

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÁY THĂM DÒ ĐIỆN MỘT CHIỀU

NGUYỄN TỬ ÁNH

Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu chế tạo máy thăm dò điện một chiều ở Việt Nam từ năm 1984 đến nay. Những người làm máy địa vật lý ở nước ta đã có nhiều cố gắng theo sát trình độ công nghệ điện tử để chế tạo những máy thăm dò điện một chiều phục vụ công tác địa vật lý.

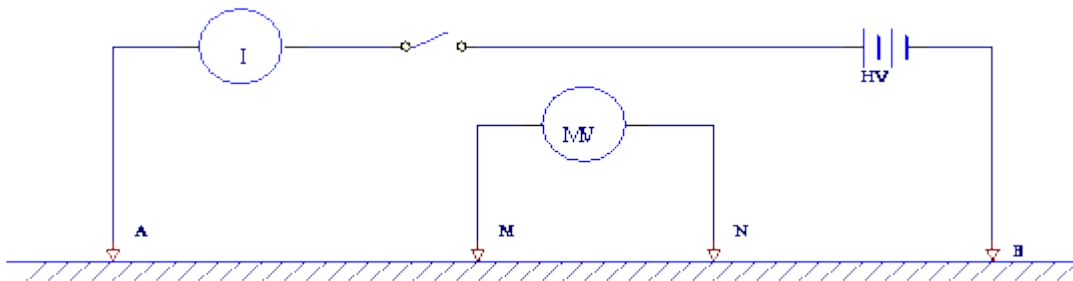
I. TỔNG QUAN VỀ QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN MÁY THĂM DÒ ĐIỆN MỘT CHIỀU

Thăm dò điện một chiều, đặc biệt là phương pháp điện trở suất biểu kiến luôn là phương pháp chủ đạo trong công tác địa vật lý. Thăm dò điện được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực: Địa vật lý quặng, nước ngầm, địa chất công trình ...

Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ tin học, các phần mềm phân tích số liệu đo điện trở suất biểu kiến cho những thông tin địa chất rất chính xác.

(Phần mềm 2D “ảnh điện”) khiến cho thăm dò điện một chiều thành một phương

Máy móc, thiết bị chính của phương pháp thăm dò điện một chiều gồm máy đo điện trở suất biểu kiến, bộ phát, tời, dây thu phát và các điện cực. Trong đó, máy đo điện trở suất biểu kiến. Thực ra, máy đo điện trở suất biểu kiến là một công cụ khá đơn giản. Nó gồm một đồng hồ đo dòng điện I phát qua hai điện cực AB từ một bộ pin HV và một đồng hồ đo điện áp ΔV trên hai điện cực thu MN như trên Hình 1:



Hình 1. Máy đo điện trở suất biểu kiến.

Tại mỗi điểm đo, tính điện trở suất biểu kiến (ζ_k) theo công thức:

$$\zeta_k = K \frac{\Delta V}{I}$$

Trong đó: K là hệ số điện cực phụ thuộc khoảng cách giữa các cực A, B, M, N.

Việc đo dòng điện I khá đơn giản, chỉ cần dùng một đồng hồ mA thông thường.

Việc đo điện áp ΔV phức tạp hơn. Trước hết cần bù điện áp phân cực tự nhiên trên hai điện cực MN (SP). Mạch đo ΔV cần có độ phân giải cao và điện trở vào lớn để không làm sai lệch phân bố điện thế trên mặt đất khi có mạch đo. Một mạch đo điện áp có độ phân giải cao, điện trở vào lớn đặt cạnh một mạch phát dòng có điện áp cao dễ gây hiện tượng rò điện làm sai lệch kết quả đo.

Độ phân giải điện áp và điện trở vào của mạch đo thế là hai chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá chất lượng của một máy đo điện trở suất biểu kiến của đất.

