

# DÜZENSİZLEŞTİRME DEN SONRA OTOMATİK ÜRETİM KONTROLUNUN OPTİMİZASYONUNA GENETİK ALGORİTMANIN UYGULANMASI

H. Lale ZEYNELGİL Ayşen DEMİRÖREN

İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik - Elektronik Fakültesi, Maslak, 34469 İstanbul

*Anahtar sözcükler: Otomatik Üretim Kontrolü, Alan Kontrol hatası, Düzensizleştirme(Deregulation), Genetik Algoritma*

## ÖZET

*Bu çalışmada, düzensizleştirme sonrası iki alanlı otomatik üretim kontrolüne (ÖÜK) GA uygulanarak alan kontrol hatası (AKH) katsayıları optimize edilmiştir. Özdeş iki alanlı güç sisteminde, alışlagelmiş otomatik üretim kontrolü düzensizleştirme çerçevesinde ikili sözleşmelerin etkisi hesaba alınarak yeniden düzenlenmiştir. Bunun için dağıtım şirketleri katılım matrisinden (DŞKM) yararlanılmıştır. Alanlardaki çeşitli dağıtım şirketleri ve üretim şirketleri arasındaki farklı çalışma durumları göz önüne alınarak AKH'ni oluşturan parametreler reel- kodlu GA yardımıyla optimize edilmiştir.*

## 1. GİRİŞ

Düzensizleştirmeden sonra yeniden yapılandırılan güç sistemlerinde, otomatik üretim kontrolü konusundaki temel yaklaşımlar aynı kalmasına rağmen, benzetim ve işletme yeniden formüle edilmelidir. Son yıllarda, bütün dünyada, elektrik güç endüstrisi, tüketicilerin elektrik enerjisini birbirleriyle düşük fiyat için yarışan üretim şirketleri arasından seçeceği düzensizleştirmeye doğru hızla yönelmektedir [1-6]. Düzensizleştirme hükümetlerin elektrik güç endüstrisinin işletilmesi ve kontrolü için belirlediği ekonomik teşvik ve yeniden yapılandırılmış kurallara dayanır. Düzensizleştirme sonrası güç sistemi üretim şirketleri (ÜRETŞİR), dağıtım şirketleri (DAĞŞİR), iletim şirketleri (İLETŞİR) ve bağımsız sistem operatörlerinden (BSO) oluşmaktadır. ÜRETŞİR, İLETŞİR, DAĞŞİR, BSO ve dikey olarak yapılandırılan alışlagelmiş güç sistemlerindeki OÜK gibi birçok yardımcı yapı burada daha farklı roller oynayacağından, farklı biçimde modellenecektir. Yeni durumda yatay yapılandırma söz konusudur ve alışlagelmiş OÜK yapısı bu nedenle değişmiştir. Güç sistemlerindeki OÜK bu yeni yapıya uyum sağlayacak şekilde düzeltilmelidir.

Yeni yapılandırmada farklı uygulamalar söz konusu olabilir. Bu çalışmada, ikili sözleşmelerin geçerli olduğu yeniden yapılandırma göz önüne alınmıştır; bu durumda herhangi bir dağıtım şirketi güç sağlamak amacı ile herhangi bir ÜRETŞİR ile anlaşma yapabilir ve işlem BSO tarafından denetlenir. Bu sözleşmelerin nasıl gerçekleştirildiğini anlamak için kaynak [3] deki gibi DAĞŞİR katılım matrisi DŞKM'den faydalanılmıştır. Sözleşmelerin akış bilgisi alışlagelmiş OÜK sistemi üzerine eklenmelidir. Düzensizleştirilmiş durumda OÜK

incelemeleri literatürde çeşitli kaynaklarda incelenmiştir. [1-6].

Genetik algoritmalar, canlılardaki gibi, en iyi olanın hayatını sürdürmesi prensibine göre en uygun çözümün geliştirilmesine dayandırılır [7]. Global minimumu bulabilen, zaman alıcı algoritmalar olarak bilinen GA'ların güçlülük ve basitlik gibi çekici özellikleri vardır. Güç sistemlerinde, GA'lar optimal güç akışına, sistem topolojisinin analizine, güç dağıtım tasarımı ve ekonomik dağıtıma uygulanabilir. Bu çalışmada, sürekli parametrelili (reel-kodlu) GA düzensizleştirmeden sonra ÖÜK daki parametreleri optimize etmek için kullanılmaktadır. Sürekli parametrelili GA özellikle hesaplama zamanı ve hesapsal duyarlılık açısından basit GA lardan daha üstündür ve bu tür problemlere de daha uygundur.

