

SÖZDE SPOT ELEKTRİK FİYATINI KULLANAN KISA DÖNEM HİDROTERMAL KOORDİNASYON PROBLEMİ İÇİN DELPHİ DİLİNDE YAZILMIŞ GÖRSEL BİR PROGRAM

Celal YAŞAR¹

Salih FADIL²

M.Ali TAŞ³

^{1,3}Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 43100, Kütahya

²Osmangazi Üniversitesi, MMF, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Batı Meşelik, 26480, Eskişehir

¹e-posta: cycasar@dumlupinar.edu.tr ²e-posta: sfadil@ogu.edu.tr ³e-posta: malitas@dumlupinar.edu.tr

*Anahtar sözcükler:*Sözde spot elektrik fiyat algoritması, Aktif ve reaktif güç dağıtım

ÖZET

Bu çalışmada kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemini çözmek için Delphi dilinde bir görsel program geliştirilmiştir. Yazılan program sözde (pseudo) spot elektrik fiyatı algoritmasını kullanmaktadır. Program örnek bir problem üzerinde test edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemi bir günden bir haftaya kadar olan bir işletim süresini kapsamaktadır. Bu süre zarfında ele alınan elektrik enerji sistemindeki yük dağılımının ve bu yükleri besleyecek olan enerji üretim birimlerinin bulunduğu kabul edilmektedir. Problemde ele alınan işletim süresi, alt zaman dilimlerine bölünerek her bir dilimde yüklerin değişmediği kabul edilmektedir. Hidrotermal koordinasyon probleminin çözümü, öngörülen işletim süresi boyunca toplam termik maliyeti minimum yapan, sistemdeki olası termik, hidrolik ve elektrik kısıtların sağlandığı üretim birimlerinin aktif güç üretim değerlerini vermektedir.

Literatürde sözde spot elektrik fiyatı algoritması çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Bunlar; sadece termik birimlerden oluşan bir sistemin belirli bir yük durumundaki aktif güç optimizasyonu [2], pompayla doldurulmalı hidrolik birim içeren sistemdeki aktif güç optimizasyonu [3], kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemi [4], ham enerji kaynağı kısıtlı birim içeren sistemlerdeki aktif güç optimizasyonudur [5]. Üst seviyede nonlineer problemlerin çözümünde kullanılan genetik algoritma kısa dönem hidrotermal koordinasyon probleminin çözümünde kullanılmıştır [6,9].

Bu çalışmada, sözde elektrik fiyatını kullanan aktif ve reaktif güç dağıtım tekniği, kayıplı kısa dönem hidrotermal koordinasyon probleminin çözümü için kullanılmıştır. Problemin çözümünde önce aktif güç optimizasyonu yapılmış, daha sonra reaktif güç optimizasyonuna geçilmiştir.

Aktif güç dağıtım algoritması iki ana döngüden oluşmaktadır. Dış döngüde her hidrolik birime ait sözde artımsal aktif güç maliyeti hesaplanmakta (atanmakta)dır. İç döngüde her alt zaman diliminde

tüm birimlere ait aktif güç değerleri belirlenmektedir. Dış döngüye tüm hidrolik birimlere ait hidrolik kısıtlar sağlanıncaya kadar devam edilmektedir.

Aktif güç dağıtım algoritmasıyla birimlerin optimal aktif güç üretimleri belirlendikten sonra, sisteme reaktif güç dağıtım algoritması uygulanmaktadır. Burada amaç, sistemdeki aktif hat kayıplarını minimize etmek ve bara gerilimlerinin genliklerinin verilen sınırlar arasında kalmasını sağlamaktır.

Çalışmada Delphi programlama dilinde görsel bir simülasyon programı yazılmıştır. Probleme ait değerlerin girilmesi ve işlemlerin yapılması daha kolay bir hale getirilmiştir. Programda önce aktif güç optimizasyonu daha sonra reaktif güç optimizasyonu programı çalıştırılmaktadır. Makalede yer darlığı nedeniyle önce reaktif güç optimizasyonu anlatılacak, sonra aktif güç optimizasyonu kısaca bahsedilip konuyla ilgili daha geniş bilgi için referans verilecektir.