Trong thời kỳ đầu của công tác địa vật lý, các máy thăm dò điện dựa trên nguyên lý điện thế kế (Potentionmetr) với độ phân giải điện áp 0,05 mV, điện trở vào $1 M^{\Omega}$. Đó là các máy EP 1 (Liên Xô cũ) và sau Trung Quốc cải tiến thành máy UJ - 18. Thế hệ tiếp theo là các máy tự bù điện tử dùng đèn điện tử với độ phân giải 0,02 mV, điện trở vào $4 M^{\Omega}$. Đó là các máy ESK- 1 (Liên Xô cũ) và sau Trung Quốc cải tiến thành máy DDC2A.

Với sự tiên bộ của công nghệ điện tử, các máy thăm dò điện thế hệ đầu được nâng cao nhờ các linh kiện transistor và các IC nhưng vẫn sử dụng công nghệ analog, chỉ thị kết quả đo bằng đồng hồ chỉ kim, bù phân cực bằng tay, đo dòng, đo thế lần lượt. Điển hình của thế hệ máy này là các máy AE - 72 của Liên Xô cũ và các máy GESKA, máy MIMI-2 của Tiệp Khắc (cũ).

Vào những năm 1990, công nghệ kỹ thuật số và kỹ thuật vi xử lý phát triển mạnh, các công nghệ này được ứng dụng trong công tác chế tạo máy địa vật lý trong đó có các máy thăm dò điện. Các hãng chế tạo máy địa vật lý đã sản xuất nhiều loại máy thăm dò điện tiên tiến với nhiều tính năng vượt trội. Một số loại máy hiện đại đã được nhập vào nước ta như máy Syscal R2, Syscal Pro (Pháp), DWJ - 2 (Trung Quốc), ABEM (Thụy Điển) Super String và Mini String (Mỹ) Aret (Sec) ...

Các máy thăm dò điện hiện đại đều sử dụng công nghệ vi xử lý với các linh kiện điện tử tích hợp, có nhiều tính năng cao, rất thuận tiện cho người sử dụng:

- Kết hợp đo điện trở suất biểu kiến và đo phân cực kích thích (IP).
- Kết quả đo dưới dạng số, có bộ nhớ lưu trữ kết quả, kết nối thuận tiện với máy tính.
- Tích hợp máy phát dòng và máy đo thế trong một máy. Thực hiện phát dòng “Thông minh” để tiết kiệm nguồn tiêu thụ.
- Có thêm bộ chuyển mạch điện cực điện tử để thực hiện phương pháp đo đa cực nâng cao năng suất đo đạc thực địa.

Các máy nhập ngoại có tính năng cao nhưng giá rất đắt. Cũng như các loại máy điện tử khác, các máy này cũng có những hư hỏng trong quá trình sử dụng. Vì là những thiết bị kỹ thuật cao nên khi có hư hỏng rất khó sửa chữa. Nhiều hư hỏng phải gửi máy ra nước ngoài để sửa chữa, mất nhiều thời gian và chi phí.

Tự sản xuất các máy địa vật lý trong nước trong đó có các máy thăm dò điện với tính năng phù hợp với công tác địa vật lý nước ta, với chi phí hợp lý, chủ động trong việc cung cấp và bảo trì lâu dài các máy địa vật lý luôn luôn là mong muốn của những người làm công tác địa vật lý nước ta. Trong nhiều năm qua, chúng ta đã có nhiều cố gắng để thực hiện điều đó.

II. CÁC MÁY THĂM DÒ ĐIỆN ĐƯỢC CHẾ TẠO Ở VIỆT NAM

Những năm 1980, Tiệp Khắc (cũ) giúp ta xây dựng xí nghiệp máy địa vật lý, trong đó có việc thiết kế và chuyển giao công nghệ sản xuất máy thăm dò điện một chiều kiểu GESKA. Với trình độ công nghệ thời kỳ đó, máy GESKA là một máy thăm dò điện khá hoàn hảo. Máy có độ phân giải 0,02 mV, điện trở vào mạch đo thế là $4 M^{\Omega}$, giải đo 0,1 mV đến 3000 mV trên 7 thang đo. Máy có kết cấu chắc chắn. Đã có khoảng 40 máy GESKA được sản xuất, cung cấp cho nhiều đơn vị trong ngành địa chất và một số đơn vị ngoài ngành như thủy lợi, xây dựng, điện lực. . .

