
FMECA Automatického vypouštěče meteorologických balónů

Eva Pomíchalová

16. května 2013

Obsah

1 Úvod do problematiky	3
2 FMECA	3
2.1 Tvorba analýzy	3
2.2 Závěry	5
2.2.1 DEMO verze neboli prototyp	5
2.2.2 Finální verze boxu	5
2.2.3 Vyhodnocení analýzy	5
A Příloha	7
B Příloha - FMECA	18
C Příloha - Checklist	22

1 Úvod do problematiky

Celý systém by měl být robotizovaným doplňkem sítě **radiových detektorů meteorů**, případně pak i její vizuální varianty (video pozorování ¹⁾ a bolidové kamery).

Účelem zařízení je zpřesnění odhadu trajektorie temné dráhy meteorů v atmosféře zavedením korekcí na proudění vzduchových mas během letu. A tím v důsledku zmenšit plochu dopadové elipsy.

Údaje o proudech v atmosféře budou získány balónovou sondou vypuštěnou bezprostředně po detekci průletu bolidu atmosférou. Místo vypuštění balónové sondy by mělo být zvoleno automaticky na základě odhadu dráhy meteoru a známých souřadnic balónových sil v síti.

Důležitou součástí systému je plně robotizovaná vypouštěcí stanice (balónové silo), která umožní vypuštění sondy ze známých souřadnic bez zásahu lidské obsluhy. Vedlejším produktem takového vývoje bude zařízení schopné v budoucnu automatizovat i vypouštění klasických meteorologických **radiosond**.

Pozemní stanici balónové sítě je tvořena kompaktním boxem obsahujícím techniku potřebnou k vypuštění balónové sondy. Zařízení musí být konstruováno tak, aby bylo schopné vydržet řádově několik roků v pohotovostním režimu, a čekat na příkaz k vypouštění sondy.

Více technických detailů obsahuje dokument Technický popis Automatického vypouštěče meteorologických balónů [A]

2 FMECA

FMECA neboli Failure mode, effects, and criticality analysis je analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch. Jedná se o rozšíření metody FMEA (Failure mode, and effects analysis) o odhad kritičnosti důsledků poruch a pravděpodobnosti jejich uskutečnění.

Tento dokument obsahuje stručný popis tvorby této analýzy na projektu Automatického vypouštěče meteorologických balónů, jehož základní popis je uveden výše.

Kompletní tabulky FMECA jsou obsaženy v příloze [B] Pravděpodobnost uskutečnění poruch je označena třídou odpovídající tabulce 1. Odhad kritičnosti poruch byl rozděle do čtyř tříd podle definicí 2.

2.1 Tvorba analýzy

Vzhledem k tomu, že demo verzi pozemního vypouštěcí boxu se již podařilo úspěšně zkonstruovat, lze analýzu rozdělit na dvě části, respektive dvě tabulky. První tabulka obsahuje rozbor samotného prototypu, druhá potom rozbor dalších částí, které jsou obsaženy

Kritérium klasifikace výskytu poruchy (vady)	Odhad četnosti	Třída
Není pravděpodobné, že porucha (vada) nastane	0	1
<u>Velmi malá</u> : Jedná se o proces s ojedinělým výskytem poruchy (vady)	1/5000	2
	1/2000	3
	1/1000	4
	1/500	5
<u>Střední</u> : Odpovídá procesům, kde obvykle dochází k náhodným poruchám (vadám), ale v menší míře	1/200	6
<u>Vysoká</u> : Odpovídá výrobním procesům s častými poruchami (vadami)	1/100	7
	1/50	8
<u>Velmi vysoká</u> : z hlediska uživatele je téměř jistý výskyt poruchy (vady)	1/20	9
	1/10	10

Obrázek 1: Rozdělení tříd následků

- 1 znamená „Jakákoliv událost, která by mohla způsobit zhoršení výkonnostní(-ch) funkce(-í) systému mající za následek zanedbatelné poškození buď systému, nebo jeho okolí, a lidský život nebo zdraví není ohroženo.“
- 2 znamená „Jakákoliv událost, která zhoršuje výkonnostní funkci(-e) systému bez vážnějšího poškození systému nebo vážnějšího ohrožení lidského života nebo zdraví“.
- 3 znamená „Jakákoliv událost, která by mohla potenciálně způsobit ztrátu primární(-ch) funkce(-í) systému mající za následek významné poškození jmenovaného systému nebo jeho okolí, ale která zanedbatelně ohrožuje lidský život nebo zdraví.“
- 4 znamená „Jakákoliv událost, která by mohla potenciálně způsobit ztrátu primární(-ch) funkce(-í) systému mající za následek významné poškození jmenovaného systému nebo jeho okolí, a nebo způsobit smrt nebo zranění člověka.“

Obrázek 2: Rozdělení intenzit poruch

v návrhu (Technická specifikace [A]).

