

# DESIGN OF OPTICAL WAVELENGTH SELECTIVE SWITCH

Vojtěch Sikora

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xsikor13@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Münster

E-mail: munster@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Optical circuits switching is a rapidly growing area of photonic networks. With increasing requirements of photonic services only software defined networking (SDN) allows flexible and effective networks creation. The paper shortly introduces technologies of optical circuits switching, especially WSS (wavelength selective switching) for WDM (Wavelength Division Multiplexing) networks. Using specialized software VPIphotonics the WSS 1x4 for an interconnection between Prague, Brno, Ostrava and Vienna was designed.

**Keywords:** Optical network, Wavelength selective switch, Wavelength division multiplexing

## 1 ÚVOD

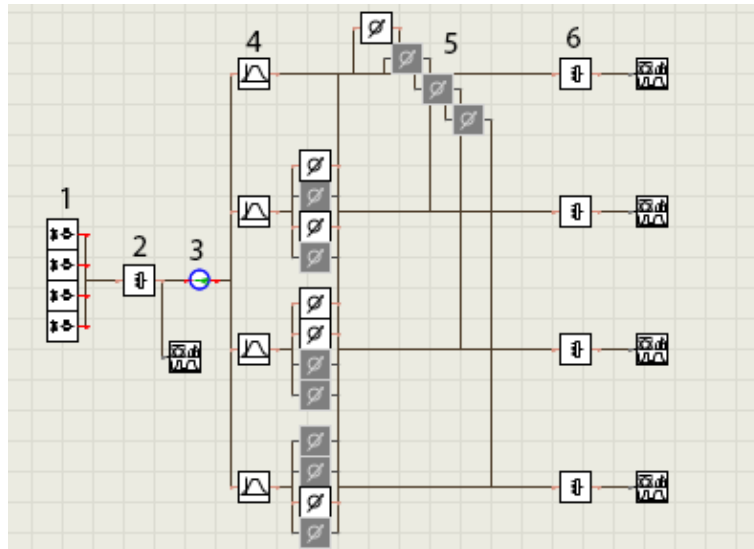
V posledních letech se v telekomunikačních sítích setkáváme s jevem exponenciálního nárůstu přenosu dat. V páteřních sítích jsou již jistou dobou standardem optické přenosy a v dnešní době se pracuje na technologiích, které dokáží zajistit větší pružnost těchto optických sítí. Jednou z cest tohoto výzkumu je nahrazování opticko-elektrických komponent, jako jsou směrovače a přepínače, za čistě optické zařízení. Vlnově selektivní přepínače jsou zařízení schopná měnit vlnové délky vysílaného WDM signálu v závislosti na stavu sítě, bez potřeby bezprostředního zásahu do zařízení obsluhou.

## 2 PŘEPÍNÁNÍ OPTICKÝCH SIGNÁLŮ

Přepínání optických okruhů na úrovni vlnových délek se v uzlech provádí pomocí optických multiplexorů, které umožňují z přenášeného signálu vyčlenit vlnovou délku, nebo ji do signálu přidat. Respektive, použitím optických přepínačů lze přepínat jednotlivé vstupní vlnové délky na kterýkoli výstupní port. V prvních generacích optických add-drop multiplexorů se musely signálové toky v uzlech a odbočkách do menších provozů přepojovat ručně. Obdobně, ručně, se signály musely připojovat do vstupních portů multiplexoru. Těmto manuálním zásahům bylo nutné se vyhnout z mnoha důvodů. Mezi hlavní patří zvyšování pružnosti sítě, možnost zavedení jisté automatizace a v neposlední řadě vzrůstající požadavky na celkové množství vlnových délek, které jsme schopni do vlákna multiplexovat. Tyto problémy efektivně řeší optický vlnově selektivní přepínač, používaný v konfigurovatelných optických add-drop multiplexerech.

## 3 VLNOVĚ SELEKTIVNÍ PŘEPÍNAČ

Vlnově selektivní přepínače se ve většině případů vyrábí v  $1 \times N$  formátu. Což znamená, že na vstup přichází WDM signál s určitým počtem kanálů (vlnových délek), které lze vydělit do  $N$  směrů. Způsobů přepínání je mnoho. Hojně využívanou technologií je použití MEMS neboli mikroelektromechanických zrcadel. Jak už z názvu vyplývá, jedná se o mřížku, na které jsou umístěny mikrozrcadla, schopná natáčení a odrazení demultiplexovaných vlnových délek do různých výstupních portů. Neposlední v řadě jsou LCoS, použití tekutých krystalů. Podobně jako v LCD panelu pomocí natáčení tekutého krystalu se propouští vybrané vlnové délky, ostatní se blokují.



**Obrázek 1:** Vnitřní zapojení navrženého vlnově selektivního přepínače

### 3.1 NÁVRH VLNOVĚ SELEKTIVNÍHO PŘEPÍNAČE

Můj vytvořený návrh je demultiplex-switch-multiplex typu  $1 \times 4$ . V návrhu se používá signál WDM se 4 vlnovými délkami s odstupem 100 GHz. Přesněji, vlnové délky v rozmezí od 193 THz do 193,3 THz. Na obrázku 1 je vnitřní zapojení přepínače. Jelikož použitý program VPIphotonics nezobrazuje vlnovody a uzly dostatečně viditelně, je první větev rozložena a ostatní jsou logicky zapojené podobně jako větev první. Všechny komponenty jsou ideální, tedy pokud nejsou definovány jinak, jejich útlum je 0 dB.