Vì là máy sử dụng công nghệ Analog nên máy GESKA có một số nhược điểm: Đồng hồ chỉ kim khó đọc, khi chuyển thang thường bị sai số không khớp; thao tác bù phân cực bằng tay khá phức tạp nhất là trong điều kiện thế phân cực không ổn định; việc đo dòng điện và đo điện áp không đồng thời gây sai số và năng suất đo đạc thấp.

Vào những năm 1990, trong công nghiệp điện tử, kỹ thuật số đã phát triển mạnh, những máy đo các đại lượng chỉ thị số trở nên phổ biến. Những đồng hồ vạn năng, đo điện áp, dòng điện chỉ thị số thay thế những đồng hồ chỉ thị bằng kim trước đây. Nhận thấy chức năng đo điện áp của các đồng hồ số có thể đáp ứng các yêu cầu của máy thăm dò điện Xí nghiệp máy Địa vật lý đã sử dụng

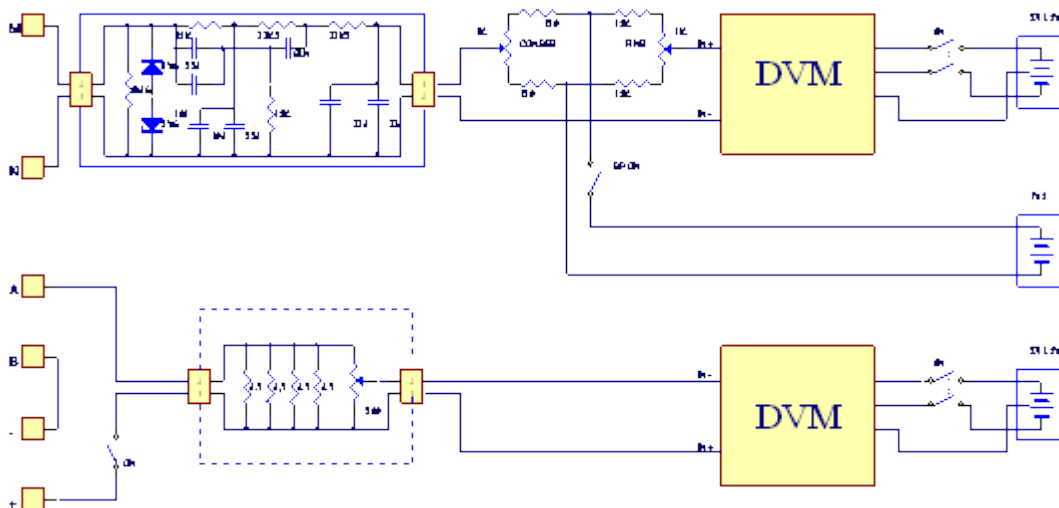
các đồng hồ số vào máy thăm dò điện. Sau nhiều mẫu máy, máy thăm dò điện một chiều kiểu TD2000 được sản xuất.

Máy TD2000 dùng hai đồng hồ số của Nhật kiểu HIOKI làm hai kênh đo dòng điện I và đo thế ΔV riêng biệt nên đo được đồng thời dòng điện và điện áp. Mạch đo dòng điện có công tắc phát dòng và điện trở Shunt, mạch đo điện áp có lắp bộ lọc nhiễu công nghiệp 50 HZ và bộ bù phân cực điều chỉnh bằng hai chiết áp.

