

# ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP TỪ BIẾN ĐỔI ĐỂ NGHIÊN CỨU BẤT ĐỒNG NHẤT ĐỊA ĐIỆN

Nguyễn Thành Vấn

Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 10 tháng 02 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 07 tháng 7 năm 2004)

**TÓM TẮT:** Khi nghiên cứu bất đồng nhất về địa điện của môi trường trong phương pháp từ tellua (MT) thì ngoài những nghiên cứu về lý thuyết người ta còn tìm cách để cải tiến việc ghi các số liệu, do đó năm thành phần của trường điện từ:  $E_x, E_y, H_x, H_y$  và  $H_z$  được ghi một cách đồng bộ với những thành phần qui chiếu tại một trạm ở xa ( $H_z$  được ghi thêm so với phương pháp từ tellua truyền thống). Biểu thức liên hệ giữa các thành phần biến đổi của trường từ  $H_x, H_y$  và  $H_z$  được thể hiện qua ma trận Wiese–Parkinson. Phương pháp xử lý số liệu dựa trên ma trận Wiese–Parkinson được gọi là phương pháp từ biến đổi. Chúng tôi đã dùng vectơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ elíp phân cực trong phương pháp từ biến đổi để nghiên cứu bất đồng nhất về tính chất điện trên các mô hình và đưa ra các nhận xét

## I. Ma trận Wiese - Parkinson

### 1. Lý thuyết

Giả sử mô hình nghiên cứu là môi trường phân lớp ngang, trong đó có chứa bất đồng nhất ba chiều về tính chất điện và sóng truyền là phẳng. Với mô hình này, sự liên hệ tuyến tính giữa thành phần  $H_x, H_y$  và  $H_z$  của trường từ biến đổi được biểu diễn như sau [1,9]:

$$H_z = \hat{W} H_r = W_{zx} H_x + W_{zy} H_y$$

$$\text{với } \hat{W} = [W_{zx} \quad W_{zy}] \quad \text{và} \quad H_r = \begin{bmatrix} H_x \\ H_y \end{bmatrix}$$

trong đó  $\hat{W} = [W_{zx} \quad W_{zy}]$  là ma trận Wiese–Parkinson, phản ánh tính chất bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường.

Thành phần  $W_{zx}, W_{zy}$  phản ánh tính chất bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường theo phương ngang, vì vậy nếu môi trường phân lớp ngang (1-D) có độ dẫn điện  $\sigma(z)$  thì  $W_{zx} = 0$  và  $W_{zy} = 0$ .

Xét môi trường 2-D có độ dẫn điện  $\sigma(y, z)$  và trục  $x$  trùng với trục đồng nhất của môi trường, trường hợp này  $W_{zx} = 0$

$$\hat{W} = [0 \quad W_{zy}]$$

Để xử lý tài liệu trong phương pháp từ biến đổi người ta thường biểu diễn các thành phần của  $\hat{W}$  trên giản đồ phân cực từ bằng cách quay [1]:

$$\hat{W}(\alpha) = \hat{W} \hat{R}(\alpha); \quad (0 < \alpha < 2\pi); \quad \hat{R}(\alpha) \text{ là toán tử quay và phép quay góc } \alpha \text{ cho:}$$

$$H_z = W_{zx}(H_x \cos \alpha - H_y \sin \alpha) + W_{zy}(H_x \sin \alpha + H_y \cos \alpha)$$

$$H_z = (W_{zx} \cos \alpha + W_{zy} \sin \alpha) H_x + (-W_{zx} \sin \alpha + W_{zy} \cos \alpha) H_y$$

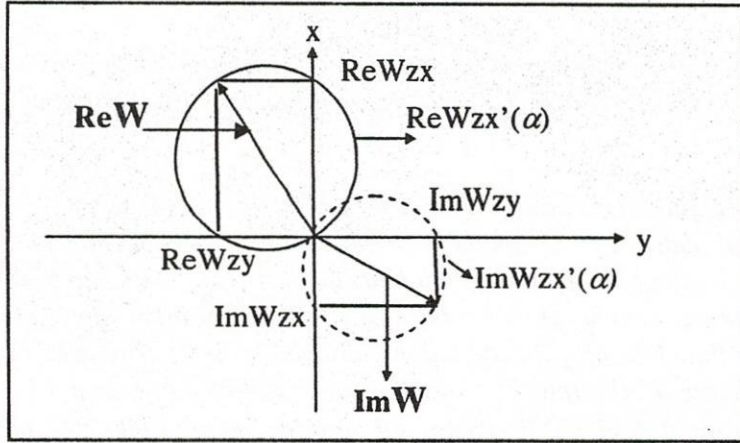
$$\text{mà } H_z = W_{zx'} H_x + W_{zy'} H_y$$

$$\text{vậy } W_{zx'} = W_{zx} \cos \alpha + W_{zy} \sin \alpha \quad \text{và} \quad W_{zy'} = W_{zy} \cos \alpha - W_{zx} \sin \alpha$$

### 2. Vectơ cảm ứng và giản đồ cực

Bằng cách thay đổi  $\alpha$ , người ta biểu diễn  $W_{zx'}(\alpha), W_{zy'}(\alpha)$  bằng hai giản đồ vectơ cảm ứng [4]. Các giản đồ này có dạng của những vòng tròn, đường kính (vòng liên tục) ghi bởi một đoạn thẳng có

mũi tên (vectơ đường kính), được gọi là phần thực  $\hat{W}$  và vectơ đường kính của vòng tròn chấm chấm là thành phần ảo của  $\hat{W}$  (Hình 1).