2.2 Závěry

2.2.1 DEMO verze neboli prototyp

Jediné zabezpečení již realizované DEMO verze je provedeno pomocí Checklistu [C], který provádí členové týmu osobně. Tato verze je neustále pod dohledem týmu, který na ní provádí testy a byly na ní kladeny požadavky na velmi nízkou finanční náročnost.

Na prototypu je technicky řešena pouze detekce:

- otevření střechy boxu
- spuštění přitlačného mechanismu pro zatavení nohavice balónu

Pokud je detekováno takovéto selhání, proces přepalování se prodlouží a po definovaném čase ukončí. Je zde zavedena zpětná vazba a další fáze procesu jsou pozastaveny dokud není fáze označena za úspěšnou. Hlavním účelem této detekce a zpětné vazby je zabránění selhání tím, že se prodlouží čas přepalování pomocí odporů (tím se zvýší šance na úspěch). Dalším účelem je zastavení procesu v případě selhání některé části. Pokud by proces pokračoval, mohlo by dojít k poškození jednotlivých částí autovypouštěče (například balónu, odporů, atd.).

2.2.2 Finální verze boxu

Finální verze vypouštěcího boxu je rozšířena o další části, které popisuje druhá tabulka FMECA [B]. V této verzi bude samozřejmě nutné rozšířit detekci a zavést vhodná opatření proti poruchám (v tabulce sloupec "Navrhovaná opatření proti poruše").

2.2.3 Vyhodnocení analýzy

Z analýzy FMECA vyplývá, že nejslabším článkem jsou přírodní vlivy (zapadání sněhem, hmyz) a lidský faktor (zcizení boxu). Tomu bude zamezeno umístěním boxů na soukromé pozemky (zahrada rodinného domu), kde bude chráněn před zvěří a navíc může být velmi často vizuálně kontrolován majitelem pozemku.

Druhým největším problémem je poškození, či přerušení napájení řídicí elektroniky. Ve finální verzi boxu bude toto řešeno pravidelnými odezvami hlavnímu systému.

Menší riziko nesou zbývající elektronické a mechanické součásti boxu. Tyto součásti jsou již z velké části kontrolovány čidly a pro finální verzi boxu se předpokládá úplné pokrytí těchto rizik.

Ostatní poruchy jsou z hlediska pravděpodobnosti výskytu a kritičnosti dopadu zanedbatelné. Pro finální verzi boxu je také z hlediska rizik důležitá komunikace s hlavním

systemem (respektive se sítí stanic). V případě výpadku sítě během odesílání může dojít ke ztrátě naměřených dat. Toto lze řešit zálohováním dat přímo ve vypouštěcím boxu.