Sơ đồ nguyên lý máy TD2000 trình bày ở Hình 2:

Với độ phân giải điện áp 0,1 mV, giải đo từ 0,1 mV đến 3000 mV, tự động chuyển thang đo, điện trở vào mạch đo điện áp là $4 M\Omega$, máy TD2000 đáp ứng được công tác thăm dò điện trong các điều kiện thông thường. Thao tác đo đạc trên máy TD2000 cũng đơn giản hơn so với máy GESKA

Máy TD2000 hiện được nhiều đơn vị sử dụng. Ngoài các đơn vị trong và ngoài ngành Địa chất, máy còn được nhiều công ty tư nhân sử dụng tìm nước ngầm. Năm 2006, Công ty Thiết bị Điện tử kỹ thuật cao (HT) đã nâng cấp máy TD2000 bằng cách lắp thêm bộ tự động bù phân cực. Đó là máy thăm dò điện một chiều kiểu ES2. Cải tiến này giúp cho công tác đo đạc thực địa đơn giản hơn nhiều, nâng cao năng suất đo đạc.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy thăm dò điện TD2000.



Hình 3. Máy TD2000 do Công ty Công nghệ Địa vật lý sản xuất.

Cùng với việc sản xuất các máy thăm dò điện, chúng ta đã sản xuất các máy phát dòng kiểu K100, K250, K400. Đây là các bộ đổi điện, biến điện áp nguồn ắc quy 12 V thành các điện áp cao đến 600 V làm nguồn phát dòng I AB, thay thế các pin phát cao áp. Đây cũng là phương pháp sáng tạo của những người chế tạo ra máy địa vật lý của Việt Nam, làm gọn nhẹ thiết bị thăm dò điện, giảm chi phí.

III. NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO CÁC MÁY THĂM DÒ ĐIỆN CHẤT LƯỢNG CAO

Những máy thăm dò điện kiểu TD 2000, ES2 mới chỉ là những máy đơn giản, độ phân giải 0,1 mV, đóng ngắt dòng phát bằng công tắc cơ điện, thao tác chưa thuận tiện.

Năm 2008, Công ty Điện tử kỹ thuật cao đã thiết kế chế tạo máy thăm dò điện một chiều ES3 (DIGIGESKA) áp dụng kỹ thuật biến đổi tương tự – số, điều khiển bằng bộ vi xử lý (Hình 3). Máy có hai kênh đo đồng thời điện áp và dòng điện, tự động bù phân cực.

Kênh đo điện áp có độ phân giải 0,01 mV, điện trở vào 10 M Ω .

ES3 áp dụng các công nghệ hiện đại:

- Sử dụng bộ khuếch đại đầu vào bằng các linh kiện có tạp âm nhỏ, độ trôi nhỏ;
- Sử dụng bộ biến đổi tương tự – Số (ADC) có độ phân giải cao, tốc độ cao và sử dụng bộ lọc số loại trừ nhiễu công nghiệp;
- Đưa vào mạch đo thuật giải hiệu chỉnh độ trôi của thế phân cực tự nhiên (SP) xuất hiện trên điện cực thu.

Thao tác trên máy rất đơn giản, dễ sử dụng, đo đạc nhanh.

Máy có kết cấu chắc chắn trong vỏ nhựa cao cấp do hãng Pelican (Mỹ) sản xuất có độ cách điện cao, chống ẩm tốt, độ bền cơ học cao. Máy DIGIGESKA ES3 dùng thay thế máy GESKA với nhiều tính năng cao hơn, rất thuận tiện trong sử dụng.



Hình 4. Máy DIGIGESKA ES3.

Máy DIGIGESKA ES3 (Hình 4) đã được sử dụng ở một số đơn vị. Tại Liên đoàn Điều tra và Quy hoạch tài nguyên nước miền Nam, máy đã được sử dụng để đo sâu điện với cự ly AB đến 2000 m tại đồng bằng sông Cửu Long, vùng có điện trở suất thấp.

Dưới đây là kết quả đo sâu ở điểm RBST38 tại Bắc sông Tiền đo ngày 7/5/2013 và kết quả đo kiểm tra ngày 14/7/2013 (Sau hơn 2 tháng) (Bảng 1, Hình 5).

Sai số đo trung bình giữa hai lần đo bằng 2,95 %.

Đó là một sai số đo đặc thực địa rất nhỏ chứng tỏ tính ổn định của máy ES3.

