

MÔ HÌNH DÒNG ĐIỆN XÍCH ĐẠO TỪ SỐ LIỆU VỆ TINH CHAMP

LÊ TRƯỜNG THANH, DOUMOUYA VAFI,
LÊ HUY MINH, HÀ DUYÊN CHÂU

I. MỞ ĐẦU

Hiện tượng tăng bất thường biên độ ngày đêm thành phần nằm ngang của trường địa từ trong một dải hẹp $\pm 3^\circ$ khoảng dọc theo xích đạo từ gây bởi một hệ dòng điện hướng về phía đông chạy trong lớp E của tầng điện ly, được Chapman [5] gọi là dòng điện xích đạo (Equatorial Electrojet - EEJ).

Trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu về EEJ hay mô hình lý thuyết về EEJ được công bố [1, 6, 7, 14, 18] nhất là từ khi thiết lập được trạm ghi số liệu gắn xích đạo từ tại Huancayo (Peru) và nhiều đài quan sát địa từ về cả hai phía của xích đạo từ. Ngày nay, việc nghiên cứu EEJ cũng đã dựa trên nhiều loại số liệu khác nhau như số liệu từ các trạm radar, tên lửa [4, 18], từ nhiều vệ tinh khác nhau (POGO, Orsted, Magsat, CHAMP...[1, 12]).

Một số mô hình lý thuyết về EEJ của A.D. Richmond [14], T.J. Sabaka [15], R.J. Stening [16] xây dựng đã góp phần giúp chúng ta hiểu rõ hơn về cơ chế hình thành, thời gian xuất hiện, cường độ cũng như các kích thước hình học (độ cao, bề rộng...) của EEJ. Sau này, nhờ có chuỗi số liệu với thời gian dài hơn của các trạm gắn xích đạo từ, cho phép xây dựng những mô hình phức tạp hơn (Agu [1]).

Việc nghiên cứu về EEJ cũng được nhiều nhà nghiên cứu địa từ Việt Nam quan tâm [9, 10, 11, 17], trong hầu hết các công trình này các tác giả đã sử dụng số liệu từ các trạm địa từ trên mặt đất của Việt Nam (Bạc Liêu) và của một số nước khác trên thế giới (Ấn Độ, Peru...). Tuy nhiên, việc sử dụng số liệu trường địa từ của các trạm trên mặt đất có hạn chế do việc phân bố các trạm không đồng đều, và nhất là việc không có số liệu ở các đại dương, nên xây dựng mô hình EEJ theo số liệu mặt đất thường không chính xác. Tại Việt Nam chưa có một nghiên cứu nào về EEJ dựa trên số liệu thu được từ các vệ tinh, trong bài báo này chúng tôi sử dụng số liệu

trường từ ghi trên vệ tinh CHAMP để nghiên cứu về EEJ trên toàn cầu nhờ áp dụng phương pháp mới để tách phân ảnh hưởng của EEJ từ số liệu trường từ thu được. Dựa vào biên độ EEJ tính được, chúng tôi đã xây dựng mô hình phân bố của EEJ trên toàn cầu cũng như tính toán các thành phần trường từ do EEJ gây ra, tạo cơ sở ban đầu cho nghiên cứu về EEJ một cách hệ thống sẽ tiến hành sau này như tìm hiểu về EEJ ở vùng Việt Nam, so sánh EEJ thu được trên vệ tinh và số liệu mặt đất hay nghiên cứu biến thiên theo thời gian của EEJ.

II. TÍN HIỆU EEJ TỪ SỐ LIỆU VỆ TINH CHAMP

1. Giới thiệu về vệ tinh CHAMP

Vệ tinh CHAMP được thiết kế và chế tạo bởi Trung tâm Khoa học Quốc gia Đức với trọng lượng 750 kg, được phóng từ bệ phóng COSMOS của Nga, bắt đầu cho số liệu liên tục từ ngày 15-7-2000 đến nay. Trên boong vệ tinh có nhiều thiết bị cho phép thu được nhiều loại số liệu khác nhau như trường trọng lực, nồng độ khí oxy, khí nitơ, thời gian chuẩn (dùng đồng hồ thạch anh), định vị GPS, trường từ (trường tổng F, và ba thành phần X, Y, Z, với độ phân giải 0,01 nT). Với thiết kế đặc thù để nghiên cứu vùng xích đạo từ, nên vệ tinh CHAMP có độ cao bay khá thấp ở khoảng 390 - 450 km so với bề mặt Trái Đất, quỹ đạo gần như vuông góc với xích đạo địa lý (ngiên 87,3°). Trung bình, một ngày vệ tinh CHAMP bay qua xích đạo từ khoảng 30 lần (bay 90 phút cho một vòng quanh Trái Đất), nhưng có những thời gian không bay qua xích đạo vào giữa trưa (giờ địa phương) và quỹ đạo cũng như độ cao được điều khiển tùy theo mục đích nghiên cứu nên cần phải chú ý trong quá trình xử lý số liệu.

2. Xử lý số liệu

Trong bài báo này chúng tôi sử dụng một tập hợp số liệu trường tổng (F) cả năm 2003 thu được

từ vệ tinh CHAMP (số liệu do Viện Vật lý Địa cầu Paris cung cấp), bao gồm 158 ngày trường từ yên tĩnh (chọn những ngày có chỉ số am < 20 nT [13]). Với hơn 2 triệu điểm đo cho 1.345 lát cắt số liệu vệ tinh ngang qua xích đạo vào giữa trưa địa phương (từ 10 đến 14 giờ địa phương), quy ước một lát cắt số liệu là tập hợp số liệu khi quỹ đạo của vệ tinh bay qua xích đạo từ theo một kinh tuyến bất kỳ. Công việc đầu tiên của quá trình xử lý số liệu là loại bỏ nhiễu trong quá trình đo đạc, do tốc độ lấy mẫu trên vệ tinh là 1 Hz nên trong chuỗi số liệu ghi được thường xuất hiện nhiễu đo đạc, việc lọc nhiễu được thực hiện nhờ các bộ lọc khác nhau, trong bài báo này chúng tôi sử dụng bộ lọc là các đa thức bậc rất cao (bậc trong khoảng 60-90) trong quá trình tính toán để loại bỏ những giá trị nằm ngoài quy luật. Tiếp theo, chúng ta phải tách được phần ảnh hưởng của EEJ từ số liệu đo đạc.

