spoj obsahuje ve vysílací části WDM technologii a polarizaci zachovávající vlákna. Výstupem z tohoto spoje je pak polarizačně i výkonově stabilní laserový svazek s nastavitelnou vlnovou délkou. Přijímací část spoje obsahuje měřicí kanály poskytující komplexní informaci o výkonu a spektru přijatého optického svazku ovlivněného atmosférou. Dojde také ke kontrole změny polarizace a je možné studovat souvislost změny polarizace s možnými spektrálními nebo výkonovými změnami.

### PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu svého semestrálního projektu prof. Ing. Otakaru Wilfertovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc.

### REFERENCE

- [1] WILFERT, Otakar. *Fotonika a optické komunikace: přednášky*. Vyd. 1. Brno: VUT FEKT, Ústav radioelektroniky, 2007, 128 s. ISBN 978-80-214-3537-7.
- [2] *Optical Measurement Techniques and Applications*. Editor Pramod K Rastogi. Boston: Artech House, 1997, 433 s. ISBN 08-900-6516-0.
- [3] AGRAWAL, G. *Fiber-Optic Communication Systems*. Vyd. 3. New York: John Wiley & Sons, 2002. 576 s. ISBN 04-712-1571-6.
- [4] DERIKSON, Dennis. *Fiber Optic Test and Measurement*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. ISBN 01-353-4330-5.