

Návrh studentského fakulního grantu (podle §6 Stipendijního řádu Matematicko-fyzikální fakulty)

Název projektu: Studium šíření rovníkového šumu z dat družic Cluster

Řešitel: František Němec, 2. ročník

Vedoucí projektu: RNDr. Ondřej Santolík, Dr.

Charakter projektu: zpracování experimentálních dat

Termín ukončení projektu: 30. září 2003

Popis projektu:

Současný stav řešení příslušné problematiky

Sluneční vítr vytváří při svém obtékání magnetického pole Země oblast zvanou magnetosféra, kde je plazma především pod vlivem přibližně dipólového magnetického pole Země. V magnetosféře je možno pozorovat různé vlnové jevy. Jedním z takových jevů jsou elektromagnetické emise ve hvizdovém módu označované jako rovníkový šum [1]. Jsou tvořeny vlnami šířícími se v těsné blízkosti roviny geomagnetického rovníku na frekvencích od několika Hz až po stovky Hz. První pozorování z počátku sedmdesátých let [7] ukázala, že se tyto intenzivní vlny vyskytují v úzké oblasti do 2° geomagnetické šířky od rovníku, na frekvencích mezi dvojnásobkem lokální protonové cyklotronové frekvence a polovinou spodní hybridní frekvence a že magnetické pole nesené vlnou je polarizováno lineárně. To odpovídá vlnovým vektorům hvizdového módu odkloněným o méně než 1° od roviny geomagnetického rovníku. Pozdější měření na radiálních vzdálenostech od 2 do 3.5 poloměrů Země [2] poněkud rozšířila oblast výskytu rovníkového šumu na 10° v okolí rovníku, ale především převrátila dosavadní představy o frekvenčním spektru této vlnové emise. Podrobná data z širokopásmového analyzátoru ukázala, že spektrum je složeno z velkého množství diskrétních čar na různých frekvencích. Označení „rovníkový šum“ je zde tedy poněkud zavádějící, ale je z historických důvodů zachovááno.

D. Gurnett v práci [2] navrhl, že zmíněné diskrétní čáry vznikají iontovou cyklotronovou rezonancí na různých místech v rovině geomagnetického rovníku, odkud se vlny šíří v elektromagnetickém hvizdovém módu do místa pozorování. Pozdější práce [6] obsahuje statistickou studii na nízkých frekvencích mezi 0.2 a 12 Hz a na radiálních vzdálenostech 4-8 poloměrů Země. Současná měření energetických částic vedla k hypotéze, že vlny jsou generovány nestabilitou prstencové rozdělovací funkce protonů. Práce [4, 3], zabývající se směry šíření rovníkového šumu, vedly k závěru, že se vlny šíří v rovníkové rovině azimutálně okolo Země. To, striktně vzato, odporuje pozorování diskrétních čar, které se neshodují s násobky lokální cyklotronové frekvence odpovídající radiální vzdálenosti místa, kde jsou vlny pozorovány. Tato pozorování však lze dobře vysvětlit připustíme-li, že směr šíření vln má i radiální složku.

Práce [10] ukazuje časově prostorovou proměnnost rovníkového šumu za pomoci současného měření družic projektu Cluster v ranním sektoru vnější plazmasféry. Ve shodě s předchozími měřeními jsou vlnové emise detekovány v úzkém intervalu magnetických šířek v rozmezí 2° poblíž geomagnetického rovníku. Výkonová spektra, měřená současně na třech různých místech, ukazují složitou strukturu emisních čar, jejichž relativní intenzita i frekvence je proměnná na časových intervalech o typickém trvání 1-2 minuty a na typických vzdálenostech srovnatelných s několika desítkami vlnových délek. Poloha těchto čar neodpovídá násobkům lokálních iontových cyklotronových frekvencí. Vlny se tedy do místa pozorování musely šířit z vzdálené

zdrojové oblasti, umístěné na radiální vzdálenosti odlišné od místa pozorování. Tato práce také práci přináší první přímou detekci radiální složky vlnového vektoru.

Jak je patrné z tohoto krátkého rozboru, jsou současné znalosti o rovníkovém šumu značně neúplné a zvláště statistické vlastnosti šíření těchto vln jsou neprobádanou oblastí. Protože tato emise může hrát důležitou roli, např. v dynamice radiálních pásů Země, je její další výzkum důležitý i pro vlivy energetických částic na systémy družic a kosmických lodí a na radiální ohrožení posádek.

Cíle projektu a časový harmonogram

Cílem projektu je získání nových informací o šíření rovníkového šumu za použití dat družic Cluster. Cluster je jedním ze současných vědeckých projektů Evropské kosmické agentury. Skládá se ze čtyř identických družic vypuštěných v létě 2000 a umístěných na velmi podobné protáhlé eliptické dráhy. Přístroj STAFF [1, 5] (z anglického Spatio-Temporal Analysis of Field Fluctuations), postavený v laboratoři CETP ve Vélizy u Paříže a na observatoři v Meudonu, je určen pro analýzu elektromagnetických a elektrostatických vln v plazmatu magnetosféry Země a ve slunečním větru.

