

Úloha 11. týdne – měření solitonových pulzů

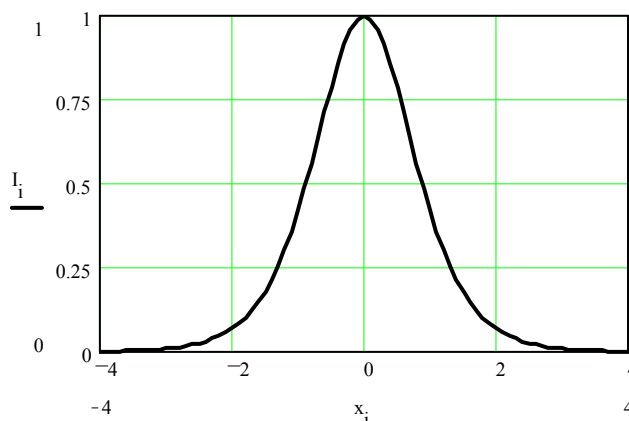
Cíle cvičení

- Seznámit se s nelineárním vedením jako ekvivalentem nelineárního vlákna;
- Pozorovat formování solitonu na vedení a následné udržování jeho tvaru;
- Ověření znalostí o specifických vlastnostech solitonů (vliv amplitudy na rychlost šíření, vzájemné působení dvou solitonů šířících se proti sobě).

Teoretický úvod

Optické solitony (odvozeno z angl. „solitary“ – osamocený) představují rovnováhu mezi nelinearitou (způsobenou závislostí indexu lomu na intenzitě světelné vlny při vysoké hustotě výkonu v jádru vlákna- Kerrův jev) a disperzí. Tvar obálové funkce solitonu (obr. 1) vychází z Korteweg- de Vriesovy rovnice popisující souvislost amplitudy vlny a jejích prostorových změn se změnami amplitudy v čase a lze ji přes řešení nelineární Schrödingerovy rovnice vyjádřit pomocí hyperbolického sekantu.

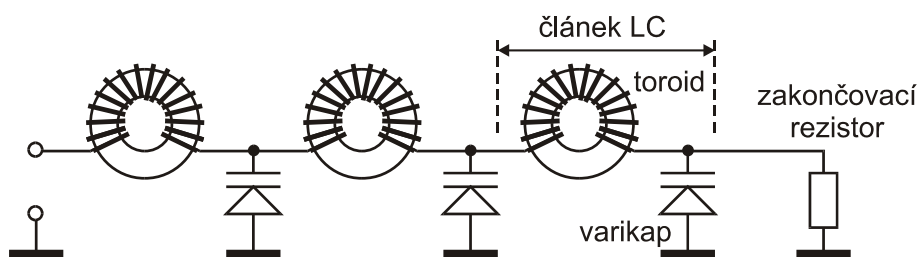
Z hlediska šíření vykazují solitony velmi zajímavé vlastnosti. Zásadním přínosem je zachovávání jejich šířky, tedy prakticky nulová disperze. Při vzájemné interakci solitonů nedochází ke změně jejich obálek, pouze k posunům fáze. Rychlost solitonu závisí na velikosti amplitudy a na jeho šířce. Solitony s vyšší amplitudou se šíří rychleji než solitony s nižší amplitudou. Více např. viz. [1-2].



Obr. 1. Ukázka průběhu intenzity optického solitonu.

Popis modelu solitonové linky

Mřížkové solitony budou měřeny na nelineárním článkovém LC vedení realizovaném v rámci diplomové práce [1]. Vedení je z nelineárního hlediska ekvivalentem optického vlákna a sestává ze 100 LC článků, kdy každý má podélnou toroidní indukčnost a příčnou nelineární kapacitu ve formě varikapu. Konce vedení jsou opatřeny zakončovacími rezistory, viz obr. 2



Obr. 2. Ilustrace provedení nelineárního článkového vedení.

Pokyny k měření

Pro zformování solitonu a šíření beze změny tvaru je třeba dosáhnout vhodného buzení linky. K tomu použijeme stejnosměrný zdroj (pracovní bod varikapů) a generátor funkcí (střídavý superponovaný signál). Průběh napětí na jednotlivých člancích sledujeme osciloskopickou sondou na digitálním osciloskopu. Pokud není konec vedení buzen, zapojíme zakončovací rezistor, jinak by se vlny odrážely.

1. Na vstup linky přiveďte obdélníkový průběh. Sledujte postupné formování solitonu.

Nastavte následující hodnoty:

Frekvence 910 kHz, střída 20%, Uš-š (napětí špička–špička) = 3,7 V, Uss (stejnosměrné předpětí) = 5,1 V.

2. Do generátoru načtěte průběh “soliton2.lib“ (jediný opakující se soliton).

Nastavte následující hodnoty:

f = 76 kHz, Uš-š = 10 V, Uss = 7,1 V.

případně

f = 820 kHz, Uš-š = 5 V, Uss = 3,6 V.

3. Pro buzení dvojicí nestejných solitonů z jedné strany načtěte „two-solitons2.lib“.

Nastavte:

f = 800 kHz, Uš-š = 10 V, Uss = 3,2 V.

4. Modelujte dva solitony šířící se proti sobě z opačných konců vedení. Do generátoru načtěte průběh “soliton3.lib“, vedení připojte ke generátoru oběma konci.

Nastavte:

Uš-š = 5 V, Uss = 5,7 V, f = 590 kHz

Použité přístroje a prvky

Nelineární článkové vedení, stejnosměrný zdroj, generátor funkcí Velleman PCGU1000 s laptopem, digitální osciloskop Voltcraft DSO-4022 se sondou, koaxiální kabely.

Literatura

- [1] Martan, T.: Nelineární článkové vedení pro buzení solitonových pulsů (diplomová práce). Katedra elektromagnetického pole FEL ČVUT Praha, 2001.
- [2] Novotný, K., Martan, T., Šístek, J.: Systémy pro optické komunikace. ČVUT Praha, 2007.