

# LABORATORY EQUIPMENT FOR NOISE SPECTROSCOPY

**Ján Segiňák**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xsegin00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zoltán Szabó

E-mail: szaboz@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This thesis deal about the field of noise spectroscopy and spectroscopic measurement techniques in a wide range of frequencies. There was designed and constructed measuring workplace for noise spectroscopy with a description its parts and experimental measurement method for measure samples in frequency range of 0.1 – 6 GHz by using broadband noise generator.

**Keywords:** noise spectroscopy, noise, spectroscopy

## 1. ÚVOD

Táto práca sa zaoberá návrhom a realizáciou meracieho pracoviska pre šumovú spektroskopiu, ktorá patrí medzi perspektívne neinvazívne a nedeštruktívne meracie metódy v širokom pásme frekvencií. Výstupmi práce sú koncepčný návrh a realizácia experimentálneho meracieho pracoviska pre šumovú spektroskopiu, konštrukcia napájacieho zdroja pre vysokofrekvenčné zosilňovače a šumový generátor, vytvorenie programovej podpory a meranie testovacích vzoriek. Toto pracovisko slúži na meranie vzoriek v rámci šumovej spektroskopie v meranom pásme 0,1 – 6 GHz, s použitím širokopásmového generátora šumu.

## 2. ŠUMOVÁ SPEKTROSKOPIA

Šumová spektroskopia sa javí ako perspektívna nedeštruktívna meracia a diagnostická metóda pre charakteristiku rôznych materiálov v časovej a frekvenčnej oblasti prostredníctvom spektrálnej hustoty meraného výkonu. Hlavnou časťou tejto práce je meranie pomocou šumovej spektroskopie, ktorá v posledných rokoch nabera na význame a dostáva sa do stredu záujmu mnohých vedcov a vedeckých skupín. Jedná sa o širokopásmovú meraciu metódu využívajúcu šum. Veľké využitie sa predpokladá v elektronických zariadeniach, napríklad pre polovodiče. Pre malé zariadenia sa zväčšuje relatívny šum s počtom klesajúcich elektrónov [2.].

Princípom metódy je mapovanie náhodných fluktuácií vo vzorke. Vstupné vlnenie prechádza vzorkou a na výstupe zaznamenávame zmeny amplitúdy signálu. V spinovej šumovej spektroskopii sú merané vzorky ožarované polarizovaným svetlom a na výstupe sledujeme polarizáciu spinu vzorky. Výsledkom je súčet záporných a kladných spinov na danej frekvencii. Týmto získame rozdiel v absorpcii v meranom pásme [1.].

Širokopásmový šum signálu sa používa vo výskume periodických štruktúr a metamateriálov. V komplexnom skúmaní štruktúry materiálov pre mikrovlnnú aplikáciu (tenzorového a kompozitného charakteru), vlastnosti materiálov sú študované pomocou klasických metód s jednou frekvenciou, ktoré vyvolávajú určité ťažkosti v procese výskumu. Okrajové zmeny v tesnej blízkosti vlnovej dĺžky môžu poskytnúť nesprávnu informáciu o skúmanom objekte. Jedným z možných spôsobov

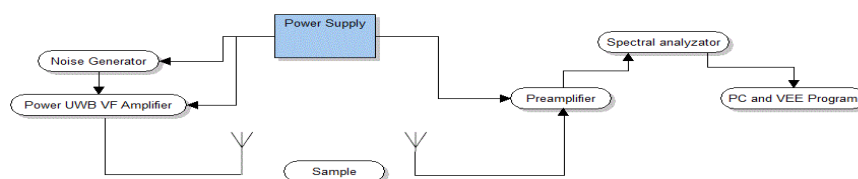
potlačania negatívnych zdrojov signálu spočíva v použití širokopásmových signálov, ako je biely šum. Tento prístup môže byť ďalej posilnený tým, že analyzuje problém absorpcie v sledovanom materiáli.

Uvedené metódy vyžadujú zdroj šumu, prijímaciu a vysielaciu anténu a A/D konverziu vo veľkej šírke pásma frekvencií. Pre naše účely sa šírka pásma sa pohybovala medzi 100 MHz a 6 GHz. Až do nedávnej doby nebolo možné navrhnuť A/D prevodník z popísanou rýchlosťou vzorkovania alebo zariadenia s vyššie uvedenou šírkou pásma. V súčasnej dobe sú k dispozícii high-end osciloskopy so vzorkovacou frekvenciou stovky GSA/s [3.].

Pre UWB (Ultra Wide-Bandwidth – Ultraširokopásmové) systémy sa vyvinulo niekoľko metód, ktoré umožnia tvorbu krátkych pulzov s veľkou šírkou pásma. V tomto prípade, je potrebný kontinuálny zdroj šumu signálu (v ideálnom prípade jeden vyrábajúci biely šum) s danou šírkou pásma. Uvedený typ zdroja v súčasnosti dodávajú niektorí výrobcovia pôsobiaci v danom odbore. Dôležité je, že pre aplikáciu šumovej spektroskopie požadujeme pomerne veľký výstupný výkon až 0 dBm k predpokladaným charakteristikám so šírkou pásma v rozsahu až do 10 GHz. Avšak, v tomto mieste je potrebné sa zmieniť o zásadnom probléme nájdenia aktívneho zariadenia, ktoré je schopné zosilňovať signál pri tak vysokých frekvenciách. Požiadavky sú teda obmedzené súčasným stavom techniky používanej pri výrobe komerčne dostupných zariadení. Pre šírku pásma do 10 GHz možno nájsť maximálny výstupný výkon 0 dBm. S ohľadom na ceny a dostupnosť šumových diód, sa používa tepelný šum na elektrickom odpore ako základný zdroj šumu [3.].