Hình 1. Giản đồ vectơ cảm ứng của  $\hat{W}$

Chu kỳ	$T < T_{max}$	$T \approx T_{max}$	$T > T_{max}$
Cấu trúc			
~2D			
3D			

Hình 2 : Bất đồng nhất dẫn điện

Hình 2. cho thấy ứng với một vật dẫn ở gần trạm đo sẽ xuất hiện trên giản đồ thành phần từ thẳng đứng có biên độ  $|W_{zx}|$  cực đại ứng với chu kỳ  $T_{max}$  (chu kỳ tương ứng với độ sâu của vật dẫn); pha của  $|W_{zx}|$  đi từ  $-180^\circ$  đến  $+180^\circ$ . Ở chu kỳ này đối với bất đồng nhất hai chiều thì phần thực và phần ảo chỉ cùng một phương, trong khi với bất đồng nhất ba chiều những phương này không trùng nhau. Nhận xét chung tại mọi chu kỳ phần thực luôn luôn hướng xa vật dẫn (hướng vào vật cách điện) và đối với vật hai chiều thì phần thực và phần ảo gần như cùng phương trong khi đó đối với vật ba chiều những phương này không trùng nhau, đặc biệt khi  $T = T_{max}$  giá trị của phần ảo rất nhỏ so với giá trị của phần thực. Qua các chú thích trên chúng ta thấy véc tơ thực  $ReW$  cho ta bức tranh về sự bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường rõ ràng hơn véc tơ ảo  $ImW$  và có thể kết luận như sau: 2-D, 3-D : véc tơ thực luôn luôn rời vật dẫn; 2-D : véc tơ thực và ảo cùng phương; 3-D : véc tơ thực và ảo không cùng phương;  $T = T_{max}$ : giá trị của véc tơ thực lớn nhất và rất lớn so với giá trị của véc tơ ảo

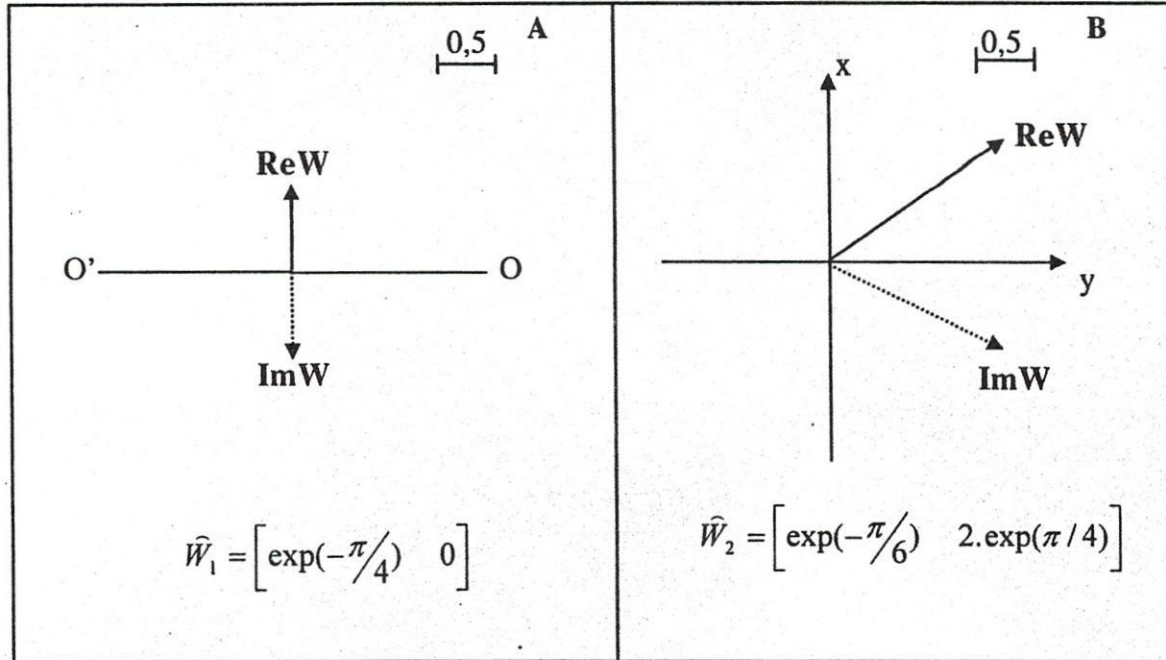


- Hoặc bằng cách biểu diễn vectơ thực và véc tơ ảo của phương pháp véc tơ cảm ứng [3] như sau:

$$\text{Re}W = \text{Re}W_{zx}1_x + \text{Re}W_{zy}1_y$$

$$\text{Im}W = \text{Im}W_{zx}1_x + \text{Im}W_{zy}1_y$$

trong đó  $1_x, 1_y$  là các véc tơ đơn vị trên các trục  $x$  và  $y$ ;  $\text{Re}W$  và  $\text{Im}W$  được gọi là véc tơ thực và véc tơ ảo.