Bu bildiride, önce ikili anlaşmalara göre yeniden yapılandırılan iki alanlı OÜK'nda çeşitli çalışma durumları incelenmiş, daha sonra reel-kodlu GA kullanılarak iki alanlı sistemde Alan Kontrol Hatası (AKH) parametreleri olan bağlantı hattı parametresi  $K_l$  ve frekans kutup faktörü B bu çalışma durumları için optimize edilmiştir.

## 2. DÜZENSİZLEŞTİRME DEN SONRA OÜK

Düzensizleştirilen sistem birkaç ÜRETŞİR ve DAĞŞİR içerir, herhangi bir DAĞŞİR bağımsız olarak başka bir alanda bulunan herhangi bir ÜRETŞİR ile sözleşme yapabilir. Bu durum "ikili sözleşme" olarak adlandırılır. Bu sözleşmeler BSO tarafından gerçekleştirilmelidir. Kısmen tarafsız bir varlık olan bu operatörler, biri de OÜK olan yardımcı servisleri de kontrol etmelidirler. Düzensizleştirme çerçevesinde, DAĞŞİR'leri gücü özgür olarak, onlarla aynı alanlarda olan ya da olmayan ÜRETŞİR'lerinden yarışmalı fiyatlarla (daha ucuza) satın alabilirler. Pratik bir şekilde, ÜRETŞİR-DAĞŞİR sözleşmesi kaynak [3] de önerilmiştir. "DAĞŞİR katılım matrisi (DŞKM)" esas olarak bir DAĞŞİR'nin bir ÜRETŞİR ile yaptığı sözleşmeyi gösterir. DŞKM matrisinde, satırların sayısı sistemdeki ÜRETŞİR'lerin sayısına ve sütunların sayısı da DAĞŞİR'lerin sayısına eşit olmalıdır. Bu matrisin herhangi bir elemanı bir DAĞŞİR nin sözleşme gücünün bir ÜRETŞİR'nden alınan bölümünü gösterir. Örneğin, DAĞŞİR<sub>1</sub>' in toplam sözleşme gücünün ÜRETŞİR<sub>2</sub>' den alınan kesri DŞKM'nin (1,2) elemanında ifade edilir. Matrisin bir sütunundaki

elemanların değerlerinin toplamı 1 olmalıdır. Gözönüne alınan güç sisteminde iki alan vardır ve bu alanların herbiri iki DAĞŞİR ve iki ÜRETŞİR'den oluşmuştur (Şekil 1). Buna göre, DŞKM aşağıdaki gibi verilebilir:

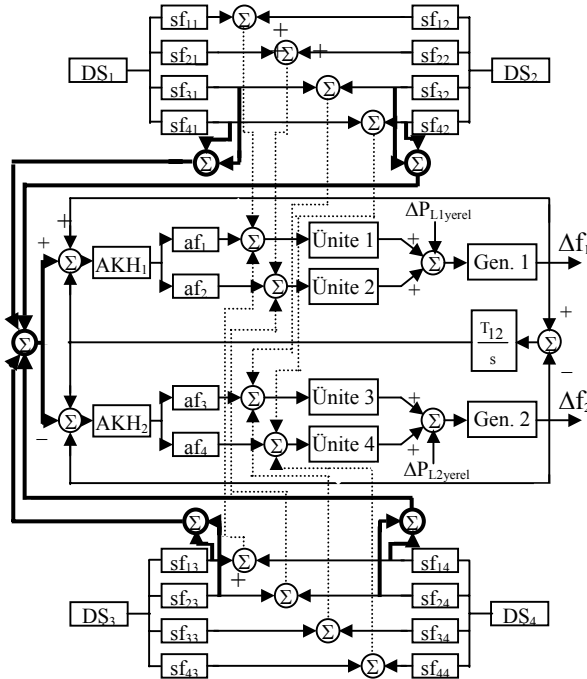
$$DŞKM = \begin{bmatrix} sf_{11} & sf_{12} & sf_{13} & sf_{14} \\ sf_{21} & sf_{22} & sf_{23} & sf_{24} \\ sf_{31} & sf_{32} & sf_{33} & sf_{34} \\ sf_{41} & sf_{42} & sf_{43} & sf_{44} \end{bmatrix} \quad (1)$$

burada sf “sözleşme katılım faktörü” nü gösterir. Örneğin, DAĞŞİR<sub>1</sub>'in toplam olarak 0.1 p.u. MW talep ettiği ve bu gücün 0.03 p.u. MW'nın ÜRETŞİR<sub>1</sub>'den, 0.04 p.u.MW'nın ÜRETŞİR<sub>2</sub>'den, 0.02 p.u.MW'nın ÜRETŞİR<sub>3</sub>'den, 0.01 p.u.MW'nın ÜRETŞİR<sub>4</sub>'den talep edildiği varsayılırsa, DŞKM'nin 1. sütunu aşağıdaki gibidir:

