

Oponentský posudek
dizertační práce pana Ing. Luboše Rejčka

“ Pokročilé metody zpracování signálu z radaru PCDR35 ”

Pan Ing. Luboš Rejček předložil v červnu 2017 na FEI UPCE Pardubice dizertační práci týkající se zpracování signálu velmi moderního v ČR vyvíjeného oblačného dopplerovského radaru PCDR35 v pásmu 35 GHz, původně typu FMCW. Autor nejen vypracoval dizertační práci, ale aktivně participoval na mnohopočetných složitých úpravách a ožívování tohoto nekonvenčního radaru. Radar se již podařilo uvést do stavu zkušebního provozu a velkou zásluhu má na tom právě doktorand Ing. Rejček. Základním problémem radaru, který bylo nutno za pochodu řešit, je chybný návrh původním výrobcem, kdy přes cirkulátor propojující výstup vysílače, anténu a vstup přijímače pronikal vysílací signál do přijímače, který byl pak zahlcen. Bylo zvoleno nouzové řešení, kdy se bohužel vysílání periodicky přerušuje a po technologické pauze se otevírá přijímač. To vedlo k nutnosti přepracovat rovnice pro dosah radaru a měření reflektivity. Toto právě uvádí doktorand ve své práci.

Takže mohu konstatovat, že práce je vysoce aktuální týkající se novátorského zpracování signálu přerušovaného FMCW radaru (který autor nazývá FMICW radarem) a přispívá tak k rozvoji moderní radarové meteorologie. Pokud je autorovi posudku známo, dizertant se zabývá vůbec prvním oblačným radarem v ČR.

Vlastní práce čítá 103 stran, její rozsah je tedy mírně nadprůměrný. Nechybí ani seznam zkratk, práci by ale prospěl seznam symbolů a proměnných. Autor cituje přibližně 50 publikací, což svědčí o jeho rozsáhlém seznamování se s danou problematikou.

Cíle práce definuje autor v nulté kapitole, cituji: „Cílem této práce je provést rozbor možných způsobů analýzy radarových signálů, které jsou získávány pomocí radaru PCDR35, jehož vlastníkem je Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. (ÚFA).“ Podle mého názoru byly tyto cíle splněny.

Velmi kladně hodnotím kapitolu 1 „Přehled řešené problematiky“, která je doktorandy často opomíjena. Dávám autorovi za pravdu, že FMCW (FMICW) oblačné radary osazené polovodiči nejsou stále běžné.

Úvodní kapitoly (2 až 4) jsou podle mého názoru zbytečně podrobné a nepřinášejí nic nového. Někdy autor popisuje věci, které nejsou součástí dizertační práce (ionosférické radary). Tato kritika se však netýká pojednání o FMCW radarech a FMICW radarech (podkapitoly 4.4.a 4.5), které velmi vhodně uvádějí do autorem řešené problematiky.

Pátá kapitola přináší kritický přehled metod k analýze spekter radarového signálu, v části 5.5 jsou tyto metody porovnány. Toto je velmi přínosné jak pro praxi, tak pro teorii. K analýze a porovnání metod sestrojil autor originální softvérový simulátor radarového signálu (podkapitola 9.1), který simuluje signál odražený od deště. Lepší by bylo sice simulovat odraz od oblaků, ale pro analýzu je signál odražený od dešťové oblasti také užitečný.

Šestá kapitola popisuje „Dopplerovská“ měření radarem. Možná by bylo vhodnější kapitolu nazvat Měření dopplerovského posuvu pohybujícího se cíle apod.

Za dizertabilní jádro práce považuji kapitolu sedm. Zde autor originálním způsobem odvodil korekce výpočtu odrazivosti cíle (cílů) pro radar PCDR35, kde muselo být z technologických důvodů dodatečně zavedeno přerušování (jinak vhodnějšího) kontinuálního vysílání. Autor se s tímto problémem dokázal vypořádat a s pomocí svého simulátoru odvodil a verifikoval potřebné korekční rovnice (7.4 až 7.7), ilustrativně pak ukázal korekce na obr. 7.4 a v tab. 7.1.

Kapitola 8 popisuje řešený radar. Je to sice informativní, ale velmi užitečná část dizertační práce. Kladně hodnotím i návod řízení radaru (podkapitola 8.3). Vhodnější by bylo zařadit tuto kapitolu na začátek DP. Zajímavá, přínosná a originální je podkapitola 8.4 sumarizující reálné kalibrační měření radarem, které vhodně doplňuje koncept předložené dizertační práce. Kapitola 10 popisuje automatickou detekci cílů, což má pro práci s radarem velký význam. Pozornost autor věnoval i složitému případu výskytu silného a slabého cíle zároveň. Krátká kapitola 11 se věnuje sledování cílů. Jde o bodové cíle (tedy hlavně letadla), je to tedy mimo primární určení radaru, což je detekce meteorologických cílů.

Závěr práce je velmi jasný a ukazuje přínos autora.

Formální stránka

Práce je celkem logicky členěna, je z ní zřetelný autorův vlastní přínos. Autor výsledky vhodně a přehledně komentuje v grafické a tabulkové formě. Obrázky jsou dobře čitelné a ilustrativní.

Pod rovnicemi někdy chybí vysvětlení použitých veličin.

V práci jsem našel několik překlepů a drobných opomenutí, např.:

- Názvy některých kapitol v obsahu nezačínají velkými písmeny
- Název kapitoly 4.3 v textu nezačíná velkým písmenem
- Pod rovnicí 3.16 není uvedeno vysvětlení symbolů f_s a s , které jsem našel až o několik stránek dále.
- Obr. 2-2 Nechápu význam jednotky dB/2 km – prosím autora o vysvětlení
- Obr. 3-2 Nadpis obrázku je v pořádku, jde o PDF (hustotu pravděpodobnosti), ale v popisu pod obrázkem autor mylně uvádí, že jde o distribuční funkci
- Proč autor neuvádí rovnice hned za zmínkou v textu? Stěžuje to čtení práce.
- Pod rov. 3.3 ...D není ekvidistantní diametr kapky, nýbrž ekvivolumetrický (v češtině takové slovo není, snad „stejnoobjemový“)
- Překlep v rovnici 8.1 (dvojka navíc)
- Pod rovnicí 9.4 nejsou vysvětleny symboly a_n a b_n
- Obr. 9.6 není dostatečně vysvětlen. Co znamená $Z = -30$?
- Kde se lze dočíst, že Z je faktor radarové odrazivosti, jakou má jednotku, co je BL?

Při obhajobě doporučuji diskutovat:

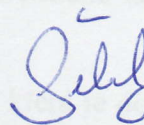
Vysvětlíte prosím význam rovnice 3.16

Popište prosím Vámi navržený počítačový simulátor odraženého signálu od srážkové oblasti.

Závěr

Disertační práce je velmi dobrá, novátorská a ukazuje konkrétní praktické závěry podložené teoretickou analýzou. Práce obsahuje zdokumentované původní výsledky a přispěla k praktickému uvedení konkrétního složitého dopplerovského mm radaru PCDR35 do provozu. Předložená disertační práce je podle mého názoru v souladu s podmínkami pro doktorské práce. Doktorand prokázal způsobilost k samostatné vědecké práci. Proto práci doporučuji k obhajobě.

V Praze, dne 2.8.2017



.....
Ing. František Šebek, CSc.
Český metrologický institut, Praha