2. REAKTİF GÜÇ OPTİMİZASYONU

Elektrik enerji sistemindeki reaktif güç üretimlerinin değiştirilmesi, sistemde bütün iletim hatlarındaki reaktif güç akışlarını değiştirmektedir. Bu akışların değişmesi hatlardan akan akımların büyüklüklerinin değişmesine neden olmaktadır. Böylelikle, iletim hatlarındaki aktif kayıplarda değişmektedir. Sistemdeki reaktif güç üretimlerinin optimal bir şekilde belirlenmesi, salınım barasına bağlı olan üretim biriminin aktif güç üretiminin azalmasına neden olmakta ve bu nedenle sistemdeki termik maliyet daha da azaltılabilmektedir.

Reaktif güç optimizasyonu yapılırken sadece üretim birimlerinin reaktif güç çıkışlarında değişiklik yapılmaktadır. Salınım barasına bağlı birimin aktif güç üretimi hariç, diğer üretim birimlerinin aktif güç üretimleri, aktif güç optimizasyonunda belirlenen değerlere eşit alınmakta ve bu değerler reaktif güç optimizasyonu süresince değiştirilmemektedir.

Reaktif güç optimizasyonunun tüm zaman dilimlerindeki uygulaması aynı olduğundan, sadece *j*. zaman dilimindeki uygulaması anlatılacaktır. Başlangıçta seçilen reaktif güç üretimleriyle bir

Newton-Raphson A.C yük akış analizi yapılmakta ve salınım barasına ait aktif güç üretimi hesaplanmaktadır. Salınım barasına bağlı birimin aktif güç üretimi kullanılarak bu birimin saat başına aktif güç maliyeti $SBM_{Sb,j}^{eski}$ hesaplanır.

$$SBM_{Sb,j}^{eski} = F_{Sb}(P_{GSb,j}^{eski}), R/h \quad (1)$$

Denklem (1)'de F_{Sb} salınım barasına bağlı termik birimin saat başına maliyet eğrisini, R harfi ise fiktif bir para birimini göstermektedir. Çözüm tekniğinde enerji sisteminin topografyası kullanılarak her bir bara için sadece güç alımları dikkate alınmaktadır. Her bir baranın aldığı reaktif güçler belirlendiğinde hatların diğer uçlarındaki reaktif güçler *yaklaşık olarak* belirlenmiş olmaktadır. Bunun nedeni; hatlardan iletilen reaktif güçlerin değişmesine rağmen hala eski reaktif kayıpların kullanılmasıdır. Bu durum çözüm tekniğinin iteratif olmasının bir sebebidir.

Reaktif güç optimizasyonunda, algoritma barada üretim biriminin olup olmadığıyla ilgilenilir. Reaktif güç tüketimi olan bir barada, eğer reaktif güç üretim birimi varsa, ihtiyaç özellikleri bu üretim biriminden karşılanmalıdır. Böylelikle hatlardaki reaktif güç kaybı azaltılmış olur. Üretim birimi bulunmayan baralardaki reaktif güç tüketimi ise, bu baraya bağlı diğer baralardan minimum maliyette olacak şekilde alınmak suretiyle karşılanmalıdır. Birimlerin reaktif güç üretim sınırları ve bağlı oldukları baraların gerilim genliklerinin sınır değerleri, baralardaki reaktif güç üretimlerini kısıtlamaktadır.

Reaktif güç optimizasyonunda artımsal reaktif güç maliyeti belirlenmelidir. Reaktif gücün direkt olarak maliyeti olmadığı için artımsal reaktif güç maliyeti sanal olarak tanımlanmıştır. Reaktif güç üretim birimleri için, birimlerin sisteme verdikleri reaktif güçten bağımsız olarak artımsal reaktif güç maliyeti tanımlanmıştır. Bu değer tüm reaktif güç üretim birimleri için aynı ve $1.0 R / MVARh$ olarak alınmıştır.