Hình 3. Các véc tơ cảm ứng; A./ - môi trường hai chiều, ÓO: trục đồng nhất; B./ - môi trường ba chiều bất đối xứng.

Hình 3-A và 3-B biểu diễn các véc tơ thực và các véc tơ ảo của hai ma trận:

$\hat{W}_1 = [ \exp(-\pi/4) \quad 0 ]$  của môi trường hai chiều với trục ÓO là trục đồng nhất và ma trận

$\hat{W}_2 = [ \exp(-\pi/6) \quad 2.\exp(\pi/4) ]$  của môi trường ba chiều bất đối xứng. Tương tự như trên ta nhận thấy đối với môi trường hai chiều véc tơ thực và véc tơ ảo có cùng phương trong khi đó môi trường ba chiều thì ngược lại.

- Ngoài ra khi  $\alpha$  thay đổi, người ta biểu diễn  $|W_{zx}(\alpha)|, |W_{zy}(\alpha)|$  bằng hai giản đồ cực trên hệ tọa độ Oxy, các giản đồ cực này đã được Berdichevsky [1] đề nghị vào những năm 70 của thế kỷ trước và đã được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực MT.

- Từ thành phần không phụ thuộc vào hướng của hệ tọa độ Oxy :

$W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$ , nên Vozoff [10] xác định một tham số được gọi là "tipper" để đặc trưng cho tính chất bất đồng nhất của môi trường:

$$\text{tip} = \left| \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} \right|$$

Nếu  $\text{tip} = 0$ , môi trường được hình thành bởi các lớp nằm ngang xếp song song (1-D), trong khi  $\text{tip} \neq 0$  chúng ta sẽ tìm thấy ở trên cấu trúc 2-D và 3-D và "tipper" thường có những giá trị giữa 0,1 và 0,5.

### 3. Véc tơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ dẹt elíp phân cực từ

Trên cơ sở tipper của Vozoff và thành phần không phụ thuộc vào hướng của hệ tọa độ Oxy là:

$W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$  và  $\left\| \hat{W} \right\| = \sqrt{|W_{zx}|^2 + |W_{zy}|^2}$ . Trong những năm gần đây Berdichevsky-N.T.Van [3,6]

đã đưa ra một phương pháp biểu diễn ma trận Wiese - Parkinson  $\hat{W}$  dưới dạng vectơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ êlip phân cực từ bằng cách xác định hệ thức liên lạc giữa các thành phần  $H_x, H_y, H_z$ :

$$\eta = \frac{|H_z|}{\sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2}}$$

$\eta$  được gọi là sự liên hệ của các thành phần từ biến đổi (new tipper [6]) và có thể khai triển thành:

$$\begin{aligned} \eta &= \sqrt{\frac{(W_{zx}H_x + W_{zy}H_y)(W_{zx}^*H_x^* + W_{zy}^*H_y^*)}{|H_x|^2 + |H_y|^2}} \\ &= \sqrt{|W_{zx}| + |W_{zy}|^2 - \gamma} = \sqrt{\|\hat{W}\|^2 - \gamma} \end{aligned}$$

với

$$\gamma = \frac{|W_{zx}H_y|^2 + |W_{zy}H_x|^2 - 2R_c W_{zx}W_{zy}^*H_xH_y^*}{|H_x|^2 + |H_y|^2} \geq \frac{|W_{zx}H_y|^2 - |W_{zy}H_x|^2}{|H_x|^2 + |H_y|^2} \geq 0$$

Hãy xem sự thay đổi của  $\eta$  trong trường hợp môi trường hai chiều?. Giả sử  $H_r = H1_r$  phân cực tuyến tính theo trục  $\tau$ ,  $\tau$  làm với trục  $x$  một góc  $\alpha$  và  $x$  là trục đồng nhất của môi trường. Với mô hình này thì:

$$H_x = H \cos\alpha, \quad H_y = H \sin\alpha \quad \text{và} \quad H_z = W_{zy} H \sin\alpha$$

vậy

$$\eta(\alpha) = |W_{zy} \sin\alpha|$$

$$\min \eta(\alpha) = 0 \quad \text{khi} \quad \alpha = 0; \pi$$

$$\max \eta(\alpha) = W_{zy} \quad \text{khi} \quad \alpha = \pi/2; 3\pi/2$$

Từ cực trị của  $\eta(\alpha)$  có thể xác định thành phần song song ( $W_{zx} = 0$ ) và thẳng góc ( $W_{zy}$ ) của ma trận Wiese-Parkinson.