A Příloha

Technický popis Automatického vypouštěče meteorologických balónů

Eva Pomíchalová

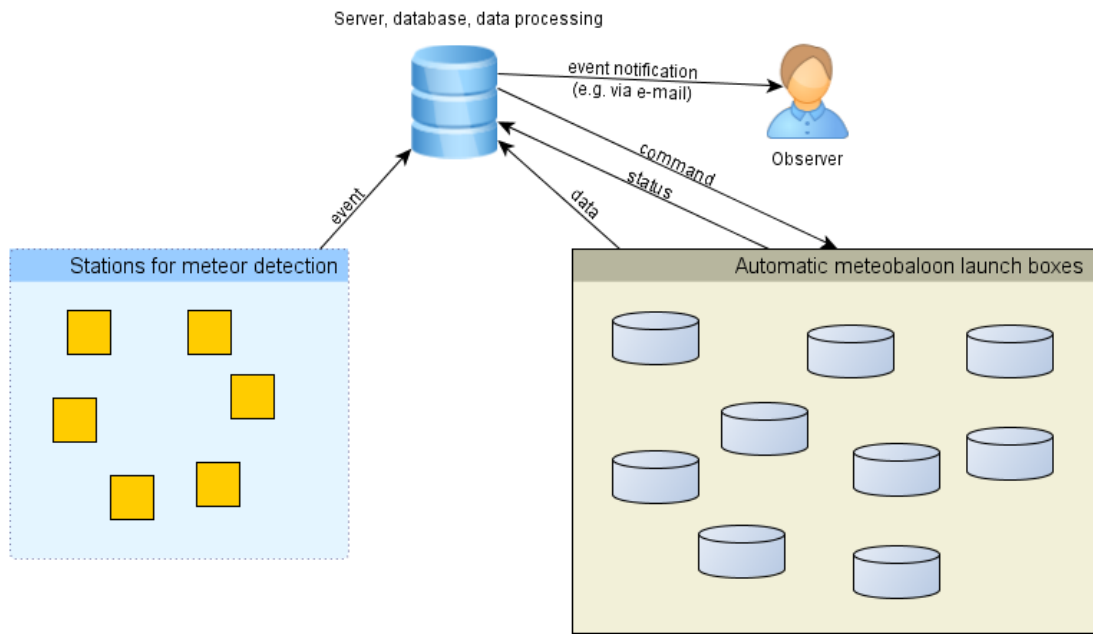
18. dubna 2013

Abstrakt

Cílem tohoto projektu je vytvořit analýzu funkčních řešení, na jejichž základě bude možné v budoucnu realizovat projekt Automatický vypouštěč meteobalónů (včetně vytvoření samotného meteobalónu). Z tohoto důvodu je tedy potřeba provést rešerši následujících problémů: již hotová řešení meteorologických balónů či jejich částí (elektronika, senzory, zdroje hélia, materiál balónu), možnosti bezdrátového přenosu dat z meteobalónu do pozemní stanice a omezení týkající se jednotlivých vysílacích pásem, návrh části se vzduchotechnikou, která bude automaticky plnit balón héliem a mechanismu jeho uzavření/zatavení a dále pak návrh konstrukce krytu vypouštěče s důrazem na možná řešení automatického otevírání jeho střechy. Součástí této fáze bude také, na základě provedených analýz, vytvoření funkčního prototypu mechaniky a jejího ovládání pro napouštění balónu a jeho následné uzavření.

Obsah

1 Automatický vypouštěč meteobalónů	4
1.1 Pozemní vypouštěcí box	5
1.1.1 Technické požadavky	5
1.2 Balónová sonda	6
1.2.1 Technické parametry	6
1.3 Řídící systém sítě	8
1.3.1 Zpracování dostupných dat	8
1.3.2 Rozhodovací proces	9
1.3.3 Správa systému	9



Obrázek 1: Schéma celé sítě

1 Automatický vypouštěč meteobalónů

Celý systém by měl být robotizovaným doplňkem sítě **radiových detektorů meteorů** [1], případně pak i její vizuální varianty (video pozorování¹⁾ a bolidové kamery).

Účelem zařízení je zpřesnění odhadu trajektorie temné dráhy meteoritu v atmosféře zavedením korekcí na proudění vzduchových mas během letu. A tím v důsledku zmenšit plochu dopadové elipsy.

Údaje o proudech v atmosféře budou získány balónovou sondou vypuštěnou bezprostředně po detekci průletu bolidu atmosférou. Místo vypuštění balónové sondy by mělo být zvoleno automaticky na základě odhadu dráhy meteoru a známých souřadnic balónových sil v síti.

Důležitou součástí systému je plně robotizovaná vypouštěcí stanice (balónové silo), která umožní vypuštění sondy ze známých souřadnic bez zásahu lidské obsluhy. Vedlejším produktem takového vývoje bude zařízení schopné v budoucnu automatizovat i vypuštění klasických meteorologických **radiosond**.

1.1 Pozemní vypouštěcí box

Pozemní stanici balónové sítě bude tvořit kompaktní krabice obsahující techniku potřebnou k vypuštění balónové sondy. Zařízení musí být konstruováno tak, aby bylo schopné vydržet řádově několik roků v pohotovostním režimu, a čekat na příkaz k vypuštění sondy.