Năm 2011 thực hiện đề tài khoa học công nghệ mã số TNMT.03.20 do Liên đoàn Vật lý Địa chất chủ trì, Máy thăm dò điện một chiều TDD 01 đã được thiết kế chế tạo.

Máy TDD 01 kế thừa các công nghệ của máy DIGIGESKA ES3 có đưa thêm phần lưu trữ số liệu và kết nối máy tính.

Để có nguồn phát dòng I AB, Bộ máy TDD 01 có kèm theo một máy phát dòng K400 chạy bằng ắc quy 12V. Với công suất phát 400 W, bộ phát dòng K400 cho điện áp phát cao nhất là 600 V, dòng phát cao nhất 2 A.

Bộ máy TDD 01 và K400 đã được thử nghiệm tại một số vùng điển hình (Vùng núi, vùng đồng bằng, vùng nhiễm mặn ven biển . . .) cho kết quả ổn định, chính xác và thuận tiện trong sử dụng. Có thể nói, với mục đích đo điện trở suất biểu kiến, bộ máy TDD 01 – K400 là một thiết bị hoàn hảo.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu chế tạo máy TDD 01, năm 2012 Công ty Điện tử Kỹ thuật cao (HT) đã phát triển, thiết kế chế tạo máy thăm dò điện một chiều ES4 (Hình 6).

Máy ES4 ngoài tính năng đo điện trở suất biểu kiến còn có thêm khả năng đo phân cực kích thích với hai giá trị hệ số phân cực kích thích ở thời điểm 0,12 giây và 0,50 giây. Khả năng đo phân cực kích thích cho thêm thông tin đối với các đối tượng quặng có tính dẫn điện cũng như trong tìm kiếm thăm dò nước ngầm.

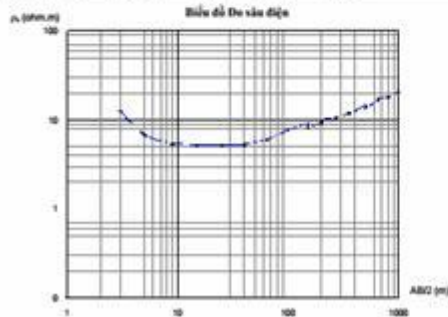
Bảng 1. So sánh kết quả đo kiểm tra đo sâu điện

PHIẾU ĐO SÂU ĐIỆN NGOÀI TRỜI

Dự án: "Điều tra, đánh giá sơ bộ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:50000 vùng bắc sông sền"

Điểm: RBST 38	Thời gian đo: 5/7/2013
Khu vực:	Thị trấn:
Tọa độ: X 1171351 Y 556338	Máy đo: DIGIRESA ES3 0004
Cao độ: Z	Người đo: Nguyễn Đình Hoàn

Stt	AB2 (m)	MN2 (m)	Hệ số K	ΔU (mV)	I (mA)	ρ _s (ohm.m)		Ghi chú
						#DIV/0?		
1	1.5	0.5	6.26	505.81	580.80	12.70		
2	3	1	12.6	116.56	615.00	6.92		
3	5	1	37.7	19.38	448.00	5.43		
4	9	1	126	65.29	448.00	5.49		
5	9	3	37.7	20.39	437.50	5.29		
6	15	3	113	9.14	496.00	5.27		
7	25	3	323	19.50	481.00	5.34		
8	40	3	833	4.17	352.50	6.32		
9	40	12	191	3.64	390.00	7.84		
10	64	12	517	3.89	223.00	9.09		
12	100	12	1296	16.88	227.00	8.34		
13	150	12	2626	8.37	181.00	9.36		
14	150	50	626	2.03	101.00	10.06		
15	200	50	1178	4.23	87.80	10.70		
16	200	12	5217	3.31	108.00	12.07		
17	270	50	2212	2.00	105.00	14.70		
18	360	50	3993	6.18	106.00	13.86		
19	500	50	7775	3.15	78.70	16.76		
20	500	150	2382	1.05	796.40	17.40		
21	650	150	4189	2.76	876.00	18.27		
22	650	50	1195	2.12	1026.00	21.15		
23	800	150	6466					
24	1000	150	10236					