Postupné cíle lze definovat následovně:

- Sestavení seznamu případů pozorování rovníkového šumu družicemi projektu Cluster. Předpokládáme že dospějeme k několika desítkám pozorování. (do 15. 1. 2003).
- Použití existujícího programového vybavení pro zpracování dat k vytvoření datových souborů vhodných pro další zpracování (do 15. 3. 2003).
- Aplikace různých metod analýzy vícerozměrných vlnových měření [11, 8, 9] na získané datové soubory (do 30. 5. 2003).
- Podrobné zpracování výsledků, porovnání s existujícími poznatky a spolupráce na přípravě publikace (do 30. 9. 2003).

Výsledky projektu

Systematické zpracování dostupných experimentálních dat týkajících se rovníkového šumu by v optimálním případě mohlo podstatně přispět k pochopení zdrojového mechanismu této vlnové emise, a tím i k otevření cesty k dalšímu výzkumu vlivu těchto vln na energetické částice v magnetosféře Země.

Předpokládáme, že úspěšné řešení projektu bude završeno přípravou referátu na mezinárodní konferenci Americké geofyzikální unie (San Francisco, prosinec 2003) a přípravou následné publikace v časopise. V případě rychlejšího postupu prací by případné první výsledky mohly být představeny i na mezinárodní konferenci Evropské geofyzikální společnosti (Nice, duben 2003).

Literatura

- [1] Cornilleau-Wehrin N., Chanteur G., Perraut S., Rezeau L., Robert P., Roux A., Villedary C. de, Canu, P., Maksimovic M., Conchy, Y. de, Hubert D., Lacombe, C., Lefeuvre, F., Parrot M., Pincon, J.L., Decrau P.M.E., Harvey C.C., Louarn Ph., Santolík, O., Alleyne H.St.C., M. Roth and STAFF team, First results obtained by the Cluster STAFF experiment, in press, Ann. Geophys., 2002.

- [2] Gurnett, D. A., Plasma wave interactions with energetic ions near the magnetic equator, *J. Geophys. Res.*, *81*, 2765–2770, 1976.
- [3] Kasahara, Y., H. Kenmochi, and I. Kimura, Propagation characteristics of the ELF emissions observed by the satellite Akebono in the magnetic equatorial plane, *Radio Sci.*, *29*, 751–767, 1994.
- [4] Laakso, H., H. Junginger, A. Roux, R. Schmidt, and C. de Villedary, Magnetosonic waves above f_c (H+) at geostationary orbit: GEOS 2 results, *J. Geophys. Res.*, *95*, 10,609–10,621, 1990.
- [5] Maksimovic, M., C.C. Harvey, O. Santolík, C. Lacombe, Y. de Conchy, D. Hubert, F. Pantellini, N. Cornilleau-Wehrlin, I. Dandouras, E.A. Lucek, and A. Balogh, Polarisation and propagation of Lion Roars in the dusk side Magnetosheath, *Ann. Geophys.*, *19*, 1429–1438, 2001.
- [6] Perraut, S., A. Roux, P. Robert, R. Gendrin, J.-A. Sauvaud, J.-M. Bosqued, G. Kremser, and A. Korth, A systematic study of ULF waves above F_{H^+} from GEOS 1 and 2 measurements and their relationships with proton ring distributions, *J. Geophys. Res.*, *87*, 6219–6236, 1982.
- [7] Russell, C. T., R. E. Holzer, and E. J. Smith, OGO 3 observations of ELF noise in the magnetosphere: 2. The nature of the equatorial noise, *J. Geophys. Res.*, *73*, 755–768, 1970.
- [8] Santolík, O., and M. Parrot, Application of wave distribution function methods to an ELF hiss event at high latitudes, *J. Geophys. Res.*, *105*, 18,885–18,894, 2000.
- [9] Santolík, O., M. Parrot, and F. Lefeuvre, SVD methods for wave propagation analysis, 10.1029/2000RS002523, in press, *Radio. Sci.*, 2002.
- [10] Santolík, O., J. S. Pickett, D. A. Gurnett, M. Maksimovic, N. Cornilleau-Wehrlin, Spatio-temporal variability and propagation of equatorial noise observed by Cluster, 10.1029/2001JA009159, in press, *J. Geophys. Res.*, 2002.
- [11] Storey, L. R. O., and F. Lefeuvre, The analysis of 6-component measurement of a random electromagnetic wave field in a magnetoplasma, 2. The integration kernels, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, *62*, 173–194, 1980.