Như chúng ta đã biết, trường tổng (F) đo đạc tại một điểm bất kỳ trên mặt đất cũng như trên vệ tinh được đóng góp bởi 3 phần chính : trường từ chính có nguồn gốc bên trong nhân Trái Đất (Fp), trường của vỏ Trái Đất (Fc), trường từ có nguồn gốc bên ngoài (Fe) và :

$$F = F_p + F_c + F_e \quad (1)$$

- **Fp** : có thể tính được nhờ mô hình trường từ chuẩn quốc tế (IGRF). Để tính toán phần ảnh hưởng của trường có nguồn gốc bên trong từ số liệu vệ tinh CHAMP cho năm 2003, chúng tôi sử dụng mô hình IGRF (niên đại 2003.5). Trong đó, việc lựa chọn bậc để khai triển hàm điều hoà cũng là một việc khá quan trọng, nếu ta chọn bậc quá cao có thể làm giảm tín hiệu cần quan tâm và ngược lại. Qua nhiều tính toán khác nhau việc sử dụng với hàm điều hoà bậc 14 cho số liệu vệ tinh CHAMP là tối ưu.

- **Fc** : phụ thuộc vào vị trí đo đạc và coi như không đổi trong suốt thời gian nghiên cứu.

- **Fe** : có thể do nhiều nguồn từ các tầng khác nhau như tầng điện ly, từ quyển... và EEJ sẽ gây ra một trường nằm trong Fe.

Như vậy, có thể dễ dàng tách được thành phần trường Fp. Tiếp theo, chúng ta phải tách phần ảnh hưởng của EEJ từ Fe và Fc. Trên thế giới, có nhiều tác giả đã đề cập đến việc tách trường do EEJ gây ra [2, 13] từ chuỗi số liệu này. T.J. Sabaka đã phát triển mô hình CM3 để tách, thế nhưng mô hình này còn đơn giản vì nó chỉ tính được giá trị trung bình của mật độ dòng trên tầng điện ly mà không xác

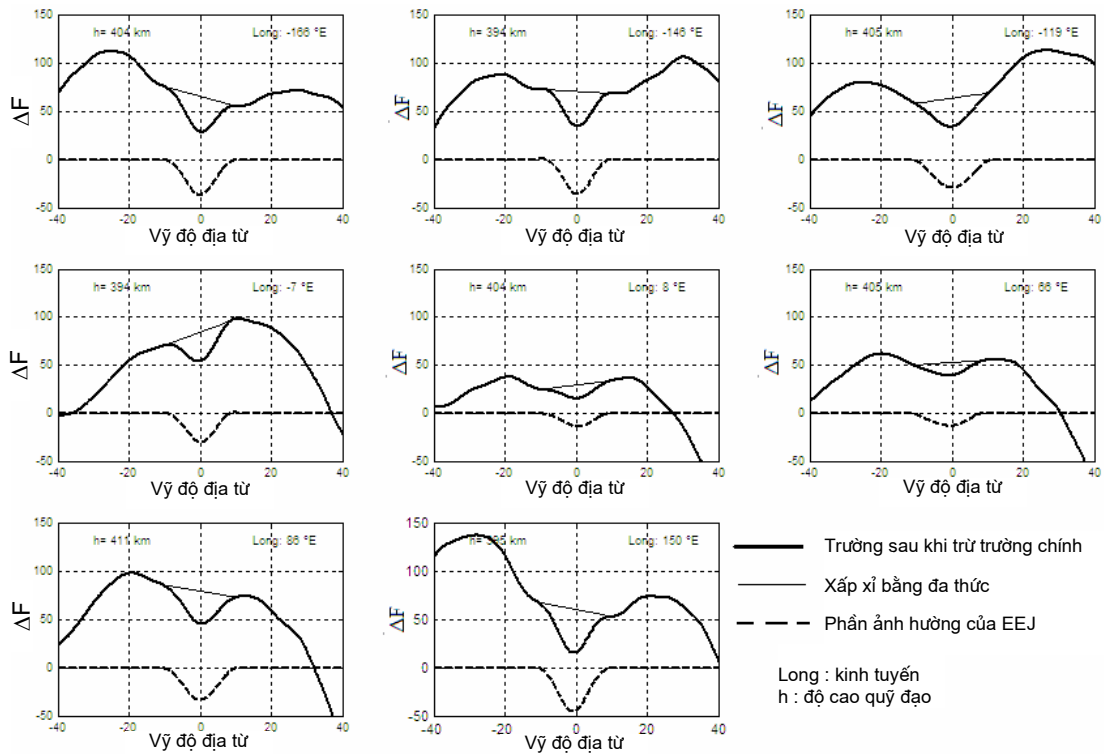
định được phân bố mật độ của nó. Mô hình CM3 cũng có hạn chế là dùng hàm điều hoà cầu bậc 60 để loại bỏ cả trường chính và trường vỏ, điều này đồng nghĩa với việc coi trường vỏ sẽ biến đổi điều hoà theo không gian mà thực tế không hẳn như vậy. Trong bài báo này, để tách phần ảnh hưởng của EEJ từ sự chồng chập của các trường khác chúng tôi sử dụng "bộ lọc" là các đa thức có bậc khác nhau ; như vậy việc áp dụng cho các lát cắt số liệu theo các kinh tuyến khác nhau sẽ đòi hỏi thời gian xử lý số liệu dài hơn và phức tạp hơn phương pháp của T.J. Sabaka nhưng cho phép chúng ta loại bỏ trường vỏ Fc một cách tin cậy và chi tiết hơn.

3. Tách phần ảnh hưởng của EEJ

Như chúng ta đã biết, phần trường từ gây ra bởi hệ dòng EEJ trên tầng điện ly thu được trên vệ tinh là rất nhỏ so với trường từ tổng (F) mà nó thu được, với quỹ đạo và độ cao của vệ tinh CHAMP, phần trường ảnh hưởng bởi EEJ chỉ trong khoảng từ 20 nT đến 70 nT so với số liệu trường tổng thu được vào khoảng từ 30.000 nT đến 50.000 nT, thêm nữa nó còn có sự chồng chập của nhiều nguồn khác nhau, do vậy việc tách phần ảnh hưởng của EEJ là rất khó khăn. Việc áp dụng thuật toán tách phần ảnh hưởng của EEJ bằng đa thức có bậc khác nhau khi ta coi :

- Trường biến thiên theo thời gian ghi được trên vệ tinh cho một lần cắt ngang qua xích đạo là không đáng kể (thời gian để vệ tinh CHAMP bay qua xích đạo từ chỉ khoảng 5 phút từ vĩ độ 100 đến -100).