Sistemdeki k barasının j . zaman dilimindeki artımsal reaktif güç maliyeti, $\lambda_{k,j}^Q$, (2) 'ye göre hesaplanmaktadır.

$$\lambda_{k,j}^Q = \frac{\sum_{i \in (TQ_{ik,j} > 0)} TQ_{ik,j} SP_{ik,j}^Q}{\sum_{i \in (TQ_{ik,j} > 0)} TQ_{ik,j}} \quad (2)$$

Denklem (2) 'de $i=k$ olabilmektedir. Bu durumda $TQ_{kk,j}$ ve $SP_{kk,j}^Q$ sırasıyla j . zaman diliminde k . baraya bağlı üretim biriminin k . baraya verdiği reaktif gücü ve bu gücün artımsal maliyetini göstermektedir. Daha önce belirtildiği gibi $SP_{kk,j}^Q = 1.0 R/MVARh$ alınmaktadır. Burada $TQ_{ik,j}$, j . zaman diliminde, i . baradan k . baraya gönderilen k . bara sınırındaki reaktif

güç değerini göstermektedir. $SP_{kk,j}^Q$ ise j . zaman diliminde i . baranın k . bara sınırında hesaplanmış spot reaktif güç fiyatıdır. $SP_{ik,j}^Q$ değeri (3)' e göre hesaplanmaktadır.

$$SP_{ik,j}^Q = \lambda_{i,j}^Q \left[1 + \frac{-\hat{TQ}_{ki,j} - \hat{TQ}_{ik,j}}{\hat{TQ}_{ik,j}} \right] (R/MVARh) \quad (3)$$

Denklem (3)'deki $\hat{TQ}_{ik,j}$ j . zaman diliminde i . baradan gönderilen ve k . baranın şönt kolundan önceki reaktif güç değerini, $-\hat{TQ}_{ki,j}$ ise bu gücün i . barada ve şönt koldan sonraki değerini göstermektedir. Denklem (3)'de, reaktif güç kayıplarının optimizasyon işlemine katılması sağlanmıştır. Baralarda bulunduğu varsayılan karar mekanizması baranın artımsal reaktif güç maliyeti ile alınan reaktif gücün spot fiyatını karşılaştırmakta ve (4)'e göre alınan reaktif güçleri yeniden belirlemektedir.

$$\hat{TQ}_{ik,j}^{yeni} = \left[\alpha \left(\frac{\lambda_{k,j}^Q - SP_{ik,j}^Q}{\lambda_{k,j}^Q} \right) + 1 \right] \hat{TQ}_{ik,j}^{eski} \quad (4)$$

Denklem (4)'deki α , optimal çözüm noktasında osilasyonları önlemek için kullanılmaktadır. Alınan reaktif güçlerin her bir bara için (4) kullanılarak belirlenmesinden sonra j . zaman diliminde $i-k$ hattında k . bara sınırındaki reaktif güç akışı (5)'deki gibi hesaplanır.

$$-TQ_{ik,j}^{yeni} = \hat{TQ}_{ik,j}^{yeni} + Q_{şönt,kj}^{eski} \quad (5)$$

Burada görülen $Q_{şönt,kj}^{eski}$ ifadesi önceki A.C. yük akışında hesaplanan k . baranın şönt kolu tarafından $i-k$ hattına basılan eski reaktif güçtür. Her bir barada satın alınan reaktif güçler (5)'den hesaplandıktan sonra hatların diğer ucunda satılan güçler eski reaktif hat kayıpları ve i . baranın şönt kolu tarafından basılan reaktif güç ($Q_{şönt,i,j}^{eski}$) kullanılarak yaklaşık olarak (6)'dan hesaplanır.

$$-TQ_{ki,j}^{yeni} = \hat{TQ}_{ik,j}^{yeni} + Q_{kayıp,ik,j}^{eski} + Q_{şönt,i,j}^{eski} \quad (6)$$

Sistemdeki bütün baraların satın aldıkları reaktif güçler yeniden belirlendikten sonra (dolayısıyla satılan reaktif güçler de yeniden belirlenmiştir) reaktif güç dengeleri bozulan baralarda, üretim birimlerinin verdikleri reaktif güçlerdeki gerekli düzeltmeler denklem (7)'ye göre yapılır.

