

DİPOL-DİPOL ELEKTROD AÇILIMLI ZAMAN ORTAMI İP ÖLÇÜLERİNDE KUPLAJ ETKİSİ

COUPLING EFFECT OF THE TIME DOMAIN IP MEASUREMENTS BY USING DIPOLE-DIPOLE ARRAY

Okan TEZEL, Ali İsmet KANLI, Hüseyin TUR

İ. Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar- İSTANBUL

ÖZ: Günümüzde İndükleme Polarizasyon (IP) uygulamalarında karşılaşılan en büyük problemlerden biri, ölçülerin alınması sırasında çeşitli nedenlere bağlı olarak oluşan indüktif, kapasitif ve elektromanyetik kuplajlardır. Jeoelektrik arazi çalışmalarında, genelde bir elektriksel kaynak kullanılarak bu kaynağın ortam içerisindeki dağılımı ve değişimi incelenir. Ancak bu inceleme süresince bazan, ortamda bulunan diğer kaynakların etkileri de incelemek istediğimiz verilerle birlikte bulunurlar. Sözü edilen bu etkiler esas olarak incelemek istediğimiz ikincil kaynağın ortam içerisindeki değişim özelliklerini belirlememizi engellerler. Bu nedenle ölçülerimizdeki kuplaj etkisini hesaplamak ve gidermek gerekir.

Bu çalışmada kuplaj, sönüm eğrileri şeklinde tek düze (homojen) ortamlarda dipol-dipol elektrod dizilimi için hesaplanmış ve hangi durumlarda arttığı belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, homojen ortamlar için yapılan değerlendirmelerde, büyük aralıklı elektrod açılımları seçildiğinde ve iletken ortamlarda kuplajın arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : IP, zaman ortamı, dipol-dipol, kuplaj.

ABSTRACT

It is well known that, the most important problems in the IP polarization applications are inductive and capacitive coupling effects. Coupling which includes involuntary responds is occurred by variable causes while taking measurements. In geoelectric field studies, generally electrical source is used and its changes and distribution in surroundings are searched. Sometimes in this searching progress, there are other effects with our data that we want to searched. So these effects are blocked our real source and its characteristics in surroundings. Therefore coupling effects in our measurements must be calculated and its effects must be removed. In this study, coupling was calculated by decay curves in homogenous media for dipole-dipole electrode arrays and coupling increasing conditions were searched in homogenous media.

Our studies show to us that if we use large (n) values of electrode arrays and in conductive environments, it is clearly seen that coupling increases.

Key Words : IP, time domain, dipole-dipole, coupling.

GİRİŞ

İndükleme polarizasyon (IP) yöntemi, iyonların kayaç içerisinde arayüzey kutuplaştırmaları oluşturmaktan yararlanarak, kayaçların iyon içeren bölgelerini saptar. Böylece yeraltının hem öz direnç hem de iyonik durumunu yansıtır. IP uygulamalarında en sık kullanılan elektrod dizilimlerinden biri, bazı avantajları nedeniyle, dipol-dipol'dür. Dipol-dipol diziliminin diğer elektrod dizilimlerine göre en önemli avantajı, alıcı yürütüldüğünde daha az kabloya gereksinim duyulmasıdır. Ayrıca simetrik anomaliler verir ve üst tabakadaki yanılma değişimlere karşı çok duyarlıdır. Bu çalışmada, dipol-dipol elektrod diziliminin uygulanması sırasında oluşan kuplaj araştırılmıştır.

IP ölçülerinde, bir elektriksel kaynaktan üretilen akım, seçilen elektrod dizilimine bağlı olarak yer içine gönderilir. Böylece bu akımın ortam içerisindeki dağılımı ve değişimi incelenmeye çalışılır. Ancak bu sırada ortamda bulunan diğer kaynakların (doğal potansiyeller, magnetotellurik olaylar vb.) etkileride ölçülerimizle birlikte bulunurlar. Dolayısıyla bu etkiler, kaynağımızın ortam içerisindeki değişim özelliklerini belirlememizi engellerler.

Bodmer ve Morrison (1968), yeraltı suyu etüdünde, farklı frekansların akım yollarının farklı olması sebebiyle negatif IP oluşabileceğini göstermişlerdir. Dey ve Morrison (1973), elektromanyetik kuplajı, Fourier dönüşümü ile diğer bazı nümerik ayırım yöntemlerini bir-

likte kullanarak, karmaşık yollardan belirlemişlerdir. Trofimenkoff ve diğerleri (1982), kuplajın bazı elektrod dizilimindeki tanımını vermişlerdir. Çağlar (1989), karmaşık yollar yerine daha basit yollarla kuplajın hesaplanabileceğini göstermiştir. Swift (1973) ise zaman ortamı IP ölçülerinde oluşabilecek kuplajın hesaplanan L/M parametreleri (L: sönüm eğrisinin üstündeki alanın kısmi integrasyonu, M: sönüm eğrisinin altındaki alanın kısmi integrasyonu) ile belirlenebileceğini sunmuştur. Scintrex ve Hunttec şirketlerinin setleri ile kullanılan transient nedeniyle gürültüler otomatikman önlenmektedir. Dolayısıyla geriye indüktif, elektromanyetik ve kapasitif kuplajlar kalmaktadır.