Dựa trên kết quả của mô hình hai chiều ta có thể nghiên cứu mô hình bất kỳ ba chiều khác. Giả sử tìm được trường  $H_r$ , trong đó  $\eta$  có các cực trị, nghĩa là  $H_z$  có các cực đại và cực tiểu. Trong trường hợp tổng quát trường này có thể xem là trường phân cực êlip và chúng gồm có trường á song song  $H_r''$  và á thẳng góc  $H_r^\perp$  (Hình 4). Thành phần  $H_r''$  được xác định từ điều kiện:

$$\min \eta(\alpha) = 0,$$

nghĩa là:

$$W_{zx}H_x'' + W_{zy}H_y'' = 0$$

suy ra

$$P_H'' = \frac{H_y''}{H_x''} = -\frac{W_{zx}}{W_{zy}}$$

tương tự

$$\max \eta(\alpha)|_{\gamma=0} = \|\hat{W}\|$$

có nghĩa là:

$$|W_{zx}H_y^\perp|^2 + |W_{zy}H_x^\perp|^2 - 2R_c W_{zx}W_{zy}^*H_x^\perp(H_y^\perp)^* = 0$$

và có thể suy ra

$$P_H^\perp = \frac{H_y^\perp}{H_x^\perp} = \frac{W_{zy}^*}{W_{zx}^*}$$

vậy

$$P_H''(P_H^\perp)^* = -1$$

vì trường  $H_r''$  và  $H_r^\perp$  trực giao nên các trục lớn của êlip phân cực thẳng góc với nhau, hướng theo phương á song song và á thẳng góc và đây là hướng chính của bất đồng nhất ba chiều.

- Xây dựng vectơ  $V$  hướng theo trục lớn của phân cực êlip và có giá trị bằng suất  $\|\hat{W}\|$  của

ma trận Wiese - Parkinson.



góc  $\alpha_H^\perp$  giữa trục x và trục lớn phân cực  $H_r^\perp$  và được tính [3, 4]:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_H^\perp = \operatorname{tg} 2\theta_H^\perp \operatorname{Cos} \varphi_H^\perp$$

với  $\theta_H^\perp = \operatorname{arctg} |P_H^\perp|$ ;  $\theta_H^\perp \in [0, \frac{\pi}{2}]$  và  $\varphi_H^\perp = \arg P_H^\perp$ ;  $\varphi_H^\perp \in [0, 2\pi]$

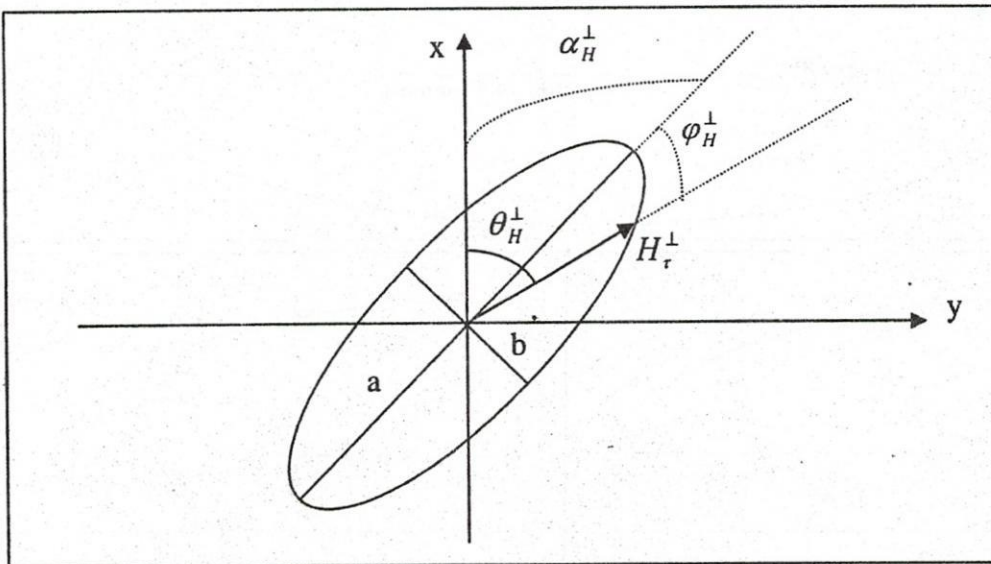
$$\alpha_H^\perp \in [0, \frac{\pi}{2}], \text{ khi } \operatorname{Cos} \varphi_H^\perp > 0 \text{ và } \alpha_H^\perp \in [-\frac{\pi}{2}, 0], \text{ khi } \operatorname{Cos} \varphi_H^\perp < 0$$

véc tơ  $\mathbf{V}$  nằm cùng trong phần tư của mặt phẳng tọa độ với véc tơ thực  $\operatorname{Re}W$ , nghĩa là:

$$\left| \alpha_H^\perp - \operatorname{arctg} \frac{|W_{zy}| \operatorname{Cos} \arg W_{zy}}{|W_{zx}| \operatorname{Cos} \arg W_{zx}} \right| < \frac{\pi}{2}$$

vậy 
$$\mathbf{V} = \|\hat{W}\| \operatorname{Cos} \alpha_H^\perp \mathbf{1}_x + \|\hat{W}\| \operatorname{Sin} \alpha_H^\perp \mathbf{1}_y$$