$$Q_{G,kj}^{yeni} = Q_{yük,kj} - \sum_{j \in \left\{ \begin{smallmatrix} k \text{ baraya bağlı} \\ \text{tüm baralar} \end{smallmatrix} \right\}} TQ_{ik,j}^{yeni}, k \in N_Q \quad (7)$$

Denklemdaki N_Q sistemdeki reaktif güç üretim birimlerinin bağlı olduğu baraların oluşturduğu kümeyi göstermektedir. Eğer k barasında reaktif güç üretimi yoksa, reaktif güç dengesizliğini gidermek için, diğer baralardan alınan reaktif güç miktarları yeniden düzeltilmelidir. Denklem (8), reaktif güç üretimi olmayan bir barada, sistemin optimale daha

yakın reaktif güç üretimleri belirlendikten sonra oluşan reaktif güç dengesizliğini göstermektedir.

$$Q_{hata,kj} = Q_{yük,kj} - \sum_{i \in \{k \text{ baraya bağlı tüm baralar}\}} TQ_{ik,j}^{yeni}, k \notin N_Q \quad (8)$$

$Q_{hata,kj}$ değeri, k . baradaki reaktif güç dengesizliğini göstermektedir. Bu değer, (9) veya (10) denklemleri kullanılarak baraların üretimleri düzeltilmek suretiyle sıfırlanır.

$$\hat{TQ}_{mk,j}^{yeni,düzeltil} = \hat{TQ}_{mk,j}^{yeni} + \frac{1/SP_{mk,j}^O}{\sum_{i \in \{k \text{ baranın alım yaptığı tüm baralar}\}} 1/SP_{ik,j}^O} Q_{hata,kj},$$

$$k \notin N_Q \text{ eğer } Q_{hata,k} > 0 \quad (9)$$

$$\hat{TQ}_{mk,j}^{yeni,düzeltil} = \hat{TQ}_{mk,j}^{yeni} + \frac{SP_{mk,j}^O}{\sum_{i \in \{k \text{ baranın alım yaptığı tüm baralar}\}} SP_{ik,j}^O} Q_{hata,kj},$$

$$k \notin N_Q \text{ eğer } Q_{hata,k} < 0 \quad (10)$$

Denklem (9) ve (10)'dan görüleceği üzere m indisi, k baranın reaktif güç aldığı herhangi bir barayı temsil etmektedir. Eğer $Q_{hata,kj} > 0$ ise, (9)'a göre bara halen alım yaptığı diğer baralardan daha fazla güç satın almalıdır. Bu alımlar (9)'a göre ucuz olan baradan daha fazla ve pahalı olandan ise daha az satın almak şeklinde olacaktır. Şayet $Q_{hata,kj} < 0$ ise, (10)'a göre yapılan işlemde bu olayın tersi olmaktadır. Denklem (9) ve (10)'a göre yapılan reaktif güç akışlarındaki düzeltmelerle, sistemin topografyası göz önünde bulundurulur ve denklem (5), (6), (7) kullanılarak düzeltilmiş $Q_{G,kj}^{yeni,düzeltil}$ değerleri hesaplanır.

Reaktif güç optimizasyonu sırasında reaktif güç üretiminin üst limitine vuran bir üretim birimi varsa, bu birimin reaktif güç üretimi, üst sınırına ($Q_{Gk,j}^{sınırlı}$) çekilmektedir. Eğer söz konusu üretim biriminin bağlı olduğu bara diğer baralardan reaktif güç alımında bulunuyorsa, optimizasyon işleminde bu bara üst sınırında üretim yapıyor kabul edilip, reaktif güç üretimi olmayan bara gibi düşünülür. Eğer bu bara diğer baralardan reaktif güç alımında bulunmuyorsa, reaktif güç artımsal maliyeti, üretilmesi istenen reaktif güçle bu gücün sınırı arasındaki farkla doğru orantılı olarak arttırılır. Neticede bu baradan alınan reaktif güçler azalacağından barada üretilen reaktif güç azalarak üst sınırına oturacaktır. Yukarıda anlatılanlar ışığında böyle bir baradaki yeni artımsal reaktif güç maliyeti denklem (11)'e göre hesaplanır.

$$\lambda_{k,j}^{Q,yeni} = \left[\beta_{k,j}^Q \left(\frac{Q_{yük,kj} - \sum_{s \in (TQ_{ik,j} < 0)} TQ_{ik,j} - Q_{Gk,j}^{sınırlı}}{Q_{Gk,j}^{sınırlı}} \right) + 1 \right] \lambda_{k,j}^Q \Big|_{Q_{Gk,j}^{sınırlı}} \quad (11)$$

Bu denklemde s indisi k barasının satın yaptığı baraları temsil etmektedir. $\beta_{k,j}^Q$ değişkeni hesaplanan

$\lambda_{k,j}^{Q,yeni}$ değerlerini hassas hale getirmek için kullanılan bir değişkendir.

Elde edilen yeni düzeltilmiş reaktif güç üretimleri kullanılarak bir A.C. yük akışı yapılır ve salınım barasındaki yeni aktif güç üretimi bulunur. Bu değerle salınım barasındaki birime ait yeni saat başına aktif güç maliyeti (12)'den hesaplanır.

$$SBM_{Sb,j}^{yeni} = F_{Sb} (P_{GSb,j}^{yeni}), R/h \quad (12)$$

Salınım barasına bağlı birimin eski ve yeni saat başına maliyet değerleri arasındaki fark ($\Delta SBM_{Sb,j}$) (13)'den hesap edilir.

$$\Delta SBM_{Sb,j} = SBM_{Sb,j}^{eski} - SBM_{Sb,j}^{yeni} \quad (13)$$

Bu değer denklem (14)'de verilen durma kriterlerinde kullanılır.

$$\Delta SBM_{Sb,j} \leq TOL \text{ eğer } \Delta SBM_{Sb,j} \geq 0$$

$$\alpha < \alpha^{min} \text{ eğer } \Delta SBM_{Sb,j} < 0 \quad (14)$$

Durma kriterlerinde salınım barasındaki birime ait saat başına maliyetteki farka bakılır. Eğer azalma varsa ($\Delta SBM_{Sb,j} \geq 0$), ve bu belirli bir tolerans değerinden (TOL) küçükse, durulur., değilse bulunan reaktif güçlerle yeni bir iterasyona başlanır. Eğer saat başına maliyette artma varsa ($\Delta SBM_{Sb,j} < 0$),

α 'nın α^{min} 'den küçük olup olmadığına bakılır. Eğer küçük değilse, α belirli bir miktar azaltılarak yeni bir iterasyona başlanır. Eğer küçükse $\Delta SBM_{Sb,j} \geq 0$ oluşu son üretim değerleri çözüm olarak alınıp iterasyona son verilir.

2.1. Bara Gerilimlerinin Kontrolü

Baraların reaktif güç üretimleri ile gerilim genlikleri arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki nedeniyle bara gerilimlerinin genlikleri reaktif güç üretimleriyle kontrol edilebilir. Salınım ve gerilim kontrollü baraların dışında bütün baraların gerilimlerinin genlikleri, reaktif güç optimizasyonu sırasında kontrol edilebilir. Bu kontrol işlemi, reaktif güç optimizasyonunun (14)'de verilen kriterlere ilave olan durma kriterlerinden biridir. Bara gerilimlerinin genliklerinin kontrolleri, bu iteratif yapının başlangıcından itibaren yapılmaktadır[10].

Eğer bara gerilim genliği, alt limitin altına düşerse, bu baranın gerilim genlik ihlali bara tarafından satın alınan reaktif güç arttırılarak ortadan kaldırılır. Bu baranın artımsal reaktif güç üretim maliyeti denklem (15)'e göre bara gerilimlerinin alt limiti ile arasındaki farka göre azaltılarak yapılır.

$$\lambda_{k,j}^{Q,yeni} = \left[1 + \mu \left(\frac{|V|_{k,j} - |V|_k^{min}}{|V|_k^{min}} \right) \right] \lambda_{k,j}^{Q,eski},$$

$$\text{eğer } |V|_{k,j} < |V|_k^{min} \quad (15)$$

Denklemler (15)'deki $|V|_{k,j}$, k barasına ait hesaplanan bara geriliminin genliği, $|V|_k^{\min}$, seçilmiş alt limit değerleri, μ ise; çözümü kolaylaştırmak amacıyla seçilen bir düzeltme faktörünü göstermektedir.

Eğer bara geriliminin büyüklüğü üst limiti aşarsa, bu tür baraların artımsal reaktif güç üretim maliyeti denklem (16)'ya göre hesaplanır.

$$\lambda_{k,j}^{Q,yeni} = \left[1 + \mu \left(\frac{|V|_{k,j} - |V|_k^{\max}}{|V|_k^{\max}} \right) \right] \lambda_{k,j}^{Q,eski}$$

Eğer $|V|_{k,j} > |V|_k^{\max}$ (16)

Denklemdaki $|V|_k^{\max}$, k . baraya ait bara gerilim genlik değerinin üst limitini göstermektedir.

3. AKTİF GÜÇ OPTİMİZASYONU

Kısa dönem hidrotermal koordinasyon probleminin çözümü için sözde elektrik fiyat algoritmasını kullanan aktif güç dağıtım tekniği iki ana döngüden oluşmaktadır. Dış döngüde her hidrolik birimin kullandığı su miktarını ayarlayabilmek için her hidrolik birime ait ayrı bir sözde artımsal aktif güç maliyet değeri seçilir. Hidrolik birimlere ait sözde artımsal aktif güç maliyetleri işletim süreleri boyunca aynı kalmaktadır. Hidrolik birimin harcaması gereken toplam su miktarı, öngörülen miktardan az ise, sözde artımsal aktif güç maliyeti değerleri büyütülür. Aksi durumda seçilen bu değer küçültülür. Üçüncü ve daha sonraki dış döngü iterasyonlarında hidrolik birimlere ait yeni sözde artımsal aktif güç maliyet değerleri, harcama su miktarları ile sözde artımsal aktif güç maliyetleri arasındaki ilişki kullanılarak, lineer interpolasyonla bulunur. İç döngüde ise sırasıyla her alt zaman dilimi için tüm üretim birimlerinin aktif güç üretim değerleri hesaplanır.

Bu optimizasyon işleminde iç döngüdeki durma kriteri (14)'dekine benzerdir. Dış döngüdeki durma kriteri ise; hidrolik birimlerin harcadıkları su miktarlarıyla bunlara ait öngörülen değerler arasındaki farkın belirli tolerans değerlerinden küçük olması olarak seçilmiştir.

İç döngüdeki aktif güç optimizasyonu işlemleri yukarıda verilen reaktif güç optimizasyonu işlemlerine yaklaşık olarak benzerdir. Bu işlemlerin formülasyonu kaynakçada verilen makalelerde geniş olarak mevcuttur [2,3,4,5]. Burada sayfa kısıtı nedeniyle aktif güç optimizasyonunun anlatımına girilmeyecektir.

4. YAZILAN GÖRSEL PROGRAMIN TANITILMASI

Bu çalışmada, daha önceki bölümlerde açıklanan aktif ve reaktif güç dağıtım algoritmalarını kullanan, kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemini çözmek

için Delphi dilinde görsel bir simülasyon programı geliştirilmiştir.

Probleme ait veri girişleri, Şekil 1'de gösterilen form üzerinden yapılmaktadır. Veri girişleri; bara bilgileri, hat bilgileri ve üretim birimlerine ait başlangıç değerleriyle yüklerin girildiği kısımlar olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Verilerin kaybolma riskini ortadan kaldırmak için Şekil 1'deki veri girişleri doğrudan paradox veri tabanına yapılmaktadır.

Programda önce hidrolik birimler için ilk dış döngüye ait başlangıç sözde artımsal aktif güç maliyet değerleri girilir, sonra ikinci dış döngüye ait değerler girilir ve **BAŞLA** butonuna basılarak program başlatılır.