Ölçülerimizde oluşabilecek olumsuz etkilerden bazıları, aşağıda oluşum nedenleri ile verilmiş ve kısmen bunlardan korunma yolları sunulmuştur.

1. Tellürik etkiler;

Çok uzun periyotlu olan tellürik akımlar belli doğrultuda aktıklarından ölçülerimizde SP etkisiymiş gibi görünürler. Bu bozucu etkilerle zaman ortamı IP yanıtlarında karşılaşılır. Bunlar özellikle düşük frekanslı (0.3 Hz.'den daha küçük) değillerse, yüksek geçişli bir filtre ile gayet başarılı bir şekilde önlenabilirler.

2. Sistem ve yüksek iletken örtü tabakası arasında oluşan bozucu etkiler;

Ölçüler iletken bir sahada yapıldığında elektromanyetik kuplajlar (maskeleme) nedeniyle bazı güçlüklerle karşılaşılabilir. Elektromanyetik kuplajlardan korunabilmek için $a \sqrt{\text{frekans}} / \text{özdirenç} < 100$ (Dizioğlu ve Keçeli, 1981) şartının, ölçü sisteminde sağlanması gerekir. Burada a: ölçülerdeki verici-alıcı arasındaki mesafedir. Verici-alıcı kablolar birbirine yakınsa ölçülerde kapasitif kuplaj oluşur.

3. Kondüktif kuplaj;

Örtü tabakasının iletken olması ve yer içerisine gönderilen akımın frekansının yüksek olması durumunda bariz olarak görülen bir etkidir. Bu etki, mümkün olduğu kadar düşük frekanslı akımlar kullanılarak önlenbilir.

4. Skin Efekt olayı (Kabuk olayı);

İlk olarak Bertin (1968), (1969) tarafından, puls transiyent tekniğinde, geometrik etkiler olarak Skin Efekt olayından bahsedilmiş ve yeraltındaki anomali kütlelerinin dipol etkisinden negatif IP'nin oluşabileceği ileri sürülmüştür. Değişken frekanslı akım kullandığımızda, akımın frekansa bağlı olarak yer içerisindeki girginliği bu olayı oluşturur. IP arazi ölçülerinde güvenilir ölçüler yüzeyden en fazla 2000-3000 m. derinliklere kadar elde edilebilmektedir. Bu derinliklerden sonra Skin Efekt olayı nedeniyle polarizasyon değerleri küçülmektedir. Girginlik basitçe,

$$d = 503 \sqrt{\frac{\rho}{F}} \text{ (metre) eşitliği ile verilir.}$$

5. Kapasitif kuplaj;

Uzun kablo kullanılması nedeniyle, kablolar arasında (verici-alıcı kablo) meydana gelen kaçak etkilerden dolayı olduğu gibi örtünün iletken olması durumunda da oluşabilir. Düşük frekans ve birbirinden uzak serili kablo kullanımıyla ortadan kalkabilir.

6. İndüktif kuplaj;

Alıcı ve verici makaraları üzerindeki kablolardan ileri gelen etkidir. Yani alıcı ve vericinin makaralı kabloları üzerindeki kablonun, bobin etkisi göstermesiyle oluşur. Çok düşük akım yoğunluklarında, yerdeki doğal akımların üstün gelmesinden ve yüksek akım yoğunluklarında, ölçü ortamı içindeki yüksek akım satürasyonlarının yapay olarak yarattığı indüktif etkiler nedeniyle oluşur.

7. Yeryüzündeki aşırı topoğrafik arızaların neden olduğu bozucu etkiler.

8. Örtü tabakasında lokal iletkenlik farklılıklarının bulunduğu yerlerde akım ve potansiyel elektrodlarının farklı iletkenlik lokasyonlarında bulunması sonucunda oluşan bozucu etkiler.

Yukarıda bazıları verilen bozucu etkilerden kısmen kurtulmak için aşağıda ki önlemleri almak yararlı olacaktır.