- Trường của EEJ gây ra chỉ trong một dải hẹp khá đều đặn dọc theo xích đạo từ và làm giảm biên độ của trường tổng (F) thu được trên vệ tinh và tạo ra phần "lõm" xuống trong số liệu của từng lát cắt trên số liệu vệ tinh (*hình 1*). Như vậy, phần ảnh hưởng của trường vỏ và trường trên tầng cao hơn phần nằm ngoài vùng ảnh hưởng của EEJ được xấp xỉ bằng các đa thức có bậc cao tùy ý để có thể xấp xỉ tốt đường cong thu được, còn phần trường trong vùng ảnh hưởng của EEJ, theo kinh nghiệm trong quá trình xử lý số liệu, chúng tôi sử dụng đa thức bậc thấp hơn. Ví dụ trên hình 1, việc sử dụng đa thức bậc thấp với phần ảnh hưởng của EEJ (vĩ độ $\pm 10^\circ$) sẽ tách ra được trường vỏ Trái Đất (đường mảnh nét liền) một cách liên tục. Ngoài ra, để áp dụng được thuật toán trên, chúng ta phải xác định được bề rộng của EEJ sẽ thu được trên quỹ đạo của vệ tinh và lựa chọn bậc của đa thức để xấp xỉ.



Hình 1. Tách phần ảnh hưởng của EEJ bằng các đa thức

a) *Độ rộng ảnh hưởng của EEJ*: do EEJ chạy trong dải hẹp $\pm 3^\circ$ dọc theo xích đạo từ và qua quá trình xử lý số liệu chúng tôi nhận thấy bề rộng ảnh hưởng của EEJ trên độ cao của vệ tinh trong khoảng vĩ độ từ -10° đến 10° . Việc chọn độ rộng của EEJ tại độ cao của vệ tinh là $\pm 10^\circ$ này là tối ưu khi nó đảm bảo hầu như lấy hết được phần "lõm" xuống trong trường còn lại và thuận tiện cho việc viết chương trình xử lý số liệu.

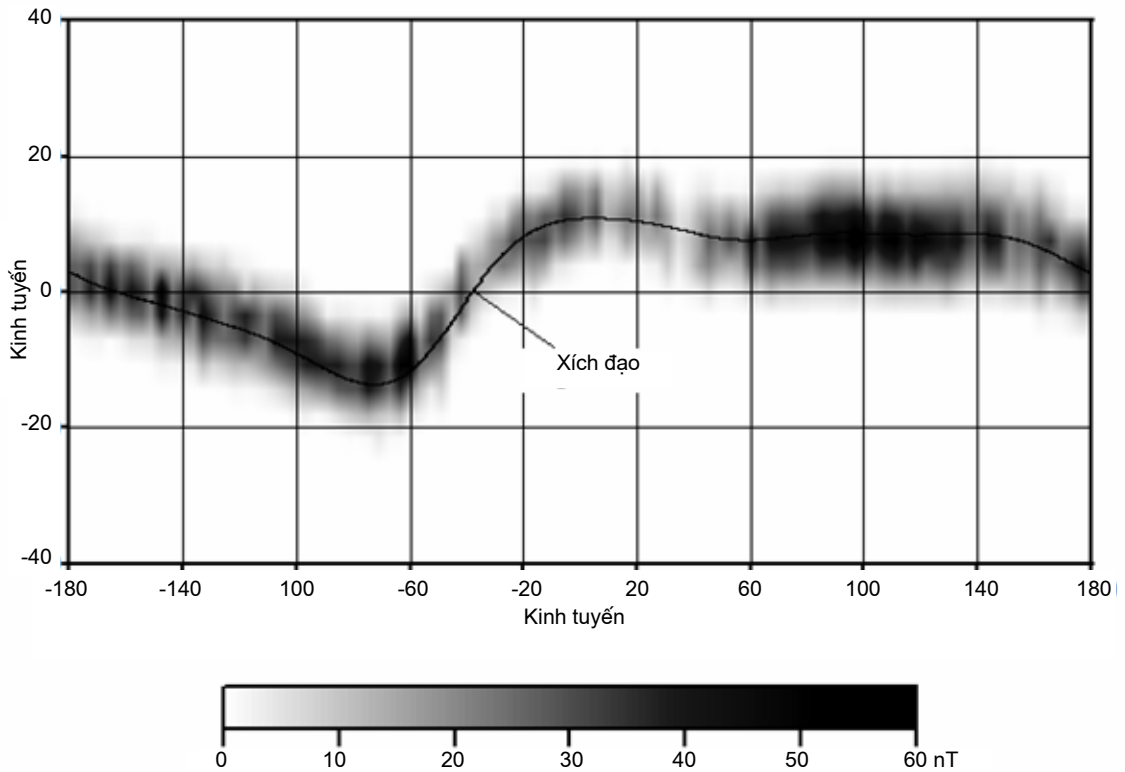
b) *Bậc của đa thức*: bậc của đa thức dùng để xấp xỉ ảnh hưởng đến độ lớn của EEJ, nên việc lựa chọn bậc đa thức tối ưu cũng rất quan trọng trong quá trình xử lý số liệu. Việc lựa chọn bậc đa thức phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm tính toán và hình dáng đường cong số liệu thu được. Thông thường, chúng tôi sử dụng đa thức bậc khoảng từ 6 đến 10 cho phần nằm ngoài ảnh hưởng của EEJ (vĩ độ địa từ từ -40° đến -10° và từ 10° đến 40°) còn phần nằm trong vùng ảnh hưởng của EEJ (vĩ độ địa từ từ -10° đến 10°) chúng tôi sử dụng đa thức bậc trong khoảng 6 - 10 cho mỗi lát cắt. Công việc xử lý số liệu mất nhiều thời gian hơn của T.J. Sabaka thế nhưng sẽ chính xác hơn khi ta coi trường vô F_c tại mỗi vị trí khác nhau sẽ có hình dáng đường cong khác nhau. Cũng cần nói thêm, việc lựa chọn

bậc của đa thức phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm xử lý số liệu, việc lấy đa thức bậc cao quá có thể làm suy giảm tín hiệu cần tách và ngược lại.

Trên hình 1, chúng tôi trình bày một vài ví dụ về tách ảnh hưởng của EEJ cho số liệu các ngày 1, 2 tháng 12 năm 2003 tại các kinh tuyến khác nhau bằng thuật toán trên. Phần trường sau khi đã loại bỏ trường chính (nhờ mô hình IGRF bậc 14, niên đại 2003.5) còn lại khoảng 120 nT được biểu diễn bằng đường đậm nét liền bao gồm trường của vỏ Trái Đất và trường ngoài gây ra. Đường liền nét mảnh biểu diễn trường xấp xỉ bằng đa thức có bậc từ 6 đến 10 và đường nét đứt biểu diễn phần ảnh hưởng của EEJ thu được.

