

Písemná zpráva o řešení studentského fakultního grantu
(podle §6 Stipendijního řádu Matematicko-fyzikální fakulty)

Název projektu: Vlny hvizdového módu ve vnějších oblastech magnetosféry Země.

Řešitelská skupina: Eva Macúšová a Katarína Gereová, 3. ročník

Vedoucí projektu: RNDr. Ondřej Santolík, Dr., KEVF

Charakter projektu: zpracování experimentálních dat

Termín ukončení projektu: 30. září 2003

Průběh řešení projektu

V rámci řešení projektu jsme se nejprve seznamovaly s daty získanými družicemi Cluster, především s ohledem na emise plazmových vln hvizdového módu. Provedly jsme prohlídku dostupných měření a vytvořily jejich seznam.

Zjistily jsme, že mezi nejintenzivnější přírodní plasmatické vlny, které se šíří ve hvizdovém módu ve vnitřní magnetosféře Země patří elektromagnetické chórové emise, ekvatoriální (rovníkový) šum a aurorální sykot.

Nejdůležitější otázky kterými jsme se zabývaly v následující analýze jsou:

- Jaké jsou průměrné intenzity vln ve hvizdovém módu v radiální vzdálenosti 4 poloměry Země.
- Jaká je jejich průměrná polarizace a způsob šíření.
- Jak tyto průměrné vlastnosti závisí na magnetickém lokálním čase.

Množina dat, kterou jsme pro systematickou analýzu použily pochází z dvou let systematického měření přístrojů STAFF-SA na palubě čtyř družic Cluster. Získali jsme 752 datových intervalů, kdy družice Cluster byly v rovníkové oblasti blízko k perigeu jejich dráhy. Pro polarizaci a šíření vln jsme použily 3 magnetické a 2 elektrické antény družice.

Pro analýzu jsme nejprve sestrojili průměrné spektrogramy. Použili jsme 65 intervalů magnetické šířky rozdělenou mezi -65 a 65 stupňů magnetické šířky (MLat) a 27 frekvenčních intervalů mezi 8 Hz a 4 kHz. V každém takovémto “šířkově-frekvenčním“ intervalu jsme spočetli průměrné hodnoty ze získaných měření. V průměrných spektrogramech pro fluktuační magnetického a elektrického pole jsme určovali průměrné intenzity těchto vln. Z v průměrných spektrogramů pro podélnou složku Poyntingova vektoru normalizovanou její směrodatnou odchylkou $S_{\parallel} / \sigma S_{\parallel}$ jsme určovali směr šíření vln.

Pro určování některých vlastností bylo vhodné hodnoty v průměrných spektrogramech omezovat pro intenzivnější případy. Dělali jsme to například pro elipticitu a planaritu (zjišťování polarizace vln) .

Určování závislosti šíření emisí na magnetickém lokálním čase (MLT) a na radiální vzdálenosti (R) od Země jsme také prováděli z vytvořených příslušných histogramů.

Dosažené výsledky

- Emise ve hvizdovém módu mají průměrnou spektrální hustotu v intervalu 10^{-7} – 10^{-6} $\text{nT}^2 \text{Hz}^{-1}$, když jsou blízce k rovníkové oblasti (ekvatoriální šum) a 10^{-8} – 10^{-7} $\text{nT}^2 \text{Hz}^{-1}$ ve vyšších šířkách s charakteristickou klesající frekvencí (chóry, sykot). V aurorální oblasti jsou pozorovány elektrostatické emise.
- Poytingův vektor chóru je jednoznačně orientován směrem od rovníkové roviny, přičemž aurorální sykot se šíří směrem k rovníkové rovině.
- Ve všech sektorech magnetického lokálního času (MLT) jsou pozorovány stejné intenzity vln a stejná podélná složka Poyntingova vektoru. V MLT sektorech na ranní straně (03-09 MLT) a na večerní straně (15-21 MLT) lze též pozorovat odražené emise typu chorus o frekvencích několika set Hz, šířících se směrem k rovníku.
- Percentuální stupeň výskytu intenzivních vln s magnetickou spektrální hustotou větší než 10^{-6} $\text{nT}^2 \text{Hz}^{-1}$ se mění mezi 10% (chórus, sykot) a 20% (rovníkový šum).
- Ve zdrojové oblasti intenzivních vln (tj. v blízkosti rovníkové roviny) je vlnový vektor intenzivních vln rovnoběžný s magnetickým polem Země.
- Průměrné polarizační složky jsou různé pro rovníkový šum a pro chorus. Rovníkový šum je lineárně polarizovaný, přičemž chorus má pravotočivou kruhovou polarizaci.
- Relativní stupeň výskytu intenzivních chórových emisí má tendenci klesat v radiální vzdálenosti nad 4,2 Zemských poloměrů. Maximální stupeň výskytu intenzivních emisí je v denním sektoru MLT (09-15) a v ranním sektoru, což je konzistentní s předchozími výsledky.

Využití výsledků projektu

1. Seznam vlnových měření družic Cluster vytvořený v počátku projektu je využíván k dalším analýzám.
2. Výsledky projektu byly použity v následujících příspěvcích na mezinárodních konferencích:
 - Santolík, O., F. Němec, K. Gereová, E. Macúšová, Statistical study of equatorial noise below the local lower hybrid frequency observed by Cluster, Spatio-Temporal Analysis and Multipoint Measurements in Space, Orleans, France, 12-16 May 2003; abstracts p. 18.
 - Němec, F., Santolík, O., Gereová, K., Macúšová, E., Cluster Observations of Equatorial Noise Below the Lower Hybrid Frequency, Magnetospheric Response to Solar Activity, September 9-12, 2003, Charles University, Prague. Abstracts p. 69.
 - Macúšová, E., Gereová, K., Santolík, O., Němec, F., Systematic Analysis of Whistler-mode Emissions Observed by Cluster in the Low-latitude Magnetosphere, Magnetospheric Response to Solar Activity, September 9-12, 2003, Charles University, Prague. Abstracts p. 65.

- Gereová, K., Macúšová, E., Santolík, O., Němec, F., Analysis of Whistler-mode Emissions Observed by Cluster, 6th Cluster Workshop, 29 September to 3 October 2003, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands.
3. Výsledky projektu byly použity v následující práci zasláné do mezinárodního časopisu
- Santolík, O., F. Němec, K. Gereová, E. Macúšová, N. Cornilleau-Wehrin, Systematic analysis of equatorial noise below the lower hybrid frequency, submitted, *Annales Geophysicae*, 2003.
4. Výsledky projektu byly použity v následující práci připravované k zaslání do mezinárodního časopisu :
- Němec, F., Santolík, O., Gereová, K., Macúšová, E., Cluster Observations of Equatorial Noise Below the Lower Hybrid Frequency, in preparation, *Planetary and Space Science*, 2003.

V Praze dne 13. října 2003

Eva Macúšová a Katarína Gereová, 3. ročník

Vyjádření vedoucího projektu

S předkládanou zprávou plně souhlasím. Kolegyně Macúšová a Gereová se s velkým nasazením zapojily do systematické práce na analýze dat družic Cluster o čemž svědčí výše uvedený seznam publikací a konferenčních příspěvků. Rád proto doporučuji vyplacení druhé části stipendia.

Existuje-li možnost zvýšení vyplácené částky, jak napovídá formulace ve stipendijním řádu fakulty, vřele doporučuji takové možnosti v tomto případě využít.

Ondřej Santolík, KEVF