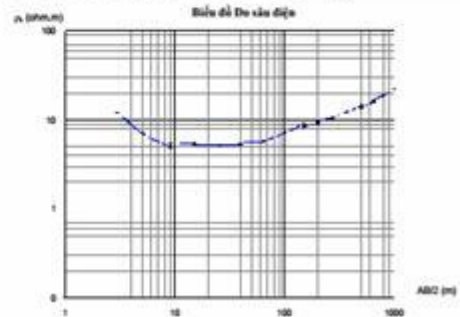


PHIẾU ĐO SÂU ĐIỆN NGOÀI TRỜI

Dự án: "Điều tra, đánh giá sơ bộ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:50000 vùng bắc sông sền"

Điểm: RBST 38 KT	Thời gian đo: 7/14/2013
Khu vực:	Thị trấn:
Tọa độ: X 1171351 Y 556338	Máy đo: DIGIRESA ES3 0004
Cao độ: Z	Người đo: Nguyễn Đình Hoàn

Stt	AB2 (m)	MN2 (m)	Hệ số K	ΔU (mV)	I (mA)	ρ _s (ohm.m)		Ghi chú
						#DIV/0?		
1	1.5	0.5	6.26	256.50	263.40	12.24		
2	3	1	12.6	62.20	322.50	7.27		
3	5	1	37.7	11.34	284.50	5.01		
4	9	1	126	43.37	283.00	5.51		
5	9	3	37.7	11.40	305.20	5.39		
6	15	3	113	5.01	296.00	5.52		
7	25	3	323	1.91	296.20	5.54		
8	40	12	191	8.57	296.00	5.84		
9	40	12	517	7.58	1562.00	7.28		
12	100	12	1296	4.29	1389.00	9.04		
13	150	12	2626	18.88	1387.00	8.55		
14	150	50	626	5.89	749.50	9.26		
15	200	50	1178	1.39	749.50	9.68		
16	200	12	5217	3.59	747.70	10.62		
17	270	50	2212	2.56	835.10	12.24		
18	360	50	3993	1.67	903.80	14.37		
19	500	50	7775	5.26	897.80	13.96		
20	500	150	2382	3.45	894.50	16.16		
21	650	150	4189	1.14	891.90	16.87		
22	650	50	1195	3.22	1084.70	19.20		
23	800	150	6466	2.07	937.00	22.61		
24	1000	150	10236					



Hình 5. Kết quả phiếu đo sâu điện ngoài trời.



Hình 6. Bộ máy K400 và máy ES4.

Liên đoàn Vật lý Địa chất đã tiến hành đo đối chứng giữa máy ES4 và máy thăm dò điện của Pháp Syscal R2 ngày 14/2/2012 tại một số điểm. Kết quả đo đối chứng cho thấy giá trị điện trở suất giữa hai máy gần như hoàn toàn trùng nhau còn giá trị hệ số phân cực của máy ES4 luôn nhỏ hơn của máy Syscal R2 nhưng cùng quy luật suy giảm (Bảng 2).

Bảng 2. Kết quả đo đối chứng máy ES4 và máy Syscal R2

Station	V (MV)	I (MA)	R (Ohm)	P1 (%)	P2 (%)
1 SYSCAL	575	64	8,968	3,7	3,6
1 ES4	567,43	63,76	8,889	1,08	0,5
2 SYSCAL	352	61	5,770	5,2	5,2
2 ES4	348,55	60,37	5,773	1,54	0,74
3 SYSCAL	132	74	1,783	13,0	13,7
3 ES4	132,92	74,19	1,791	3,31	1,75
4 SYSCAL	377	265	1,422	13,8	14,1
4 ES4	374,13	261,86	1,428	3,7	1,99
5 SYSCAL	402	350	1,148	11,0	11,1
5 ES4	403,08	351,7	1,146	3,09	1,51
6 SYSCAL	1126	791	1,423	9,5	10,4
6 ES4	1130,88	793,21	1,425	2,87	1,36
7 SYSCAL	724	470	1,540	10,5	10,3
7 ES4	726,43	472,33	1,537	2,94	1,34
8 SYSCAL	796	509	1,563	10,4	10,2
8 ES4	799,93	512,52	1,560	2,93	1,41
9 SYSCAL	995	546	1,822	10,0	9,8
9 ES4	993,93	545,68	1,821	2,81	1,32

