

Gymnázium M. R. Štefánika, Slnecná 2, Šamorín

Stredoškolská odborná činnosť

Rádioastronómia

Návrh a realizácia amatérskeho rádioteleskopu

02: Matematika, fyzika

Oliver Nagy; Juraj Boráros; Patrik Plecho

VII. OA

Šamorín, 2011

Konzultant : Ing. Jiří Polívka, Csc.

Čestné vyhlásenie

Kolektív autorov tejto práce týmto čestne vyhlasuje, že táto práca bola napísaná týmto autorským kolektívom s použitím zdrojov uvedených v použitej literatúre v súlade s platnými etickými, spoločenskými a technickými normami.

Oliver Nagy

Juraj Boráros

Patrik Plecho

Pod'akovanie

Kolektív autorov by na tomto mieste chcel poďakovať nasledujúcim ľuďom, ktorý prispeli k vytvoreniu tejto práce :

Ing. Jiří Polívka Csc., vedúci vedecký pracovník v Spacek Labs, Santa Barbara, štát California, USA, za väčšinu rád a za odbornú pomoc pri tvorení tejto práce. Bez jeho príspevku by táto práca nemohla vzniknúť.

Ďalej pani riaditeľke Gymnázia M. R. Štefánika v Šamoríne, **PaedDr. Edite Lysinovej** a **RNDr. Kataríne Matyásovej**, profesorky na vyššie spomenutom gymnázium, za zapožičanie priestorov a výpočtovej techniky.

Ing. Milanovi Plechovi a **Ing. Fodorovi** za darovanie a transport anténnej a príjmovej techniky.

Astronomickému združeniu CORVUS za vedomosti z astronómie, ktoré nám poskytli a nadšenie pre astronómiu, ktoré v nás vzbudili.

Jane Borárosovej za sponzorský príspevok, **p. Szinghofferovi** a **p. Borárosovi** za technické rady a poskytnutie mechanických prostriedkov na pohon montáže.

A v neposlednom rade chceme poďakovať naším rodinám, priateľom, učiteľom, a každému, ktorý nás či už vedome, alebo nevedome podporili v uskutočnení tohto odvážneho projektu.

Obsah

| | |
|---|----|
| 0 Úvod | 2 |
| 1 Teoretická časť | 3 |
| 1.1 História rádioastronómie | 4 |
| 1.2 Design antén..... | 4 |
| 1.3 Elektromagnetická vlna..... | 5 |
| 1.4 RA/DEC súradnicový systém | 6 |
| 1.5 Teoretické základy zaznamenávania dát z rádioastronomických prístrojov..... | 6 |
| 1.6 Typy montáží teleskopov | 7 |
| 2 Praktická časť | 9 |
| 2.1 Ciele práce..... | 10 |
| 2.2 Metodika práce..... | 10 |
| 2.2.1 Návrh anténneho systému | 10 |
| 2.2.2 Návrh montáže | 11 |
| 2.2.3 Návrh hardwaru na pohon montáže | 12 |
| 2.2.4 Návrh softwaru na ovládanie montáže | 12 |
| 2.2.5 Prijem a spracovanie dát | 12 |
| 2.3 Výsledky práce..... | 13 |
| 2.3.1 Montáž..... | 13 |
| 2.3.2 Prijímanie dát a kontrola funkčnosti teleskopu | 13 |
| 2.3.3 Publikácia výsledkov na verejnosti | 14 |
| 2.4 Diskusia..... | 14 |
| 2.5 Záver..... | 15 |
| 2.6 Zhnutie | 15 |
| 2.7 Resumé | 16 |
| 2.8 Zoznam použitej literatúry | 17 |
| 3 Prílohy | 18 |

0 Úvod

Človeka už od začiatku jeho existencie na Zemi fascinovala nočná obloha. V priebehu vekov človek objavoval nové javy odhaľoval záhady, vynalieval stroje a prístroje len aby zasýtil svoj hlad po vedomostiach. Takto sa napríklad aj optická astronómia dostala do povedomia a rúk verejnosti. Ale aký je stav u takého fascinujúceho odvetvia astronómie, ako je rádioastronómia? Bohužiaľ, v miestnych podmienkach minimálny. A práve preto vzniká táto práca. Jej cieľom je ukázať ľuďom, že na rádioastronómiu nie sú nevyhnutné desaťmetrové antény, či zariadenia za tisíce eur. Cieľom tejto práce je teda popularizovať rádioastronómiu a ukázať ľuďom reálny návrh amatérskeho rádioteleskopu, ktorého cena rozhodne nebude astronomických rozmerov. Mnoho ľudí si ani neuvedomuje, ako blízko majú k zariadeniam, ktoré majú potenciál stať sa rádioteleskopom. Napríklad taký satelitný prijímač. Keď začne človek uvažovať, tak zistí, že umelé satelity sú vlastne kozmické telesá, takže prijímame televízny signál z kozmu. Počas našej práce navrhne design amatérskeho rádioteleskopu vychádzajúceho zo satelitnej anténnej techniky na frekvencii 11 GHz a popíšeme všetky problémy, ktoré nastali pri stavbe tohto teleskopu, zdôvodnenie vybraného riešenia a tak isto prevedieme ilustračné pozorovanie najsilnejších rádiových zdrojov na oblohe.

Práca je rozdelená na 2 celky, časť teoretickú a časť praktickú. V teoretickej časti podáme čitateľom základné teoretické vedomosti, ktoré sú potrebné na pochopenie tejto problematiky a pracovného postupu, ktorý sme použili pri vytváraní tejto práce. V časti praktickej sa budeme zaoberať vyššie spomenutým návrhom rádioteleskopu, rovnako ako návrhom príslušenstva, ktoré je pre rádioteleskop nevyhnutné.

Práca je určená pre čitateľa, ktorý má aspoň základné poznatky z fyziky, astronómie a informatiky. Podáva popis a návrh rádioastronomického observatória uskutočniteľného v amatérskych podmienkach pri finančnej náročnosti nižšej ako 300 €.

Práca si nerobí nárok na poskytnutie najlepšieho riešenia v danej problematike a takisto ani neposkytuje teoretický úvod pokrývajúci úplne celú problematiku a to kvôli rozsahovým požiadavkám na prácu, rovnako ako pre zachovanie cieľa práce naznačeného v predchádzajúcom odstavci.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

1.1 História rádioastronómie

História rádioastronómie siaha až do druhej polovice 19. storočia, keď vtedajší fyzici špekulovali nad tým, že aj nebeské objekty môžu vyžarovať rádiové žiarenie. Významnú úlohu zohrali aj Maxwellove rovnice, ktoré vysvetľujú, že rádiové vlnenie, elektrina a magnetizmus spolu súvisia.

V priebehu ďalších rokov Lodge a Tesla robili pokusy s pozorovaním Slnka, ale problém spočíval v tom, že nemali dostatočné technické vybavenie.

Prvé seriózne pozorovanie uskutočnil Karl Jansky, pôvodom Čech a laboratórny pracovník v Bellových laboratóriách. Použil veľkú smerovú anténu, ktorú namieril do atmosféry a zachytil ňou rádiové žiarenie. Písali sa tridsiate roky dvadsiateho storočia. Toto zariadenie neskôr pripojil na plotter, ktorý zaznamenával signál z antény na papier do grafu pomocou pera. Zistil že pravidelne každých 24 hodín zaznamenal špičku. Jansky predpokladal, že túto špičku vyvolalo Slnko prechádzajúce nad anténou.. Ďalšie analýzy preukázali, že špička sa neopakovala presne každých 24 hodín, ale iba 23 hodín a 56 minút, čo je vlastne sidereálny deň. Toto bol jeden z dôkazov toho, že Janskeho predpoklad bol správny.

Janskeho prácou sa inšpiroval Grote Reber, ktorý postavil parabolický rádioteleskop s priemerom deväť metrov na jeho vlastnej záhrade v roku 1937. Reber najprv začal opakovať Janskeho pozorovania, neskôr začal prvý rádiový prieskum oblohy.

James Stanley Hey, výskumný dôstojník Britskej armády, zachytil dňa 27.2.1942 rádiové vlny vyslané Slnkom.

1.2. Design antén

Pre rádioastronómiu je výber z pohľadu antén veľmi široký. Tzv. „hrabľami“ počnúc a offsetovými parabolami končiac. Ako prvá vhodná je tzv. logaritmicko-prediodická, ktorú použil aj Jansky. Ide o širokopásovú anténu, ktorej impedančné charakteristiky a vyžarovanie sa pravidelne opakujú ako logaritmická frekvencia. Je z viacerých komponentov, často dipólov. Jej vynálezcami sú Isbell a Raymond.

Ďalší typ antény, mimochodom v rádioastronómii najpoužívanejší, je parabolická anténa. Ide o veľký reflektor tvaru paraboloidu. V jeho ohnisku je umiestnený prijímač. Jej hlavné výhody

spočívajú v tom, že je smerová a jej lúč má malý „zorný uhol“. Existuje viac druhov parabolických antén:

- stredové (tiež ohniskové) - ohnisko leží na osi antény
- offsetové - tanier je tvorený parabolou, ale nie jej vrcholovou časťou, čím sa posúva ohnisko mimo stred samotnej antény. Dôvod je prostý - aby samotný prijímač nestál v ceste prichádzajúcemu rádiovému žiareniu. Má to mnohé výhody: napríklad samotný prijímač nie je rušený prichádzajúcim vlnením a i.

1.3 Elektromagnetická vlna

Elektromagnetická vlna je základným objektom pozorovania v astronómii, či už hovoríme o pozorovaní optickom, alebo pozorovaní rádioastronomickom.

Elektromagnetická vlna je elektromagnetické kmitanie rozšírené do priestoru.¹ Má dve zložky, elektrickú a magnetickú, ktorých prítomnosť rozhoduje o polarizácii vlny. Podľa kvantovej teórie má duálnu, korpuskulárno-vlnovú povahu. Platia tu teda ako zákony pre vlnenie, tak aj pre prúd častíc, ale nemožno vyhlásiť, že by bolo tvorené iba jedným z nich. Vďaka tejto dvojitej povahe môže elektromagnetická vlna postupovať aj vo vákuu, narozdiel od vlny mechanickej, ktorá je tvorená výhradne kmitajúcimi časticami, ktorých prítomnosť je vo vákuu prakticky nulová.

Frekvencia elektromagnetickej vlny opisuje, koľko kmitov vykoná vlna za sekundu, čo vyplýva z definície jednotky frekvencie ako s^{-1} , teda Hertz. V rámci bežného senzorického vnímania človeka práve frekvencia spôsobuje rôzne farby viditeľného svetla. V astronomickej praxi sa používa na spektrografiu, kde sa na základe emisných a absorpčných čiar jednotlivých prvkov určuje zloženie jednotlivých nebeských objektov. Pre astronómiu je dôležité tzv. rádiové okno, čo je oblasť elektromagnetického vlnenia s vlnovými dĺžkami 1 cm až 11 m, pretože toto vlnenie prechádza cez zemskú atmosféru.²

¹ 1 : Dionýz Ilkovič, Fyzika, str 620

² 2 : Martin Rees; Vesmír, str.35

1.4 RA/DEC súradnicový systém

V astronómii sa na určenie pozície telesa na nebeskej oblohe môžu použiť viaceré súradnicové systémy. Medzi viacerými voľbami sme si vybrali práve ekvatoriálny súradnicový systém (inak nazývaný ako RA/DEC, čiže rektascenzno-deklinačný), používaný na drtivej väčšine teleskopov. Obrie rádioteleskopy sa umiestňujú na alt-azimutálne (nazývané aj výškovo azimutálne) kvôli hmotnosti parabol, ktoré by ekvatoriálna montáž neunesla. Z dôvodu jednoduchosti sa väčšina obrích rádioteleskopov umiestňuje v okolí rovníka, kde sú osi ekvatoriálnej a azimutálnej montáže prakticky rovnobežné. Zaujímavosťou je rádiové observatórium v portorickom Arecibe, kde je parabolická anténa s priemerom 305 metrov umiestnená napevno v kráteri. Orientácia antény sa dá meniť pohybom dipólu, vzdialeného od centra hliníkového zrkadla 210 metrov, až o 20° .

Ekvatoriálny súradnicový systém používa na popis objektu na nebeskej sfére 2 súradnice, ktoré sa v prípade dostatočne vzdialeného telesa z krátkodobého hľadiska nemenia. Tieto dve súradnice sú rektascenzia (hodinový uhol) a deklinácia. Samotný systém je založený na projekcii zemských pólův a rovníka na nebeskú sféru a popisaniu súradníc relatívne k nim. Dĺžkový uhol sa v ekvatoriálnom systéme nazýva deklinácia. Udáva hodnotu uhla o ktorý je objekt nad alebo pod nebeským rovníkom. Objekty nachádzajúce sa v severnej nebeskej polguli majú kladnú deklináciu.³ Pri rektascenzii objekt zvierá uhol s bodom, v ktorom sa Slnko nachádza v momente jarnej rovnodennosti. Narozdiel od deklinácie sa rektascenzia väčšinou udáva v hodinách a minútach, nie v stupňoch.

1.5 Teoretické základy zaznamenávania dát z rádioastronomických prístrojov

V prípade zaznamenávania dát z rádioastronomického pozorovania musí pozorovateľ brať do úvahy viaceré ťažkosti, ktoré je nutné vyriešiť, aby bolo možné dostať výsledky s dostatočnou výpovednou hodnotou. Základným problémom je odstránenie šumu zo záznamu. Jedným s riešení je zapojenie ďalšej antény namierenej na tmavé nebo, najlepšie ak má také charakteristiky ako prvá, pričom bude zapojená s opačnou fázou, čím sa vlastne odstráni šum. Táto metóda je

³ 3 : Peter Duffett-Smith. *Practical Astronomy with Your Calculator*, str. 28

ale prakticky dost' náročná na uskutočnenie, pretože dosiahnuť opačnú fázu je prakticky nemožné. Výhodnejšia a častejšie používaná je nasledujúca metóda. V prípade digitálneho záznamu sa spraví buď záznam po analógovom odstránení šumu, alebo sa vytvorí šumový profil, čiže súbor zaznamenávajúci iba šum, a ten sa potom pomocou vhodného softwaru vyfiltruje zo záznamu.

Ako sme už spomínali, tak sa dáta dajú zaznamenávať buď analógovo, alebo digitálne. V prípade analógového záznamu sa môžu použiť buď pásky na záznam signálu ako zvuku alebo plotter na grafický záznam signálu. Nevýhoda analógového zaznamenávania je náročnosť spracovania a úpravy údajov po ich zaznamenaní a taktiež značné priestorové požiadavky pamäťových médií. Výhoda je to, že pri kvalitnej aparatúre sa zachovávajú dáta bez strát na obsahu či kvalite.

V prípade digitálneho spracovania signálu sa používa analógovo-digitálny (ďalej už iba A/D) prevodník, v ktorom sa analógový vstup mení na digitálny výstup. Každý A/D prevodník má svoju vzorkovaciu frekvenciu, ktorá udáva počet konverzií analógového signálu na digitálny za jednu sekundu. Dáta, ktoré sa na prevodník dostanú medzi jednotlivými konverziami sa strácajú, čo je nevýhodou digitálneho spracovania oproti analógovému.

1.6 Typy montáží teleskopov

Na vykonanie úspešného pozorovania akýmkoľvek, či už optickým ale aj rádiovým teleskopom je nevyhnutná montáž. Keďže sa Zem pohybuje vo vzťahu k hviezdám, tak sa terestriálnemu pozorovateľovi zdá, že sa hviezdy pohybujú vo vzťahu k horizontu.⁴ Z toho vyplýva, že montáž musí byť schopná nasledovať daný nebeský objekt po celú dobu pozorovania bez toho, aby sa stratil zo zorného poľa. Existuje viac typov montáží. Prvým a najjednoduchším na zhotovenie je alt-azimutálna, alebo aj inak nazývaná výškovo-azimutálna. Jej výšková os je rovnobežná so zemským povrchom, zatiaľ čo azimutálna je kolmá. Jej nevýhoda spočíva v zložitosti sledovania objektu (musia sa pohybovať obe osi naraz, ak nepočítame polohu pozorovateľa na rovníku alebo na póloch). Táto nevýhoda sa v súčasnosti rieši počítačovým navádzaním, čím sa eliminuje. Výhoda je už jej spomínaná jednoduchosť stavby. Ďalším typom je

⁴ 4 : Jeffrey Charles. *Practical astronomy*, str. 18

ekvatoriálna montáž. Pri tomto type montáží sa výšková os mení na deklinačnú a azimutálna na rektascenžnú. Rektascenžná sa tiež nazýva polárna, pretože smeruje na Polárku, a je rovnobežná so zemskou osou. Jej výhodou je, že pri sledovaní nebeských objektov stačí poháňať len polárnu os, na čo postačuje hodinový stroj. Táto os vykonáva rovnaký počet otáčok ako Zem - 1 za cca 24 hodín. Bližší popis montáží aj s fotografiami príkladov sú v Prílohe 1.

2 PRAKTICKÁ ČASŤ

2.1 Ciele práce

Ako bolo v úvode naznačené, ciele tejto práce sú :

- navrhnuť a skonštruovať amatérske rádioastronomické observatórium na frekvencii 11 GHz. Tento cieľ zahŕňa taktiež návrh a realizáciu potrebného príslušenstva k rádioastronickému pozorovaniu. Medzi toto príslušenstvo patrí : montáž, pohon montáže, hardware a software na riadenie montáže.
- Pozorovaním nebeských telies dokázať použiteľnosť daného návrhu. V tejto časti práce sa budeme zaoberať zbieraním dát a ich analýzou, ako z pohľadu kvality rádioteleskopu, tak i z pohľadu analýzy žiarenia daného objektu.
- Priblížiť základy rádioastronómie širokej verejnosti a poukázať na jednoduchosť a teda širokú prístupnosť týchto návrhov verejnosti. Tento cieľ takisto zahŕňa aj publikáciu našich výsledkov tak, aby boli verejne prístupné. Na tento účel bude použitá webová stránka, ktorej návrh a realizácia ale nie sú súčasťou tejto práce.

2.2 Metodika práce

Kvôli komplexnosti tejto práce je použitých viacero metód. Tieto sú rozdelené do nasledujúcich podkapitol :

1. Návrh anténneho systému
2. Návrh montáže
3. Návrh hardwaru na pohon montáže
4. Návrh softwaru na ovládanie montáže
5. Príjem a spracovanie dát

2.2.1 Návrh anténneho systému

Anténa použitá na ciele astronomického pozorovania musí spĺňať viaceré parametre. Čo sa jej direkcionality týka, tak je vhodné, aby sa dala presne zamerať na objekt, ktorý sa chystáte pozorovať. Z tohto hľadiska je preto navhodnejšia parabolická anténa, ktorá sa dnes bežne

používa v rádioastronómii. Po zvažovaní možností nášho projektu sme sa rozhodli pre parabolickú anténu s priemerom 90 cm, ktorá sa v súčasnosti bežne používa v satelitnej technike a poskytuje rozumný kompromis pre prvotné amatérske rádioastronomické pozorovania, ako z hľadiska veľkosti, tak aj z hľadiska ceny a použiteľnosti. Je samozrejmé, že pre použitie v náročnejších aplikáciách by bola vhodnejšia parabola s väčším priemerom ktorá je ale drahšia, je ale potrebná zložitejšia a mohutnejšia montáž a takisto vznikajú väčšie priestorové požiadavky, ktoré v našich podmienkach nebolo možné splniť. Použitá parabola je ofsetová, čo je pojem už vysvetlený v teoretickej časti. Ako príjmač bol použitý LNB konverter bežne používaný v televíznej satelitnej technike. Toto rozhodnutie je založené na vysokej kvalite a dostupnosti týchto príjmačov na frekvenčnom pásme okolo 11 GHz. Takisto tento príjmač poskytuje prijímanie s nízkym šumom a vysokou stabilitou a keďže výstup prechádza cez superheterodýn (odkaz: <http://en.wikipedia.org/wiki/Heterodyne>) tak je ľahko prenášateľný po koaxiálnom kábli. Princíp fungovania a obrázky LNB v *Prílohe 2*.

Parabolická anténa je takisto vhodná kvôli jej direkcionalite a teda sa dá presne zamerať na vybraný nebeský objekt. Toto by sa nedalo dosiahnuť s dipólou anténou, alebo podobnou.

2.2.2 Návrh montáže

Vyššie spomenutý návrh rádioteleskopu vyžaduje montáž, ktorá zabezpečí jeho stabilitu a možnosť pohybu. Berúc do úvahy veľkosť a hmotnosť vybranej antény sme sa rozhodli pre polárnu montáž nemeckého typu s vysunutým miestom na upevnenie antény, kvôli mechanickým problémom, ktoré by mohli pri klasickej realizácii tejto montáže nastať. Tieto problémy sú jednak obmedzený pohyb antény, keďže bežné montáže sú navrhované pre optické teleskopy, ktoré majú väčšinou tvar valca a samozrejme vyššia cena hotovej montáže.

Montáž je navrhnutá tak, aby sa mohla pohybovať ako po rektascenčnej tak aj po deklinačnej osi. Samotný návrh musí mať dostatočnú stabilitu a takisto musí mať tzv. šnekové prevody, aby samotné motory neboli do takej miery zaťažované a kvôli zvýšeniu krútiaceho momentu, aby sa dala poháňať, zároveň musia byť tieto prevody dostatočne jemné na to, aby zvládli presné pohyby na pozície a sledovanie nebeských telies.

2.2.3 Návrh hardwaru na pohon montáže

Pre pohon montáže je nutné využiť taký pohon, ktorý dokáže vykonať presné pohyby na základe riadenia, ideálne počítačového. Ako ideálne v tomto prípade prichádzajú krokové motory, prípadne servomotory, z ktorých oba druhy boli použité pri návrhu. Takisto bolo treba vyriešiť ich upevnenie, aby sa teleskop netriasol a aby neboli rušivé nepresnosti pri pohybe.

2.2.4 Návrh softwaru na ovládanie montáže

Na ovládanie montáže počítačom je nevyhnutné vytvoriť program, ktorý je schopný zabezpečiť presný pohyb montáže podľa zadaných inštrukcií. Berúc do úvahy naše možnosti sme sa rozhodli pre program v jazyku Turbo Pascal optimalizovaný pre prostredie operačného systému MS-DOS. Výber týchto elementov síce môže byť odlišný, ale tieto boli využité kvôli ich jednoduchosti a teda aj laik nebude mať problém s ich pochopením. Boli použité 2 počítače, ktoré mali medzi sebou rozdelené ovládanie RA a DEC osí. Keďže oba počítače mali spomínaný MS-DOS, tak na prístup k paralelnému portu, ktorý bol použitý na ovládanie, nie sú potrebné knižnice a programátor, ktorý by chcel rekompilovať náš zdrojový kód, keďže si vystačí s knižnicami poskytnutými compiler-om Turbo Pascal-u. V programoch je implementované manuálne riadenie osí, riadenie podľa zadaných koordinátov a v prípade programu riadiaceho RA osí takisto procedúra, ktorá je schopná nasledovať daný nebeský objekt. Zdrojový kód týchto programov uvádzame v *Prílohách 3 a 4*.

2.2.5 Príjem a spracovanie dát

Ďalšou dôležitou časťou je príjem a spracovanie dát z LNB konvertora. Vzhľadom k tomu, že na výstupe je výhodnejšie mať jednosmerné napätie, ktorého veľkosť sa mení podľa frekvencie vln prechádzajúcich cez vlnovod LNB (čím vyššia intenzita, tým vyššie napätia na výstupe) sme sa rozhodli pre prístroj bežne používaný v satelitnej technike - tzv. Satfinder. Ide o zariadenie, pomocou ktorého sa dá zistiť sila signálu z televíznej družice a presne doladiť parabolickú anténu tak, aby mala najväčší signál. Má integrovaný milivoltmeter, ktorý je síce použiteľný na okamžité približné zistenie hodnôt, ale na zaznamenávanie sa nedá použiť, takže

bolo potrebné mierne upraviť prístroj tak, aby sa signál mohol zaznamenávať. Ide o odpojenie vstavaného bzučiaka a následné pripojenie k zaznamenávaciemu zariadeniu, o ktorom si povieme neskôr. Satfinder umožňuje nastaviť zisk pomocou otočného potenciometra na presnú hodnotu. Prenos signálu od LNB k Satfinderu prebieha pomocou tieného koaxiálneho vodiča taktiež bežne používaného v satelitnej technike. Ako sme spomínali, popíšeme si zaznamenávanie dát. Analógový signál zo Satfinderu sa privádza na vstup zvukovej karty PC. Karta obsahuje analógovo digitálny prevodník. Zaznamenávanie prebieha pomocou programu zvaného Spectrum Lab, ktorý vykreslí graf daného signálu a umožňuje aj jeho ukladanie do bezstratového zvukového „wave” súboru. Výhodou tohto programu je skutočnosť, že dokáže tieto súbory neskôr prečítať, previesť do grafu, a je možné ich analyzovať. Program má aj funkciu 3D spektrum, ktorý vykreslí trojrozmerný graf, kde je na osi x čas v sekundách, na osi y frekvencie v Hz a na osi z zisk v dB. Nespomou výhodou tohto programu je jeho bezplatnosť. Zo získaného wave súboru treba programom Audacity, alebo podobným na spracovanie audio súborov, odstrániť šum. Získaný súbor treba prekonvertovať na súbor vhodnejší pre grafické spracovanie. Tento program (audacity) je taktiež schopný vykresliť graf, ktorý sa dá vytlačiť, čím odpadá potreba ďalšej konverzie.

2.3 Výsledky práce

2.3.1 Montáž

Montáž bola vykonaná podľa požiadaviek uvedených v metodike. Je plne funkčná a programy na jej ovládanie takisto fungujú, ako sa pôvodne zamýšľalo. Samotné mechanické riešenie je uvedené Prílohe 5. Keďže toto nie je ťažiskovou časťou práce, tak sa montážou v texte už ďalej nebudeme zaoberať.

2.3.2 Prijímanie dát a kontrola funkčnosti rádioteleskopu

Prijímanie dát je ťažiskovou časťou práce. Je priamym dôkazom faktu, že teleskop je použiteľný, a teda nami navrhnutý design je plne použiteľný. Testovanie prebehlo 16. 3. 2011 v Šamoríne, pozorovaným objektom bolo Slnko. Pri pozorovaní sa zaznamenali 2 súbory, jeden obsahujúci minútovú vzorku šumu a druhý obsahujúci pozorované dáta slnečnej aktivity na frekvencii 10.7 až 12.75 Ghz bez použitia polarizačných filtrov. Zvolený frekvenčný rozsah je

vhodný, pretože pokrýva všetky možnosti vybraného LNB. Ako prvá prebehla kalibrácia prístrojov, keď sa úroveň „tmavého neba“ nastavila na 0,2 V. Potom sa minútu zaznamenával šum z „tmavého neba“, čím sme dostali dostatočne dlhú vzorku na to, aby sme mali kvalitný šumový profil, ktorý pokrýva šum nebeského pozadia, šum terestriálnych objektov a takisto vlastný šum prijímača. Potom sa prešlo priamo na zaznamenávanie slnečnej aktivity. Zaznamenalo sa asi 30 minút slnečnej aktivity. Potom sa tento súbor prekonvertoval a preniesol do grafu. Ukážky grafov zaznamenaných súborov v rôznych štádiách spracovania sú v *Prílohe 6*. **Zo získaných údajov môžeme jednoznačne vyhlásiť, že navrhnutý design rádioteleskopu je funkčný a použiteľný.** Predchádzajúci graf je finálnym výsledkom po všetkých analýzach

2.3.3 Publikácia výsledkov na verejnosti

Ako bolo naznačené v cieľoch práce, tak jedným z cieľov práce je aj rozšírenie obzorov verejnosti v danej téme. Na tento účel bola vytvorená stránka <http://radioastro.6f.sk>. Na tejto stránke je uverejnený podrobný popis jednotlivých krokov a rozsiahle informácie ohľadom tohto projektu .

2.4 Diskusia

Naše výsledky sú porovnateľné s inými autormi, ako nám naznačil aj samotný konzultant tejto práce. Experiment je reprodukovateľný, čo mienime neskôr aj dokázať, keďže plánujeme projekt ďalej rozvíjať. Jedným z plánov je aj interferometria, kde treba viacero rovnakých anténnych systémov. Najdôležitejším výsledkom tejto práce je fakt, že sme dokázali, ako amatéri so stredoškolským vzdelaním navrhnuť niečo tak „zložitú“ ako je rádioteleskop. Dnešná rádioastronómia je ale už na podstatne inej úrovni ako náš návrh. Profesionálne rádioteleskopy súčasnosti sú po technologickej stránke asi 60 rokov dopredu oproti nášmu návrhu.

Teraz sa objavuje otázka, že keď sme si sami vedomí technologickej nedokonalosti , tak prečo sme sa nepokúsili navrhnuť zložitejší systém. Odpoveď sa nachádza v rozdielnej výške rozpočtov a možností medzi amatérskymi a profesionálnymi rádioteleskopmi. Aj tento systém by sa dal skvalitniť pomocou väčšej antény, presného kalibračného postupu, ktorý sa používa pri

rôznych príjmačoch a vyžaduje tekutý dusík a dokonale rádiovu odrušenú miestnosť. Takisto by sa dala aj vylepšiť montáž, použitím špeciálnych pohonov s vysokou presnosťou, vytvorených špeciálne pre parabolické antény. Aj prijímanie by sa dalo zlepšiť pomocou SDR (Software defined radio – Rádio definované softwarom). Všetky tieto riešenia sa nachádzajú mimo nášho dosahu, keďže sme len traja študenti bez sponzora. Ale odhliadnuc od tohto faktu je tiež smutné, že sa touto problematikou na Slovensku zaoberá tak málo ľudí, i keď len na takejto amatérskej úrovni.

2.5 Záver

Na základe objektívnej analýzy získaných faktov môžeme považovať ciele tejto práce za splnené. Boli by sme polichotení a potešení, ak by táto práca vzbudila aj v iných ľuďoch taký záujem o rádioastronómiu ako v nás. Myslíme, že technicky sa túto prácu podarilo úspešne dokončiť, čo potvrdzuje aj úspešné uvedenie nášho designu do prevádzky. Táto práca si nerobí nárok na úplnosť. V práci mienime pokračovať, odladiť zariadenie, vylepšovať ovládanie montáže a skúsiť pozorovanie aj na iných frekvenciách. Berúc do úvahy dostupné technické vybavenie, považujeme naše výsledky za viac než uspokojujúce. Aký má práca praktický prínos vo svojej oblasti? Pokiaľ sú naše informácie správne, tak na Slovensku a jeho okolí sa nachádza minimálne množstvo autorov, ktorí by sa zaoberali týmto odvetvím astronómie, čiže dúfame, že sa tento okruh ľudí v blízkej budúcnosti rozrastie o ďalších členov.

2.6 Zhrnutie

Práca si dáva za cieľ navrhnuť a realizovať projekt amatérskeho rádioteleskopu aj so všetkým príslušenstvom a popularizovať rádioastronómiu pre širokú verejnosť. Keďže si dáva za cieľ navrhnuť a zrealizovať astronomické rádioobservatórium, tak jej metodika je zložitá a komplexná. V teoretickej časti podáva zhrnutie základných poznatkov potrebných na porozumenie danej problematiky. V praktickej časti sa zaoberá priamo návrhom rádioteleskopu a pozorovaním, ktoré poukazuje na použiteľnosť vybraného designu. Neskôr predkladá komplexnú metodiku, v ktorej sa nachádzajú dôvody na výber daného riešenia a podmienky, ktoré naše riešenie muselo splniť. V poslednej časti opisuje proces akvizície dát a príkladové pozorovanie

2.7 Resumé

This paper's goals are to design and realise an amateur radioastronomic observatory along with required accesories, and to popularize radioastronomy . Because of its goals it has complicated and complex methods. In theoretical part it gives an introduction to the topic and explains basic terms that are required for the reader to understand the paper. In the practical part it explains the design and states the methods required along with pros and cons of the chosen method . Finally it describes the process of data aquisition and an exemplary observation.

2.8 Zoznam použitej literatúry

1. Dionýz Ilkovič; Fyzika I., Alfa Bratislava; 1972
2. Jeffry Charles; Practical astronomy; 1. Vydanie; Springer London; 2010;, ISBN: 978-1852330231
3. Martin Rees a kol.; Vesmír; 1. Vydanie; Ikar, 2002; ISBN: 80-242-0936-5
4. Peter Duffett Smith; Practical Astronomy with your Calculator; 3. Vydanie; Cambridge University Press; 1988; ISBN: 978-0521356992