4. Biên độ của EEJ cho năm 2003

Trên hình 2, biểu diễn giá trị biên độ trung bình (lấy giá trị tuyệt đối) của EEJ thu được cho cả năm 2003 từ vệ tinh CHAMP, bao gồm 158 ngày trường từ yên tĩnh và 1.345 lần vệ tinh CHAMP cắt qua xích đạo tại các kinh tuyến khác nhau, lựa chọn thời điểm giữa trưa từ 10 giờ 00 đến 14 giờ 00 (giờ địa phương). Chúng ta nhận thấy biên độ của EEJ nằm trong khoảng từ 12 nT đến 67 nT và tại vùng kinh tuyến 100° (Việt Nam) có một cực trị khá lớn



Hình 2. Biên độ của EEJ tính theo số liệu năm 2003

(đạt 67 nT) so với các kinh tuyến khác. Chú ý trên hình vẽ cũng có những khu vực không có số liệu, có nghĩa trong khoảng thời gian này, vệ tinh CHAMP không bay qua các kinh tuyến này vào giữa trưa địa phương. Với giá trị cực đại của EEJ nằm khá trùng với đường tâm xích đạo từ và biên độ của EEJ giảm dần về hai phía của vĩ tuyến nên việc lựa chọn độ rộng ảnh hưởng của EEJ trên quỹ đạo của vệ tinh CHAMP là $\pm 10^\circ$ là phù hợp.

$$I(x) = I_0(\lambda) \left(1 - \frac{(x-c)^2}{a^2} \right)^2 \quad (2)$$

với x - khoảng cách từ tâm EEJ đến điểm quan sát x và được xác định trong khoảng $c - a \leq x \leq c + a$, $a - 1/2$ bề rộng của EEJ, c - vị trí của tâm EEJ.

Sự phụ thuộc của thành phần trường nằm ngang (ΔH) tạo bởi EEJ vào giờ địa phương được mô tả qua hàm phân bố Gaussian như sau :

III. MÔ HÌNH EEJ VÀ ÁP DỤNG CHO SỐ LIỆU CHAMP

1. Phân bố mật độ dòng EEJ

Như chúng ta đã biết, cường độ dòng điện xích đạo quan sát tại một điểm bất kỳ sẽ phụ thuộc vào kinh độ, vĩ độ và thời gian (thời gian địa phương). Khi ta coi EEJ như một dải dòng mỏng tồn tại ở độ cao cố định (cao 105 km so với mặt đất) và theo khai triển của O. Fambitakoye và P.N. Mayaud [8] khi ta coi EEJ như một dải dòng đồng nhất, sự biến thiên của mật độ dòng $I(x)$ của EEJ phụ thuộc vào vĩ độ (λ) liên hệ với mật độ dòng I_0 tại tâm của EEJ biểu diễn như sau :

$$G(t) = \exp\left(-\frac{(t-T)^2}{t_m^2}\right) \quad (3)$$

với T - giờ địa phương khi thành phần trường nằm ngang (ΔH) gây ra bởi EEJ đạt giá trị cực đại (thường chọn $T = 12h00$), t_m - tham số hiệu chỉnh của hàm phân bố Gauss, phụ thuộc vào sự biến thiên của thành phần nằm ngang ΔH và thành phần thẳng đứng ΔZ , được xác định bằng thực nghiệm, thông thường chọn $t_m = 4h$.

Theo đó, sự biến thiên của mật độ dòng tại vị trí x bất kỳ khi mật độ dòng tại tâm của EEJ là $I_0(t)$ như sau :

$$I_0(t) = I_{12} \exp\left(-\frac{(t-T)^2}{t_m^2}\right) \quad (4)$$

với I_{12} - giá trị giữa trưa địa phương của $I_0(t)$, nó phụ thuộc vào giá trị thành phần nằm ngang của trường từ (ΔH_0) gây ra bởi EEJ như sau :

$$I_{12} = \frac{\Delta H_0}{0,4 \arctg\left(\frac{a}{h}\right)} \quad (5)$$

$h = 105$ km - độ cao của EEJ. Khi đó ta có phân bố của mật độ dòng điện EEJ phụ thuộc vào kinh độ, vĩ độ và thời gian (địa phương) như sau :

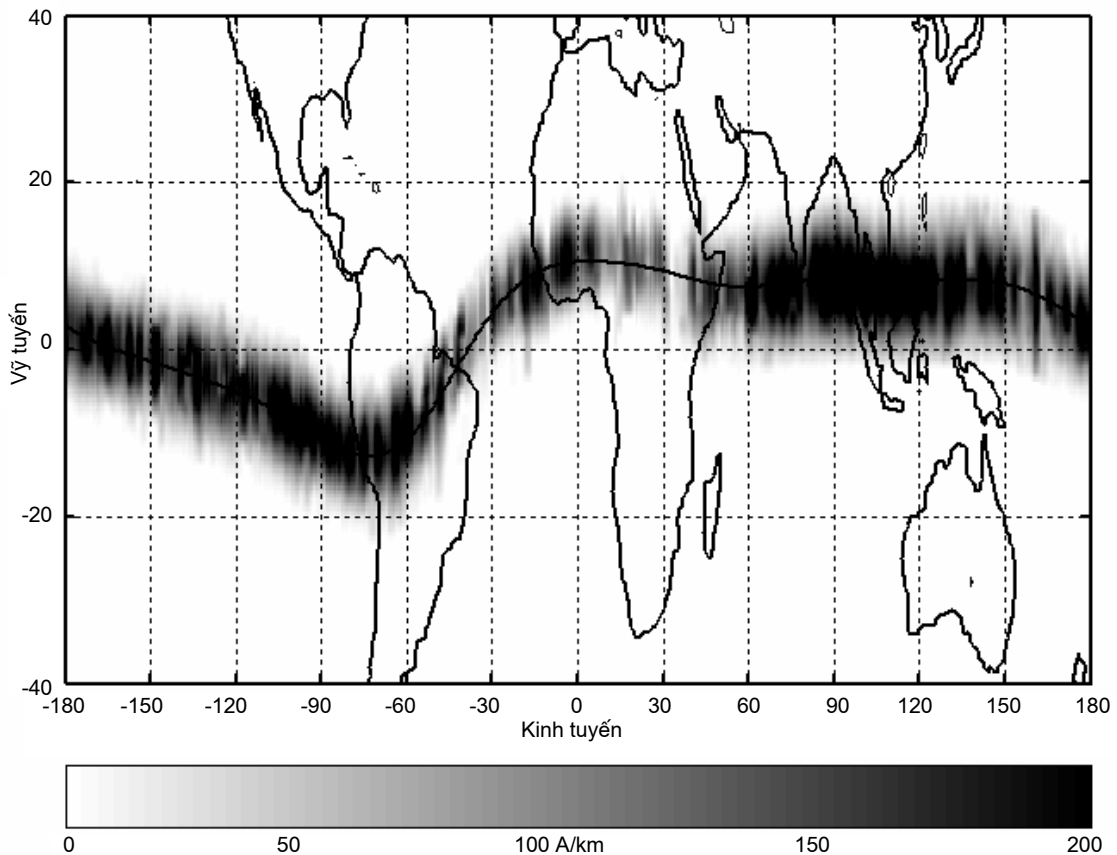
$$I(t, x, \lambda) = I_0(\lambda) \left(1 - \frac{(x-\varrho)^2}{a^2}\right)^2 \cdot \exp\left(-\frac{(t-T)^2}{t_m^2}\right) \quad (6)$$