Aktif güç optimizasyonu işlemindeki iç ve dış döngü durma kriterleri sağlandığında işlemin tamamlandığını gösteren Şekil 2'deki ekran görüntüsü alınır. Ekranın

Şekil 1 Veri giriş formu

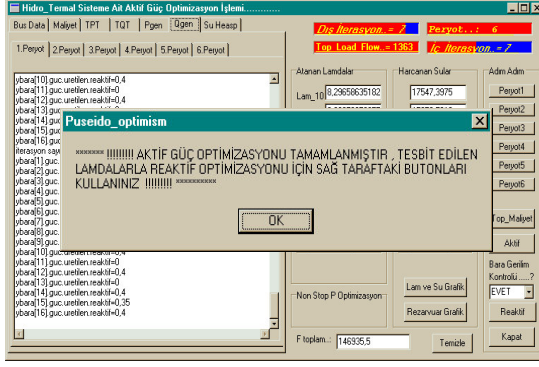
en sağında **Peryot** isimli butonlar görünür hale gelir.

Şekil 2'deki ekran görüntüsü alındıktan sonra hidrolik birimlere ait artımsal aktif güç maliyetleri ve harcanan su miktarlarının dış döngü iterasyonları boyunca değişimleri grafikler halinde gösterilebilmektedir. Tüm grafikler sabit diske *.bmp dosyaları şeklinde kaydedilebilmektedir.

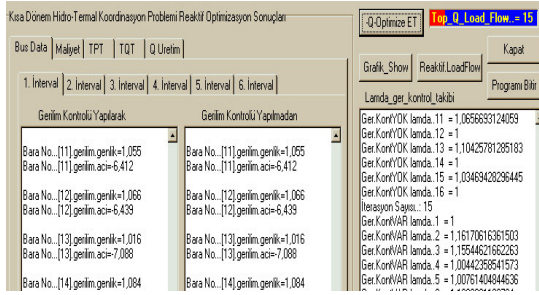
Aktif güç optimizasyonu tamamlandıktan sonra Şekil 2'deki **Peryot1** ve **Aktif** butonlarına sırasıyla basılır. Bu işlem birinci periyotta aktif güç optimizasyonunu tekrar gerçekleştirir. Sonra Şekil 2'deki **Reaktif** butonuna basılınca reaktif güç optimizasyonunu gerçekleştirmek için Şekil 3'teki ekran görüntülenir. Ekran **Q Optimizasyonu Yap** butonuna basılınca birinci periyot için reaktif güç optimizasyonuna geçilir. Optimizasyon işlemi tamamlandıktan sonra sonuç değerleri bu form üzerindeki sekmelerle görüntülenebilir. Ayrıca, **Grafik Show** butonuyla maliyet değişimleri grafiğini ve **Reaktif LoadFlow** butonuyla da reaktif güç optimizasyonu sonunda hatlardaki reaktif güç akışlarını şematik olarak görüntülemek mümkündür. Diğer periyotlar için bu işlem aynı şekilde tekrarlanır.