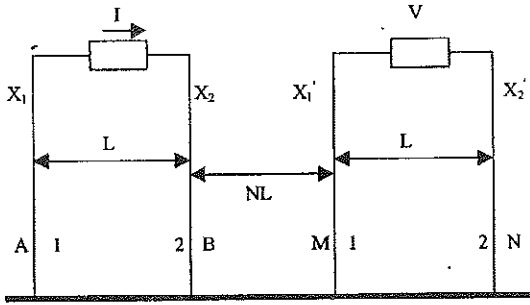
1. Ölçü sistemi ve profildeki düzen kontrol edilmelidir.
2. Uzun profil ölçülerinde verici-alıcı kabloları mümkün olduğunca birbirinden uzak alınmalıdır.
3. Optimum akım miktarı ve frekans aralığının seçilmesi ile elde edilecek parametre değeri büyültülürken E.M. bozucu etkiler azaltılmış olur.
4. Kablo kaçakları ve zayıf bağlantılar onarılmalıdır.

Bunların dışında matematiksel yollardan da söz konusu bozucu etkilerden kurtulmak mümkündür. Ancak matematiksel uygulamalarda yararlı bilgiler de atılabileceğinden oldukça dikkatli olunmalıdır. Bu nedenle ölçü aşamasında bilgilerin sağlıklı alınması gerekmektedir.

Yukarıda açıklanılmaya çalışıldığı üzere arazi verileri içerisinde istenmeyen bu etkilerin giderilmesi işlemleri son zamanlarda büyük önem kazanmıştır. Aşağıda dipol-dipol elektrod dizilimi için kuramsal örnekler verilerek konunun önemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Dipol-Dipol Elektrod Diziliminde Kuplaj

Dipol-dipol elektrod dizilimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Genel olarak gerilim bağıntısı,



Şekil 1. Dipol-dipol elektrod dizilimi modeli.
Figure 1. Dipole-dipole electrode array model.

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (1)$$

ile verildiğinden bunu dipol-dipol dizilimi için,

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{L+NL} - \frac{1}{NL} - \frac{1}{2L+NL} + \frac{1}{L+NL} \right) \quad (2)$$

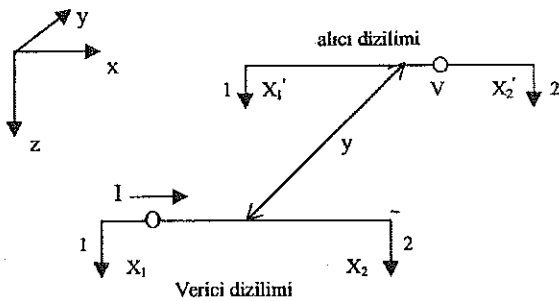
şeklinde yazabiliriz. Bu ifade de gerekli kısaltmaları yaparak geometrik faktörü,

$$k = \frac{-2}{N(N+1)(N+2)} \quad (3)$$

olarak elde ederiz. Bu bağıntıyı (2) denkleminde yerine koyduğumuzda,

$$V_0 = - \frac{I\rho}{\pi LN(N+1)(N+2)} \quad (4)$$

bağıntısıyla akımın akışı anındaki normal gerilimi veren ifadeyi elde ederiz. Bu bağıntıyı Yost'un (1952) dipol-dipol dizilimi modeline (Şekil.2) uyguladığımızda kuplajı hesaplayabileceğimiz eşitliği saptarız.



Şekil 2. Dipol-dipol elektrod dizilimi modeli (Yost, 1952).
Figure 2. Dipole-dipole electrode array model (after Yost, 1952).

Şekil 2'deki dizilime göre;

$$X_{11} = X_{22} = (N+1)L$$

$$X_{12} = (N+2)L$$

$$X_{21} = NL$$

$$\text{erf}\theta = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\theta \theta^{-\lambda^2} \partial \lambda \quad (\text{Abramovitz ve Stegun, 1972})$$

$$x_{ij} = |x_i - x_j|$$

$$r_{ij} = \sqrt{y^2 + x_{ij}^2} \quad (5)$$

olarak verildiklerinden, dipol-dipol dizilimi için 1.noktaya göre 2. noktadaki gerilim,

$$V_{21}(t) = V_0 - \frac{I\rho}{2\pi y^2} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (-1)^{i+j} [r_{ij} \text{erf}(\gamma r_{ij}) - x_{ij} e^{-\gamma^2 r_{ij}^2} \text{erf}(\gamma x_{ij})] \quad (6)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada:

$V_{21}(t)$: Gerilim elektrodları arasındaki elektriksel gerilim (volt),

V_0 : Akım akışı anındaki normal gerilim (volt),

I : Step akım genliği (amper),

ρ : özdirenç (ohm-m.),

$$\gamma^2 = \frac{\mu_0}{4\rho t} \quad (m),$$

t : zaman (sn.),

μ_0 : Serbest havanın manyetik geçirgenliği ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Henry/m.),

y : akım ve gerilim elektrodlarının orta noktaları arasındaki uzaklık (m.),

olarak alınmıştır.

