

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	Zabezpečení ATM systémů ŘLP, s.p. proti záměrnému rušení signálu GPS
<b>Jméno autora:</b>	Bc. Tomáš Morong
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra elektromagnetického pole
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Petr Kačmařík, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	AŽD Praha, s.r.o., závod Technika

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Diplomové práce se zabývá tématikou rušení GNSS signálu a odolností přijímačů GNSS vůči rušení. Téma je v současnosti velmi aktuální, což lze doložit např. snahou výrobců přijímačů do svých produktů vložit algoritmy potlačující rušení či umožňující jejich detekci. Zadání diplomové práce má kromě širokého tématického záběru i konkrétní cíle, jimiž jsou návrh metodiky měření a její otestování na konkrétních přijímačích. Zadání proto považuji za náročnější.	

<b>Splnění zadání</b>	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Diplomant ve své práci uvádí kompletní přehled problematiky, který je zpracovaný na odpovídající úrovni. V práci jsou popsány metody měření odolnosti přijímačů i jejich praktické otestování na konkrétních přijímačích. Diplomant tímto splnil všechny požadavky plynoucí ze zadání.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomant provedl návrh použitelné metody měření odolnosti GNSS přijímačů a realizoval jejich praktické odzkoušení. Odzkoušením je zároveň prokázána i správnost navržených metod. Mám drobné poznámky ke způsobu vyhodnocení vlivu rušení na testovaný přijímač. Míra rušení (vyjádřená pomocí J/S [dB]) je vyhodnocována jednak pomocí chyby polohy (vyjádřeno pomocí směrodatných odchylek lokálních souřadnic) a jednak pomocí parametrů C/No [dB-Hz] indikovaných přijímačem pro jednotlivé družice. Domnívám se, že nevýhoda prvního způsobu (vyhodnocení pomocí polohy) spočívá v tom, že se do výsledné hodnoty (chyby polohy) promítá i geometrie družic (která, zdá se, není během testu nijak kontrolována). Dále, místo parametru C/No poskytovaných přijímačem bych navrhol vyhodnocovat přímo šum na pseudovzdálenosti (šum superponovaný na kódovém měření). Problém v použití C/No vidím v tom, že je to hodnota určená přijímačem za předpokladu, že zpracovává užitečný signál společně s bílým šumem (se spektrální výkonovou hustotou No). To ale neodpovídá situaci při měření (všech typů) rušení.	

<b>Odborná úroveň</b>	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Text diplomové práce je napsán srozumitelně a na odpovídající odborné úrovni. Dále uvádím nějaké poznámky drobnějšího charakteru, které se většinou týkají neaktuality prezentované informace, nepřesnosti v textu nebo ne příliš vhodného zařazení v textu:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Popis GSP signálu v kap. 2.2.1 obsahující jen C/A kód a P kód na L1 není aktuální. Chybí zde minimálně zmínka o dalších civilních signálech (L2C, L5, L1C) (tyto signály jsou zmíněny až v kap. 3, kde se uvádí minimální výkonová</li> </ul>	

úroveň těchto signálů).

- Vhodnější by bylo nejprve mluvit o obecném navigačním signálu a jeho složkách (nav. zpráva, dálkoměrný kód, nosná) a roli každé ze složek v signálu a pak se zaměřit na specifika jednotlivých GNSS systémů (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou/Compass).
- Poznátky uvedené v části „Zpracování signálu GPS“ neplatí jen pro GPS. Bylo by proto vhodné je zařadit do společné kapitoly obecně pojednávající o zpracování GNSS signálu.
- U systému Galileo (kap. 2.2.3) se nyní již nemluví o samostatné službě Safety of Life. Integrita systému Galileo bude řešena pomocí augementačního systému EGNOS verze 3. EGNOS v3 má zajišťovat integritu v režimech GPS L1, GPS L1+L5 a GPS+Galileo na L1/E1+L5/E5a.
- Ne příliš logicky je v kap. 4.1.2 zařazen popis PLL. Z textu kapitoly není navíc jasný vliv RF rušení na chybu sledování fáze (tak, jak by se dle názvu kapitoly očekávalo). Na obdobné úrovni by měla být popsána i smyčka DLL.
- Podobná situace je v kap. 5.2.3 v podkapitole „Zjištění výkonu signálu“, kde se jen konstatuje, že „Nejjednodušším způsobem, jak hodnotu výkonu určit, je použití algoritmu výpočtu korelační funkce“. Nicméně vztah pro hodnotu výkonu signálu v textu není uveden.
- Diplomant konzistentně uvádí špatné jednotky u parametru C/No ([dB/Hz] místo [dB-Hz]) a u výkonu ([dBw] místo [dBW]).

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

A - výborně

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Práce je po grafické i jazykové stránce kvalitně zpracována a nemám k ní z tohoto pohledu připomínky.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

A - výborně

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Práce obsahuje velké množství citací, a to jak z monografií, tak i odborných článků. Citovány jsou dále i on-line zdroje. Množství citací, jejich výběr i použití v textu považuji za přiměřené, citace jsou úplné a v odpovídajícím formátu. Nenašel jsem žádný nedostatek z pohledu citační etiky.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Úroveň dosažených výsledků (teoretický popis, návrh metod měření i jejich praktické ověření) odpovídají, dle mého názoru, požadavkům kladených na diplomovou práci. Některé nedostatky drobnějšího charakteru uvádím v části „Odborná úroveň“.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Práce je zaměřena na posouzení odolnosti GNSS přijímačů z pohledu náchylnosti na RF rušení. Téma práce je dnes velice aktuální. Diplomant v textu uvádí ucelený popis problematiky, provedl návrh dvou metod měření (označených jako „klasická metoda“ a softwarová metoda“) a metody prakticky odzkoušel na dvou přijímačích uBlox.

Poznámky drobnějšího charakteru uvádím v částech „Zvolený postup řešení“ a „Odborná úroveň“. V této souvislosti navrhuji, ať se diplomant během obhajoby vyjádří k následujícímu:

- Z kap. 5.2.3 „Zjištění výkonu signálu“ není jasné, jak se výkon užitečného signálu určí. Uveďte postup, jak určit odstup signál - šum na výstupu korelátoru a jak je možné tuto hodnotu přepočítat na hodnotu C/No na vstupu korelátoru. Uvažujete jen koherentní průměrování v korelátoru.
- Vyjádřete se k postupu určení velikosti šumu (ve formě směrodatné odchylky) superponovaném na pseudovzdálenosti a jeho vhodnosti jako indikátoru odolnosti přijímače na rušení.

Předloženou závěrečnou práci doporučuji k obhajobě a hodnotím klasifikačním stupněm **B – velmi dobře**.

Datum: 21.1.2018

Podpis: