



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

SKLÁPĚCÍ MECHANISMUS MOBILNÍ SATELITNÍ ANTÉNY

FOLDING MECHANISM FOR MOBILE SATELLITE ANTENNA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ BUCHTA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAN BRANDEJS, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Buchta

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Sklápěcí mechanismus mobilní satelitní antény

v anglickém jazyce:

Folding mechanism for mobile satellite antenna

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh sklápěcího mechanismu satelitní antény s těmito parametry: průměr paraboly 78 cm, hmotnost paraboly s ráhnem a vysílačem 10 kg, úhel rotace 360°, úhel elevace 165°, max. rychlost větru 120 km/h, korozní odolnost.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Koncepční řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkres sestavení, návrhový výkres

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2015.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh polohovacího mechanismu satelitní antény, převážně pro použití na vozidlech, který bude schopen pracovat i za nepříznivých povětrnostních podmínek.

Konstrukce a zpracování daného zařízení by měli zajistit dostatečnou přesnost polohování a tuhost celé konstrukce. Jelikož se jedná o prototyp, tak konstrukční řešení by mělo být voleno s ohledem na jednoduchost výroby.

KLÍČOVÁ SLOVA

satelit, anténa, vysílač, polohovací zařízení, manipulační zařízení, konstrukce, prototyp

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the design and construction of a manipulating mechanism for a satellite antenna, mainly for use on vehicles that will be able to work even in adverse weather conditions.

The design and manufacturing of the device should provide sufficient positioning accuracy and toughness of the structure. Since this is a prototype therefore the design solutions should be chosen with regard to simplicity of production.

KEY WORDS

dish, antenna, satellite, transmitter, rfu, construction, portable, prototype

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUCHTA, T. *Sklápěcí mechanismus mobilní satelitní antény*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, Csc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci, na téma Sklápěcí mechanismus mobilní satelitní antény, vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Brně dne

.....
Tomáš Buchta

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych rád vyjádřil poděkování doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce, jeho rady a připomínky, které mi v mnohém pomohly a usměrnily moji práci. A v neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu během studia.

OBSAH

OBSAH	9
ÚVOD	11
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	12
1.1 Parabola	12
1.1.1 Rozdělení dle velikosti	12
1.1.2 Rozdělení dle materiálu	14
1.1.3 Rozdělení dle polohy ohniska.....	14
1.2 Konvertor.....	14
1.3 Možnosti uložení	15
1.4 Mechanismus polohování	16
1.4.1 Pohon rotace	17
1.4.2 Pohon elevace.....	17
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	19
2.1 Zadané parametry a podmínky provozu	19
2.2 Analýza problému.....	19
2.3 Cíl práce.....	19
3 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ	21
3.1 Pohyb rotace	21
3.1.1 Varianta 1	21
3.1.2 Varianta 2	22
3.2 Pohyb elevace	22
3.2.1 Varianta 1	22
3.2.2 Varianta 2	23
3.3 Sklápění ramene s LNB.....	23
3.4 Uložení LNB	24
4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	25
4.1 Nosná konstrukce	25
4.2 Uložení osy rotace	26
4.3 Pohon rotace	27
4.3.1 Řemenový převod.....	28
4.3.2 Převodový motor	28
4.3.3 Enkodér.....	29
4.3.4 Výpočet pohonu rotace.....	29
4.4 Konzola.....	30
4.4.1 Výpočet uložení osy elevace	30
4.5 Pohon elevace.....	31
4.5.1 Výpočet pohonu rotace.....	32
4.6 Rameno	33
4.6.1 Výpočet ramene.....	33
4.7 Držák vysílače	35
4.7.1 Výpočet tažné pružiny	36
4.8 Krytování sklápěcího mechanismu.....	37
5 DISKUZE	38
6 ZÁVĚR	40
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	41
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	43

9 SEZNAM OBRÁZKŮ	45
10 SEZNAM TABULEK.....	47
11 SEZNAM PŘÍLOH.....	48
11.1 Obrázky.....	48
11.2 Výkresová dokumentace.....	48

ÚVOD

Jak tuzemský, tak i světový trh nabízí značné množství polohovacích zařízení pro satelitní antény. Tato zařízení lze rozdělit především podle velikosti instalované paraboly. Od malých průměrů paraboly v řádech desítek centimetrů, přes průměry kolem jednoho metru až po průměry několika metrů. Jako další kritérium rozdělení, které je nutno zmínit, se týká rozsahu elevačního úhlu a podmínek, za kterých lze satelitní anténu používat, zejména povětrnostních podmínek.

Drtivá většina polohovacích zařízení umožňuje úhel rotace¹ minimálně o 360°, avšak úhel elevace² často nebývá velký, většina běžně dostupných zařízení umožňuje maximální úhel elevace kolem 120°, který někdy nemusí být dostačující. Dalším omezením jsou, již zmíněné, povětrnostní podmínky. Málo které zařízení umožní práci ve větru o rychlosti vyšší jak 6 až 14 m/s.

Předmětem práce je nalezení konstrukčního řešení polohovacího zařízení pro paraboly s průměrem kolem jednoho metru, které lze připevnit na libovolné vozidlo, na rozdíl od malých satelitů, které lze přenášet například v batohu či kufru, nebo velkých satelitů, které potřebují speciální vozidlo, jako třeba nákladní automobil nebo loď. Konstrukci bych dále chtěl navrhnout tak, aby odolávala větru až o rychlosti 120 km/h s tím, že daná konstrukce bude umožňovat přesné polohování až do rychlosti větru 90 km/h, což bude zajištěno tuhostí celé konstrukce a pokud možno i její lehkostí. V neposlední řadě by konstrukce měla umožňovat elevaci paraboly v rozsahu až 165°, čímž bych chtěl zvětšit rozsah použitelnosti a pokusit se odstranit nedostatky produktů, které jsou již na trhu.

Vzhledem k tomu, že konstrukční řešení je bráno jako prototyp, bude brán ohled na jednoduchou výrobu a dostupnost materiálů s ohledem na cenu jednotlivých součástí. Zvolené materiály by měly splňovat jak pevnostní kritéria, tak i odolnost vůči korozi, slanámu prostředí a jiným vlivům, které mohou nastat během provozu. V rámci práce bude brán minimální ohled na vzhled celého zařízení. V případě sériové výroby by vzhled hrál významnou roli.

¹ Úhel otáčení kolem svislé osy.

² Úhel otáčení kolem vodorovné osy.

1 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Satelitní anténa je zařízení, sloužící k dekodování přijímaného signálu za pomoci parabolické antény a následně jej převádí (konvertuje), použitím tzv. LNB, na nižší frekvenci, která se následně zpracuje v satelitním přijímači. Zpracovávaný signál lze rozdělit na analogový nebo digitální, přestože dnes převažuje signál digitální [1].

Zpracovávaná data mohou být jak videosignál, tak i řada jiných typů signálů³, jako například audiosignál, internet a další signály nesoucí nějaké informace.

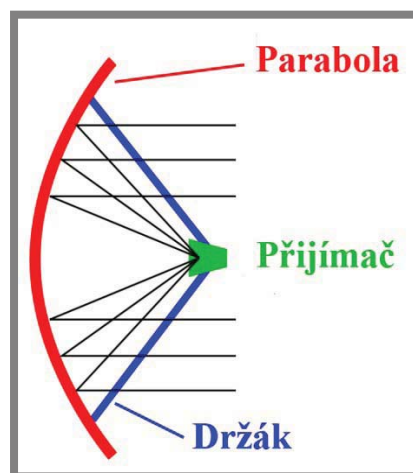
1.1

1.1 Parabola

Parabola je část satelitní antény, zpravidla parabolického tvaru, sloužící k zachytávání vysílaného signálu. Takto přijímaný signál, dopadající na libovolný bod, na jejím povrchu, je díky svému tvaru a vlastnostem parabolického tvaru odražen od své plochy do svého ohniska, kde je umístěn přijímač, který jej dále zpracovává.



Obr. 1.1 Parabola s přijímačem [2]



Obr. 1.2 Příjem signálu [3]

Parabolické antény lze rozdělit podle několika základních kritérií, čímž je materiál použitý pro jejich výrobu, velikost paraboly a poloha ohniska. Poloha ohniska může ovlivnit tvar paraboly.

1.1.1

1.1.1 Rozdělení dle velikosti

Velikost paraboly má významný vliv na kvalitu a sílu signálu, který bude v jejím ohnisku detekován a následně zpracován. Větší parabola je schopna zachytit slabší signál, případně signál vysílaný z větší vzdálenosti.

Dále má vliv na potřebnou přesnost polohování, větší paraboly nepotřebují příliš přesné směřování, protože jsou schopny zachytit signál ve větším rozsahu. Těto vlastnosti se hojně využívá při zachycení signálů z více vysílacích bodů, například ze satelitů na oběžné dráze. Vysílací místa jsou často od sebe vzdálena o určitou

³ Zpráva nesoucí informaci.

vzdálenost, a proto je nezbytná parabola o větším průměru, která je schopna zachytit signál z více směrů [1].

Velikosti se pohybují od desítek centimetrů až po jednotky metrů. Velikost často rozhoduje o tom, zda-li satelitní přijímač bude stacionární nebo přemístitelný. Zatímco satelitní přijímače s malým průměrem paraboly lze snadno přemísťovat v batohu nebo v kufru, tak velké paraboly, v řádech jednotek metrů, jsou převážně nastálo připevněny ke své základně nebo ke speciálnímu vozidlu (nákladní automobil, loď, letadlo). Existují ale i satelity, které lze v rámci určitých možností přenášet, případně připevnit na libovolný nosič nebo vozidlo. Tyto paraboly mají průměry kolem jednoho až dvou metrů.

Rozměr paraboly někdy může být limitován povětrnostními podmínkami, například satelitní antény operující v místech s výrazným větrem, dosahujícím vysoké rychlosti. Aby se rychlost větru eliminovala a neomezovala rozměry použitých parabol, používají se paraboly tzv. mesh antény. Tyto antény nejsou vyrobeny z plechu, ale jsou vyrobeny z drátů, připomínající síto, což umožní průchod větru a nedochází tak k nadměrnému namáhání konstrukce [1].



Obr. 1.3 Satelitní přijímač v kufru [4]



Obr. 1.4 Satelitní přijímač na vozidle [5]



Obr. 1.5 Velký satelitní přijímač [6]



Obr. 1.6 Parabola typu „mesh“ [7]

1.1.2

1.1.2 Rozdělení dle materiálu

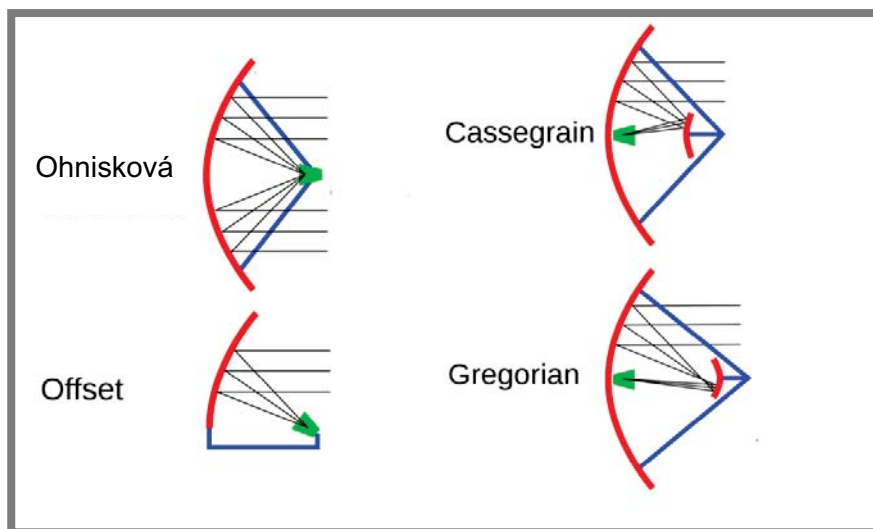
Pro výrobu parabol se používají převážně dva typy materiálů, těmi jsou ocel a slitiny hliníku. Zatímco ocelové jsou těžší a náchylné ke korozi vlivem poškození ochranné vrstvy nebo prostředí, ve kterém se vyskytují, naproti tomu paraboly vyrobené ze slitiny hliníku jsou přesně jejím opakem. Jsou lehké, nedochází u nich ke korozi a přitom mají dostatečné mechanické vlastnosti.

1.1.3

1.1.3 Rozdělení dle polohy ohniska

Dalším kritériem rozdělení parabolických antén je poloha ohniska, přinášející značné výhody.

Nejběžnějším typem, vzhledem k poloze ohniska, je parabola středová (ohnisková - prime focus). Tento model vychází z fyzikálního principu paraboly. Dalším typem je parabola offsetová, tvořena výsečí z ohniskové paraboly, čímž se docílí, že její ohnisko leží mimo geometrický střed. Tento typ paraboly se snadno instaluje, neboť odrazná plocha je téměř svislá. Naproti tomu středová parabola má hlavní výhodu v tom, že přijímač signálu nepřekáží signálu dopadajícímu na povrch paraboly. Předposledním tvarem je tzv. cassegrain, využívající pomocné hyperbolické zrcadlo, umístěné v ohnisku, které odráží signál od středu odrazné plochy, kde je umístěn přijímač nebo vysílač. Tento typ se používá pouze u velkých satelitních přijímačů a v profesionálních podmínkách. Tomuto tvaru je podobný tvar tzv. gregorian [1].



Obr. 1.7 Poloha ohniska [8]

1.2

1.2 Konvertor

Low-noise block converter neboli LNB je zařízení umístěné v ohnisku parabolické antény, kde slouží k přijímání odraženého signálu, následně tento signál zesiluje a převádí z vyššího kmitočtu (11-12,5 GHz) na frekvenci s nižším kmitočtem (950-1750 MHz). Takto snížený kmitočet je schopen přenést koaxiální kabel.

Konvertory se rozdělují podle velikosti tzv. šumového čísla udávaného v decibelech. Čím je toto číslo nižší, tím je konvertor kvalitnější. Dalším kritériem

rozdělení je počet výstupů a tím možnost připojení více zařízení k satelitní anténě. Koaxiální kabel, vedoucí z LNB, nelze rozbočovat [9], [10]!

Konvertor je zpravidla připevněn na rameni spojeným s parabolou, případně na samostatném rameni.

Tělo konvertoru závisí na počtu vysílačů, ze kterých přijímá signál. Pro každý zdroj signálu je potřeba samostatný LNB, ty se buď spojují do tzv. monobloku nebo musí být samostatné. Monoblok se využívá tehdy, pokud zdroje signálů jsou blízko sebe, naproti tomu pokud jsou dál od sebe, je potřeba použít samostatné LNB [10].



Obr. 1.8 LNB twin (monoblok) [11]



Obr. 1.9 LNB octo [12]

1.3 Možnosti uložení

Řada satelitních antén je pevně připevněna, ke své základně, bez možnosti jakéhokoliv pohybu, který by zajistil její polohování nebo přemísťování. Toto uložení je většinou realizováno předem nasměrovanou a následně zafixovanou konzolou, sloupkem, stožárem, čímž je zabráněno samovolnému pohybu nebo pohybu vlivem povětrnostních podmínek.

Naopak k tomu jsou satelitní antény, které jsou též nepřemísťitelné, ale jsou schopny polohování zajištěného ovládaným mechanismem, zpravidla počítačem nebo ovladačem.

Poslední možností je konstrukce, umožňující manipulaci se satelitní anténou, především její směřování nebo sklápění, která může být snadno přemísťitelná na různá stanoviště, případně připevněna na různé dopravní prostředky. Tato konstrukce, na rozdíl od předchozích, vyžaduje nejen tuhost celého upevnění, ale i přesnost polohování.

Manipulační zařízení je vhodné zejména tehdy, pokud zdroje signálu jsou od sebe výrazně vzdáleny a nelze je pokrýt samostatnými LNB, nebo v případě změny polohy zdroje signálu. Parabola, použitá k natáčení motorem, by měla mít nejméně průměr 90 cm. U menších průměrů by zisk signálu nebyl, u vzdálenějších družic, dostatečný [13].



Obr. 1.10 Stacionární upevnění [14]



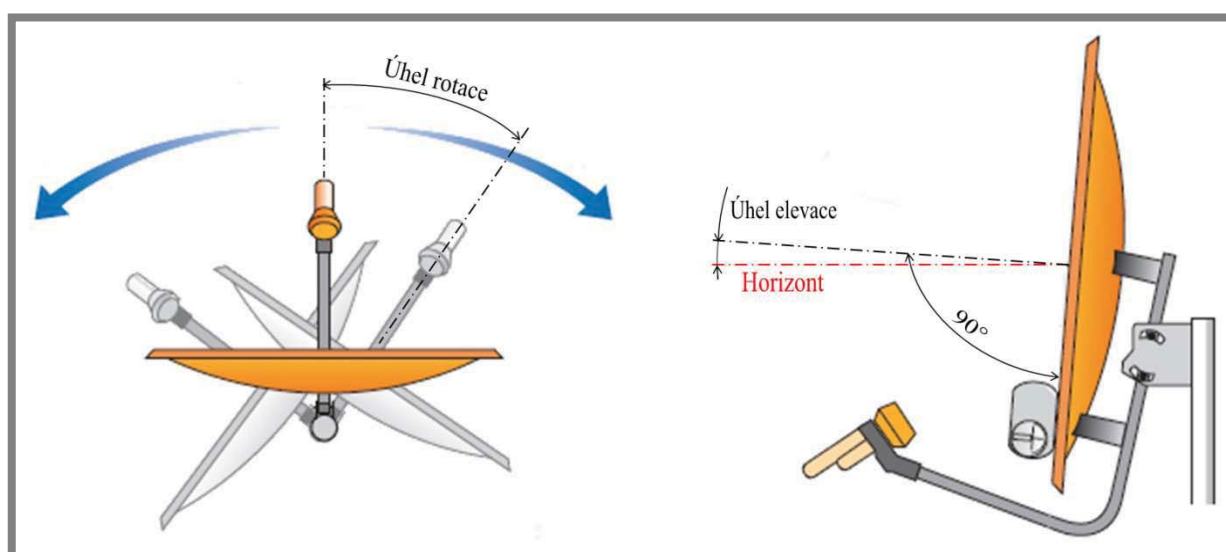
Obr. 1.11 Mechanismus polohování [15]

1.4

1.4 Mechanismus polohování

Jak již bylo v předchozí kapitole naznačeno, mechanismus polohování slouží ke směřování paraboly na zdroj signálu, případně zdroje signálů. Z toho důvodu jsou na toto zařízení kladeny vlastnosti, které musí být splněny. Jednou z vlastností je přesnost polohování, závisící na zvoleném mechanismu, pohonu a řídicím (kontrolním) zařízení, jelikož malá přesnost výrazně snižuje kvalitu přijímaného signálu. Zvolený mechanismus by měl mít dostatečnou tuhost a konstrukční pevnost s minimálními vůlemi (mrtvými chody), také by měl být schopen polohování za určitých povětrnostních podmínek (dle požadavků).

Mechanismus polohování se zpravidla dělí na dva samostatné mechanismy, jeden zajišťuje rotační polohování, tj. kolem svislé osy a druhý mechanismus zajišťuje tzv. elevační polohování, tj. kolem vodorovné osy.



Obr. 1.12 Znárodnění rotace a elevace paraboly [16]

1.4.1 Pohon rotace

Jako pohon rotace se ve většině případů používá elektromotor, umožňující řízený chod, který je s osou elevace spojen převodovým mechanismem, například pomocí řemenového převodu nebo ozubených kol.

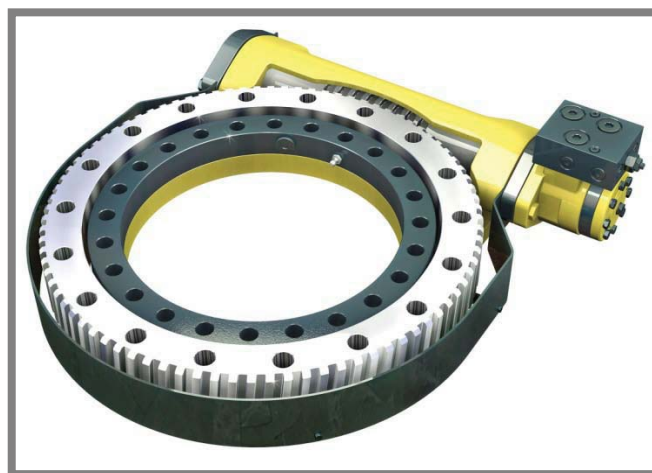
U satelitních antén s parabolami do jednoho a půl metru je vhodnější použít řemenový převod, z důvodu malých rozměrů, čímž se docílí malé výšky konstrukce rotačního polohování. Typ řemenu se volí ozubený, především díky svým kladným vlastnostem. Minimalizuje vůle chodu a neumožňuje prokluz převodu, naopak zajišťuje synchronní pohyb poháněných částí.

Satelitní antény s většími parabolami, ve většině případů, nejsou eliminovány rozměry a pro svůj chod potřebují větší síly, z toho důvodu se často používají převody ozubenými koly. U menších modelů můžeme najít šneková soukolí, která mají minimální vůle a u větších modelů lze najít i kuželová ozubená kola nebo kola s přímými zuby, mající větší vůle než šneková. Tyto vůle, u velkých parabol, jsou často zanedbatelné. Ozubená soukolí neumožňují prokluz, což je žádoucí.

Výjimečně se lze setkat i s jinými mechanismy, jako jsou například lineární motory. Pohon rotace s lineárními motory lze použít tam, kde není potřeba úhel rotace 360° .



Obr. 1.13 Převod ozubeným řemenem [17]



Obr. 1.14 Šneková převodovka [18]

1.4.2 Pohon elevace

Pohon elevace, podobně jako pohon rotace, manipuluje s parabolou a to tak, že ji nastavuje pod určitým úhlem vzhledem k vodorovné poloze (viz obr. 1.12). Pro realizaci tohoto pohybu se opět nejčastěji používají převodové mechanismy, jako je například převodový motor⁴, nebo převod ozubeným řemenem. Stejně jako na pohon rotace, tak i na pohon elevace jsou kladena kritéria v podobě tuhosti konstrukce a přesnosti polohování.

V případě, že není vyžadován elevační úhel 120° až 180° , je možné použít lineární aktuátor⁵, jehož hlavní výhoda spočívá v získání dalšího upevňovacího bodu,

⁴ Převodovka spojená s elektromotorem.

⁵ Lineární elektrický motor, který je schopen přeměny informační části procesu na technickou

a tím je daná konstrukce mnohem tužší a stabilnější vůči okolním vlivům, především vůči povětrnostním podmínkám.



Obr. 1.15 Převodový motor se šnekovou převodovkou [19]



Obr. 1.16 Lineární aktuátor [20]

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2

2.1 Zadané parametry a podmínky provozu

2.1

- průměr instalované paraboly **78 cm**
- hmotnost paraboly s ráhnem a vysílačem **10 kg**
- úhel rotace **360°**
- úhel elevace **165°**
- max. rychlost větru (konstrukční odolnost) **120 km/h**
- zajištění provozu při rychlosti větru **90 km/h**
- korozní odolnost

2.2 Analýza problému

2.2

Běžně dostupná polohovací zařízení, umožňující montáž na libovolné vozidlo, jsou limitována svojí použitelností, a také nemusí vyhovovat svými parametry. Jedním z hlavních limitujících nedostatků je použitelnost za nepříznivých podmínek, čímž je především vysoká rychlost větru, a také deštivé podmínky, kterým musí manipulační zařízení odolávat. Satelitní anténa by měla být schopna pracovat téměř za každé situace a za každých povětrnostních podmínek bez ovlivnění její schopnosti směřovat parabolu na zdroje signálů, kvality přenášeného signálu a jiných vlastností. Stejně tak by měla odolat vlivům jako je koroze.

Jedním z nevyhovujících parametrů je nedostačující možnost manipulace s parabolou. Polohovací zařízení by mělo být schopno rotace minimálně o 360° a pokud možno, úhel elevace by se měl blížit 180° tak, aby bylo možné parabolu přesně nasměřovat na libovolný zdroj signálu zachytitelný v dané oblasti a tím získat co možno nejlepší signál.

Povětrnostní podmínky zároveň s velkým rozsahem manipulovatelnosti by měli mít minimální dopad na přesnost polohování a na ovlivnění kvality přijímaného signálu, tzn. konstrukce by měla být dostatečně tuhá.

2.3 Cíl práce

2.3

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení polohovacího zařízení satelitní antény, které bude splňovat výše stanovené parametry a podmínky použití, jako jsou povětrnostní podmínky, vodotěsnost a přesnost polohování.

Výsledkem bude návrh prototypu s odpovídajícím konstrukčním provedením výrobku, který bude přizpůsoben kusové výrobě. Na základě těchto předpokladů bude kladem výrazný důraz na jednoduchost výroby, na dostupnost a cenu použitých materiálů. Použité materiály by měli být, pokud možno, co nejlehčí a hlavně korozivzdorné.

Konstrukční návrh polohovacího zařízení se bude týkat samotné konstrukce s tím, že některé prvky, jako jsou pohony, parabola a vysílač, budou zakoupeny od subdodavatelů a samotná konstrukce bude přizpůsobena pro montáž předem vybraných komponentů. Zvolené pohony budou muset být schopny řízeného a přesného ovládání jak za klidných povětrnostních podmínek, tak i za větru jehož rychlost je uvedena výše. Návrh ovládání není cílem této práce, ale volba pohonů

bude přizpůsobena tak , aby ovládání mohlo být realizováno pomocí počítače nebo jiného ovládacího zařízení.

Součástí konstrukčního řešení bude animace demonstrující možné pohyby daného manipulačního zařízení a dále bude výstup v podobě výkresové dokumentace sestavy a návrhového výkresu.

3 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

Návrh konstrukčních řešení se především týká možné realizace jednotlivých pohybů, kterých polohovací zařízení bude muset být schopno dosáhnout. Tyto hlavní pohyby jsou celkem tři, rotace kolem svislé osy, elevace kolem vodorovné osy a sklápění ramene s vysílačem, konající jeden nebo dva pohyby, které jsou rozebrány níže.

Dále je třeba vhodně navrhnout konstrukci konzole, pro připevnění paraboly, a konstrukci ramene s držákem vysílače tak, aby oba tyto díly byly dostatečně tuhé a nedocházelo k vibračním vlivem větru.

Vzhledem k rozměrům zadané paraboly a uvažujícím použití zařízení na vozidle je třeba dbát na výsledné rozměry celého zařízení, které by nemělo být nijak výrazně vysoké. Z toho důvodu jsou možnosti realizace pohybů značně omezeny. Vhodné způsoby si následně rozebereme, jak jejich klady, tak i zápory.

3.1 Pohyb rotace

3.1

Realizace toho pohybu nejvíce ovlivňuje celkovou výšku zařízení, z toho důvodu byl výběr značně omezený, a to na dvě varianty.

3.1.1 Varianta 1

3.1.1

První variantou realizace pohybu rotace, polohovacího zařízení, byl zvolen stejnosměrný elektromotor připojený ke šnekové převodovce. Tento způsob realizace zaručuje tuhost konstrukce bez výrazných vůlí během chodu a díky svým vlastnostem, jako je samosvornost pohybu a přesnost polohování.

Na elektrický motor nejsou kladeny žádné výrazné silové a momentové požadavky, pouze je nutné zajistit ovládání motoru, například připojením externího enkodéru⁶ na šnekový hřídel. Takto malé elektrické motory, ve většině případů, nejsou opatřeny ovládacím zařízením.

Nevýhodou šnekové převodovky je především její váha, nutnost zabránit vniknutí případným nečistotám mezi zuby, nutnost mazání a také výrazná úprava zakoupeného šnekového kola pro montáž.



Obr. 3.1 Varianta 1 pohonu rotace



Obr. 3.2 Návrh zařízení

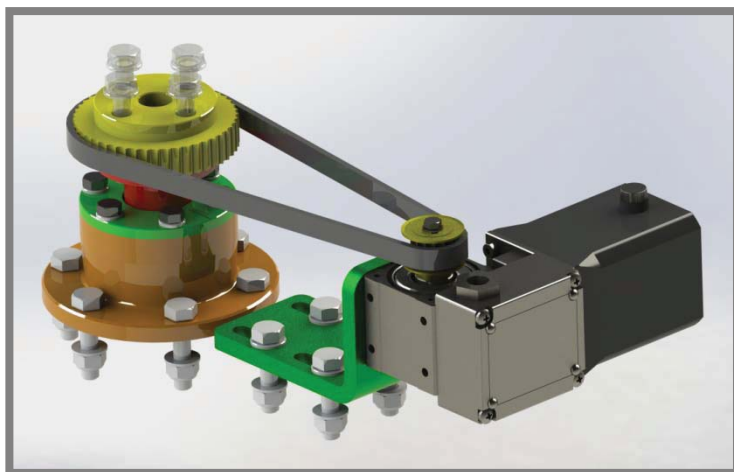
⁶ Elektrické zařízení, převádějící polohu pohyblivé části na kombinaci elektrických binárních signálů číselně vyjadřující absolutní polohu [28].

3.1.2

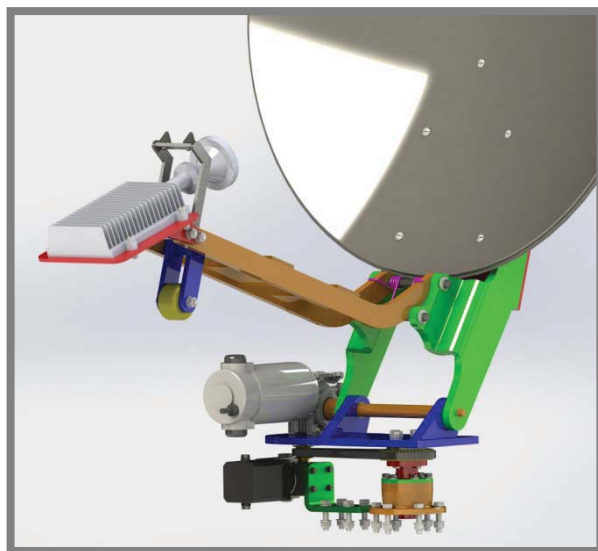
3.1.2 Varianta 2

Mnohem vhodnější variantou, pro použití na polohovacích zařízeních podobných rozměrů, jako jsou zadané, je použití převodu pomocí ozubeného řemenu. Tato varianta umožní minimalizovat celkovou výšku zařízení a zároveň má dobré vlastnosti v podobě přesného a klidného chodu bez výrazné závislosti na čistotě prostředí.

Použití řemenového převodu umožní snadné umístění enkodéru do polohovacího mechanismu bez jakéhokoliv zvětšení celého mechanismu.



Obr. 3.3 Varianta 2 pohonu rotace



Obr. 3.4 Návrh zařízení

3.2

3.2 Pohyb elevace

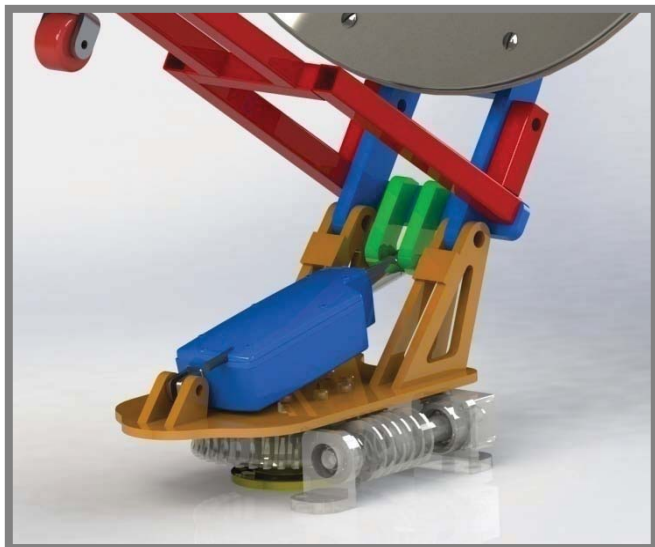
Na mechanismus, zajišťující pohyb elevace, je kladeno mnohem více požadavků, než na mechanismus pohybu rotace. Hlavním důvodem je nutnost odolávat a schopnost polohovat i za větru, který působením na plochu paraboly způsobuje výrazné silové a momentové účinky. Toto namáhání značně zatěžuje konstrukci a klade silové a momentové požadavky na pohon.

3.2.1

3.2.1 Varianta 1

Jednou z možností, jak překonat působení větru, spočívá v použití tzv. aktuátoru. Toto zařízení výrazně zvýší tuhost konstrukce elevačního polohování tím, že není připevněno k ose elevace, kde je momentové namáhání nejvyšší, ale je připevněno mimo osu elevace, kde silové a momentové účinky jsou nižší. Zároveň do konstrukce přidá další bod pro upevnění k základně, čímž se výrazně zvýší stabilita.

Použití aktuátoru v našem případě je nevhodné, protože zadaný rozsah elevačního úhlu je 165° , čehož je konstrukčně složité docílit a v krajních bodech dochází k velkým silovým účinkům kladených na aktuátor.



Obr. 3.5 Varianta 1 pohonu elevace



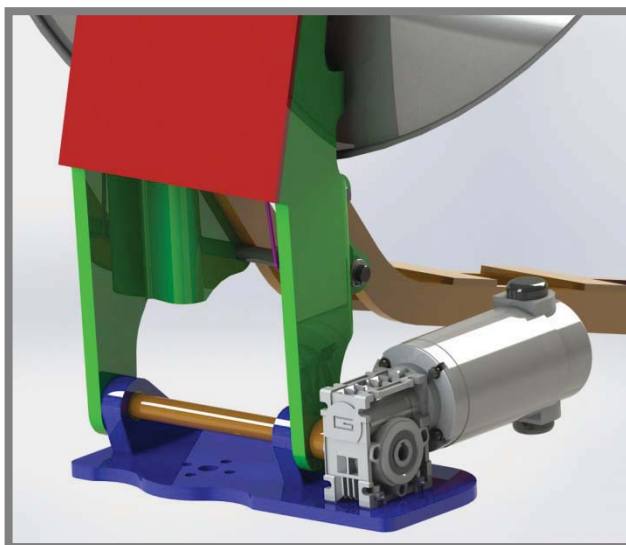
Obr. 3.6 Použitý lineární aktuátor LA 14 [21]

3.2.2 Varianta 2

Vhodnější variantou, pomocí které lze dosáhnout libovolného elevačního úhlu, je připojení převodového motoru přímo na osu elevace, jak je znázorněno na obr. 3.7.

Takto řešený pohon elevace je mnohem více namáhaný, a proto jsou na něj kladeny značné silové a momentové požadavky v podobě statické tuhosti a schopnosti přesného polohování i za povětrnostních podmínek.

3.2.2



Obr. 3.7 Varianta 2 pohonu elevace

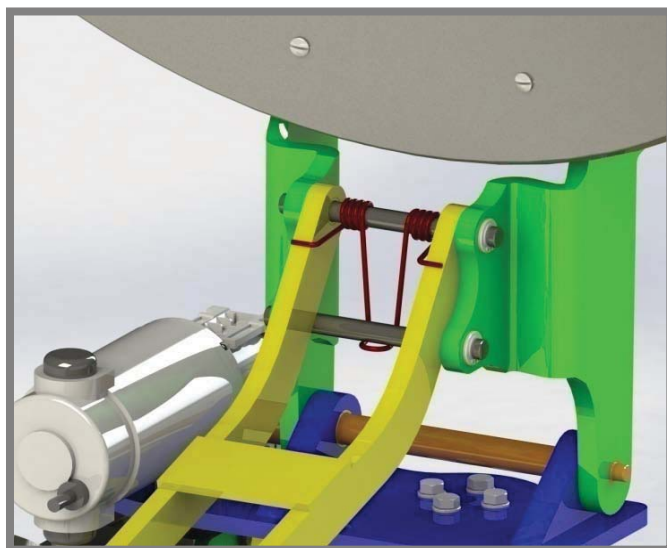
3.3 Sklápění ramene s LNB

Rameno s vysílačem, při otevřené poloze, nesmí být ovlivnitelné zejména proudícím větrem, proto konstrukce musí být pevná a pokud možno lehká. V opačném případě by docházelo ke snížení kvality přijímaného signálu.

Zároveň konstrukce musí být volena tak, aby bylo možné, nějakým způsobem, otevřené rameno zajistit proti samovolnému zavření, při dosažení takového elevačního úhlu, při kterém by se rameno mohlo samovolně zavřít. Z toho vznikla

3.3

varianta s použitím zkrutné pružiny, která musí být tak tuhá, aby se rameno neza-
vřelo vlastní vahou nebo působením větru a zároveň aby pohon elevace byl schopen
rameno zavřít sklápěním paraboly a tím uvedením do transportní polohy.



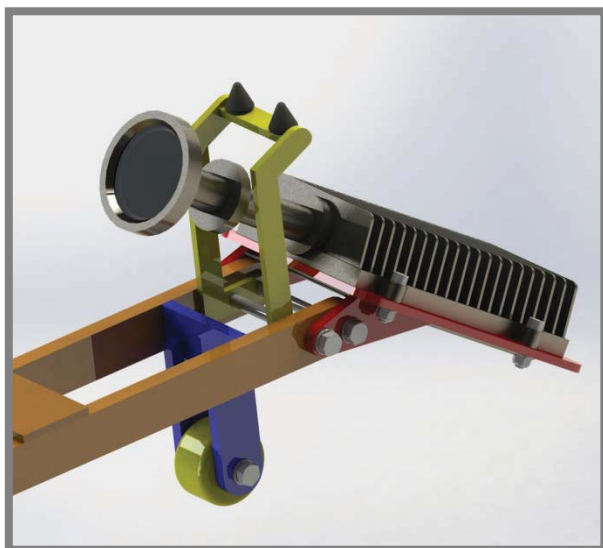
Obr. 3.8 Varianta se zkrutnou pružinou

3.4

3.4 Uložení LNB

Pro uložení LNB platí to stejné co pro rameno, opět musí být pevné a nesmí
být ovlivnitelné vnějšími vlivy. Naopak uložení lze ovlivnit výšku polohovacího
zařízení a to tak, že umožníme sklopení.

Na obr. 3.9 je vidět pevné uložení, které neumožňuje pohyb, naproti tomu
na obr. 3.10 je uložení pohyblivé s tím, že ve vysunuté poloze je zajištěno pružinou
proti sklopení. Pohyblivý kloub umožní větší sklopení ramene a zavření paraboly.



Obr. 3.9 Varianta s pevným uložením



Obr. 3.10 Varianta s pohyblivým uložením

4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Z navrhovaných dvou variant je, vzhledem k zadání práce, vhodnější zvolit variantu číslo 2. Jednak z důvodu rozsahu elevace 165° , kterého by pomocí lineárního aktuátoru bylo těžké dosáhnout, tak i vzhledem k celkovým rozměrům celého zařízení a jednoduchosti konstrukce, jež by za použití pohonu rotace se šnekovým převodem byla výrazně složitější.

Pohon rotace s použitím ozubeného řemenového převodu poskytne dostatečnou přesnost a plynulost chodu rotace, stejně jako by poskytl šnekový převod, avšak řemenový převod není náchylný na podmínky provozu, zejména na prašnost a mazání.

Pro pohon elevace, z hlediska tuhosti konstrukce vůči povětrnostním podmínkám, by bylo vhodnější použít variantu s lineárním aktuátorem, jehož výhody jsou popsány v předchozí kapitole. Jeho hlavní nevýhoda je ta, že pomocí něj nelze nebo stěží lze dosáhnout požadovaného elevačního úhlu, který se výrazně blíží 180° . Vzhledem k těmto nevýhodám je volena varianta 2 s elektrickým převodovým motorem, se šnekovou převodovkou, na kterou budou kladeny nemalé požadavky v podobě umožnění přesné elevace paraboly i za působení větru a v podobě vysoké statické tuhosti celého zařízení.

U konstrukce sklápění ramene je navržena pouze jedna varianta a to varianta se zkrutnou pružinou. Je to z toho důvodu, že zde není mnoho jednoduchých řešení, jak zabránit samovolnému sklopení vysílače vlivem větru nebo samovolným překlopením.

Uložení držáku vysílače, na rameni, je voleno dle varianty 2, držák je uložen otočně na čepu a jeho rozsah pohybu je omezen pomocí dorazu a tažné pružiny. Důvod volby této varianty je dosažení co nejmenší výšky zařízení po jeho sklopení a po uvedení do transportní polohy.

4.1 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce neboli rám je nepohyblivá část sklápěcího mechanismu, na kterou jsou připevňovány veškeré další součásti sestavy, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

Konstrukční řešení rámu je řešeno jako svařovaná konstrukce, skládající se z tlustého plechu a obdélníkových profilů. Plech je vyřezán na CNC stroji. V obou případech je jako materiál volena hliníková slitina známá jako dural, vynikající svými dobrými vlastnostmi jako je nízká váha, korozní odolnost a dostačující mechanické vlastnosti pro naše použití.

Konkrétní materiál plechu nese označení *EN AW 5251*, jenž je zvláště odolný vůči mořské vodě a zároveň je velmi dobře svařitelný. Naproti tomu materiál hliníkových profilů má označení *EN AW 6082* a stejně jako předchozí materiál má velmi dobrou odolnost proti korozi a je dobře svařitelný [22].

V rámci konstrukčního návrhu nosné konstrukce bylo nutné vyřešit několik problémů spočívajících především v připevnění na vozidlo. Některé osobní automobily jsou opatřeny podélnými střešními lištami, případně je lze těmito lištami velice snadno dovybavit, avšak nevýhodou těchto střešních lišt je jejich tvar. V drtivé většině jejich povrch, na který se pokládají zavazadla, není rovný, ale je po celé své délce mírně zahnutý. Tento fakt nás omezuje pouze na dvě podpěrná místa nosné

konstrukce, která jsou realizována příčnými střešními nosiči přišroubovanými ke konstrukci.

Vzdálenost příčných střešních lišt a váha samotné satelitní antény značně namáhá konstrukci a způsobuje její pružení, kterému nelze zamezit další podpěrou, protože jak již bylo napsáno, podélné střešní lišty vozidel nejsou rovné, a proto třetí podpěra by se složitě umísťovala tak, aby nosná konstrukce byla připevněna bez deformací. Z tohoto důvodu bylo navrženo opatření v podobě prodloužení obdélníkových profilů podél plechu, jak je vidět na obr. 4.1, kde také je znázorněno umístění pojezdové lišty pro sklápění paraboly (zeleně), ta je vyrobena z ohnutého plechu a ze stejného materiálu jako plech rámu. Žlutou barvou je znázorněn gumový doraz, sloužící pro dosednutí ramene s vysílačem po sklopení.



Obr. 4.1 Nosná konstrukce s pojezdovou lištou a střešními nosiči

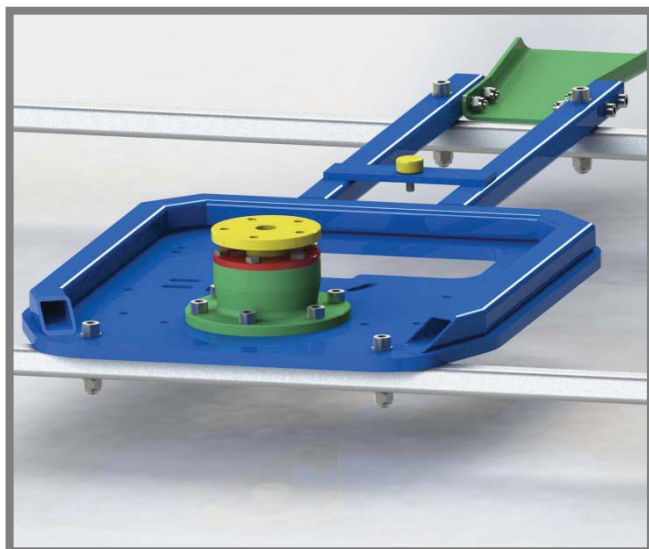
4.2

4.2 Uložení osy rotace

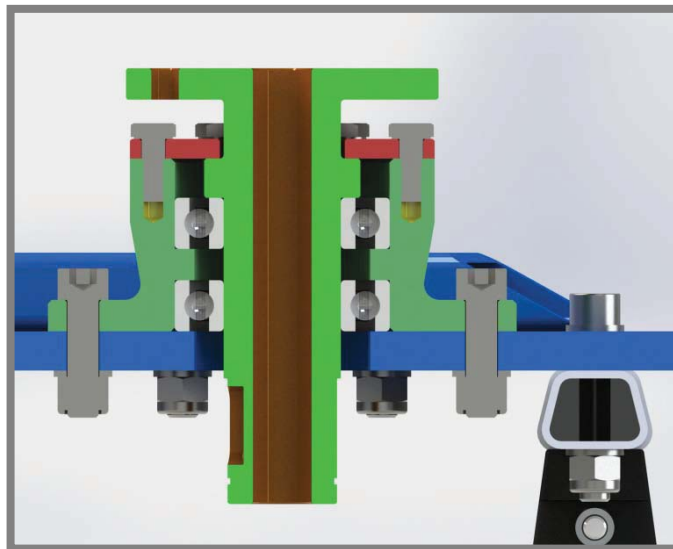
První součástí, montující se na nosnou konstrukci, je uložení osy rotace, umožňující snadný a plynulý chod otáčení paraboly kolem svislé osy.

Detail konstrukčního řešení je znázorněn na obr. 4.3, kde je vidět uložení svislé osy rotace ve dvou radiálních ložiscích, u kterých se neuvažuje výrazné zatížením v axiálním směru, pouze je snahou eliminovat, dvěma ložisky, možné přičení osy elevace v uložení. Osou vede otvor, umožňující vedení kabeláže tak, aby minimálně limitovala rozsah úhlu rotace.