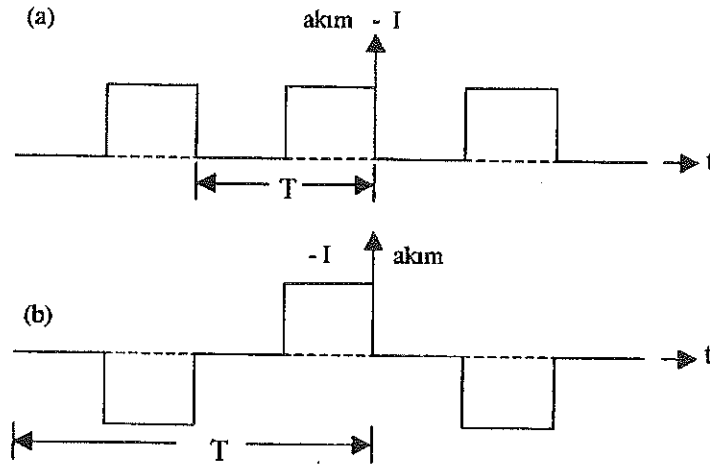
(6) ifadesi açılarak, gerekli kısaltmalar yapıp düzenlendiğinde,

$$V_{21}(t) = V_0 - \frac{I\rho}{2\pi y^2} [2\sqrt{(N+1)^2 L^2 + y^2} \text{erf}(\gamma \sqrt{(N+1)^2 L^2 + y^2}) - 2e^{-\gamma^2 y^2} (N+1)L \text{erf}(\gamma(N+1)L) - \sqrt{N^2 L^2 + y^2} \text{erf}(\gamma \sqrt{N^2 L^2 + y^2}) + e^{-\gamma^2 NL} \cdot \text{erf}(\gamma NL) - \sqrt{(N+2)^2 L^2 + y^2} \text{erf}(\gamma \sqrt{(N+2)^2 L^2 + y^2}) + e^{-\gamma^2 (N+2)L} \text{erf}(\gamma(N+2)L)] \quad (8)$$

bağıntısı elde edilir.

IP yönteminin uygulanması esnasında yer içerisine gönderilen akımın, periyodik bir kare dalga ve çoklu akım kare dalga şekillerine göre değişimleri Şekil 3'te verilmiştir.

Bu çalışmada, Day ve Morrison (1973) tarafından "Relative Decay Voltage" (RDV) olarak adlandırılan "Göreceli Sönüm Gerilimi" eğrisi hesaplanırken, aşağıdaki bağıntılardan yararlanılmıştır. Buna göre kuplaj yanıtının sönüm eğrisi şeklinde elde edilmesi için ilk olarak Horton (1946) tarafından verilen "Indicial Relative Decay Voltage" (IRDV) yani "Step Göreceli Sönüm Gerilimi" bağıntısı alınmıştır. IRDV, sabit genlikli bir



Şekil 3. a. Periyodik bir kare dalga akımı grafiği.
b. Çoklu akım kare dalga grafiği.
Figure 3. a. Graph of a peridiocal square wave current.
b. Graph of large number current square wave.

akımın yere periyodik olarak verilip kesilmesi koşulunda elde edilen bir büyüklük olup, (8) no'lu bağıntıdan yararlanmak suretiyle,

$$IRDV = \frac{V_{21}(t) - V_0}{V_0} \quad (9)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. Burada IRDV, yere verilen akımın bir stepine karşılık elde edilen RDV değeridir. O halde RDV, Şekil 3.a'daki akım için,

$$RDV(t) = \sum_{m=0}^M \left[IRDV\left(t + \frac{T}{2} + mT\right) - IRDV(t + mT) \right] \quad (10)$$

ve Şekil 3.b'deki akım içinde,

$$RDV(t) = \sum_{m=0}^M \left[IRDV\left(t + \frac{T}{2} + mT\right) + IRDV\left(t + \frac{T}{4} + mT\right) - \right. \quad (11)$$

$$\left. IRDV\left(t + \frac{3T}{4} + mT\right) - IRDV(t + mT) \right]$$

olarak yazılabilir.

Bu bağıntılardaki duyarlı hesaplamalar için M olduğunca büyük seçilmelidir. Ancak, genelde yer öz direncinin 1-100 ohm-m. arasında olduğu düşünülerek, M=2 için daha uygun bir tanım yapılabilir. RDV değişimleri hesaplanırken Trofimenkoff ve diğerleri (1982) tarafından verilen $|\gamma(n+1)| \leq 0.3$ koşulu dikkate alınmalıdır.

Akımın akması anındaki normal voltaj V_0 (4) bağıntısı ile verildiğine göre, RDV, aşağıda verilen IRDV bağıntısının, (10) veya (11) nolu ifadelerde yerine konulmasıyla elde edilir.

$$IRDV(t) = \frac{N(N+1)(N+2)L^3(\mu_0)^{\frac{3}{2}}}{12\sqrt{\pi\rho^2 t^{\frac{3}{2}}}} \quad (12)$$

Böylece, seçilen herhangi bir homojen ortam için IP yanıtlarındaki kuplajı, zaman ortamında ve dipol-dipol elektrod dizilimi için sönüm eğrileri şeklinde hesaplamak mümkündür. Bu amaçla yapılan bir model çalışma aşağıda verilmiştir.

Model Çalışma

Yukarıda verilen bilgilere dayanılarak Tezel (1992) tarafından geliştirilen ve Ek 1'de sunulan bir programda;

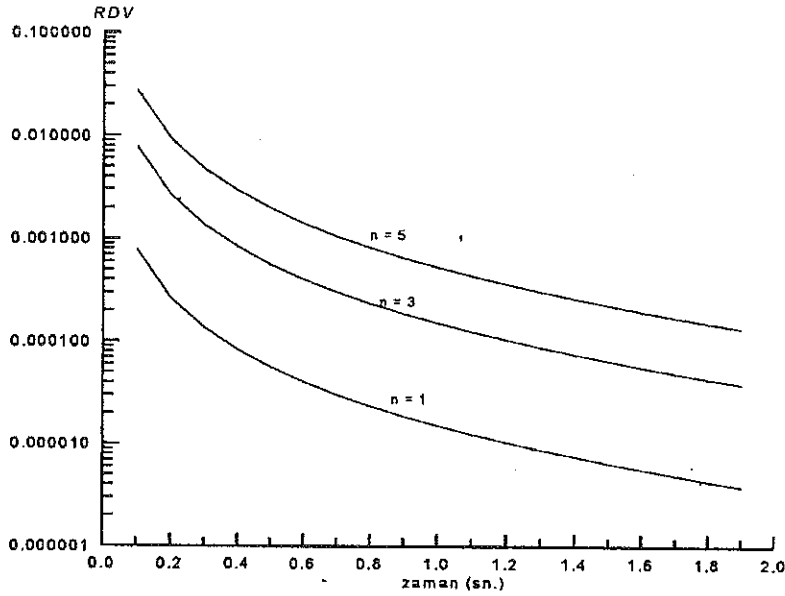
- a: Elektrod açıklığı (m.),
- ρ : Homojen ortam öz direnci (ohm-m.),
- T: Dalgalı akımın periyodu (sn.),
- TR: Cevap süresi (sn.),
- Bas: Başlama zamanı (sn.),
- adım: Elektrodları kaydırma miktarı (m.),
- girdi parametreleri olarak alınmıştır.

Bu parametreler ışığında yapılan bir uygulama aşağıda sunulmuştur. Bu uygulamada, dalgalı akımın periyodu ve öz direncin farklı ikişer değeri için 3 grup kuramsal ölçü değerleri hesaplanmıştır.

1.grup hesaplamada parametre değerleri:

- a : 400 m.
- ρ : 100 ohm-m.
- T : 4 sn.
- TR : 2 sn.
- Bas : 0.1 sn.
- Adım : 0.1 m.

olarak alınmış ve n katsayısına bağlı olarak RDV değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4).



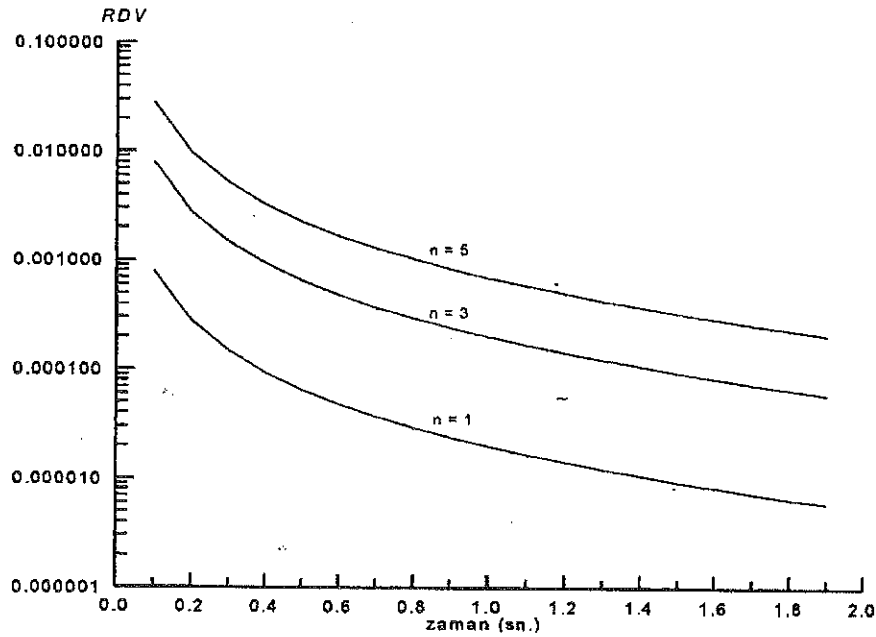
Şekil 4. n 'e bağlı olarak çizilen zamana göre RDV değişimlerinin görünümleri ($T = 4$ sn. ve $\rho = 100$ ohm-m.).
Figure 4. View of RDV changes versus time, plotted by related to n ($T = 4$ sec. and $\rho = 100 \Omega m.$):

2. grup hesaplamada dalgalı akımın periyodu (T) değiştirilerek 8 sn. alınmış ve diğer parametre değerleri değiştirilmeden RDV değerleri yine n 'e bağlı olarak hesaplanmıştır (Şekil 5).

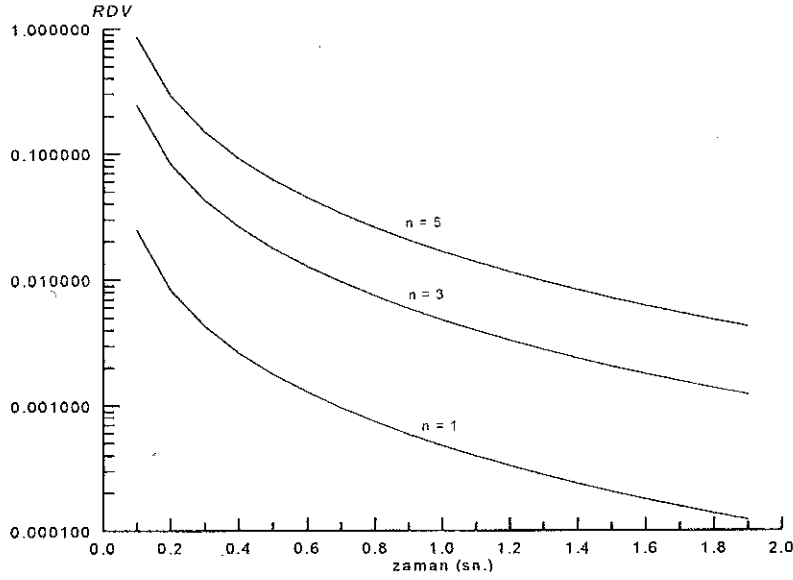
3. grup hesaplama ise dalgalı akımın periyodunun 4 sn. ve r değerinin azaltılarak 10 ohm-m. alınması

ve diğer parametre değerlerinin yukarıda verilen iki grup ölçülerdekine aynı seçilmesi ile yapılmıştır (Şekil 6).

Böylece Şekil 4-5-6' da ki RDV değişimleri incelenerek aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.



Şekil 5. n 'e bağlı olarak çizilen zamana göre RDV değişimlerinin görünümleri ($T = 8$ sn. ve $\rho = 100$ ohm-m.).
Figure 5. View of RDV changes versus time, plotted by related to n ($T = 8$ sec. and $\rho = 100 \Omega m.$):



Şekil 6. n 'e bağlı olarak çizilen zamana göre RDV değişimlerinin görünümleri ($T = 4$ sn. ve $\rho = 10$ ohm-m.).
Figure 6. View of RDV changes versus time, plotted by related to n ($T = 4$ sec. and $\rho = 10$ Wm.).

SONUÇ

Bilindiği üzere sülfürlü maden yatakları metalik cevherleşme göstermektedirler. Bu yatakların ortaya çıkarılmasında kullanılan en etkin yöntem İndüklem Polarizasyon (IP)'dir. Ancak alınan ölçülerde çeşitli nedenlerle oluşabilecek kuplajı gidermek sağlıklı değerlendirmeler yapabilmek için zorunludur.

Yapılan çalışma sonucunda, Göreceli Sönüm Gerilimi (RDV)'nin zamana göre değişimleri incelendiğinde; n değerinin artmasıyla sönümün hızlandığı aksi halde sönümün yavaşladığı (Şekil 4-5), dalgalı akımın periyoduna göre sürenin artmasıyla sönümün yavaşladığı diğer halde sönümün arttığı (Şekil 4-5), özdirenç değerinin düşük alınması durumunda sönümün daha da hızlandığı görülmüştür (Şekil 4-6).

Bu sonuçlara dayanılarak tek düze (homojen) ortamlarda, dipol-dipol elektrod dizilimi seçildiğinde ve de kuplajın hızlı bir sönümde arttığının bilindiğinden (Swift, 1973) hareketle, kuplajı aşağıdaki şekilde belirlemek mümkündür.

n değerinin artmasıyla sönüm hızlanmakta ve kuplaj artmaktadır. Dalgalı akımın periyodu arttırıldığında sönüm yavaşlamakta ve kuplaj azalmaktadır. Küçük özdirenç değerleri seçildiğinde ise sönümün ve kuplajın arttığı görülmektedir.