1.1.1 Technické požadavky

Většinu řídicí elektroniky lze složit z modulů [stavebnice MLAB](#)

Komunikace se sítí stanic

- Ethernet - modulem [ETH01A](#)
- RS232 - [RS232SINGLE01A](#)
- GSM (pro odlehle oblasti)

Zároveň bude potřeba také vybavení pro příjem telemetrie z již vypuštěných radiosond ²⁾ z jiných stanic.

Tyto požadavky splňuje modul [STM32F10xRxT01A](#)

Napájení systému

- lokální (stand-alone) - Fotovoltaický panel
- Síťové napájení (síťový adaptér + UPS)

Diagnostika poruch

- Kontrola úspěšného startu (měření vztlaku balónu)
- Měření teplot, tlaku plynové náplně, průtoku média do balónu.
- Vlhkost uvnitř krabice (průsak a ztráta vodotěsnosti proražením víka a podobně)

Meteorologická data

- Základní meteorologická čidla (teplota, tlak, rychlost větru) - k určení možnosti startu. [AWS01B](#)
- GPS (pozice stanice a přesný čas) log reportu o startu. [GPS01A](#)

Mechanická konstrukce

- Svařovaná plastová bedna s odstranitelným víkem. Dostatečně těsná, aby nebyla zajímavá pro hlodavce a další havěť.
- Konstrukce navržena tak, aby umožnila vypouštění i současných profesionálních balónových sond.
- Aktivace mechanických prvků přepálením vlákna
- uzavření balónu zatavením hrdla

Akční členy Většina akčních členů by měla být konstruována s důrazem na maximální spolehlivost. Akční členy proto pravděpodobně budou pružiny s přepalovacími PE pojistkami (silonové vlákno, nebo stuha přepalovaná výkonovým rezistorem) ke spínání proudu do rezistorů může být využit modul [NFET4X01B](#)

Firmware

- Pozemní stanice by měla mít možnost odmítnout vypuštění na základě zadané konfigurace jejího majitele.

Pro zajištění běhu nezávislých procesů by bylo možná vhodné využít [ChibiOS/RT](#)

1.2 Balónová sonda

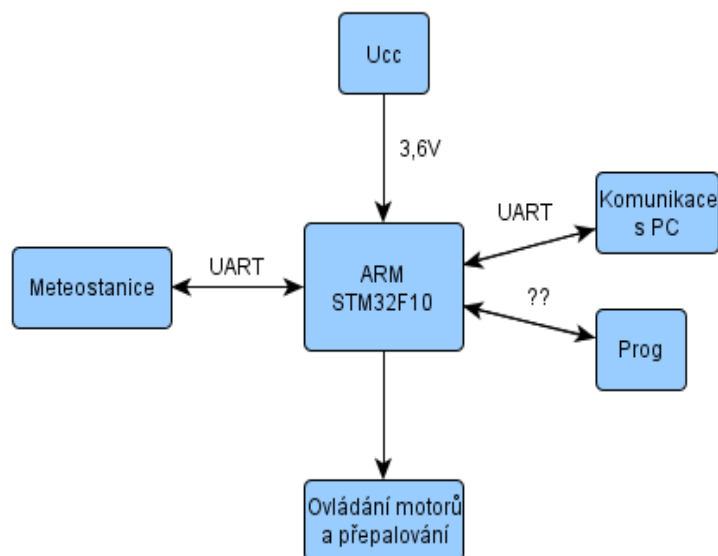
Neletový prototyp sondy bude vyvinut za použití modulů stavebnice [MLAB ATmegaTQ3201A](#), [SDcard01B](#), [GPS01A](#)

1.2.1 Technické parametry

GPS na sondě by měla být udržovaná ve stavu FIX, aby pak nedocházelo ke zpoždění v důsledku čekání na fix.

Komunikace (Telemetrické údaje)

- Primárním cílem je měření rychlosti a směru větru ve známých bodech.
- GPS údaje 10Hz, textový výstup [NMEA](#)
- další veličiny jako teploty, tlaky atd. jsou volitelné.
- Radio maják a akustický maják?



