

Posudek na disertační práci

Autor: Ing. Tomáš ZÁLABSKÝ

Název: ŘÍDKÉ ANTÉNY PRO PŘÍJEM SIGNÁLŮ ODPOVÍDAČŮ SEKUNDÁRNÍCH RADIOLOKÁTORŮ

Disertační práce pana Ing. Tomáše Zálabského je věnovaná aktuálnímu tématu „Řídké antény pro příjem signálů odpovídačů sekundárních radiolokátorů“, který patří do velice perspektivního odvětví. Práce vykazuje původní části s originálním přínosem v návrhu řešení a ověření tohoto řešení jak pomocí numerických simulací, tak i experimentálně. Nepochybně přináší řadu důležitých poznatků, na které může úspěšně navázat další rozvoj vědy a techniky.

Úvodní část práce (kapitoly 1 až 3) se po stručném úvodu zabývá teoretickým rozбором problematiky, kde se popisují radarové systémy pro řízení letového provozu a metody syntézy anténních řad. Snad by bylo vhodné zmínit nejen šířku svazku, ale i známý fakt, že účinnost Chebyshevova rozložení (v češtině patrně známější jako Čebyševovo rozložení) je sníženo pro vyšší úrovně postranních laloků a vztah mezi šířkou svazku a ziskem antény, jako např. v SCHEJBAL, V. Directivity of planar antennas. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. 1999, vol. 41, no. 2, p. 60 - 62. Pochopitelně to objasňuje volbu Taylorovy syntézy v dalších částech.

Jádro disertační práce je v kapitole 4, kde první část tvoří návrh a optimalizace řídké anténní řady pro fázový interferometr. Je navržen algoritmus potlačující nejednoznačnost. Optimalizace rozložení jednotlivých prvků a výsledky ověření s využitím softwaru Matlab dokumentují dosažení dostatečné přesnosti pro účely podpory přesného přiblížení letadel.

Dále se provádí implementace metody kompresního snímání do prostředí programu Matlab a aplikuje se tento algoritmus na modely signálů ve tvaru odpovědí palubních odpovídačů. Výsledky simulací ukazují, že s popsáním algoritmem lze dosáhnout velice přesného určení směru příchodu signálu i za přítomnosti vysoké úrovně šumu a clutteru, způsobeného odpověďmi jiných odpovídačů. Je patrné, že navrhovaná metoda umožňuje výrazné potlačení šumu a clutteru za předpokladu využití velkého počtu vzorků signálu v časové oblasti. V neposlední řadě se práce věnuje problematice optimalizace rozložení prvků řídké anténní řady s cílem dosáhnout co nejlepší rozlišovací schopnosti a potlačení falešné detekce cíle. Je zde ukázáno, jak s rostoucím počtem vzorků signálu, které vstupují do algoritmu, se zvyšuje odolnost této metody proti šumu a clutteru.

I když typické velikosti nerovností povrchu, relativní permitivity a vodivosti pro různé povrchy, uvedené v tabulce 2 a 3 [43], jsou zcela adekvátní pro systémové rozbory, bylo by asi vhodné poznamenat, že daná problematika je mnohem složitější a dané hodnoty jsou funkcemi frekvence, jak je uvedeno např. v „*Electrical characteristics of the surface of the earth*“. Recommendation ITU-R P.527-3, 2000.

Pátá kapitola ukazuje fázový interferometrický systém s prodlouženou první bází realizovaný firmou T-CZ, se kterou Ing. Zálabský dlouhodobě spolupracuje v rámci společných projektů. Dále tato kapitola obsahuje výsledky testování metody kompresního snímání při ověřovacích měřeních s demonstrátorem řídké antény. Výsledky měření ukazují, že uvažovaná metoda je schopna dosáhnout dobrých parametrů. Ovšem metoda vyžaduje velice přesné nastavení fází jednotlivých signálových rozvodů mezi anténními prvky a blokem přijímače, čehož bylo v testovacím procesu velice obtížné dosáhnout. Proto bylo

nutné nejprve kalibrovat celý proces signálového zpracování na cíl nacházející se v přesné pozici, což bude nutné provádět i v reálném nasazení tohoto systému. Výsledky ověřovacích měření jsou graficky prezentovány. Je patrná relativně velice dobrá shoda určených směrů příchodu signálu se skutečnými pozicemi cílů a také byla ověřena rozlišovací schopnost systému na dva blízké cíle. S ohledem na úpravy v parametrech řídkého anténního systému pro ověřovací měření a řídké antény simulované v kapitole 4, se dá shrnout, že systém disponuje obdobnou rozlišovací schopností. Na základě prezentovaných výsledků se dá říct, že systém umožňuje dosažení obdobných parametrů určení směru příchodu signálu jako plná anténní řada.