$\mathbf{V}$  được gọi là véc tơ từ biến đổi, suất của nó cho thấy mức độ biến đổi về tính chất điện của bất đồng nhất, phương của  $\mathbf{V}$  làm với trục x một góc  $\alpha_H^\perp$  và chỉ ra vùng có bất đồng nhất.



Hình 4. Trường từ  $H_r^\perp$  phân cực elíp

- Độ êlíp được biểu diễn như sau [2]:

$$\varepsilon_H^\perp = \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \operatorname{arcSin} (\operatorname{Sin} 2\theta_H^\perp \operatorname{Sin} \varphi_H^\perp) \right] = b/a$$

với bán trục lớn  $a = \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 + 2 \operatorname{Im} P_H^\perp} + \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 - 2 \operatorname{Im} P_H^\perp}$

và bán trục nhỏ  $b = \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 + 2 \operatorname{Im} P_H^\perp} - \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 - 2 \operatorname{Im} P_H^\perp}$

của elíp phân cực,  $\varepsilon_H^\perp = 0$ : phân cực tuyến tính;  $\varepsilon_H^\perp < 1$ : phân cực elíp và  $\varepsilon_H^\perp = 1$ : phân cực tròn;  $\varepsilon_H^\perp > 0$ , hướng quay của trường  $H_r^\perp$  theo chiều kim đồng hồ và  $\varepsilon_H^\perp < 0$ , hướng quay của  $H_r^\perp$  theo chiều ngược chiều kim đồng hồ. Suất và dấu (phân cực trái, phải) của độ êlíp chỉ ra tính chất phân cực của trường  $H_r^\perp$ .

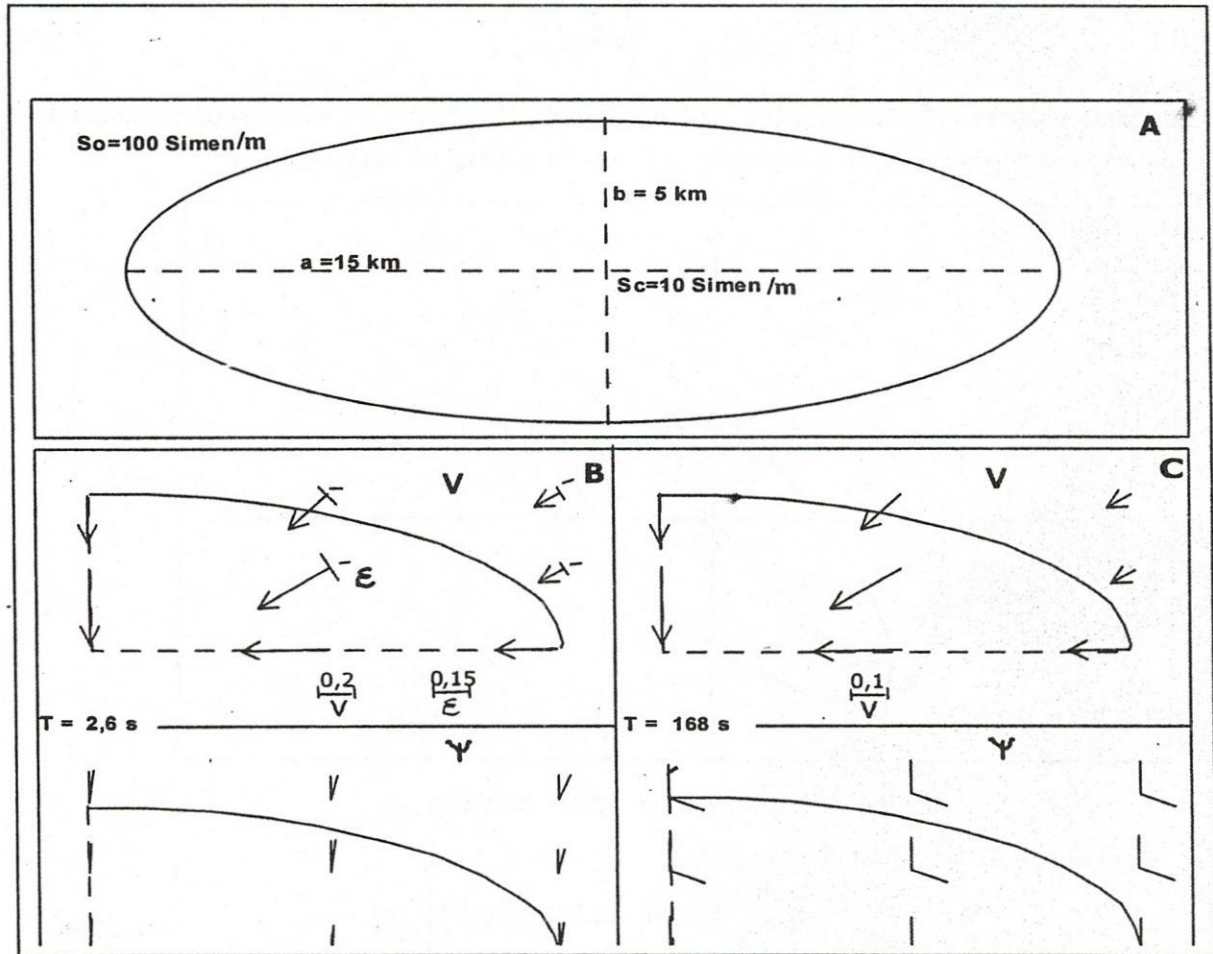
- Từ thành phần bất biến theo phép quay  $W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$ , pha  $\psi$  được tính [3]