$$sf_{11} = \frac{0.03}{0.1} = 0.3 \quad sf_{21} = \frac{0.04}{0.1} = 0.4$$

$$sf_{31} = \frac{0.02}{0.1} = 0.2 \quad sf_{41} = \frac{0.01}{0.1} = 0.1$$

Sonuç olarak, DAĞŞİR<sub>1</sub>'e ait sözleşme katılım oranları toplamı  $\sum_i sf_{ij} = 1$  dir. Köşegen dışı elemanlar, bir alandaki DAĞŞİR'leri ile bir başka alandaki ÜRETŞİR arasındaki taleplere karşı düşer.



Şekil 1. Düzensizleştirilmiş durumda OÜK'nun yapısı

Düzensizleştirilmiş durumda, bir DAĞŞİR tarafından talep edilen yük değiştiğinde, bu DAĞŞİR'nin alanındaki bir bölgesel yük değişimi olarak görülür. Sistemin blok diyagramında görüldüğü gibi, bu şekildeki yük değişimleri ( $\Delta P_{L1yerel}$  ve  $\Delta P_{L2yerel}$ ) güç sistemi bloku başlangıcını etkiler. Herbir alanda çok sayıda ÜRETŞİR var olduğundan, AKH işareti bu

ÜRETŞİR'leri arasında bu şirketlerin katılımları oranında paylaştırılmalıdır. Bu paylaşmayı gösteren katsayılar “AKH katılım faktörleri (af)” olarak isimlendirilir ve  $\sum_{j=1}^k af_j = 1$  dir, burada k

ÜRETŞİR'lerinin sayısıdır. Alışlagelmiş durumdan farklı olarak, bir DAĞŞİR bütün ÜRETŞİR'lerinden talepte bulunabilir. Bu talepler DAĞŞİR'nin sf katkı oranlarıyla belirlenen, p.u MW cinsinden yükünü verir. İki alanlı durumda, bağlantı hatlarındaki çizelgelenmiş sürekli durum güç akışı aşağıdaki gibi verilir.

$$\Delta P_{1-2\text{çizelgelenmiş}} = \begin{bmatrix} \text{alan I deki dagitim} \\ \text{şirketlerinin} \\ \text{alan II deki üretim} \\ \text{şirketlerinden talebi} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{alan II deki dagitim} \\ \text{şirketlerinin} \\ \text{alan I deki üretim} \\ \text{şirketlerinden talebi} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Bağlantı hattı güç talebi aşağıdaki gibidir:

$$\Delta P_{1-2hata} = \Delta P_{1-2gerçek} - \Delta P_{1-2\text{çizelgelenmiş}} \quad (3)$$

Bu hata işareti sürekli durumda AKH'nı üretmek için kullanılır:

$$AKH_1 = B_1 \Delta f_1 + \Delta P_{1-2hata} \quad (4)$$

benzer şekilde,

$$AKH_2 = B_2 \Delta f_2 + \Delta P_{2-1hata} \quad (5)$$

$$\Delta P_{2-1hata} = -\Delta P_{1-2hata} \frac{P_{n1}}{P_{n2}} \quad (6)$$

dır; burada  $P_{n1}$  ve  $P_{n2}$  alanların nominal güçleridir ( $P_{n1} = P_{n2}$ ). İki alan içeren sistemin sürekli durum denklemi:

$$x = A^{yeni} x + B^{yeni} u \quad (7)$$

olup, burada x durum vektörü ve u DAĞŞİR'nin talep vektörüdür.

$$x = [\Delta \omega_1 \Delta \omega_2 \Delta P_{G1} \Delta P_{G2} \Delta P_{G3} \Delta P_{G4} \Delta P_{M1} \Delta P_{M2} \Delta P_{M3} \Delta P_{M4} \Delta P_{R1} \Delta P_{R2} \Delta P_{1-2}]^T$$

$$u = [\Delta P_{L1} \Delta P_{L2} \Delta P_{L3} \Delta P_{L4}]$$

Düzensizleştirilmeden sonraki sürekli durum güç sistemi eşitlikleri kaynak [3] deki gibidir. Üç farklı çalışma durumu göz önüne alınmıştır:

1. Temel durumda, AKH katılım faktörlerinin hepsi aynıdır ve 0.5 değerindedir. Bu nedenle OÜK'na her bir alanın katkısının eşit olduğu varsayılmıştır. Ayrıca, DŞKM,  $sf_{11}$ ,  $sf_{12}$ ,  $sf_{21}$ ,  $sf_{22}$  değerlerinin hepsi 0.5'e eşit alınarak oluşturulur. Sürekli durumda, herhangi bir ÜRETŞİR aşağıda ifade edilen sözleşme ile DAĞŞİR'lerinin taleplerini karşılamalıdır:

$$\Delta P_{Mi} = \sum_j sf_{ij} \Delta P_{Lj} \quad (8)$$

burada  $\Delta P_{Lj}$  DAĞŞİR<sub>j</sub>'nin toplam talebidir. Bu çalışma durumunda, 2. alana ait olan ÜRETŞİR<sub>3</sub> and ÜRETŞİR<sub>4</sub> güç transferi için herhangi bir DAĞŞİR ile sözleşme yapmamıştır, bu nedenle bunların üretim güç değişimleri sürekli durumda sıfırdır.