5. ÖRNEK PROBLEM ÇÖZÜMÜ

Hazırlanan simülasyon programı 15 baralı bir örnek



Şekil 2 Aktif güç optimizasyonu sonuç ekranı



Şekil 3. Reaktif güç optimizasyonu sonuç ekranı

elektrik sistemi üzerinde denenmiştir. Bu sistemde beş adet termik birim ve birbiriyle hidrolik olarak seri bağlı iki adet hidrolik birim bulunmaktadır. Sistemin altı eşit periyottan oluşan bir günlük işletimi gözönüne alınmıştır. Örnek sistemde önce salınım barası haricindeki termik birimlerin başlangıç aktif güçleri (tüm periyotlardaki) kullanılarak ortalama bir termik artımsal maliyet değeri hesaplanmaktadır. Bu değer, sistemde $\lambda_{ort}^{bas} = 6.84566 R/h$ olarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu değere bakılarak birinci dış döngüdeki hidrolik birimler ait söde artımsal maliyetler 7.1 ve 7.3 R/h seçilmiştir. Bu değerlerle yapılan bir dış döngü sonunda heriki hidrolik birimin harcadıkları su miktarları öngörülen değerlerden küçük çıktığı görülmüştür. İkinci dış döngü için bu değerler 6.6 ve 6.8 R/h olarak seçilmiştir. Bu değerlerle yapılan bir dış döngü sonucunda hidrolik birimlerin harcadıkları su miktarlarının öngörülen değerlerden büyük olduğu görülmüştür. Daha sonra yapılan ek dört dış döngü sonunda çözüme ulaşılmıştır. Çözümde tüm hidrolik kısıtların sağlandığı görülmüştür. Çözüm noktasında toplam termal maliyet 129913.628 R olarak bulunmuştur. Daha sonra herbir periyot için reaktif güç optimizasyonu yapılmış ve toplam termik maliyetin 129593.404 R 'ya düştüğü görülmüştür. Çözüm noktasında tüm bara gerilim genlik değerlerinin seçilen sınırlar $(0.9 \leq |V_k| \leq 1.1 pu, k = 2, \dots, 15)$ arasında kaldığı gözlenmiştir. Makaleye ayrılan yer beş sayfa ile kısıtlandığından örnek sisteme ait bilgiler ve çözümünden elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak makalenin sunumu sırasında verilecektir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, kısa dönem hidrotermal koordinasyon problemi sözde spot elektrik fiyat algoritması kullanılarak çözülmüştür. Makalede belirtilen algoritma için Delphi programlama dilinde görsel bir simülasyon programı yazılmıştır. Program veri girişlerini kolaylaştırmakta, veri girişlerindeki hatayı ortadan kaldırmakta ve bazı değerleri grafik olarak göstermeyi kolaylaştırmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Wood A. J., Wollenberg B. F., "Power generation operation and control.", New York-Wiley, 1996.
- [2] Fadıl S., Sarıoğlu G.R., "An active and reactive power dispatch technique for a power system area using spot price of electricity." ELECT MACHINES POWER SYST; Vol: 26 No. 4: pp 399-413, 1998.
- [3] Fadıl S., Yaşar C., "A pseudo spot price algorithm applied to the pumped-storage hydrolic unit scheduling problem." Turk J Elect Engng Comput Sci ELEKTRİK; Vol: 8 No: 2: pp 93-109, 2000.
- [4] Fadıl S., Yaşar C., "A pseudo spot price algorithm applied to short-term hydrothermal scheduling problem." ELECTRIC POWER COMPONENTS AND SYSTEMS; Vol: 29 : pp 977-995, 2001.
- [5] Fadıl S., Yaşar C., "An active power dispatch technique using pseudo spot price of electricity for a power system area including limited energy supply thermal units", ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS; Vol: 24 : pp 87-95, 2002.
- [6] Fadıl S., Ergün U., "Solution to Lossy Short Term Hydrothermal Coordination Problem with Limited Energy Supply Thermal Units by Using Genetic Algorithm", ELECTRICAL proceeding, pp. 234-238, ELECO' 99 International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 1-5 December 1999, Bursa, TURKEY.
- [7] Piekutowski M. R., Litwinowicz T., Frowd R. J., "Optimal short term scheduling for a large scale cascaded hydro system", Power industry computer applications conference, Arizona: Phoenix, pp 292-298, 1993.
- [8] Orero S.O., Irving M. R., "A genetic algorithm modeling framework and solution technique for short term optimal hydrothermal scheduling", IEEE TRANS. ON POWER SYSTEMS, Vol. 13, No.2 , pp 501-516, 1998.
- [9] Fadıl S., Ergün U., Yaşar C., "Pompayla Doldurulmalı Birim İçeren Elektrik Enerji Sistemlerinde Optimal Aktif Güç Dağıtım Probleminin Genetik Algoritma ile Çözümü", Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, 6-12 Eylül 1999, Gaziantep, sayfa: 391-394
- [10] Taş M.A., "Puseydo Spot Elektrik Fiyatı Algoritmasıyla Aktif ve Reaktif Güç Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Eylül-2001, 95 s.