### 3.2 POPIS FUNKCE

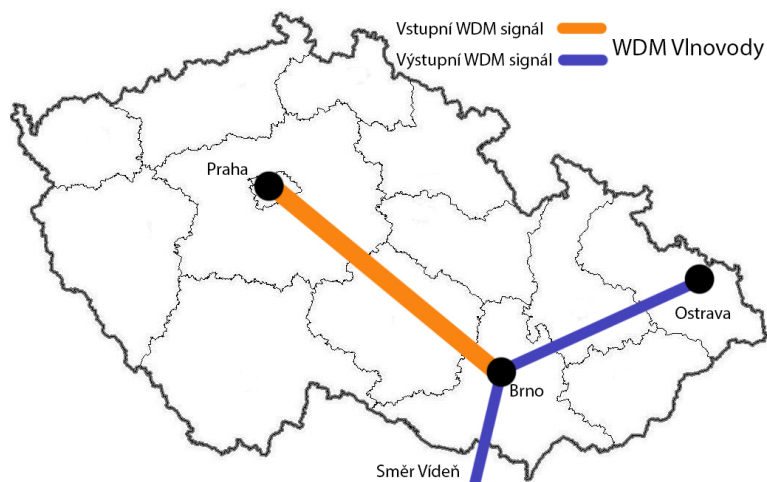
Budeme-li se pohybovat na obrázku 1 zleva, vidíme čtyři generátory výše zmíněných vlnových délek (1), které jsou pomocí multiplexoru (2) namultiplexovány do jednoho vlákna jako WDM signál. Následuje rozdělení WDM signálu (3) na 4 stejné signály totožné se signálem za multiplexorem (2). Na každém z optických filtrů (4) je ze signálu vydělena jedna vlnová délka, která je pomocí útlumových členů (5), které mají buď útlum 0 dB - propouští, nebo  $\infty$  dB - blokuje, podle potřeby odeslána na výchozí multiplexory (6). Za nimi již máme výstupní WDM signály.

## 4 NÁVRH POUŽITÍ

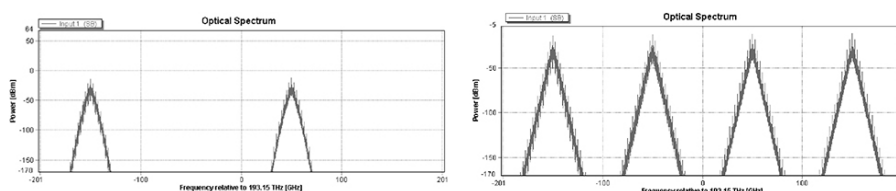
Pro ukázkou použití přepínače jsem sestavil fiktivní síť mezi městy Praha, Brno, Ostrava a Vídeň. Vlnově selektivní přepínač je umístěn v Brně. Do vstupu přepínače je připojen vlnovod z Prahy, na výstupy jsou připojeny města Ostrava a Vídeň. To lze vidět na obrázku 2. Přepínač v Brně tedy může dle požadavků provozu sestavovat okruhy mezi městy na libovolných vlnových délkách. V případě, že by požadovaná vlnová délka již byla na zvolené trase zabraná jiným provozem, odešle přepínač informace na jiné volné vlnové délce. Na obrázku 3 vidíme sestavenou trasu mezi městy Praha - Brno - Ostrava. Přepínač v Brně vydělí 2 vlnové délky, které pokračují v cestě dál. Pokud by přišel jiný požadavek, lze vysílat na jiném kanále. To vše je možné ovládat vzdáleným přístupem, nemusí tedy nikdo bezprostředně u přepínače konfigurovat trasy manuálně.

Pokud bychom zapojili podobně další dva přepínače se vstupy ze zbylých měst a společně provázali, byl by již vytvořen jednoduchý model ROADM - rekonfigurovatelného add-drop multiplexoru. Má

dalších nespočetně mnoho výhod, mezi kterými jsou například vytvoření expresního průchodu uzlem, nebo vydělování a navazování vlnových délek pro místní provoz.



**Obrázek 2:** Fiktivní síť Praha - Brno - Ostrava - Vídeň



**Obrázek 3:** Ukázka výstupu a vstupu WSS, směr Praha - Brno - Ostrava

## 5 ZÁVĚR

Tato práce ve výsledku utváří čtenáři ucelený pohled na problematiku spínání optických okruhů pomocí vlnově selektivních přepínačů a jejich implementaci v optické síti využívající WDM signály. Do budoucna je výzkum vlnově selektivních přepínačů kritickou záležitostí. Se vzrůstajícím přenosem dat je velmi neekonomické optické signály v přepínačích měnit na elektrické a opět odesílat v optické podobě, navíc se mohou při vyšších zátěžích vytvářet z těchto míst úzká hrdla zvyšující zpoždění celé sítě. Při shrnutí těchto poznatků dojdeme k výsledku, že implementace těchto zařízení je do budoucna obrovským přínosem jak ekonomickým, tak v oblasti rychlosti. Tyto dva parametry vždy byly, jsou a budou hlavním ukazatelem při tvorbě jakékoli sítě.

## REFERENCE

- [1] Filka, M.: Přenosová média 2012, ISBN 978-80-214-4444-7
- [2] Kuchař, A. Přepínání a směrování optických signálů [online]. 2013, [cit. 10. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.action-m.com/ok2012/files/prednasky/kuchar-clanek.pdf>>.
- [3] Nagy, M. Wavelength selective switches for fiber optic telecommunications [online]. 2015, [cit. 10. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=27188>>.