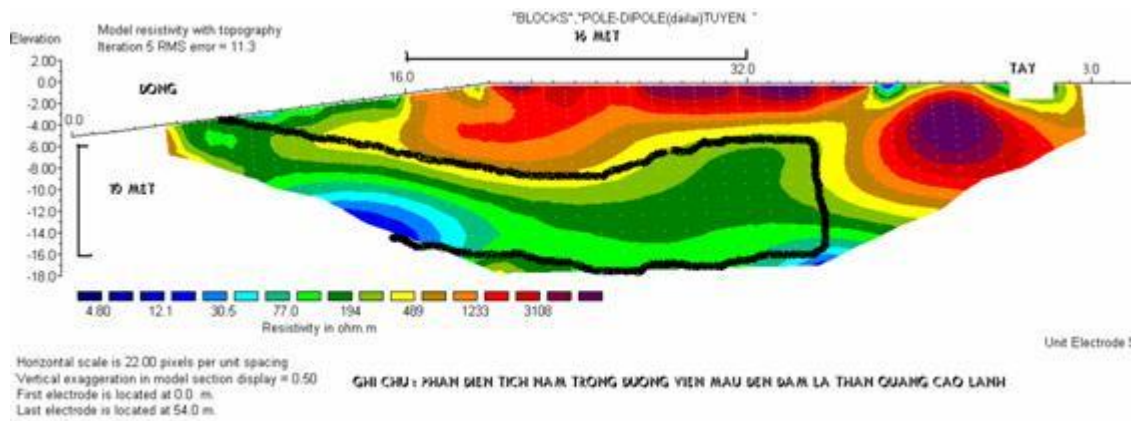
Năm 2013, Công ty HT thiết kế chế tạo máy thăm dò điện một chiều ES6 (Hình 7). Là máy đo điện trở suất biểu kiến, máy ES6 gồm phần thu thể của máy ES 4R và máy phát dòng kiểu K250 tích hợp trong một máy với nguồn nuôi chung là một ắc qui 12 V ngoài. Trong các điều kiện thông thường, máy ES 6 có thể đo sâu với cự ly AB = 1500 m. Kết hợp với một bộ chuyển mạch điện cực đơn giản điều khiển bằng tay, máy ES6 có thể đo đạc như một máy đo điện trở đa cực.



Hình 7. Máy ES6 và bộ chuyển mạch thủ công 20 điện cực.

Bộ máy ES6 cùng bộ chuyển mạch điện cực thủ công đã được nhiều đơn vị sử dụng.

Dưới đây trình bày kết quả đo đạc bằng bộ máy trên tại điểm quặng cao lanh tại vùng Đại Lải, Vĩnh Phúc ngày 24/12/2013.



Hình 8. lát cắt địa điện 2D trên thân quặng cao lanh tại vùng Đại Lải, Vĩnh Phúc.

IV. KẾT LUẬN

Các máy thăm dò điện sản xuất trong nước hiện nay đã có chất lượng đảm bảo. Qua việc thử nghiệm, đối chứng với các máy nhập ngoại có thể khẳng định các máy chế tạo trong nước hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu của công tác thăm dò điện một chiều hiện nay.

Để tiếp tục phát triển, nên nghiên cứu chế tạo bộ chuyển mạch điện cực tự động để có một thiết bị đo điện trở suất kiểu đa cực, tương đương các máy đa cực nhập ngoại đắt tiền, đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của công tác thăm dò điện.