

Oponentský posudek disertační práce nazvané
“Studium elektromagnetických vln hvizdového modu v plazmatu magnetosféry Země”,
vypracované Mgr. Evou Macúšovou

1. Obecné hodnocení

Práce se zabývá elektromagnetickými vlnami šířícími se v hvizdovém modu v plazmovém prostředí zemské magnetosféry. Práce klade důraz zejména na experimentální studium emisí typu chorus, které jsou generovány interakcí s energetickými elektrony v rovině geomagnetického rovníku ve vzdálenostech cca 4 až 11 zemských poloměrů. Autorka pro svou experimentální práci používá družicová měření, a to zejména data z projektů CLUSTER a DOUBLE STAR.

Studium emisí typu chorus je důležité proto, že během své interakce s energetickými elektrony tyto emise ovlivňují dynamiku radiačních pásů. V důsledku výše zmíněné interakce může docházet jak ke změně tzv. pitch úhlu energetických elektronů a následnému posunutí odrazu částic zachycených v systému magnetických zrcadel, tedy k jejich vysypání/zániku v atmosféře Země, tak i k urychlování těchto částic na relativistické energie. Lepší pochopení dynamiky radiačních pásů může vést k účinnějším opatřením chránící technologické systémy družic. Dynamika radiačních pásů rovněž souvisí s tzv. kosmickým počasím, které může při geomagnetických bouřích a subbouřích ovlivňovat i energetické systémy na Zemi.

Práce je přehledně uspořádána. V úvodní kapitole se autorka zabývá popisem zemské magnetosféry a základních fyzikálních jevů, které v ní probíhají. Poté následuje přehledná rešerše současných znalostí o emisí typu chorus založená na studiu řady článků v mezinárodních časopisech. Tato rešerše zahrnuje jak teoretické práce tak výsledky experimentálních měření. Nutno poznamenat, že generace diskretních chorových elementů a jejich některé vlastnosti dosud nebyly zcela vysvětleny. Vlastní autorčina práce je představena zejména v kapitole 6 a v příložených 8 publikacích, v nichž je Mgr. Eva Macúšová první autorkou či spoluautorkou.

Mgr. Eva Macúšová ve své práci prezentuje výsledky statistického výzkumu chorové emise, ukazuje v kterých oblastech magnetosféry jsou tyto emise pozorovány a popisuje jaké jsou spektrální vlastnosti těchto emisí. Důležitou součástí práce je i analýza sklonu (frekvenční změny v čase) jednotlivých chorových elementů (df/dt) a závislosti tohoto sklonu (df/dt) na parametrech prostředí, zejména hustotě plazmatu. Zejména tuto část považuju osobně za podstatný přínos pro současný výzkum chorových emisí a interakce mezi vlnami a částicemi. Autorka zde porovnává výsledky experimentálního pozorování s teoretickými modely generace chorových elementů, což je důležité pro pochopení rolí jednotlivých fyzikálních procesů, které hrají roli při výše zmíněných interakcích.

Mé hodnocení předkládané práce je kladné, práci považuju za velmi zdařilou a originální. Je zřejmé, že autorka odvedla značný kus práce a výsledky své práce jakož i studovanou problematiku dokázala přehledně popsat. Přesto jsem v práci narazil na několik drobných nepřesností (většinou je zřejmé, že jde pouze o přepsání) či bodů, které by podle mého názoru zasloužily podrobnější vysvětlení. Jejich výčet uvádím níže

2. Seznam některých drobných nepřesností (zpravidla překlepy či formální věci) a námětů do diskuze

1, strana 12, „*Ked sa častica pohybuje pozdĺž siločiar smerom k Zemi, intenzita magnetického pola klesá,...*“ Správně by mělo být, že intenzita magnetického pole roste. Zbylá část tvrzení je v pořádku.

2, strana 12, zde by bylo vhodné též poznamenat, že k vysypávání částic ze zemské magnetosféry dochází často v oblasti tzv. South Atlantic Anomaly, kde je nižší hodnota magnetického pole a tudíž bod odrazu (magnetické zrcadlo) se přiblíží směrem k Zemi.

3, strana 15, popis Obr. 2.4. Přesnější by bylo tvrzení, že stanice ISS se nachází nad maximem ionosféry (v tzv. topside ionosféře), než, že se nachází mezi ionosférou a vnitřním RP.