với $t = t_u + (\lambda/15)$, t_u - giờ quốc tế, λ - kinh tuyến nằm trong khoảng $-180^\circ < \lambda < 180^\circ$.

Từ công thức (5), ta hoàn toàn tính I_{12} liên quan đến sự biến đổi thành phần nằm ngang ΔH_0 , với số liệu vệ tinh CHAMP ta có thể thay ΔH_0 bằng phân trường ảnh hưởng của EEJ tách ra từ số liệu trường tổng (ΔF). Sau đó, từ (6) cho phép tính được mật độ dòng của EEJ phụ thuộc vào thời gian địa phương, kinh độ và vĩ độ. Kết quả tính mật độ dòng của EEJ cho số liệu năm 2003 trên toàn cầu được biểu diễn trên hình 3, với cường độ mạnh nhất tại tâm của EEJ đạt khoảng 200 A/km và nó cũng phụ thuộc vào kinh độ, vĩ độ, thời gian (địa phương) T.

2. Tính các thành phần của trường từ gây bởi EEJ

Theo công thức khai triển bởi O. Fambitakoye (1976), từ các tham số c , a , T , t_m , $I_0(\lambda)$, $I(t, x, \lambda)$ ta có thể tính thành phần của trường nằm ngang (ΔH), thành phần thẳng đứng (ΔZ) gây ra bởi dòng EEJ tại vị trí xs bất kỳ như sau :



Hình 3. Mật độ dòng điện của EEJ tính từ CHAMP

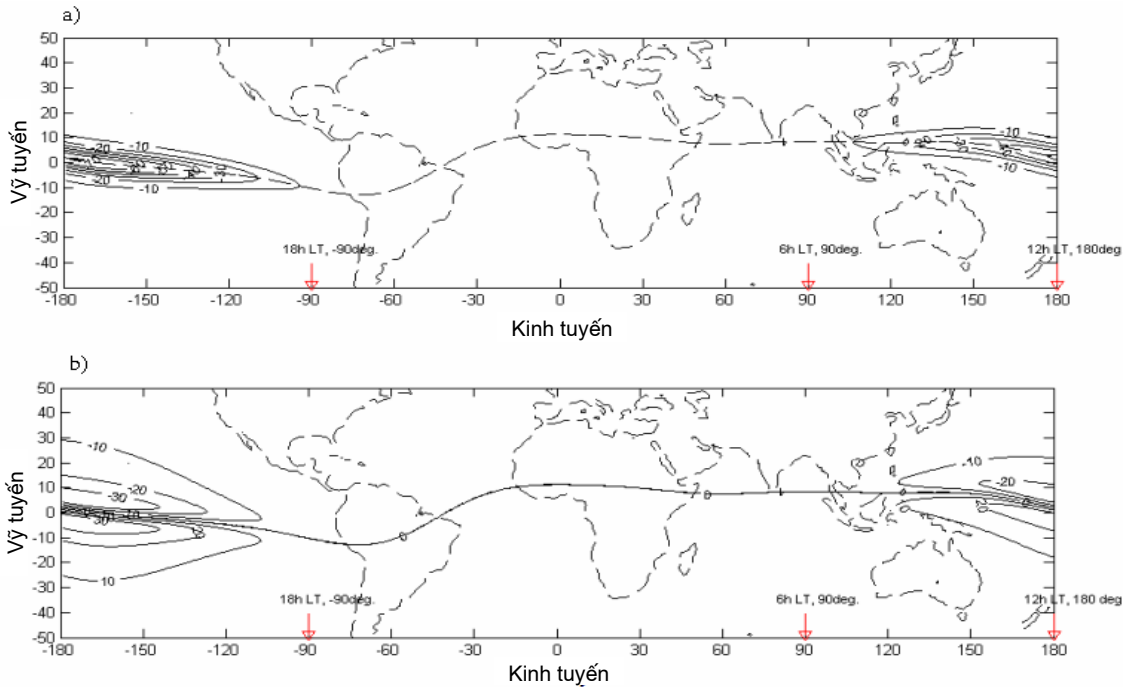
$$\begin{aligned} \Delta H = & 0,2 \frac{I_0}{a^4} [(a^2 - X_s^2)^2 + (2a^2 - 6X_s^2)h^2 + h^4] (\arctg R_B - \arctg R_A) + \\ & + 0,2 \frac{I_0}{a^4} [2(a^2 - X_s^2)X_s h + 2X_s h^3] [\ln(1 + R_B^2) - \ln(1 + R_A^2)] + 0,2 \frac{I_0}{a^4} \frac{h^4}{3} (R_B^2 - R_A^2) - \\ & - 0,4 \frac{I_0}{a^4} X_s h^3 (R_B^2 - R_A^2) - 0,2 \frac{I_0}{a^4} [(2a^2 - 6X_s^2)h^2 + h^4] (R_B + R_A) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Delta Z = & -0,1 \frac{I_0}{a^4} [(a^2 - X_s^2)^2 + (2a^2 - 6X_s^2)h^2 + h^4] [\ln(1 + R_B^2) - \ln(1 + R_A^2)] + \\ & + 0,8 \frac{I_0}{a^4} [(a^2 - X_s^2)X_s h - X_s h^3] (\arctg R_B - \arctg R_A) - 0,1 \frac{I_0}{a^4} \frac{h^4}{2} (R_B^2 - R_A^2) + \\ & + 0,8 \frac{I_0}{a^4} \frac{h^4}{3} X_s (R_B^2 - R_A^2) + 0,1 \frac{I_0}{a^4} [(2a^2 - 6X_s^2)h^2 + h^4] (R_B^2 - R_A^2) - \\ & - 0,8 \frac{I_0}{a^4} X_s [(a^2 - X_s^2)h + h^3] (R_B - R_A) \end{aligned} \quad (8)$$