Osa elevace je vyrobena z nerezavějící oceli *X5CrNi18-10* a uložení včetně víček z hliníkové slitiny *EN AW 6082*, která má velmi dobrou korozivní odolnost současně s dobrou obrobiteľností [22].



Obr. 4.2 Umístění uložení osy elevace



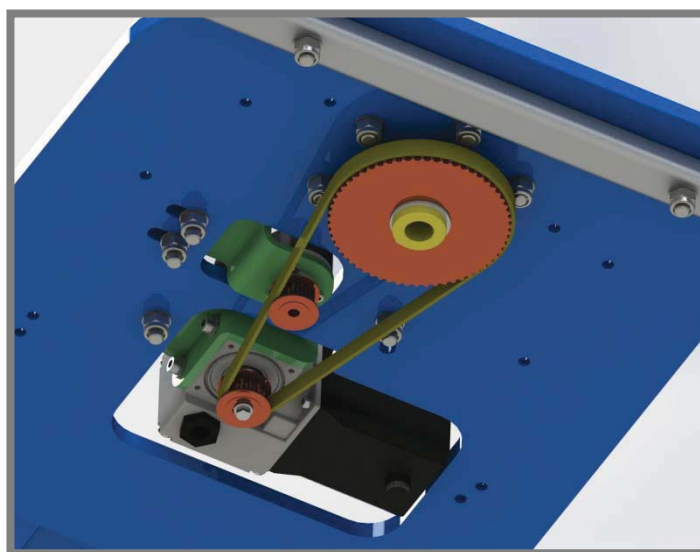
Obr. 4.3 Řez uložním elevace

4.3 Pohon rotace

Zároveň s uložním osy elevace přichází na řadu montáž pohonu rotace, jenž s ní bude manipulovat, konkrétně rotovat o více jak 360° (záleží na použité kabeláži).

Jak již bylo uvedeno na závěr předchozí kapitoly, byla zvolena varianta s ozubeným řemenovým převodem, jehož princip a výhody již byly také uvedeny. Na obr. 4.4 je vidět rozmístění jednotlivých prvků, kde velká řemenice je spojena s osou elevace pomocí těsného pera a kde axiálnímu posuvu je zabráněno pojistným kroužkem. Ozubený řemen přímo spojuje osu elevace s převodovým elektromotrem a zároveň uložení elektromotoru umožňuje šponování řemenu tak, aby veškerou napínací sílu zachytávalo pouze uložení elektromotoru a uložení osy elevace.

Další součástí pohonu rotace je enkodér, který zprostředkovává říditelné ovládání pohonu. Enkodér je uložen v drážkách takovým způsobem, aby jej bylo možné přitlačit k nataženému ozubenému řemenu. Tento princip je zvolen z toho důvodu, protože konstrukce enkodéru není přizpůsobena ke šponování řemenů a k přenášení vyšších radiálních (napínacích) sil.



Obr. 4.4 Pohon rotace

4.3.1

4.3.1 Řemenový převod

Typ ozubeného řemenu je zvolen *PowerGrip® GT 5MGT*, který je vhodný i pro malé rychlosti a vyšší krouticí momenty a zároveň má vyšší odolnost proti přeskočení přes zuby řemenice včetně vyšší přesnosti převodu [23].

Rychlost rotace je velmi nízká a napínací síly nejsou nijak zvlášť vysoké, proto byla zvolena šířka řemene $b_f = 9 \text{ mm}$ a délka $L_f = 525 \text{ mm}$. Počet zubů řemenice je $z_2 = 48$ a počet zubů pastorku (malé řemenice) je $z_1 = 15$.



Obr. 4.5 Profil ozubeného řemene [24]

4.3.2

4.3.2 Převodový motor

Součástí pohonu rotace je převodový elektromotor *BC 2000 12/24 MP* značky *Mini Motor*, skládající se z elektromotoru a šnekové převodovky, který splňuje stupeň krytí IP65. Použitý typ je napájen napětím o velikosti 12 V a jeho výkon dosahuje hodnoty 37 W, podrobnější parametry jsou uvedeny v tabulce 1.



Obr. 4.6 Převodový motor BC 2000 12/24 MP [26]

Tab. 1 Parametry převodového motoru

BC 2000 12 MP		
PŘEVODOVÝ POMĚR	[-]	80
VÝKON	[W]	37
OTÁČKY MOTORU	[min ⁻¹]	2800
VÝSTUPNÍ OTÁČKY Z PŘEVODOVKY	[min ⁻¹]	35
KROUTICÍ MOMENT	[Nm]	5,2

4.3.3 Enkodér

Zvolený převodový motor, zajišťující rotační pohyb paraboly, neumožňuje říditelný chod tak, aby bylo možné parabolu libovolně polohovat dle potřeby. Z toho důvodu je pohon rotace opatřen hřídelovým enkodérem s malou řemenicí, zajišťující řízení převodového motoru.

Umístění enkodéru je znázorněno na obr. 4.4 a zároveň v příslušné podkaltole je vysvětlen princip samotného uložení enkodéru. Hřídelový enkodér byl vybrán od firmy ENCODER Product Company a jedná se o model 15S M1, splňující úroveň krytí IP64. Dodatečně byl opatřen malou řemenicí se stejnou šířkou a stejným profilem jako má řemenový převod.



Obr. 4.7 Enkodér 15S M1 [27]

4.3.4 Výpočet pohonu rotace

Výstupní otáčky ze šnekové převodovky jsou $n_{r,1} = 35 \text{ min}^{-1}$ a převodový poměr řemenového převodu se vypočítá dle vztahu:

$$i_{\text{řemen}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{48}{15} = 3,2$$

Výsledné otáčky rotace určíme pomocí vztahu:

$$n_{r,2} = \frac{n_{r,1}}{i_{\text{řemen}}} = \frac{35}{3,2} = 10,938 \text{ min}^{-1}$$

A následně dobu jedné otáčky:

$$t_r = \frac{1}{n_{r,2}} = \frac{1}{10,938} = 5,486 \text{ s}$$

4.4

4.4 Konzola

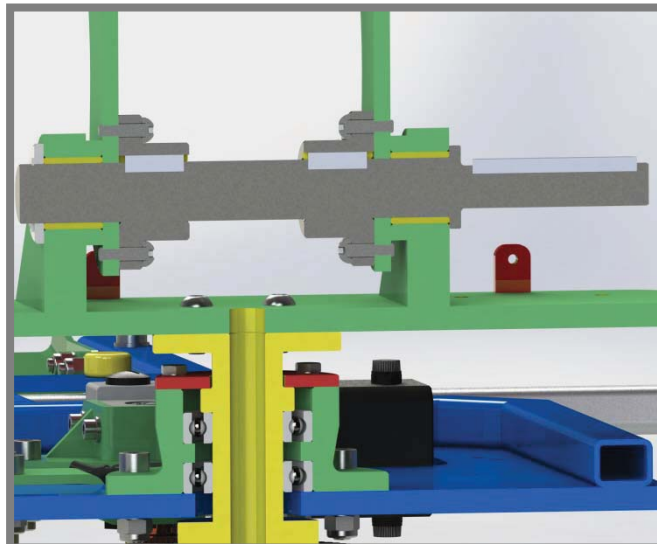
Konzola je ta část sklápěcího mechanismu, na kterou se připevňuje parabola s vysílačem a která koná elevační pohyb kolem osy elevace. Velikost paraboly určuje, jak moc bude konzola namáhána vlivem větru, tj. čím větší plocha, tím vzniká větší síla na parabolu a zároveň větší krouticí moment k ose elevace.

Při konstrukčním návrhu konzoly byl brán ohled především na jednoduchost výroby a hlavně na výslednou tuhost celého dílu, protože případný nežádoucí pohyb, například vlivem větru, by byl nepřipustný a docházelo by ke snížení kvality zpracovávaného signálu. Z toho důvodu je konzola navržena jako svařenec ze tří plechových dílů nejprve vyřezaných a následně zohýbaných. Materiál je volen stejný, jako tomu bylo v případě nosného rámu, tj. hliníková slitina *EN AW 5251*.

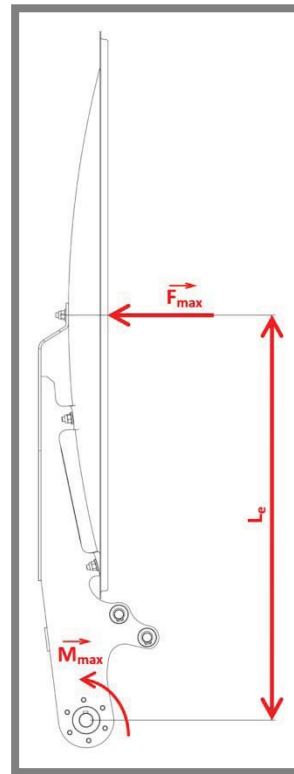
Součástí konzoly je osa elevace, která slouží ke sklápění paraboly. Jak již bylo uvedeno, na osu elevace působí značný krouticí moment, který je třeba nějakým způsobem zachytit, k tomuto účelu bylo navrženo uložení s těsnými pery, jehož příslušné výpočty jsou uvedeny níže. Plynulý rotační pohyb je zajištěn uložením hřídele v kluzných ložiscích.



Obr. 4.8 Konzola



Obr. 4.9 Řez uložením osy elevace



Obr. 4.10 Schéma zatížení způsobené větrem

4.4.1

4.4.1 Výpočet uložení osy elevace

Dle zadání je požadována konstrukční pevnost zařízení taková, aby odolávalo větru o rychlosti až 120 km/h. Tlak působící na plochu paraboly určíme dle normy ČSN EN 1991-1-4, jako základní dynamický tlak, bez uvažování vlivu tření [28] a následně vypočteme sílu na plochu a krouticí moment k ose elevace.

Parabola je uvažována jako rovinný objekt, proto dle výše zmíněné normy, při obtékání tuhého tělesa vzdušným proudem, nedochází účinkem drsnosti povrchu tělesa ke zpomalování vrstev vzduchu, přilehlých k povrchu.

$$p_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{120}{3,6}\right)^2 = 694,444 \text{ Pa}$$

$$F_{max} = p_{max} \cdot S = 694,444 \cdot 0,441 = 306,306 \text{ N}$$

$$M_{max} = F_{max} \cdot L_e = 306,306 \cdot 0,514 = 157,484 \text{ Nm}$$

Spojení konzoly s osou elevace je realizováno dvěma těsnými pery označenými 8e7x7x25, jejichž délky jsou stanoveny dle vztahu, ve kterém počítáme s celkovou délkou.

$$p_d = 0,8 \cdot p_0 = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ MPa}$$

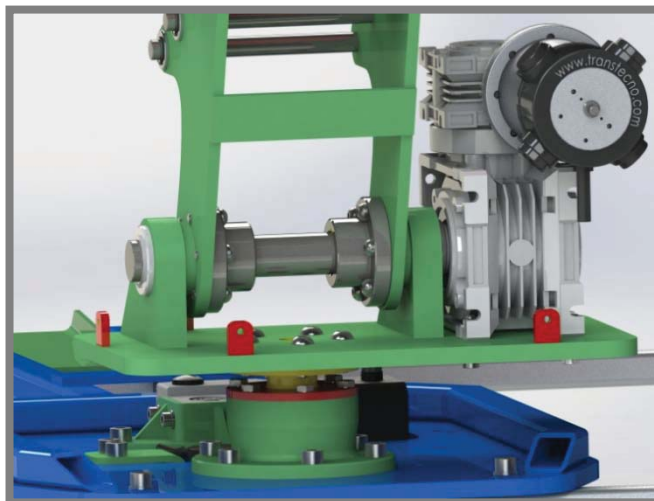
$$F_{p,1} = \frac{2 \cdot M_{max}}{D_{e,1}} = \frac{2 \cdot 157,484}{0,025} = 12,599 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$p_{e,1} = \frac{F_{p,1}}{t_{1,e} \cdot (L_{1,e} - b_{1,e})} = \frac{12,599 \cdot 10^3}{2,9 \cdot (50 - 8)} = 103,438 \text{ MPa}$$

4.5 Pohon elevace

Pohon elevace je řešen převodovým motorem od firmy Transtecno, který je pomocí těsného pera spojen s osou elevace a který musí být schopen sklápění paraboly za větru dosahujícího rychlosti až 90 km/h. Motor je vybaven enkodérem umožňující řízené sklápění paraboly, splňuje stupeň krytí IP44 a je napájen napětím o velikosti 12 V.