$\psi = \arg W = \arg \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$   $\psi$  được gọi là pha từ biến đổi, nó phản ánh quan hệ giữa tác động và cảm ứng của dòng. Nếu  $\psi$  gần bằng 0 hay  $\pi$  thì dòng tác động trội hơn, ngược lại nếu  $\psi$  gần bằng  $\pi/2$  dòng cảm ứng chiếm ưu thế.

Tóm lại ta thấy vectơ  $V$  cho ta hai thông số (phương và giá trị), đồng thời  $|V| \geq |\operatorname{Re}W|$  và  $|V| \geq |\operatorname{Im}W|$ , ngoài ra hai thông tin nữa: độ êlíp  $\varepsilon_H^\perp$  của trường  $H_r^\perp$  và pha  $\psi$  càng làm cho việc xác định bất đồng nhất hoàn thiện hơn các tham số đã có trước đây.

## II. Áp dụng

1. **Mô hình thử nghiệm 1:** Môi trường ba lớp, các bất đồng nhất ba chiều dẫn điện kém nằm trong lớp thứ nhất [số liệu mô hình của A.S.Debabov]

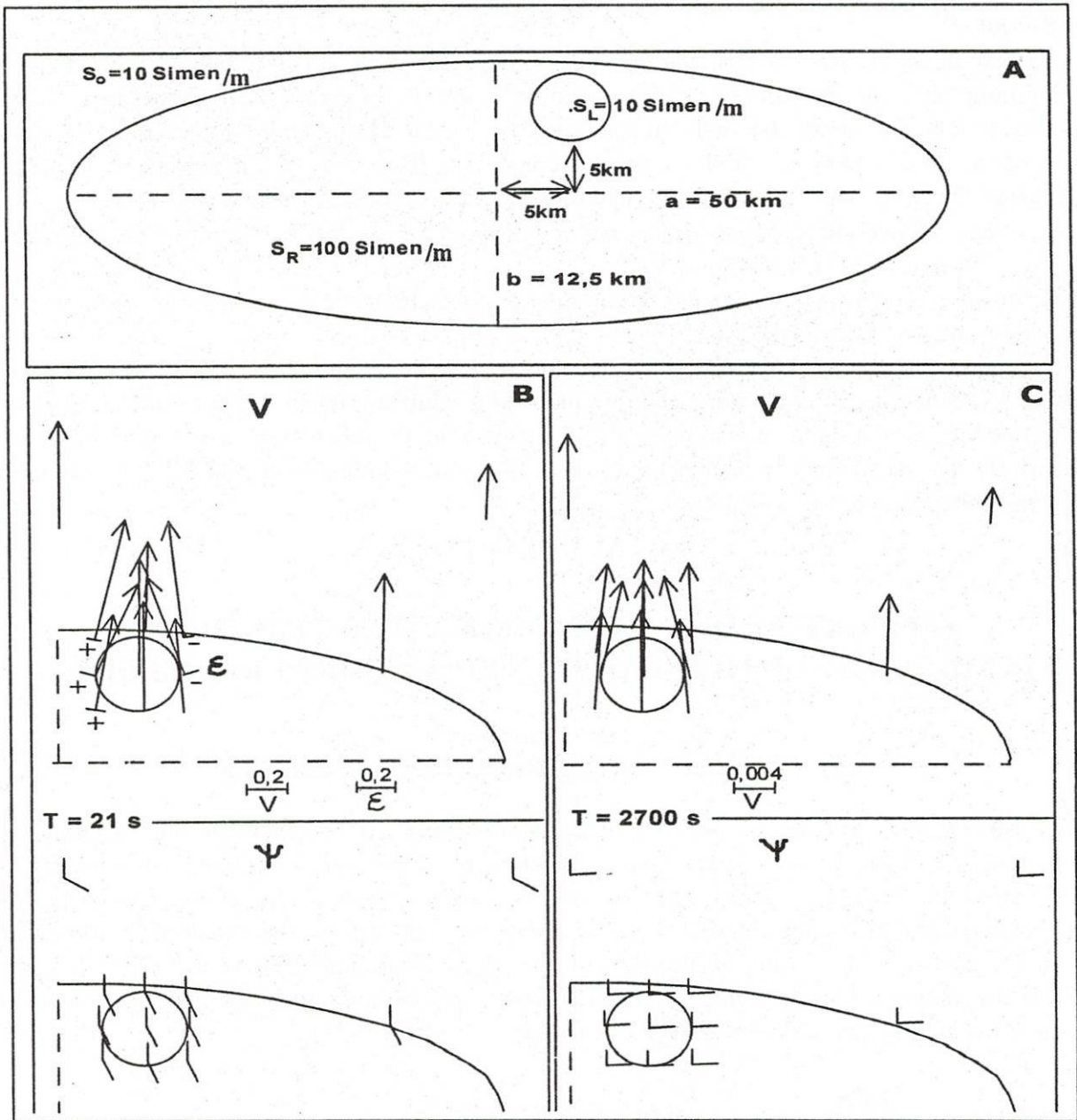


Hình 5. Mô hình thử nghiệm 1: Véc tơ từ biến đổi, pha từ biến đổi, độ êlíp phân cực. A./ Mô hình; B./ chu kỳ  $T = 2,6$  s; C./ chu kỳ  $T = 168$  s.

Hình 5 là mô hình môi trường ba lớp với bề dày lớp thứ nhất  $h_1 = 1$  Km, lớp thứ hai  $h_2 = 200$  Km và điện trở suất  $\rho_1 = 100 \Omega\text{-m}$ ,  $\rho_2 = 1000 \Omega\text{-m}$ ,  $\rho_3 = 1 \Omega\text{-m}$ , dị thường ba chiều nằm trong lớp thứ nhất là êlíp có bán kính lớn  $a = 15$  Km, nhỏ  $b = 5$  Km, với  $S_0 = 100$  S/m,  $S_c = 10$  S/m, chu kỳ đo: 2,6s và 168s. Với chu kỳ  $T = 2,6$  s, véc tơ  $V$  hướng vào tâm bất đồng nhất cách điện, đặc biệt những điểm đo nằm trên biên bất đồng nhất thì độ êlíp phân cực từ có giá trị lớn và âm (- 0,15), những điểm còn lại giá trị của độ êlíp không đáng kể. Tại chu kỳ  $T = 168$  s, véc tơ  $V$  không thay đổi hướng nhưng giảm đi một nửa giá trị và pha từ chuyển từ góc phần tư thứ nhất sang góc phần tư thứ hai chứng tỏ bất đồng nhất xuất hiện trong lớp thứ nhất.