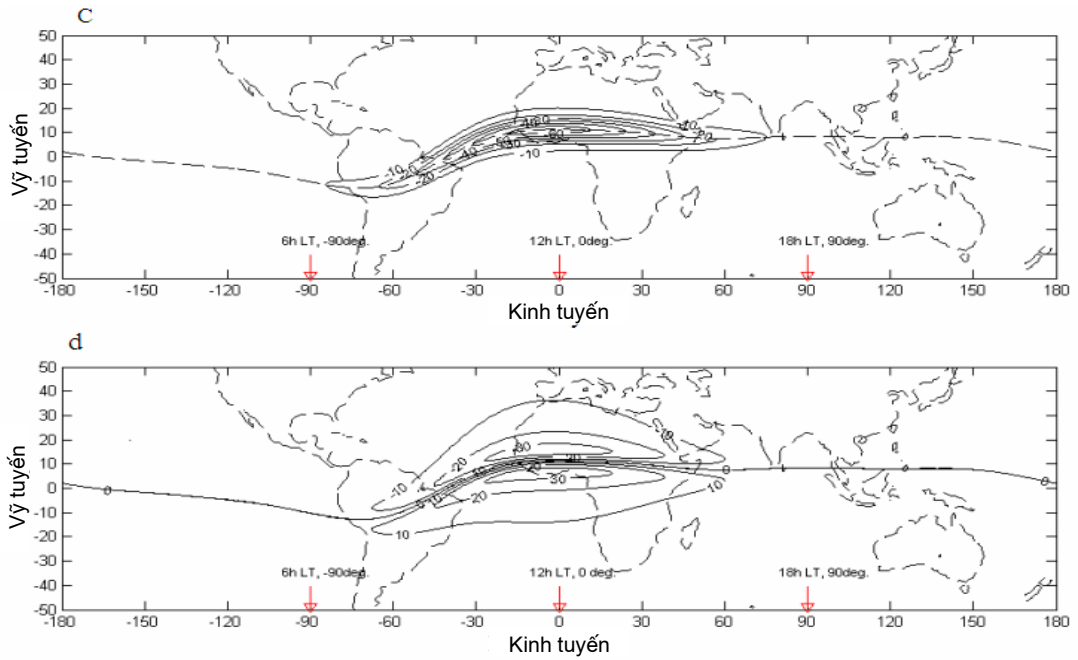
với c - vị trí của tâm EEJ, h - độ cao của EEJ tính bằng km, I_0 tính bằng A/m, ΔH và ΔZ tính bằng nT.

$$\begin{aligned} X_S &= xs - c \\ R_A &= \frac{X_S - a}{h} \\ R_B &= \frac{X_S + a}{h} \end{aligned} \quad (9)$$

Các kết quả tính toán mô hình lý thuyết các thành phần trường từ do EEJ gây ra dựa vào công thức (7) và (8) được biểu diễn trên hình 4. Trên hình này biểu diễn các thành phần của trường từ gây ra bởi EEJ trên toàn cầu tại các thời gian khác nhau với độ cao trung bình của vệ tinh là 400 km so với mặt đất. Giá trị đạt cực đại của thành phần ΔH khoảng 70 nT (lấy trị tuyệt đối), biên độ cực đại của ΔZ vào khoảng 40 nT, đường đồng mức cho các hình vẽ là 10 nT.



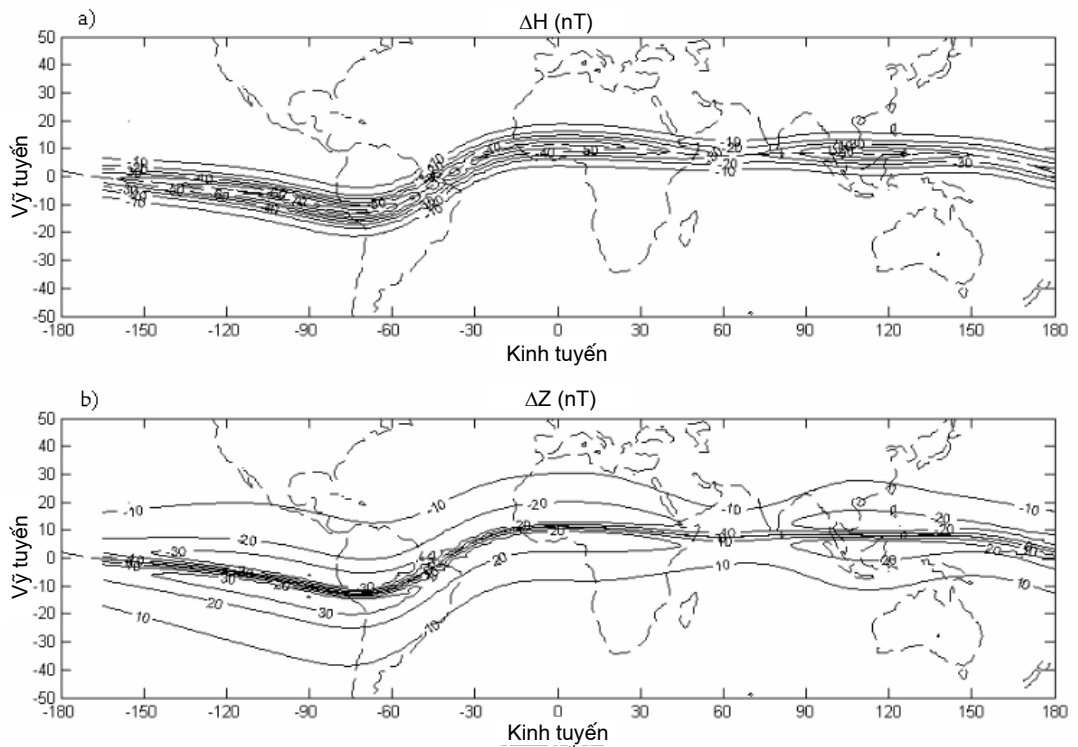
Hình 4a, b. Thành phần nằm ngang ΔH (nT) và thành phần thẳng đứng ΔZ (nT) tại 0h00 UT



Hình 4c, d. Giá trị các thành phần ΔH và ΔZ tại 12h00 UT

Trên hình 5 biểu diễn giá trị 2 thành phần ΔH và ΔZ tại 12 giờ 00 (giờ địa phương) cho tất cả các kinh tuyến khác nhau. Nó cho phép chúng ta có cái nhìn tổng thể về phân bố của từng thành phần trường

do EEJ gây ra trên toàn cầu tại cùng một thời điểm. Trên hình vẽ này, chúng ta nhận thấy cả ΔH và ΔZ có một cực trị tại kinh tuyến 100° và có một cực tiểu tại kinh tuyến 50° .