4.5



Obr. 4.11 Pohon elevace

Tab. 2 Parametry motoru

ND120.120		
VÝKON	[W]	120
OTÁČKY MOTORU	[min ⁻¹]	3000
KROUTICÍ MOMENT	[Nm]	0,38

Tab. 3 Parametry šnekové převodovky

CMM 026/040		
PŘEVODOVÝ POMĚR	[-]	1800
VÝKON	[W]	100
VÝSTUPNÍ OTÁČKY Z PŘEVODOVKY	[min ⁻¹]	1,7
KROUTICÍ MOMENT Z PŘEVODOVKY	[Nm]	90

4.5.1

4.5.1 Výpočet pohonu rotace

Aby byl pohon elevace schopen sklápění paraboly i za větru o rychlosti 90 km/h, musí překonat krouticí moment, který vypočteme stejným postupem, jako v předchozí kapitole.

$$p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{90}{3,6}\right)^2 = 390,625 \text{ Pa}$$

$$F_1 = p_1 \cdot S = 390,625 \cdot 0,441 = 172,297 \text{ N}$$

$$M_1 = F_1 \cdot L_e = 172,297 \cdot 0,514 = 88,585 \text{ Nm}$$

Z výpočtu momentu je patrné, že převodový motor bude schopen sklápění i za předepsaného zatížení a to dokonce s rezervou. Dále je třeba stanovit délku těsného pera, pomocí kterého je převodový motor spojen s osou elevace, to provedeme dle následujícího vztahu, kde uvažujeme pero typu 6e7x6x70. Výpočet je třeba uvažovat pro maximální zatížení, tj. rychlost větru 120 km/h, což je konstrukční pevnost zařízení.

$$p_d = 0,8 \cdot p_0 = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ MPa}$$

$$F_{p,2} = \frac{2 \cdot M_{max}}{D_{e,2}} = \frac{2 \cdot 157,484}{0,018} = 17498,215 \text{ N}$$

$$p_{e,2} = \frac{F_{p,2}}{t_{1,e2} \cdot (L_{2,e} - b_{2,e})} = \frac{17498,215}{2,5 \cdot (70 - 6)} = 109,364 \text{ MPa}$$

Dále je třeba stanovit bezpečnost osy elevace vzhledem k meznímu stavu pružnosti v nebezpečném místě při maximálním krouticím momentu. Osa je vyrobena z materiálu X5CrNi18-10.

$$\sigma_e = \alpha \cdot \frac{16 \cdot M_{max}}{\pi \cdot D_e^3} = 1,5 \cdot \frac{16 \cdot 157,484}{\pi \cdot 0,018^3} = 206,291 \text{ MPa}$$

$$k_1 = \frac{R_e}{\sigma_e} = \frac{400}{206,291} = 1,939$$

Doba sklopení paraboly, ze zavřené polohy po úhel 165° , se určí následovně:

$$t_e = \frac{1}{n_e} \cdot 0,458 = \frac{60}{1,7} \cdot 0,458 = 16,175 \text{ s}$$

4.6 Rameno

4.6

Umístění vysílače a jeho nasměrování na parabolu je zajištěno ramenem. To by mělo zajistit, při svém vyklopení, přesnou polohu vysílače před parabolou tak, aby vysílač směřoval do jejího středu. Tím je zajištěn přenos signálu a jeho kvalita.

Jak je patrné z obrázků, rameno je uloženo v kluzných pouzdrech na čepu umožňující plynulé sklápění ramene z transportní polohy do provozní a naopak. Dále je rameno opatřeno spodní dosedací plochou, která dosedá na gumový doraz nosné konstrukce sklápěcího mechanismu, čímž se zařízení uvádí do transportní polohy. Podobný prvek obsahuje i rameno, na který dosedá parabola.

Jelikož je požadován, na sklápěcí mechanismus, velkých rozsah elevace, až 165° , tak hrozí samovolné zavření ramene, které je nepřijatelné. Z toho důvodu konzola byla opatřena druhým ocelovým čepem, umožňujícím montáž zkrutné pružiny, bránící samovolnému sklopení ramene. Hlavním požadavkem na zkrutnou pružinu je její tuhost, která musí být dostatečně velká, aby nedošlo k zavření ramene jak vlivem větru, tak vlivem gravitace, nadruhou stranu pohon elevace musí být schopen rameno sklopit.

Rameno je navrženo jako svařovaná konstrukce z hliníkové slitiny *EN AW 5251*, ze které jsou vyřezány jednotlivé díly a následně ohnuty a svařeny. Čepy jsou vysoustruženy z nerezové oceli *X5CrNi18-10*.



Obr. 4.12 Umístění ramene

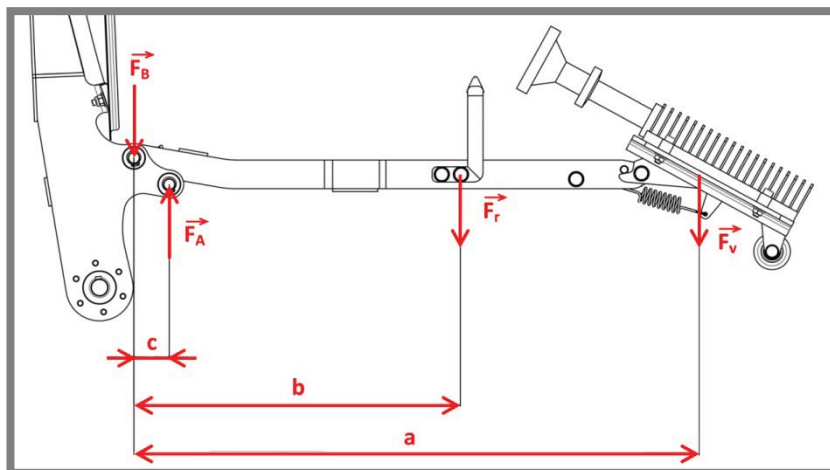


Obr. 4.13 Rameno

4.6.1 Výpočet ramene

4.6.1

Z důvodu umístění čepu, umožňují otáčení ramene a opěrného čepu poměrně blízko sebe, je třeba tato místa zkontrolovat vzhledem k meznímu stavu pružnosti. Ze silové a momentové rovnováhy jsme dostali následující vztahy, kde index A označuje místo na opěrném čepu a index B místo na čepu umožňujícím sklápění.



Obr. 4.14 Schéma zatížení ramene

$$F_A = \frac{F_v \cdot (a - c) + F_r \cdot (b - c)}{2 \cdot c}$$

$$F_A = \frac{26,517 \cdot (600 - 32) + 26,517 \cdot (340 - 32)}{2 \cdot 32} = 352,976 \text{ N}$$

$$F_B = \frac{-F_v - F_r + 2 \cdot F_A}{2} = \frac{-26,478 - 24,517 + 2 \cdot 352,976}{2} = 327,481 \text{ N}$$

$$\sigma_A = \frac{F_v \cdot (a - c) + F_r \cdot (b - c)}{\frac{j \cdot k^3}{12}} \cdot \frac{k}{2}$$

$$\sigma_A = \frac{26,478 \cdot (600 - 32) + 24,517 \cdot (340 - 32)}{\frac{5 \cdot 30^3}{12}} \cdot \frac{30}{2} = 30,121 \text{ MPa}$$

$$k_A = \frac{R_e}{\sigma_A} = \frac{60}{18,415} = 1,992$$

Výpočet bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti byl realizován pouze pro nejnebezpečnější místo na rameni, které se nachází v místě podpěrného čepu. Dále je třeba zkontrolovat tento čep na ohyb.

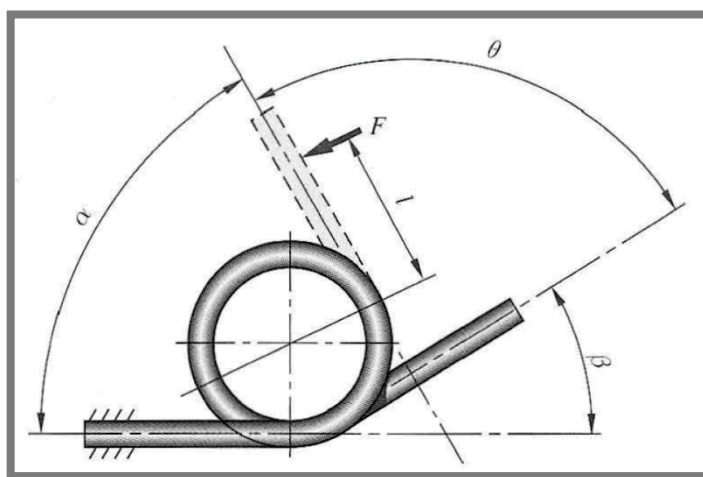
$$M_o = F_A \cdot \frac{L_1}{2} - F_A \cdot \left(\frac{L_1}{2} - \frac{L_2}{2} \right)$$

$$M_o = 352,976 \cdot \frac{120}{2} - 352,976 \cdot \left(\frac{120}{2} - \frac{104}{2} \right) = -18,35 \text{ Nm}$$

$$\sigma_c = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} \cdot \frac{d}{2} = \frac{18,35}{\frac{\pi \cdot 12^4}{64}} \cdot \frac{12}{2} = 186,961 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{R_e}{\sigma_A} = \frac{400}{186,961} = 2,139$$

Na závěr se stanoví parametry zkrutné pružiny, na základě výpočtů vycházejících z následujícího obrázku.



Obr. 4.15 Schéma zkrutné pružiny [29]

$$F = \frac{M_1}{l} = \frac{88,585}{0,0308} = 2876,136 \text{ N}$$

$$k_s = \frac{M_1}{\beta} = \frac{88,585}{87} = 1,0182 \frac{\text{Nm}}{^\circ}$$

Vypočtená hodnota síly působící na zkrutnou pružinu a momentová tuhost pružiny jsou maximální hodnoty, proto je třeba vyrobit pružinu s nižšími hodnotami, aby mechanismus správně pracoval.

Výrobci pružin jsou schopni vyrobit téměř libovolný tvar pružiny a ne všechny možné tvary uvádí ve svých katalozích, proto často požadují zaslat potřebné rozměry (délky, úhly apod.) a parametry (zatížení, úhly apod.), podle kterých vytvoří námi požadovanou pružinu.

4.7 Držák vysílače

Držák je součástí ramene a slouží především k uložení vysílače a uvedení zařízení do transportní polohy, pomocí podvozku, zajišťující sklopení ramene.

Součást je konstrukčně řešená podobně jako předchozí díly, tj. jedná se o svařenou konstrukci z předem připravených plechových dílů z hliníkové slitiny *EN AW 5251*, která je opatřena kolečkem a otvory usnadňující chlazení vysílače.