Obrázek 2: Blokové schéma pozemního vypouštěcího boxu

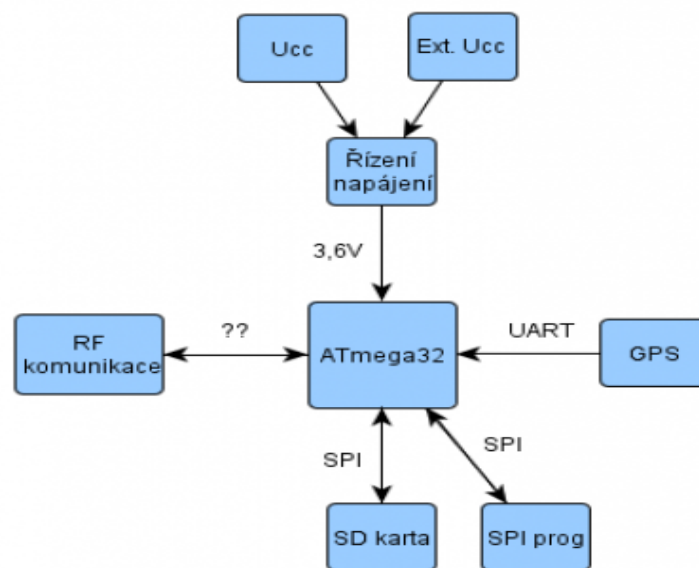
- Radiový přenos telemetrie v pásmu 27-450 MHz: možnost bezlicenčních pásem (SVN: VO-R-16, VO-R-10)
- Radiomoduly: <http://www.artbrno.cz>, <http://www.anaren.com>

GPS je potřeba vybrat tak, aby fungovala i ve větších výškách. ³⁾

Napájení sondy během letu

- **Lithiový článek** (negeneruje teplo, minimální provozní teplota je -60 C)
- Hořčíková baterie (generuje teplo pro temperování elektroniky)
- **Stříbro-oxidový článek** Vydrží nižší provozní teploty a je ekologicky nezávadný.
- Ideální by bylo použití **superkapacitorů**

Řešením problému s nízkou teplotou ve vyšších výškách by mohlo být předebrání sondy při startu.



Obrázek 3: Blokové schéma balónové sondy

Konstrukce

- Balón - PE pytel (kvůli životnosti v zabaleném stavu - guma s časem degraduje) ⁴⁾
- Možnost dálkového odpojení balónu od sondy (ukončení stoupání)
- Prototyp plněný heliem, i ekologičtější. A vodík navíc lze vyrábět chemicky přímo během vypuštění sondy).
- Splnění požadavků na bezpečnost provozu (letovou, majetkovou a personální)

1.3 Řídící systém sítě

1.3.1 Zpracování dostupných dat

- Odhad vektoru meteoru v atmosféře
- Záznam dostupných meteorologických dat pro pozdější rekonstrukci (družicové snímky, aktuálně měřené hodnoty ČHMÚ, radarové snímky)
- sběr dat z jednotlivých stanic
- výpočet vektoru a výškových profilů větru

1.3.2 Rozhodovací proces

Použití nějakého skriptovacího jazyka pro popis procesu ROS?

- Přidělení příkazu ke startu jednotlivým stanicím.
- Přeplánování startu v důsledku neúspěšného vypuštění nebo zamítnutí stanicí.
- Kontrola potenciálního narušení vzdušného prostoru a zakázaných zón.

1.3.3 Správa systému

- registrace jednotlivých stanic a správa uživatelů v kooperaci s projektem **Astrozor**

Reference

- [1] například síť CEMeNt <http://cement.fireball.sk/>
- [2] radiosondy <http://www.radiosonde.eu/>, <http://www.radiosonda.sk/>
- [3] směrnice CoCom <http://en.wikipedia.org/wiki/CoCom#Legacyi>
- [4] projekt Mogul http://cs.wikipedia.org/wiki/Projekt_Moguli