2. *Mô hình thử nghiệm 2:* Môi trường ba lớp, các bất đồng nhất địa phương và khu vực trong lớp thứ nhất. [số liệu mô hình của A.S.Debabov – I.M. Varensov]



Hình 6. Mô hình thử nghiệm 2: Véc tơ từ biến đổi, pha từ biến đổi, độ êlíp phân cực từ. A./ Mô hình; B./ chu kỳ  $T = 21 \text{ s}$ ; C./ chu kỳ  $T = 2700 \text{ s}$ .

Trên mô hình 6,  $S_o = 10 \text{ S/m}$  và bất đồng nhất khu vực hình êlíp có bán kính lớn  $a = 50 \text{ Km}$ , nhỏ  $b = 12,5 \text{ Km}$  có độ dẫn điện cao không đổi  $S_R = 100 \text{ S/m}$ , trong đó có bất đồng nhất địa phương là vòng tròn đường kính  $5 \text{ Km}$  có độ dẫn điện thấp  $S_L = 10 \text{ S/m}$ . Bề dày lớp thứ nhất  $h_1 = 1 \text{ Km}$ , lớp thứ hai  $h_2 = 200 \text{ Km}$  và điện trở suất  $\rho_2 = 10^6 \Omega\text{-m}$ ,  $\rho_3 = 1 \Omega\text{-m}$ , chu kỳ đo:  $21 \text{ s}$  và  $2700 \text{ s}$ .

Hình 6 biểu diễn vectơ  $V$ , pha  $\psi$  và độ êlíp phân cực, ta có các nhận xét sau: với cả hai chu kỳ  $21 \text{ s}$  và  $2700 \text{ s}$ , vectơ  $V$  rời xa bất đồng nhất khu vực dẫn điện, tại nơi có bất đồng nhất địa phương dẫn điện kém, phương của vectơ  $V$  bị thay đổi ( $V$  ôm bất đồng nhất địa phương), đặc biệt ở chu kỳ  $21 \text{ s}$ ,  $V$  có giá trị lớn hơn rất nhiều so với ở chu kỳ  $2700 \text{ s}$ , chứng tỏ bất đồng nhất nằm ở lớp trên, tại chu kỳ này pha từ biến đổi gần bằng  $\pi$  (góc phần tư thứ hai), ngược lại tại chu kỳ  $2700 \text{ s}$ , pha từ biến đổi gần bằng  $\pi/2$  (góc phần tư thứ nhất), thể hiện sự xuất hiện của bất đồng nhất. Độ êlíp phân cực từ có giá



trị lớn và đổi dấu trên bất đồng nhất địa phương trong trường hợp đo với chu kỳ 21s cho thấy bất đồng nhất ba chiều ở lớp gần bề mặt.