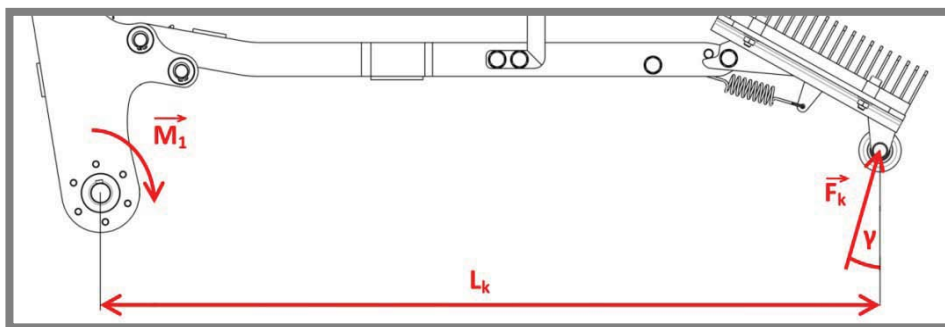
Aby bylo dosaženo co nejmenší výšky sklápěcího zařízení, je držák uložen na otočném čepu, dovolujícím maximálně dosažitelné sklopení pro danou konstrukci. Z důvodu použití této konstrukce, je třeba zabránit nežádoucímu pohybu vysílače, k čemuž slouží tažná pružina, jejíž parametry jsou uvedeny níž.

Otvory sloužící k upevnění vysílače jsou větší než předepisuje norma pro otvory šroubů, je to z důvodu případné eliminace nepřenosnosti výroby, kdy by vysílač nemusel směřovat přímo do směru paraboly. Eliminace nepřesností spočívá v podložení vysílače podložkami dle potřeby.

4.7.1

4.7.1 Výpočet tažné pružiny

Ze silové a momentové rovnováhy získáme sílu působící na pružinu v počáteční natažené poloze.



Obr. 4.16 Schéma výpočtu tažné pružiny

$$F_p = F_k \cdot \sin(\gamma) = \frac{M_1}{L_k} \cdot \sin(\gamma) = \frac{88,585}{0,677} \cdot \sin(17^\circ) = 38,257 \text{ N}$$

Potřebná tuhost pružiny se vypočte následovně:

$$x = L_{max} - L_{min} = 147 - 139 = 8 \text{ mm}$$

$$k_t = \frac{F_p}{x} = \frac{38,257}{0,008} = 4,782 \text{ Nmm}^{-1}$$

Vypočtená tuhost pružiny je počítána v natažené poloze pružiny, aby bylo reálně možné této polohy dosáhnout a sklápěcí mechanismus sklopit až na doraz, je třeba vyrobit pružinu s nižší tuhostí.

Výrobci pružin jsou schopni vyrobit téměř libovolný tvar pružiny a ne všechny možné tvary uvádí ve svých katalozích, proto často požadují zaslat potřebné rozměry a parametry (zatížení, úhly apod.), podle kterých vytvoří námi požadovanou pružinu.



Obr. 4.17 Nasměrování vysílače



Obr. 4.18 Držák vysílače

4.8 Krytování sklápěcího mechanismu

4.8

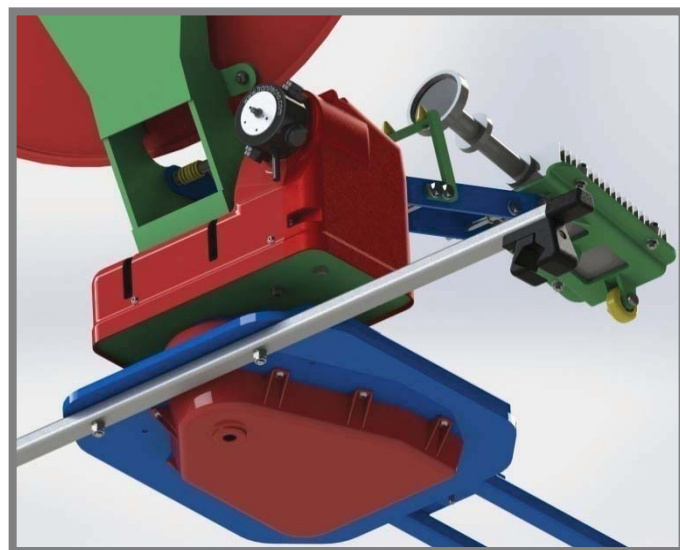
Na závěr je třeba provést krytování důležitých částí tak, aby se jednak zabránilo jejich případnému poškození a jednak z hlediska vzhledu celého zařízení.

Krytování se skládá z několika jednoduchých plastových částí, vyrobených na 3D tiskárně, z důvodu co nejlevnější výroby. Spodní a horní kryt pohonu rotace jsou každý vyrobeny z jednoho kusu a chrání především řemenový převod a enkodér. Kryt kolem pohonu elevace se skládá celkem ze tří kusů. Dva kusy chrání osu elevace a její uložení. Tato část je rozdělena na dva kusy z důvodu snadné montáže. Druhá část se přiděluje k předešlé části a slouží ke krytování pohonu elevace tak, aby jeho případná demontáž požadovala oddělení pouze této jedné části.

Jednotlivé kryty jsou znázorněny na následujících obrázcích s popisky.



Obr. 4.19 Pohled na horní kryt a na kryt osy elevace



Obr. 4.20 Pohled na spodní kryt a na kryt osy elevace

5 DISKUZE

Zvoleným konstrukčním řešením se podařilo splnit zadané podmínky a cíl práce, byl navržen sklápěcí mechanismus mobilní satelitní antény, který lze snadno připevnit na libovolné vozidlo, a to bez složité montáže. Způsob provedení, konstrukčního návrhu, měl být volen s ohledem na kusovou a jednoduchou následnou výrobu bez ohledu na design. I přes toto omezení byla snaha brát ohled na výsledný vzhled zařízení.

V případě sériové výroby doporučuji podrobnější výpočty jednotlivých svařovaných součástí, především metodou MKP a zároveň doporučuji případné použití odlitků, čímž se rozšíří možnost uložení jednotlivých prvků a zároveň případné zmenšení zařízení.

Mechanismus je zkonstruován z běžně dostupných dílů, které vynikají především svojí nízkou váhou, odolností vůči povětrnostním podmínkám, korozní odolností a hlavně jsou svařitelné.

Parametry pohonů a jejich řešení umožňují přesné směřování paraboly téměř libovolným směrem a zároveň jsou schopny směřování paraboly i za působení větru a to až do rychlosti 90 km/h s tím, že řešení pohonů a konstrukce mechanismu umožňují zatížení paraboly větrem až o rychlosti 120 km/h.

Výše uvedené hodnoty rychlostí větru jsou extrémní a i přes to, že konstrukce dokáže odolávat takovému zatížení v otevřeném stavu, tak použití satelitů v takových rychlostech je téměř nemožné. Hlavně jde o to, aby zařízení odolávalo těmto podmínkám ve sklopeném stavu, především za jízdy vozidla. K tomuto účelu by stačil menší a slabší převodový motor, čímž by se docílilo celkově nižší výšky.

Rozsah rotace je ovlivněn použitými kabely tak, aby nedošlo k jejich porušení, ale i přes toto omezení lze mechanismem rotovat o 180° na každou stranu, čímž se dosáhne maximálního pokrytí. Řešení elektroinstalace nebylo součástí zadání, i přes to je s kabely počítáno v rámci výsledného konstrukčního řešení.

Dle zadání má sklápěcí mechanismus být schopen elevace až 165° , mnou navržené konstrukční řešení umožňuje rozsah elevace 167° s tím, že malé konstrukční úpravy dokážou tento rozsah ještě navýšit. Jednotlivé polohy jsou znázorněny na následujících obrázcích.



Obr. 5.1 Sklopená (transportní) poloha



Obr. 5.2 Rotace a elevace



Obr. 5.3 Maximální vyklopení paraboly

6 ZÁVĚR

Předmětem práce bylo nalezení konstrukčního řešení sklápěcího mechanismu pro paraboly s průměrem kolem jednoho metru, které lze snadno připevnit na libovolné vozidlo bez výrazných úprav.

Na základě těchto požadavků bylo navrženo jednoduché konstrukční řešení vhodné pro levnou sériovou výrobu, schopné pracovat i za výrazně nepříznivých povětrnostních podmínek, jako je vysoká rychlost větru a hustý déšť.

Rešeršní část byla zpracována na základě dostupných informačních zdrojů, uvedených v seznamu použitých zdrojů a konstrukční řešení včetně výkresové dokumentace bylo zpracováno v CAD softwaru SolidWorks a za pomoci softwaru AutoCAD. Uvedené výpočty jsou zpracovány na základě teorie z citované literatury.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7

- [1] Parabola (satelitní anténa). In: *Eltasat Group s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 7.4.2015]. Dostupné z: <http://www.eltasat.cz/satelitni-prijem/paraboly/>
- [2] WS9036 90cm / 36" Offset FTA & Ku Band Satellite Dish Antenna. In: *WS International* [obrázek]. 2010 [cit. 7.4.2015]. Dostupné z: <http://www.wsidigital.com/images/WS9036-DISH-ANTENNA%20copy.png/>
- [3] Schematics of reflection principles used in parabolic antennas. In: *Wikimedia Foundation, Inc.* [obrázek]. 2008, 2.3.2015 [cit. 7.4.2015]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Parabolic_antenna_types2.svg/640px-Parabolic_antenna_types2.svg.png/
- [4] Camping Caravan Portable Digital Satellite Suitcase System Kit 39cm 250 Channels. In: *EBay Inc.* [obrázek]. 2015 [cit. 7.4.2015]. Dostupné z: http://images.esellerpro.com/2457/1/201/20/a60gy_latest.jpg/
- [5] Seven News. In: *Wikimedia Foundation, Inc.* [obrázek]. 2006, 4.4.2015 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/7_News_broadcast_vehicle.jpg/
- [6] Big Dish. In: *Flickr.com* [obrázek]. 2010 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: https://c1.staticflickr.com/5/4061/4327711064_f5075e6b5e_b.jpg/
- [7] RF HAMDESIGN - MESH DISH KIT 1 METER. In: *RF HAMDESIGN* [obrázek]. - [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: <http://www.rfhamdesign.com/images/1m0dish6mmmesh.jpg/>
- [8] Cassegrain antenna. In: *Wikimedia Foundation, Inc.* [obrázek]. 2006, 19.2.2015 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Parabolic_antenna_types2.svg/1000px-Parabolic_antenna_types2.svg.png/
- [9] Konvertor LNB. In: *DigiPrijem.cz* [online]. 2012 [cit. 7.4.2015]. Dostupné z: <http://www.digiprijem.cz/konvertor-lnb.php>
- [10] KONVERTORY (LNB). In: *Eltasat Group s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: <http://www.eltasat.cz/satelitni-prijem/konvertory-lnb/>
- [11] INVERTO BLACK Pro - Single Monoblock LNB 4.3° 0,2 dB. In: *INTER-SAT LTD, org.* [obrázek]. 2010 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: http://www.inter-sat.cz/inverso-black-pro-single-monoblock-lnb-4-3-0-2-db_ies26805.jpg/
- [12] Sat Antenne richtig ausrichten. In: *TEREM* [obrázek]. - [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: http://www.terem.de/teilnehmer/vip-spiegel-4-gn-lnb_g.gif/
- [13] MOTORY, NATÁČECÍ ZAŘÍZENÍ. In: *Eltasat Group s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: <http://www.eltasat.cz/satelitni-prijem/motory-nataceni-zarizeni/>
- [14] 75cm Ku Satellite Dish Antenna. In: *Made-in-China.com* [obrázek]. 2015 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: <http://image.made-in-china.com/4f0j00LCgaHpzOkoN/75cm-Ku-Satellite-Dish-Antenna.jpg/>
- [15] Bell TV Roof Mount TV Antenna. In: *The Sportsman's Guide, Inc.* [obrázek]. 2015 [cit. 4.7.2015]. Dostupné z: http://image.sportsmansguide.com/adimgs/1/1/189065_ts.jpg/
- [16] Cross polarity adjustment in DTT-SAT applications. In: *Televes* [obrázek]. 2013 [cit. 11.4.2015]. Dostupné z: http://www.televes.es/sites/default/files/infos/formacion_05_junio_2010.png/