Disertační práce je soustředěna na řešení některých problémů souvisejících s vývojem moderních radionavigačních systémů pro řízení letového provozu. V práci se uvažuje možnost snížení počtu prvků anténních řad a metody signálového zpracování umožňující dosažení obdobných parametrů přesnosti určení směru příchodu signálu a rozlišovací schopnosti jako u systémů s plným počtem anténních prvků. V klasickém konceptu plně aktivní anténní řady je nutné mít stejný počet bloků přijímače jako je počet anténních prvků. Z tohoto důvodu významná redukce počtu anténních prvků výrazně sníží celkové náklady na výrobu radarového systému. Z tohoto důvodu je problematika řešená v disertační práci velice aktuální jak z hlediska vědeckého, tak i z hlediska uplatnění v praxi.

V závěru doktorand také uvádí, které oblasti lze dále rozvíjet. Jedná se především o oblast optimalizace časové a výpočetní náročnosti uváděných algoritmů určení směru příchodu signálu například s využitím paralelizace procesů. Další potenciál je ve zlepšování optimalizace rozložení prvků řídkých anténních řad s využitím pokročilých optimalizačních algoritmů, aby tento algoritmus umožňoval nejen nastavení pozic jednotlivých prvků, ale též vhodné volby jednotlivých vah amplitud a/nebo fází signálu jednotlivých prvků anténní řady. Další rozšíření algoritmu kompresního snímání je možné provádět tak, aby umožňoval detekci cíle jak v azimutu, tak v elevaci současně.

Jazyková úroveň disertační práce je na relativně dobré úrovni (uvážíme-li dnešní katastrofální stav znalostí mluvnic) s malým množstvím gramatických (např. „... z Taylorovi syntézy lineární anténní řady...“) a formálních chyb – např. vynecháváním závorek při číslování rovnic. Kladně lze hodnotit, že se autor pokusil v úvodní části shrnout poznatky o dané problematice, neboť často jednotlivé práce popisují více či méně zdařile pouze některé aspekty dané problematiky.

Zvolené metody zpracování jsou adekvátní disertační práci. Rozsah provedených prací významně převyšuje obvyklou úroveň. Bohužel pochopitelná snaha autora o zachování přiměřené velikosti disertační práce vede k nevyváženému rozsahu jednotlivých částí. Např. radarové systémy pro řízení letového provozu, které jsou využívány pro numerické simulace v kap. 4, jsou popisovány zbytečně podrobně. Naproti tomu v kap. 4 by bylo vhodné detailnější zdůvodnění jednotlivých postupů s odkazy na kap. 2. Na druhé straně lze vysoce kladně hodnotit množství názorných obrázků, ilustrujících jednotlivé procesy.

Mnoho výsledků provedených prací uvádí autor jakoby mimochodem. Například na s. 107 je uvedeno „Fázový interferometrický systém s prodlouženou první bází na délku 2λ , popsáný v odst. 4.1.1 byl zkonstruován ve spolupráci s firmou T-CZ, a.s. Umístění jednotlivých antén tohoto interferometrického systému na střeše budovy firmy T-CZ je zachyceno na obr. 67.“ a na s. 108 uvádí „Jako anténní elementy jsem použil patch antény, které jsem přímo pro tento účel navrhl a zhotovil.“. Pro zajímavost lze uvést, že řada disertačních prací má jako hlavní téma pouze simulaci patch antény a např. v G. A. E. Vandenbosch et al. Bridging the Simulations-Measurements Gap: State of the Art. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 2016, vol. 58, no. 6, p. 12 - 14 se uvádí “šokující

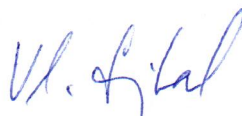
výsledek“ - numerické simulace patch antény provedené s různými software produkty různými skupinami v Evropě se velmi dobře shodovaly a podobně se velmi dobře shodovala všechna měření provedená jinými skupinami vědců, ovšem velké rozdíly mezi simulacemi a měřeními (zhruba 20%) zůstaly nevysvětleny. Díky víceletým zkušenostem se simulacemi a měřeními (např. diplomovou prací [44], či Zalabsky T., Shejbal T., Schejbal V., Bezousek P. and Chyba M. An antenna synthesis of integrated primary and secondary surveillance radar. International Journal of Advanced and Applied Science, 2016, vol. 2, no. 12, p. 73-77) se doktorandovi daří vcelku běžně docilovat lepší shody než 5% i při školních laboratorních cvičeních.

Závěrem se dá shrnout, že byly naplněny všechny stanovené cíle disertační práce. Dílčí části práce byly verifikovány jak počítačovou simulací, tak i rozsáhlými měřeními. Práce je silně navázána na řešení konkrétních výzkumných projektů a nepochybně poslouží i při řešení nových výzkumných úkolů.

Seznam původních publikací v recenzovaných sbornících a periodikách uvádí autor v tezích k disertační práci (28 prací). Rozsah a kvalita prací, vztahujících se k tématu disertační práce, je více než dostačující.

K disertační práci nemám žádné dotazy.

I při uvážení všech drobných výhrad, splňuje práce všechny náležitosti, odpovídá obecně uznávaným požadavkům a lze ji doporučit k obhajobě.



Prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.
DFJP
Univerzita Pardubice

V Pardubicích 5. října 2018.