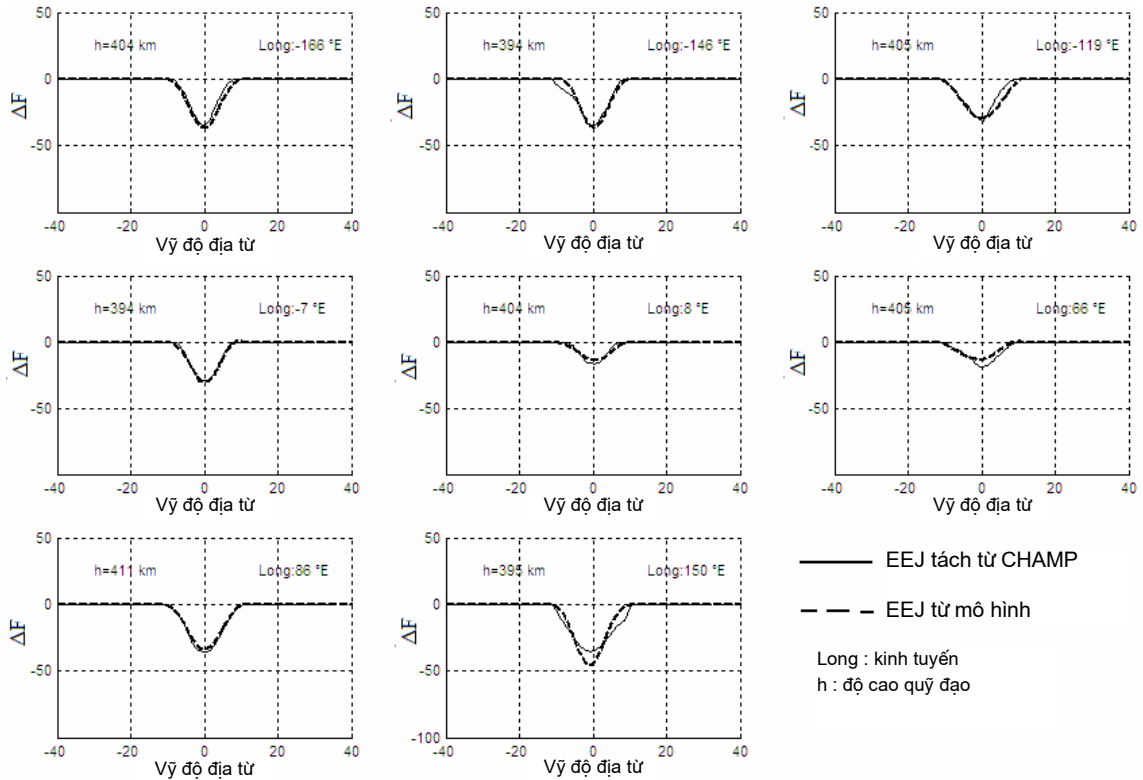


Hình 5. ΔH và ΔZ Tại 12h LT

3. So sánh kết quả tính mô hình và số liệu thu được từ CHAMP

Trên hình 6, biểu diễn việc so sánh giữa EEJ thu được từ mô hình và EEJ tính từ số liệu vệ tinh CHAMP cho năm 2003 tại các vùng có kinh tuyến khác nhau, với đường nét đứt là giá trị trường do EEJ gây ra tính được từ mô hình, đường nét rời là giá trị trường tính được từ số liệu CHAMP cho mỗi lát cắt số liệu. Trên mỗi hình còn được biểu diễn các tham số khác

như : h là giá trị độ cao của vệ tinh, Long là kinh tuyến đi qua. Chúng ta nhận thấy các đường tính từ mô hình và đường tính từ số liệu vệ tinh CHAMP là khá trùng nhau. Chúng tôi đã tiến hành tính độ lệch bình phương trung bình (RMS) cho toàn bộ số liệu năm 2003. Qua tính toán nhận thấy giá trị RMS thường nhỏ hơn 5 nT. Như vậy việc áp dụng mô hình trên cho số liệu vệ tinh CHAMP là hoàn toàn có thể chấp nhận được.



Hình 6. So sánh EEJ thu được từ mô hình và tính toán từ số liệu CHAMP

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày việc áp dụng số liệu trường từ thu được trên vệ tinh để nghiên cứu về EEJ và đã nghiên cứu, áp dụng phương pháp mới để tách phần ảnh hưởng của EEJ từ số liệu trường từ thu được trên vệ tinh CHAMP bằng các đa thức có bậc khác nhau. Sau đó áp dụng phương pháp trên cho chuỗi số liệu thu được bao gồm 1.345 lát cắt số liệu với ngày trường từ yên tĩnh thu được từ vệ tinh CHAMP năm 2003. Từ số liệu biên độ của EEJ tính được chúng tôi đã xây dựng mô hình EEJ cho toàn cầu cũng như tính toán các thành phần trường từ do EEJ gây ra tại một điểm

bất kỳ. Qua các bước tính toán trên có một số kết luận như sau :

- Độ rộng (theo vĩ tuyến) ảnh hưởng của EEJ tại độ cao vệ tinh CHAMP bay vào khoảng $\pm 10^\circ$ (tại mặt đất vào khoảng $\pm 3^\circ$).

- Biên độ của trường từ gây bởi EEJ thu được từ vệ tinh CHAMP biến đổi trong khoảng từ 25 nT đến 70 nT, tùy thuộc các kinh tuyến khác nhau. Tại kinh tuyến Việt Nam (kinh độ 100°) chúng ta nhận thấy có 1 cực đại (đạt 68 nT), nguồn gốc của cực trị này vẫn chưa biết, nó có thể do các hoạt động điện động lực trên tầng điện ly, hoặc do mật độ của gió

trung hoà, cũng có thể do độ dẫn của vỏ Trái Đất trong khu vực ; chúng ta phải nghiên cứu sự xuất hiện của các cực trị này theo thời gian để khẳng định sự tồn tại của nó. Tại kinh tuyến -60° , có một cực tiểu, với thành phần trường nằm ngang tại tâm EEJ khoảng 40 nT.

- Mô hình về dòng điện xích đạo phụ thuộc vào kinh độ, vĩ độ và thời gian địa phương bằng một bản đồ ở độ cao 105 km là khá phù hợp với số liệu quan sát trên vệ tinh, cho chúng ta một bức tranh khá hoàn chỉnh về biên độ, quy luật phân bố, độ rộng ảnh hưởng của EEJ trên toàn cầu, nhờ đó chúng ta có thể có những nghiên cứu tiếp theo như biến thiên theo tháng, năm, mùa...