B Příloha - FMECA

Položka číslo	Položka popis	Mód poruchy číslo	Mód poruchy	Možné příčiny	Detekováno	Navrhovaný způsob detekce	Lokální důsledek	Důsledek na systém	Opatření proti poruše	Navrhovaná opatření proti poruše	Třída následků	Intenzita poruchy
1.1	Otevírání víka	1.1.1	Chyba při spuštění programu	Přerušení napájení řídicí elektroniky, mechanické poškození	Logování programu		Nedojde k zahájení sekvence vypuštění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelná odezva hlavnímu sběrnému systému	5	3
		1.1.2	Přerušené spojovací vlákno	Mechanické poškození, vlhkost	Čidlo otevření víka		Může dojít k poškození mechanizace balónového síla / balónu vnějšími vlivy	Při spuštění pravděpodobně nebude balón vůbec vypuštěn, nebo bude poškozen	Není	Periodická kontrola zavření víka řídicím programem	3	2
		1.1.3	Přerušený el. obvod/vadný odpor	Mechanické poškození přírodních kabelů/odporu	Čidlo otevření víka		Zastavení sekvence vypuštění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Periodická měření proudu přepalovacími pojistkami.	4	3
		1.1.4	Špatný kontakt s odporu s vláknem	Pohyb desek víka způsobený manipulací s balónovým sílem	Čidlo otevření víka		Nedojde k přepálení vlákna	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelné kontroly stanice	2	3
		1.1.5	Mechanické poškození, nebo zatížení víka	Přírodní vlivy - sniž, kroupy, vítr ...	Čidlo otevření víka		Nedojde k otevření víka po přepálení vlákna	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelné kontroly stanice	6	3
		1.1.6	Trvale sepnuté čidlo otevření víka	Mechanické poškození, velmi nízké teploty	Ne		Zastavení sekvence vypuštění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	3
		1.1.7	Trvale rozepnuté čidlo otevření víka	Mechanické poškození	Ne		Nafukování balónu se zavřeným víkem	Balón může být poškozený během nafukování	Není	Periodická kontrola zavření víka řídicím programem	3	2
1.2	Napouštění balónu	1.2.1	Chyba programu před/během napouštění balónu	Přerušení napájení řídicí elektroniky, vlhkost	Logování programu		Nedojde k úplnému nafouknutí balónu	Vypuštěný balón nebude schopen stoupat do potřebné výšky	Není	Periodická odezva hlavnímu sběrnému systému	5	2
		1.2.2	Únik helia z tlakové lahve	Mechanické poškození, špatné těsnění ventilu	Ne	Měření tlaku plynové náplně	Nedojde k nafouknutí balónu	Balón nebude schopen letu	Není	Periodická kontrola tlaku v lánvi řídicím programem	3	3
		1.2.3	Ventil propouští příliš nízký tlak	Vlhkost	Ne	Měření průtoku média do balónu	Nedojde k úplnému nafouknutí balónu	Vypuštěný balón nebude schopen stoupat do potřebné výšky	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	2
		1.2.4	Ventil propouští příliš vysoký tlak	Vlhkost	Ne	Měření průtoku média do balónu	Poškození balónu	Balón nebude schopen letu	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	3
		1.2.5	Vadný spoj mezi ventilem a balónem	Výrazné teplotní změny	Ne	Měření průtoku média do balónu	Nedojde k úplnému nafouknutí balónu	Vypuštěný balón nebude schopen stoupat do potřebné výšky	Není	Pravidelné kontroly stanice	4	2
		1.2.6	Poškozený balon	Proražení venkovními vlivy po otevření víka	Ne	Měření vztlaku balónu	Z balónu bude unikat helium	Vypuštěný balón nebude schopen stoupat do potřebné výšky	Není	Kontrola povětrnostních podmínek meteorostanici umístěnou uvnitř balónového síla	2	2

