**FWM**

Four wave mixing

čtyřvlnné směšování

Nutné znalosti: WDM, superhet, chromatická disperse a její odstranění

FWM je zásadní problém u WDM. Uvidíme proč.

Připomínám, že vlákno je nelineární. Chová se tedy jako směšovač. To znamená, že pokud na vstupu jsou dva kmitočty, bude na výstupu součet a rozdíl těchto kmitočtů a dále součet a rozdíl jejich harmonických. Říká se tomu kombinační kmitočty

n\*f1 +- m\*f2

n, m celá čísla, +- je součet nebo rozdíl, já to v tom Wordu jinak neumím

Pochopitelně, pokud na vstup přivedeme tři kmitočty, bude to obdobně

n\*f1 +- m\*ff +- p\*f3

opět dále p je celé číslo

A nyní se přesouváme do WDM. Nakreslete si na papír osu vlnových délek a nějaký grid, dejme tomu 100GHz. Uprostřed je tedy kmitočet f0 = 193,1THz a lambda 1552,524nm

udělejte si třeba 10 vlnových délek doprava a 10 doleva, takže na jednu stranu kmitočty vzrůstají po 100GHz, na druhou stranu klesají po 100GHz

Dále si zvolíme nějaké vlnové délky – tři. Je to úplně jedno, funguje to neomylně kdekoli. Vezměte si ale vlnové délky blízko f0, aby nám výsledky „nevylezly“ z papíru. Zvolené vlnové délky si nakreslíme na naši osu

Vlákno je směšovač, takže budeme počítat kombinační kmitočty. Vezmeme v úvahu pouze první harmonické, ty vyšší jsou natolik slabé (mají malou úroveň výkonu), že se neuplatní.

Uděláte si následující součty a rozdíly , nakreslíte si je na osu do gridu. Pokud je kmitočet příliš velký, tak ho samozřejmě nikam nekreslíme. Pokud kmitočet vyjde záporný, je to v pořádku, znamená to jenom to, že produkt je o 180 stupňů otočen. Kmitočty jsou f1 f2 f3 a uděláme si:

f1 + f2 + f3

f1 + f2 – f3

f1 – f2 + f3

f1 – f2 – f3

Počítejte, malujte, a teprve, až to budete mít, tak pokračujte na další stránce

Vidíme, že modulační produkty padnou přesně do míst, kde jsou některé nosné systému WDM. Z provedených výpočtů by vám měly vyjít dva produkty, které jsou na nějakém použitelném kmitočtu WDM.

A tohle je čtyřvlnné směšování – FWM . Když pustíme do vlákna tři kanály WDB. vlákno vyrobí dva další, které padnou přesně do míst, kde jsou jiné kanály WDM, a tím tyto kanály ruší.

Přečíst alespoň desetkrát a ujistit se, že tomu opravdu rozumím !

Co s tím ? Je jasné, že takhle je ten systém naprosto nepoužitelný.

U vláken jsme odstranili chromatickou dispersi. To znamená, že jsme donutili všechny vlnové délky běžet vláknem stejně rychle. Tím jsem ale vytvořili ideální podmínky pro vznik FWM, protože po celou délku vlákna ( třeba 50 km ) běží všechny vlnové délky pospolu, a tím se mohou krásně míchat.

Řešením tohoto problému jsou vlákna NZD ( non – zero dispersion ) , vlákna s nenulovou dispersí. Znamená to, že vlákno MÁ chromatickou dispersi. To znamená, že různé kmitočty běží vláknem různě rychle. Protože běží různě rychle, nepotkávají se na své dráze a tím pádem nemohou udělat FWM. No jo, ale protože máme chromatickou dispersi, tak pulsíky na konci vlákna jsou rozmazané a celé je to opět nepoužitelné. Dispersi mezi začátkem a koncem trasy musíme mít nulovou. Řešením jsou dva druhy NZD vláken: jedno vlákno má dispersi kladnou, druhé zápornou. To znamená, že u jednoho vlákna se delší vlnové délky šíří rychleji, u druhého pomaleji. Dáme-li za sebe vlákno s kladnou a zápornou dispersí, bude výsledná disperse 0, tedy pulz vzleze na konci nerozmazaný. Uvnitř trasy jsou samozřejmě pulsíky rozmazané, ale to nevadí. Protože jednotlivé vlnové délky , tedy kanály WDM, neběží spolu, nemohou se směšovat a tím jsme odstranili WDM. Je to krásně jednoduché !

Nyní si uklidíte stůl. Rozdělíte si ho na dvě části. Jedna část má dispersi kladnou, druhá zápornou. Vezměte si do rukou dva malé předměty. Jeden předmět je kanál WDM s nižší vlnovou délkou (nadále A), druhý předmět je kanál s vyšší vlnovou délkou (nadéle B). A i B vystartují ve stejný okamžik a poběží přes stůl (samozřejmě, vy je taháte !). V první polovině stolu běží A rychleji. Na rozhraní tedy doběhne dříve. V druhé polovině stolu běží A pomaleji než B. NA konec stolu doběhnou oba ve stejný okamžik.

Tohle budete zkoušet pořád dokolečka, až se vám rozjasní a řeknete: „Aha ! Tak takhle to funguje“

Optická vlákna NZD se prodávají pod obchodní značkou „TrueWave“ , podívejte so do katalogů naší známé firmy OFA <https://www.ofacom.cz/produkty/7-opticka-vlakna/> , je to asi v dolní třetině nabídky

katalogový list nějakého takového vlákna je na <https://www.ofacom.cz/catalogs/260_1_2_17-o-07-opticke-vlakno-ofs-truewave-rs-lwp.pdf>

podívejte se, prostudujte si. Když tam narazíte na něco, co jsme neprobírali, tak Ask Google ! Novináři o vaší generaci říkají: „Ti dnešní mladí ! Oni jsou tak dobří ! Oni už nebudou potřebovat žádné učitele ! Oni si všechno najdou na Internetu !!!! “ Tak hledejte.

Opravdu si to přečtěte, OFA to má udělané dobře.

Na závěr se podívejte na obrázek „útlum křemenného vlákna“ , máte ho v Class Materials. Je tam nakreslen také průběh disperse u láken TrueWave – zeleně.

Dále si prostudujte - podívejte se na:

ITU-T G.655 <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655/en>

A tady jsem našel použitelný článek o WDM všeobecně, je tam i CWDM, kterou jsme zatím nebrali:

<https://www.alternetivo.cz/default.asp?inc=inc/info/b2btechn_info_xWDM.htm>

A to by pro dnešní hodinu asi mohlo stačit.