Yukardaki bilgiler ışığında dipol-dipol elektrod diziliminde kuplajın olumsuz etkilerinden kurtularak

sağlıklı ölçüler alabilmek ve değerlendirmeler yapabilmek için, büyük periyotlarda ve küçük aralıklı n mesafelerinde çalışmanın yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca iletken ortamlarda kuplajın arttığı görülmüştür.

SUMMARY

IP which is used for searching ion contained zones of rocks is a geophysical method. This method finds out these zones by the help of ions which form the interface polarization in rocks. Different techniques are used in this progress. In this study, time domain measurement technique was used. There are several different techniques and different electrode arrays and in this study we used dipole-dipole electrode arrays. Because this system needs less cables and also has more advantages than the other systems. Generally in geoelectric surveys, it is used only an electrical source and searched the source distribution and its changes in surroundings. But sometimes at this searching progress, there are other sources effects with our real data. So these effects block to determine the changing properties of source in its surroundings. Therefore it must be calculated the couplage effects of our measurements.

In this study; coupling and its occurrence conditions were determined from values using Dey and Morrison (1973)'s equation. According to our studies, it was

understood that to remove the coupling effects in dipole-dipole electrode arrays, it is understood that taking small (n) intervals of electrode arrays and using big periods are useful. In addition to this, coupling increases are seen in conductive environments.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abramovitz M., Stegun A.I., 1972**, Handbook of Mathematical Functions, Dower Publications Inc., New-york.
- Bertin J., 1968**, Some aspects of Induced Polarization (time domain) Geophys. prosp. 16, 4, 401.
- Bertin J., 1969**, Transients and field Behaviour in Induced Polarization Geophys.prosp., 4, 448.
- Bodmer R., Ward S.H., Morrison H.F., 1968**, On Induced Polarization and ground water, Geophysics 33, 805-826.
- Çağlar İ., 1989**, Zaman Ortamı İP ölçmelerindeki EM kuplaj için kolay bir hesaplama, Doğa, TÜ Müh. ve Çev. D. C., 13, S., 1.
- Day A., Morrison H.F., 1973**, Electromagnetic coupling in frequency and time domain Induced Polarization surveys over a multilayered earth, Geophysics, 38, 2, 380-405.
- Dizioğlu, M.Y. ve Keçeli, A.D., 1981**, Elektrik ve elektromanyetik prospeksiyon yöntemleri, İÜ. Yayınları Fen Fakültesi basımevi, İstanbul.
- Horton C.W., 1946**, "On the use of electromagnetic waves in geophysical prospecting" Geophysics XI, Pp., 505-518.
- Swift, JR.C.M., 1973**, The L/M parameter of time-domain IP measurements a computational analysis, Geophysics, vol. 38,1,p.61-67.6 flgs.
- Tezel,O.,1992**, Zaman ortamı İP yanıtlarının araştırılması, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Trofimenkoff F.N., Johnston R.H., Haslett J.W., 1982**, Electromagnetic coupling between Parallel lines on a uniform earth., IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing., GE-20, 2, 197-200.
- Yost W.J., 1952**, "The interpretaion of electromagnetic reflection data in geophysical exploration, part I. General theory" Geophysics XVII, no:1, pp., 89-106.

Ek 1.

```

10 GOSUB 1110
20 PRINT CHR$(7)
30 OPEN "O",#1,"DIPOL.DAT"
40 DIM RA(500),RB(500),Z(500)
50 PI=3.1415926#
60 MU=4*PI*.0000001
70 MUKOK=SQR(MU)
80 GOSUB 730:GOSUB 1040
90 C$=INKEY$
100 IF C$=" " THEN 100
110 IF C$="e" OR C$="E" THEN 150
120 IF C$="h" OR C$="H" THEN 140
130 GOTO 90
140 GOSUB 860
150 A=400:R=100:T=4:TR=2:BAS=.1:ADIM=.1
160 'A=400:R=100:T=8:TR=2:BAS=.1:ADIM=.1
165 'A=400:R=10:T=4:TR=2:BAS=.1:ADIM=.1
170 FOR N=1 TO 5 STEP 2
180 PRINT TAB(5);"<N=>" ;N;" iCiN"
190 K=0
200 FOR I=BAS TO TR STEP ADIM
210 K=K+1
220 TOPB=0
230 TOPA=0
240 FOR M=0 TO 2
250 S1=I+(T/2)+M
260 S2=SQR(S1)