1.3	Spuštění přitlačného mechanismu	1.3.1	Chyba programu před spuštěním přitlačného mechanismu	Přerušení napájení řídicí elektroniky, vlhkost	Logování programu		Nedojde k zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelná odezva hlavnímu sběrnému systému	5	3
		1.3.2	Přerušený el. obvod/vadný odpor	Mechanické poškození přívodních kabelů/odporu	Čidlo spuštění mechanismu		Zastavení sekvence vypuštění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Periodická měření proudu přepalovacími pojistkami.	3	3
		1.3.3	Špatný kontakt odporu s vláknem	Pohyb přitlačného mechanismu způsobený manipulací s balónovým sílem	Čidlo spuštění mechanismu		Nedojde k přepálení vlákna	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelné kontroly stanice	2	3
		1.3.4	Poškození samotného přitlačného mechanismu	Mechanické poškození, vlhkost, velmi nízké teploty	Čidlo spuštění mechanismu		Nedojde k zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	3
		1.3.5	Přerušené spojovací vlákno	Mechanické poškození, vlhkost	Čidlo spuštění mechanismu		Nedojde k nafouknutí balónu	Balón nebude schopen letu	Není	Periodická kontrola přitlačného čidla mechanismu řídicím programem	3	3
		1.3.6	Trvale sepnuté čidlo přitlačného mechanismu	Mechanické poškození	Ne		Nedojde k zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Periodická kontrola přitlačného čidla mechanismu řídicím programem	3	3
		1.3.7	Trvale rozepnuté čidlo přitlačného mechanismu	Mechanické poškození, velmi nízké teploty	Ne		Zastavení sekvence vypuštění balónu	Balón může být poškozený během nafukování	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	2
1.4	Zatažení a uvolnění balónu	1.4.1	Chyba programu před spuštěním zatažení a uvolnění balónu	Přerušení napájení řídicí elektroniky, vlhkost	Logování programu		Nedojde k zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Pravidelná odezva hlavnímu sběrnému systému	5	3
		1.4.2	Přerušený el. obvod/vadný odpor	Mechanické poškození přívodních kabelů/odporu	Ne	Měření proudu přepalovacími pojistkami	Nedojde k zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn	Není	Periodická měření proudu přepalovacími pojistkami	3	3
		1.4.3	Špatný kontakt balónu s tavicími deskami	Pohyb balónu způsobený manipulací s balónovým sílem	Ne		Nedojde k úplnému zatažení a uvolnění balónu	Balón nebude vypuštěn, nebo správně utěsněn	Není	Pravidelné kontroly stanice	2	3

Položka číslo	Položka popis	Mód poruchy číslo	Mód poruchy	Možné příčiny	Detekováno	Navrhovaný způsob detekce	Lokální důsledek	Důsledek na systém	Opatření proti poruše	Navrhovaná opatření proti poruše	Třída následků	Intenzita poruchy
2.1	Komunikace se sítí stanic	2.1.1	Ztráta spojení se sítí stanic	Ztráta GSM signálu, přerušování datového kabelu	Ne	odězva hlavnímu sběrnému systému	Ztráta naměřených dat	Získaná data nejsou dopravena do hlavního sběrného systému	Není	Obohatit balónové silo o paměťový modul, který bude udržovat získané informace po dobu ztráty spojení	6	3
2.2	Sběr meteorologických dat	2.2.1	Porucha meteostanice	Vadné napájení, mechanické poškození, vlhkost	Ne	Validace přijatých dat	Přijátá data jsou chybná, nebo nekompletní	Na základě přijatých dat nelze dostatečně zpřesnit trajektorii meteoru	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	2
		2.2.2	Porucha GPS	Vadné napájení, mechanické poškození, vlhkost	Ne	Validace přijatých dat	Přijátá data jsou chybná, nebo nekompletní	Na základě přijatých dat nelze dostatečně zpřesnit trajektorii meteoru	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	2
2.3	Přijem telemetrie z radiosond	2.3.1	Ztráta spojení s balónem	Vadné napájení, mechanické poškození, vlhkost	Ne		Data z balónu nejsou přijata	Získaná data nejsou dopravena do hlavního sběrného systému	Není	Pravidelné kontroly stanice	3	3

C Příloha - Checklist

Checklist Autovypouštěč

- 1) Zapnutý zdroj
- 2) Připojený zdroj
- 3) Konektory na místě
- 4) Připojený balón
- 5) Odjištěný přítlačný mehachanismus
- 6) Spojená střecha, správná poloha zajišťovacího pásku
- 7) Připojené červené dráty od otevíracího mechanismu střechy
- 8) Připojené žluté dráty od gilotiny
- 9) Připojené Hnědé dráty od tavícího mechanismu
- 10) Připojené černé dráty od obou spínačů
- 11) Připojené piny procesoru na spínače
- 12) Správně nasazená střecha na spínač
- 13) Natažená gilotina
- 14) Otevřená lahev s héliem
- 15) Otevřený výstup z regulátoru
- 16) Dráty od střechy musí být na horní policiče, ne pod ní
- 17) Trubice pro nohavici musí být otočena výřezem dovnitř poličky
- 18) správně nasazená horní police
- 19) kontrola tlaku na výstupu z regulačního ventilu