### III. Kết luận

Qua các thí dụ trên các mô hình thử nghiệm, chúng ta thấy rằng vectơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ êlíp phân cực làm nổi lên bất đồng nhất hai, ba chiều. So sánh với các phương pháp biểu diễn mặt cắt từ biến đổi trước đây (giản đồ phân cực từ và véc tơ cảm ứng) thì vectơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ êlíp phân cực từ cho ta nhiều thông tin hơn (bốn thông tin), đồng thời có độ phân giải cao hơn. Để tạo điều kiện thuận lợi cho người sử dụng, chúng tôi có thể tóm lược như sau:

- $V$  luôn luôn có khuynh hướng rời xa bất đồng nhất dẫn điện (hướng vào bất đồng nhất cách điện),  $V$  có giá trị lớn nhất khi  $T = T_{max}$ .
- Pha từ  $\psi$  chuyển từ góc phần tư thứ nhất sang góc phần tư thứ hai hoặc ngược lại, chứng tỏ có sự xuất hiện của bất đồng nhất.
- Độ êlíp phân cực từ khác không, có sự phân cực êlíp hoặc tròn, chứng tỏ có sự xuất hiện của bất đồng nhất ba chiều. Nếu  $\epsilon$  đổi dấu (phân cực từ trái đổi sang phải hoặc ngược lại), sự xuất hiện của bất đồng nhất ba chiều càng rõ ràng hơn. Đặc biệt trong việc xác định đứt gãy địa chất thì đây là phương pháp rất có hiệu quả, vì ranh giới của sự đổi dấu phân cực trên giản đồ thường trùng với các đứt gãy.

## APPLICATION OF MAGNETOVARIAIONAL METHOD IN THE STUDY OF THE GEOELECTRICAL INHOMOGENEITIES

Nguyen Thanh Van

Faculty of Physics, University of Natural Sciences – VNU-HCM

**ABSTRACT:** *At present, one of the effective methods in the study of the geoelectrical inhomogeneity is the magnetovariational one in which relations between the variable components  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$  of the geomagnetic field are given by Wiese - Parkinson matrix. There are many modes of transforming and representing this matrix for obtaining the useful information (magnetic polarisation diagram, induction vector, magnetovariational vector, magnetovariational phase and ellipticity). We use the magnetovariational vector, magnetovariational phase and ellipticity here to study the geoelectrical inhomogeneities on two exemplar models.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Berdichevsky M.N. , Dmitriev V.I. , Đo sâu từ tellua trong môi trường phân lớp ngang (tiếng Nga) , Nedra , Matxcơva (1992).
- [2] Berdichevsky M.N. Role of geoelectric methods in hydrocarbon and deep structural investigations in Russia. Geophysical Transactions. Vol.39,No.1,pp.3-33, Hungary (1994).
- [3] Berdichevsky M.N. Nguyễn Thành Vấn, Magnetovariational vector, Izv. Akad, Nauk SSSR, Fizika Zemli, No3, pp.52-62, Matxcơva (1991).
- [4] Guerin R. Du traitement spatial des données électromagnétiques dans un champ primaire quasi-uniforme. Application à la méthode magnétotellurique, à la MT-VLF et au courant continu. These de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), (1992).
- [5] Lilley F.E.M. Magnetotelluric tensor decomposition: part I, Theory for a basic procedure. Geophysics 63 (1998),pp.1885 -1897. part II, Examples of a basic procedure. Geophysics 63 (1998),pp.1898 -1907.



- [6] Nguyễn Thành Vấn, Berdichevsky M.N., New tipper. X EM-Workshop, Ensenada, Mexico(1990).
- [7] Nguyễn Thành Vấn. Phương pháp phân tích định tính số liệu từ - tellua. Tạp chí Các Khoa học Trái đất, No.4(T17),pp.169-174, Hà Nội(1995).
- [8] Nguyễn Thành Vấn. Một cách biểu diễn của ten xơ tổng trở từ tellua. Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ. Tập 6, No.3&4(2003),ĐHQG Tp. HCM ,pp.8-17.
- [9] Rokitiansky I.I. Nghiên cứu dị thường dẫn điện bằng phương pháp mặt cắt từ biến đổi (tiếng Nga). Nauka, Đumka, Kiev(1975), 279p.
- [10] Vozoff K. Magnetotelluric methods, reprinted in Geophysics reprint series, nơ 5, second printing, Society of Exploration Geophysicists. Tulsa (Oklahoma), (1989), 763p.