Za účelom nájdenia požadovaného meracieho prostredia, sa vykonalo niekoľko experimentov v rôznych tienených a odhlučnených komorách. Po použití bieleho šumu, širokopásmových antén a zvukotesnej komory sa zistilo, že uzavretá, netienená miestnosť bez významného zvukotesného vplyvu je plne vyhovujúca pre potreby šumovej spektroskopie. Výskumná technika s použitím UWB signálu bola vyskúšaná rovnako aj mechanická konštrukcia, na ktorej bola umiestnená skúmaná vzorka. Konštrukcia obsahovala dve vhodne vybrané a pevne uchytené UWB antény. Prvá z týchto antén bola vysielacia, ktorá dodávala biely šum z generátora zosilnený výkonovým zosilňovačom. Druhá anténa snímala signál z generátora šumu a príblyhých elektromagnetických zdrojov, spektrum signálu bolo zaznamenané opakovane. Počiatočná fáza spočívala v opakovanom vysielaní a snímaní ako signálov z generátora šumu tak aj externých signálov. Opakovanie sa vykonávalo pre každú frekvenciu a program výkonové spektrum zhrnul. Tak sa získala frekvenčná závislosť distribúcie energie. Všeobecne platí, že ak dvojica vysielač/prijímač nie je umiestnená v miestnosti s definovanou spektrálnou absorpciou, môžeme očakávať rovnomerné rozloženie energie v celom frekvenčnom rozsahu. Toto meranie je na konci prevedené na frekvenčnú závislosť špecifického výkonu - získala sa charakteristika frekvenčného spektra pozadia. V tomto okamihu, sa skúmaná vzorka umiestni do konštrukcie. Následne sa vykonáva opakované meranie vyššie uvedeným postupom. V prípade výrazne frekvenčne závislého pozadia, sa získaná charakteristika upravuje [3.].

Obrázok 1 zobrazuje blokovú schému zapojenia meracieho pracoviska, podľa ktorej bolo meracie pracovisko pre šumovú spektroskopiu zrealizované.



**Obrázok 1:** Bloková schéma zapojenia meracieho pracoviska pre šumovú spektroskopiu

## 2.1. REALIZÁCIA MERACIEHO PRACOVISKA PRE ŠUMOVÚ SPEKTROSKOPIU

Na obrázku 2 je možné vidieť zrealizované jednotlivé časti meracieho pracoviska. Vľavo hore je mechanická konštrukcia spolu s fraktálnymi širokopásmovými anténami, vpravo hore je šumový generátor od firmy NoiseCom, vľavo dole je zrealizovaný výkonový vysokofrekvenčný širokopásmový zosilňovač a vpravo dole je nízkošumový predzosilňovač.



Obrázek 2: Zrealizované jednotlivé časti meracieho pracoviska

## 3. ZÁVER

Cieľom príspevku bolo vytvoriť koncepčný návrh a zrealizovať experimentálne meracie pracovisko pre šumovú spektroskopiu. Práca spočívala hlavne v návrhu konštrukcie, napájacieho zdroja pre vysokofrekvenčné zosilňovače a šumový generátor, vo vytvorení programovej podpory v prostredí Agilent VEE a v otestovaní celého meracieho pracoviska na vzorkách rôznych materiálov.

## REFERENCIE

- [1.] ŠIKULA, Jozef and Ladislav ŠTOURÁČ. *Noise spectroscopy of semiconductor materials and devices*. Microelectronics, 2002. MIEL 2002. 23rd International Conference on Microelectronics. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1003370&isnumber=21637>
- [2.] ŽÁČIK, Michal. *Šumová spektroskopia pre biológiu*. Brno, 2013. 95 s. Dostupné z: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/27061/zacik\\_diplomova%20praca\\_spektroskopia%20pre%20biologiu.pdf](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/27061/zacik_diplomova%20praca_spektroskopia%20pre%20biologiu.pdf). Diplomová práca. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel FIALA, Ph.D.
- [3.] SZABÓ, Z, P. DREXLER, J. SEGIŇÁK, D. NEŠPOR, M. FRIEDL, P. MARCOŇ a P. FIALA. *Applications of Noise Spectroscopy in the Analysis of Periodic Material Structures* [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://www.piers.org/piers2014Guangzhou/submit/get\\_testpdf.php?status=valid&id=140320120704&pdffilename=140320120704.pdf&pdf\\_type=paper](http://www.piers.org/piers2014Guangzhou/submit/get_testpdf.php?status=valid&id=140320120704&pdffilename=140320120704.pdf&pdf_type=paper)