- [17] Modelcraft Toothed Drive Belts. In: *Rapid Electronics* [obrázek]. 2014 [cit. 11.4.2015]. Dostupné z: <http://static.rapidonline.com/catalogueimages/Module/M521179P01WL.jpg/>
- [18] Rotary table. In: *Rosit* [obrázek]. - [cit. 11.4.2015]. Dostupné z: http://img.directindustry.com/images_di/photo-p/rotary-tables-19753-2400923.jpg/
- [19] Wormgearboxes WM26. In: *Reinholdandersen* [obrázek]. 2010 [cit. 11.4.2015]. Dostupné z: http://manual.intelepexpo.com/common-img/news/Transtecno-Gearmotor-aerial_19_March_2015.jpg/
- [20] Aktuátor série DLA bez senzoru. In: *Transmotec* [obrázek]. - [cit. 11.4.2015]. Dostupné z: <http://www.transmotec.cz/images/153b-aktuator-dla1.jpg/>
- [21] Lineární aktuátor / Lineární pohon LA14. In: *LINAK C&S S.R.O.* [obrázek]. 2014 [cit. 19.4.2015]. Dostupné z: http://www.linak.cz/corporate/productsbg/productbox-middle-topbox_LA14.png/
- [22] Hliníkové plechy a pásy. In: *ALFUN a.s.* [online]. 2015 [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/plechy-a-pasy/>
- [23] PowerGrip® GT3. In: *UZIMEX PRAHA, spol. s r.o.* [online]. 2009 [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: <http://www.uzimex.cz/Vyrobce/Gates/Synchronizacni-remeny-pryz/PowerGrip-GT3.html/>
- [24] PowerGrip® GT3. In: *UZIMEX PRAHA, spol. s r.o.* [obrázek]. 2009 [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: http://www.uzimex.cz/img/db/rady/99_podsek1078v_powergrip_gt3_profil.jpg/
- [25] BC2000 12/24 MP WORM GEAR MOTOR. In: *Mini Motor* [online]. - [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: <http://www.minimotor.com/eng/products/8/9/17.aspx/>
- [26] BC2000 12/24 MP WORM GEAR MOTOR. In: *Mini Motor* [obrázek]. - [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: http://www.minimotor.com/images/products/BC_2000_12_24_MP.jpg/
- [27] Model 15S Servo-Style. In: *Omega Systèmes France Informelec* [obrázek]. - [cit. 1.5.2015]. Dostupné z: http://omegasystemes-informelec.com/wp-content/uploads/2014/11/Vignette_Model_15S_Servo_Style.jpg/
- [28] Kodér: Kodér - enkodér polohy. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Kod%C3%A9r#Kod.C3.A9r_-_enkod.C3.A9r_polohy/
- [29] *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTÍUM, 2010, s. 592. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [30] SVOBODA, P., KOVÁŘÍK, R., BRANDEJS, J. *Základy konstruování*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 186 s. ISBN: 80-7204-212-2
- [31] SVOBODA, P. aj. *Základy konstruování*. Výběr z norem pro konstrukční cvičení. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 288 s. ISBN: 80-7204-214-9
- [32] ČSN ISO 214 (01 0148). Abstrakty pro publikace a dokumentaci
- [33] Skoda Oktavia 2011 Kombi. *GrabCAD* [3D model]. 2013 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/skoda-oktavia-2011-kombi/>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

8

$b_{\tilde{r}}$ [mm]	- šířka ozubeného řemene pohonu rotace
$L_{\tilde{r}}$ [mm]	- délka ozubeného řemene pohonu rota
z_1	- počet zubů pastorku (malé řemenice) pohonu rotace
z_2	- počet zubů velké řemenice pohonu rotace
$n_{r,1}$ [s^{-1}]	- výstupní otáčky z převodového motoru
$n_{r,2}$ [s^{-1}]	- otáčky osy elevace
$i_{\tilde{r}emen}$	- převodový poměr řemenového převodu
t_r [s]	- doba jedné otáčky osy rotace
p_{max} [Pa]	- tlak na plochu paraboly při rychlosti větru 120 km/h
F_{max}	- max. síla působící na plochu paraboly při rychlosti větru 120 km/h
S [m^2]	- plocha paraboly
ρ [$kg \cdot m^3$]	- hustota vzduchu
$v_{b,0}$ [$m \cdot s^{-1}$]	- střední rychlost větru
M_{max} [Nm]	- krouticí moment na osu elevace při rychlosti větru 120 km/h
L_e [mm]	- vzdálenost působíště síly na parabolu od osy elevace
p_d [Pa]	- dovolený tlak na bocích drážek v náboji
p_0 [Pa]	- základní hodnota tlaku pro náboj
$F_{p,1}$ [N]	- síla na bok těsného pera spojujícího osu elevace s konzolou
$p_{e,1}$ [Pa]	- tlak na bok těsného pera spojujícího osu elevace s konzolou
p_l [Pa]	- tlak na plochu paraboly při rychlosti větru 85 km/h
F_l [N]	- krouticí moment na osu elevace při rychlosti větru 85 km/h
M_l [Nm]	- krouticí moment na osu elevace při rychlosti větru 85 km/h
$F_{p,2}$ [N]	- síla na bok těsného pera spojujícího osu elevace s převodovkou
$p_{e,2}$ [Pa]	- tlak na bok těsného pera spojujícího osu elevace s převodovkou
σ_e [MPa]	- napětí v ose elevace v nebezpečném místě
k_l	- bezpečnost osy elevace vzhledem k meznímu stavu pružnosti
R_e [MPa]	- mez kluzu
t_e [s]	- doba sklápění z paraboly z vodorovné polohy do polohy 165°
n_e [s^{-1}]	- výstupní otáčky z pohonu elevace
$D_{e,1}$ [mm]	- průměr osy elevace v místě spojení osy elevace s konzolou
$D_{e,2}$ [mm]	- průměr osy elevace v místě připojení pohonu elevace
$t_{l,e}$ [mm]	- hloubka drážky pro pero v náboji konzoly
$t_{l,e2}$ [mm]	- hloubka drážky pro pero v náboji převodovky
$L_{l,e}$ [mm]	- délka pera pro spojení osy elevace s konzolou
$L_{2,e}$ [mm]	- délka pera pro spojení osy elevace s převodovkou
$b_{l,e}$ [mm]	- šířka pera pro spojení osy elevace s konzolou
$b_{2,e}$ [mm]	- šířka pera pro spojení osy elevace s převodovkou
F_A [N]	- reakční síla v místě opěrného čepu
F_B [N]	- reakční síla v místě čepu umožňujícího sklápění
σ_A [MPa]	- maximální ohybové napětí na rameni
k_A	- bezpečnost ramene vzhledem k meznímu stavu pružnosti
M_o [Nm]	- ohybový moment působící na opěrný čep
σ_C [MPa]	- ohybové napětí působící na opěrný čep
k_C	- bezpečnost opěrného čepu vzhledem k meznímu stavu pružnosti
F [N]	- síla působící na zkrutnou pružinu
k_s	- momentová tuhost zkrutné pružiny

l [m]	- vzdálenost působíště síly na zkrutnou pružinu
β [°]	- úhel konců zkrutné pružiny v předeprnutém stavu
F_p [N]	- maximální síla působící na tažnou pružinu
F_k [N]	- síla působící na opěrné kolečko od podložky
L_{max} [m]	- délka tažné pružiny při působení F_p
L_{min} [m]	- délka tažné pružiny v předeprnutém stavu
L_k [m]	- délka dosedací plochy koleč. od osy elevace (od působení momentu)
x [m]	- rozdíl délek tažné pružiny
k_t [Nm ⁻¹]	- tuhost pružiny
tzv.	- takzvaný
atd.	- a tak dále
apod.	- a podobně
tj.	- to je, to jest

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Parabola s přijímačem	12
Obr. 1.2 Příjem signálu	12
Obr. 1.3 Satelitní přijímač v kufru	13
Obr. 1.4 Satelitní přijímač na vozidle	13
Obr. 1.5 Velký satelitní přijímač	13
Obr. 1.6 Parabola typu „mesh“	13
Obr. 1.7 Poloha ohniska	14
Obr. 1.8 LNB twin (monoblok)	15
Obr. 1.9 LNB octo	15
Obr. 1.10 Stacionární upevnění	16
Obr. 1.11 Mechanismus polohování	16
Obr. 1.12 Znázornění rotace a elevace paraboly	16
Obr. 1.13 Převod ozubeným řemenem	17
Obr. 1.14 Šneková převodovka	17
Obr. 1.15 Převodový motor se šnekovou převodovkou	18
Obr. 1.16 Lineární aktuátor	18
Obr. 3.1 Varianta 1 pohonu rotace	21
Obr. 3.2 Návrh zařízení	21
Obr. 3.3 Varianta 2 pohonu rotace	22
Obr. 3.4 Návrh zařízení	22
Obr. 3.5 Varianta 1 pohonu elevace	23
Obr. 3.6 Použitý lineární aktuátor LA 14	23
Obr. 3.7 Varianta 2 pohonu elevace	23
Obr. 3.8 Varianta se zkrutnou pružinou	24
Obr. 3.9 Varianta s pevným uložením	24
Obr. 3.10 Varianta s pohyblivým uložením	24
Obr. 4.1 Nosná konstrukce s pojezdovou lištou a střešními nosiči	26
Obr. 4.2 Umístění uložení osy elevace	27
Obr. 4.3 Řez uložením elevace	27
Obr. 4.4 Pohon rotace	27
Obr. 4.5 Profil ozubeného řemene	28
Obr. 4.6 Převodový motor BC 2000 12/24 MP	28
Obr. 4.7 Enkodér 15S M1	29
Obr. 4.8 Konzola	30
Obr. 4.9 Řez uložením osy elevace	30
Obr. 4.10 Schéma zatížení způsobené větrem	30
Obr. 4.11 Pohon elevace	31
Obr. 4.12 Umístění ramene	33
Obr. 4.13 Rameno	33
Obr. 4.14 Schéma zatížení ramene	34
Obr. 4.15 Schéma zkrutné pružiny	35
Obr. 4.16 Schéma výpočtu tažné pružiny	36
Obr. 4.17 Nasměrování vysílače	37
Obr. 4.18 Držák vysílače	37
Obr. 4.19 Pohled na horní kryt a na kryt osy elevace	37
Obr. 4.20 Pohled na spodní kryt a na kryt osy elevace	37

Obr. 5.1 Sklopená (transportní) poloha.....	38
Obr. 5.2 Rotace a elevace	39
Obr. 5.3 Maximální vyklopení paraboly.....	39

10 SEZNAM TABULEK**10**

Tab. 1 Parametry převodového motoru	28
Tab. 2 Parametry motoru	31
Tab. 3 Parametry šnekové převodovky	32

11 **11 SEZNAM PŘÍLOH**

11.1 **11.1 Obrázky**

Celkový vzhled na vozidle

11.2 **11.2 Výkresová dokumentace**

Výkres sestavení	BP-2012-15/00
Kusovník	BP-2012-15/01
Návrhový výkres	BP-2012-15/02