4, v rovnicích (2.6) a (2.7) na str.19 by správně měla být příslušná úhlová frekvence ω nikoliv f , kde $\omega=2\pi f$, jak je správně definováno v posledním odstavci na str. 19. Stejný problém je na str. 30 v textu v závorce (pod rovnicí 3.9)

5, strana 21, „pre studenú zmagnetizovanú plazmu (anizotropné prostredie) má polárny diagram pre povrch indexu lomu pre frekvenčné pásma $0 < f < 1/2f_{ce}$ a $1/2f_{ce} < f < f_{ce}$ rozdielny tvar.“

Přesnější by bylo tvrzení, respektive dělení na tři následující frekvenční pásma (uvažujeme-li pro jednoduchost pouze elektron-protonové plazma): $0 < f < f_{lh}$, $f_{lh} < f < 1/2f_{ce}$ a $1/2f_{ce} < f < f_{ce}$, kde f_{lh} je kmitočet dolní hybridní resonance popisovaný na předchozí straně.

Rovněž se domnívám, že by na tomto místě bylo vhodné zmínit o jaké tvary jde, než jen konstatovat, že jsou rozdílné.

6, strana 49, „*Eliplicita emisie je >0.7*“. Bylo by vhodné uvést někde definici elipticity a provést diskuzi, jak elipticita pro dané kmitočty závisí na úhlu vlnové normály k magnetickému poli θ . Domnívám se, že je potenciálně možné, že toto kritérium může ze studie vyřadit vlny šířící se pod úhlem blízko rezonančnímu kuželu.

7, str. 54, třetí odrážka, „*háky...obr.D.15*“ Myslím, že obr. D.15 spíše ukazuje rostoucí tóny v horním pásmu a klesající tóny ve spodním pásmu, než háky.

8, kapitola „Multi-pásmové emise“, Na obrázku D.13 mají dva „již dříve známé pásy“ podstatně větší amplitudu (spektrální hustotu) než další pásy. Je tomu tak vždy?

9, kapitola 6.2.4., z textu není zcela zřejmé jaký je rozdíl mezi tzv. novými hodnotami plazmové hustoty n_e a původními.

Rovněž není zřejmé, zda autorka použila vážené nebo nevážené nejmenší čtverce při fitování naměřených dat df/dt . Z toho, že váhy v textu nejsou zmíněné, domnívám se, že použity byly nevážené nejmenší čtverce. Vzhledem k tomu, že odhady nepřesností pro jednotlivé body jsou známé, je pravděpodobné, že vážené nejmenší čtverce by mohly poskytnout přesnější výsledek (fit).

10, str. 65, „*Zistili sme, že horný pás emisie pokrýva menší interval vzdialeností od Zeme ($L < 8$) ako horný pás ($L < 12$).*“ V druhém případě ($L < 12$) by mělo jít o dolní, nikoliv horní pás.

3. Vhodné otázky pro doktoranda

Za vhodné otázky pro doktoranda považuji rozvinutí, lépe řečeno podrobnější vysvětlení některých bodů, které v textu byly uvedeny velmi stručně. Zejména mám na mysli body 5, 6 a 8 z předchozí kapitoly tohoto posudku.

a) Jaký je tvar povrchu indexu lomu pro různá kmitočtová pásma (viz bod 5)

$0 (f_{ci}) < f < f_{lh}$, $f_{lh} < f < 1/2f_{ce}$ a $1/2f_{ce} < f < f_{ce}$

a jak tento tvar ovlivňuje možné šíření vln ve vlnovodu, které bylo v práci zmíněno?

b) Definice elipticity vlny, a jak její hodnota závisí na úhlu vlnového vektoru k magnetickému poli pro kmitočty chorových emisí v dolním a horním pásmu (viz bod 6).

c) Jaké jsou typické poměry amplitud (spektrálních hustot) pro jednotlivá pásma v případě pozorování multi-pásmové emise?

4. Závěr

Práce přehledně popisuje vlastnosti chorových emisí v prostředí zemské magnetosféry a autorčin vlastní příspěvek k výzkumu těchto emisí. Práci hodnotím jako výbornou, našel jsem v ní pouze několik drobných nedostatků převážně formálního či subjektivního charakteru, a několik drobných překlepů. Autorka prokázala, že problematiku dobře nastudovala, a že je schopná tvůrčí práce. Mgr. Eva Macušová je dobře začleněna do mezinárodních kolektivů a výzkumů, jak dokládají i její četné publikace. Jak jsem již zmínil, za velký přínos považuji zejména její porovnání experimentálně zjištěných hodnot sklonu chorových elementů df/dt s teoretickými modely.

Práci doporučuji k přijetí.