```

```

270 S3=S2*S1
280 B1=I+(T/4)+M
290 B2=SQR(B1)
300 B3=B2*B1
310 B4=I+(3*T/4)+M*T
320 B5=SQR(B4)
330 B6=B4*B5
340 S4=I+M*T
350 S5=SQR(S4)
360 S6=S5*S4
370 TOP=1/S3-1/S6
380 TOPA=TOPA+TOP
390 TOP=TOP+1/B3-1/B6
400 TOPB=TOPB+TOP
410 NEXT M
420 DI=A^3*MUKOK*MU
430 DIP=SQR(PI)*R^(1.5)
440 GE=N*(N+1)*(N+2)
450 DIPE=(DI/(12*DIP))*GE
460 DIPOL=DIPE*TOPA
470 RA(K)=-DIPOL
480 DIPOL=DIPE*TOPB
490 RB(K)=-DIPOL
500 Z(K)=I
510 NEXT I
580 PRINT" zaman      rdva      rdvb  "
590 PRINT #1," zaman      rdva      rdvb  "
600 PRINT" -----  -----  -----  "
610 PRINT #1," -----  -----  N=";N;"ICIN"
620 FOR J=1 TO K
630 PRINT TAB(5);Z(J);TAB(20);RA(J);TAB(40);RB(J)
640 PRINT #1,TAB(5);Z(J);TAB(20);RA(J);TAB(40);RB(J)
650 NEXT J
660 NEXT N
670 CLS:PRINT CHR$(7):LOCATE 20,40:PRINT"sisteme cikis  <S> & programdan cikis <P>& menu icin
<M> tusuna basiniz
680 X$=INKEY$
690 IF X$=" " THEN 690
700 IF X$="s" OR X$="S" THEN 704
701 IF X$="p" OR X$="P" THEN 720
702 IF X$="m" OR X$="M" THEN 706
703 GOTO 680
704 SYSTEM
706 RUN"ana
720 END
730 LOCATE 10,15:PRINT"elktrod acikligi....."
740 LOCATE 11,15:PRINT"homojen ortam ozdirenci...."
750 LOCATE 12,15:PRINT"akim dalgasinin peryotu...."
760 LOCATE 13,15:PRINT"cevap suresi(sec)....."
770 LOCATE 14,15:PRINT"baslama zamani....."
780 LOCATE 15,15:PRINT"adim araligi....."
790 LOCATE 10,43:INPUT A

```



```
800 LOCATE 11,43:INPUT R
810 LOCATE 12,43:INPUT T
820 LOCATE 13,43:INPUT TR
830 LOCATE 14,43:INPUT BAS
840 LOCATE 15,43:INPUT ADIM
850 RETURN
860 CLS:GOSUB 1110:LOCATE 10,15:PRINT"1.eloktrod acikligi.....";A
870 LOCATE 11,15:PRINT"2.homojen ortam ozdirenci....";R
880 LOCATE 12,15:PRINT"3.akim dalgasinin peryotu....";T
890 LOCATE 13,15:PRINT"4.cevap suresi(sec).....";TR
900 LOCATE 14,15:PRINT"5.baslama zamani.....";BAS
910 LOCATE 15,15:PRINT"6.adim araligi.....";ADIM
920 LOCATE 18,40:PRINT"hangisi yanlis <1 2 3 4 5 6 &hata yok=e>"
930 D$=INKEY$
940 IF D$=" " THEN 940
950 IF D$="1" THEN 1050:GOTO 920
960 IF D$="2" THEN 1060:GOTO 920
970 IF D$="3" THEN 1070:GOTO 920
980 IF D$="4" THEN 1080:GOTO 920
990 IF D$="5" THEN 1090:GOTO 920
1000 IF D$="6" THEN 1100:GOTO 920
1010 IF D$="e" OR D$="E" THEN :CLS:GOSUB 1110:GOTO 1030
1020 GOTO 930
1030 RETURN
1040 LOCATE 18,40:PRINT"yukaridaki degerler dogrumu <e/h>" :RETURN
1050 LOCATE 10,15:INPUT"eloktrod acikligi.....";A:GOTO 920
1060 LOCATE 11,15:INPUT"homojen ortam ozdirenci....";R:GOTO 920
1070 LOCATE 12,15:INPUT"akim dalgasinin peryotu....";T:GOTO 920
1080 LOCATE 13,15:INPUT"cevap suresi(sec).....";TR:GOTO 920
1090 LOCATE 14,15:INPUT"baslama zamani.....";BAS:GOTO 920
1100 LOCATE 15,15:INPUT"adim araligi.....";ADIM:GOTO 920
1110 CLS:LOCATE 2,60:PRINT"okan tezel"
1140 RETURN
```

Makalenin geliş tarihi : 11.10.1999
Makalenin yayına kabul tarihi : 28.02.2000
Received : October 11, 1999
Accepted : February 28, 2000