- Mô hình EEJ thu được, với độ lệch bình phương trung bình (RMS) nhỏ hơn 5 nT tính cho toàn bộ các kinh tuyến khác nhau cho chúng ta có cái nhìn tổng thể về phân bố hình học cũng như các tham số của EEJ trên toàn cầu.

- Việc nghiên cứu biến đổi của EEJ theo thời gian và so sánh mô hình này với các mô hình sử dụng số liệu của các vệ tinh khác cũng như từ số liệu mặt đất sẽ đề cập trong các nghiên cứu sau này.

Lời cảm ơn : các tác giả chân thành cảm ơn Ts Yves Cohen và Ts Amory Mazaudier đã có những ý kiến đóng góp xác đáng trong việc hoàn thành bài báo. Bài báo được hoàn thành với phần số liệu vệ tinh được cung cấp bởi Viện Vật lý địa cầu Paris trong chương trình hợp tác giữa Viện Vật lý địa cầu Hà Nội, Viện Vật lý địa cầu Paris và Trung tâm nghiên cứu môi trường Trái Đất và các Hành tinh - "Nghiên cứu Vật lý địa cầu trong mối quan hệ Mặt Trời - Trái Đất, nghiên cứu trường từ ở Việt Nam" (PICS-3366).

TÀI LIỆU DẪN

[1] C.E. AGU, C.A. ONWUMECHILI, 1981 : Comparison of the POGO satellite and ground measurement of the magnetic field of the equatorial electrojet. *J. Atmos. and Terr Phys*, **43**, 801-807.

[2] K.W. BEHANNON, N.F. NESS, 1966 : The design of numerical filters for geomagnetic data analysis, NASA Tech, note, D-3341.

[3] B.N. BHARGAVA, N.S. SASTRI, B.R. ARORA and R. RAJARAM, 1980 : The afternoon counter-electrojet phenomenon, *Ann. Geophys.*, **36**, 231-240.

[4] H. CHANDRA, H.S.S. SINHA, R.G. RASTOGI, 2000 : Equatorial electrojet studies from rocket and ground measurements, *Earth Planets Space*, **52**, 111-120.

[5] S. CHAPMAN, 1951 : The equatorial electrojet as detected from the abnormal electric current distributions above Huancayo, Peru and elsewhere, *Arch. Meteorol. Geophys. Bioclimatol.* A4, 368-390.

[6] V. DOUMOYA, J. VASSAL, Y. COHEN, O. FAMBITAKOYE, M. MENVIELLE, 1998 : Equatorial electrojet at african longitudes : first results from magnetic measurements, *Ann. Geophysics*, **16**, 658-676.

[7] V. DOUMOYA, Y. COHEN, 2003 : Local time and longitude dependence of the equatorial electrojet magnetic effects, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, **65**, 1265-1282.

[8] O. FAMBITAKOYE, P.N. MAYAUD, 1976 : The Equatorial Electrojet and Regular Daily Variation S_R : - I. A Determination of the Equatorial Electrojet Parameters, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, **38**, 1-17.

[9] TRƯƠNG QUANG HẢO, 1998 : Xác định một vài thông số của dòng điện xích đạo ở Việt Nam. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, **7**, 12-19.

[10] TRƯƠNG QUANG HẢO, LÊ HUY MINH, 1987 : Một số đặc điểm của trường địa từ biến thiên ở Việt Nam, *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*. T. 9, **1**, 7-13.

[11] LÊ HUY MINH, 1998 : Biến thiên từ tại Việt Nam và dòng điện ngược xích đạo, *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*, T. 20, **3**, 189-199.

[12] A. PATRIC, M. STEFAN, 2002 : Spatio-temporal characterization of the equatorial electrojet from CHAMP, Orsted and SAC-C satellite magnetic measurements. *Geophys. J. Int.*, **112**, 1-10.

[13] G.K. RANGARAJAN, 1973 : Indices of Geomagnetic Activity. In *Geomagnetism*, Volume 3 Edited by J.A. Jacobs.

[14] A.D. RICHMOND, 1973 : Equatorial electrojet-I. Development of a model including winds and electric field. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* **35**, 1083-1103.

[15] T.J. SABAKA, N. OLSEN and R.A. LANGEL, 2002 : A comprehensive model of the quiet-time

near Earth magnetic field: phase 3, *Geophys. J. Int.*, 32-68.

[16] R.J. STENING, 1985 : Modeling the equatorial electrojet, *Journal of Geophysical Research*, **90**, 1705-1719.

[17] NGUYỄN THỊ KIM THOA, NGUYỄN VĂN GIẢNG và nnk, 1990 : Đặc trưng biến thiên của trường địa từ dưới ảnh hưởng của vòng điện xích đạo quan sát được trên lãnh thổ Việt Nam, *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, T. 12, **2**, 33-42.

[18] B.T. VIKRAMKUMAR, K.S. VISWANATHAN and P.B. RAO, 1984 : VHF backscatter radar observations of the equatorial electrojet irregularities, *Ann. Geophys.*, **2**, 295-310.

[19] M. YANAGISAWA and M. KONO, 1985 : Mean ionospheric field correction for Magsat data, *J. Geophys. Res.*, 90., B3, 2527-2536.

SUMMARY

The equatorial electrojet model with champ satellite data

The EEJ (Equatorial Electrojet) is a complex current system flowing in the ionospheric E-layer.

Its value changes in space and in local time. The magnetic signature of the EEJ overlaps on the recorded magnetic data and the amplitude of the EEJ magnetic signature is very small with respect to that of the main field. So the separation of the EEJ magnetic is difficult. Today, we have many kinds of data for studying EEJ (ionosonde, rocket, magnetic observatories...). Many results of the studies of EEJ were published, but these results are with some limit as there are few data from observation and the data are not regularly distributed. The CHAMP satellite has launched from July 15, 2000. It gives the good data for studying the EEJ because of its low orbit and passing along the longitudes, crossing the equator at noon time.

In this paper we introduce the CHAMP satellite, its recorded data and give an algorithm for separating the EEJ magnetic signature from the total magnetic field. We present the application of this method to the data received in 2003, with 158 quiet days, about 1345 values of total field around noon (for local time from 10 to 14 hour) to study the EEJ. An empirical model of the EEJ, including local time, longitude, latitude is also presented in this paper; we try to apply the EEJ data for one year 2003 to define some parameters of EEJ around the world.

Ngày nhận bài : 16-10-2009

Viện Vật lý địa cầu