2. DAĞŞİR'leri ve ÜRETŞİR'leri arasındaki sözleşmede DŞKM'nin aşağıdaki gibi olduğu

varsayılmıştır:

$$D\check{S}KM = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.25 & 0 & 0.3 \\ 0.2 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 1 & 0.7 \\ 0.3 & 0.25 & 0 & 0.7 \end{bmatrix}$$

Her bir DAĞŞİR'nin DŞKM'nin elemanları ile belirlenen şekilde ÜRETŞİR'lerinden 0.1 pu MW'lık güç talep ettiği ve her bir ÜRETŞİR'nin de aşağıdaki AKH katılım faktörleri ile belirlenen şekilde OÜK'na katıldıkları varsayılmıştır:

$$af_1 = 0.75, af_2 = 1 - af_1 = 0.25, af_3 = 0.5, af_4 = 1 - af_3 = 0.5$$

Sözleşmesiz yük yoksa, AKH katılım faktörleri sistemin sadece geçici davranışını etkiler, sürekli durum davranışını etkilemez. Bağlantı hattında 1. alandan 2. alana çizelgelenmiş güç değeri aşağıdaki gibidir:

$$\Delta P_{1-2\text{çizelgeli}} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=3}^4 sf_{ij} \Delta P_{Lj} - \sum_{i=3}^4 \sum_{j=1}^2 sf_{ij} \Delta P_{Lj} \quad (9)$$

3. Sözleşmenin Bozulması: Herhangi bir DAĞŞİR sözleşmede belirlenmiş olandan daha fazla (aşırı) bir güç talebinde bulunursa, sözleşme bozulur. Sözleşme dışı olan bu güç, talepte bulunan dağıtım şirketi ile aynı alanda bulunan ÜRETŞİR'leri tarafından karşılanmalıdır. Aşırı güç o alanın bir bölgesel yükü olarak alınmalı, fakat sözleşme talebi şeklinde alınmamalıdır. İkinci çalışma durumu yeniden gözönüne alınırsa, artık DAĞŞİR<sub>1</sub>'in talebinde 0.1pu MW'lık bir aşırı güç artışı olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda, Alan I deki toplam bölgesel yük

$$= DAĞŞİR_1 \text{ in yükü} + DAĞŞİR_2 \text{ nin yükü} \\ = (0.1+0.1)+0.1 = 0.3 \text{ puMW}$$

Benzer olarak,

$$\text{Alan II deki toplam bölgesel yük} \\ = DAĞŞİR_3 \text{ in yükü} + DAĞŞİR_4 \text{ nin yükü} \\ = 0.1+0.1 = 0.2 \text{ puMW}$$

olur. DAĞŞİR<sub>1</sub>'in sözleşmesiz yükü ÜRETŞİR<sub>1</sub> ve ÜRETŞİR<sub>2</sub>'ye yansıtılır. AKH katılım faktörleri sürekli durumda aşırı yükün dağıtımını belirler. Bu yük aynı alandaki ÜRETŞİR'lerinden sağlanır.

### 3. OÜK PARAMETRELERİNİN GA KULLANILARAK OPTİMİZASYONU

İncelenen iki alanlı sistemde, her bir alana ait K<sub>I</sub> ve B parametreleri diğer alanınkilerle özdeştir ve K<sub>I1</sub> = K<sub>I2</sub> = K<sub>I</sub> and B<sub>1</sub> = B<sub>2</sub> = K<sub>I</sub> dir. Bu çalışmada, OÜK'nu etkileyen parametreleri içeren ve karesel olarak seçilen aşağıdaki gibi bir davranış kriteri önerilmiştir:

$$I = \begin{bmatrix} \Delta f_1 & \Delta P_{tie1-2} & \Delta f_2 & \Delta P_{tie2-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -K_I B & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -K_I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -K_I B & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -K_I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta f_1 \\ \Delta P_{tie1-2} \\ \Delta f_2 \\ \Delta P_{tie2-1} \end{bmatrix} \quad (10)$$

GA'lar davranış kriterinin tüm alandaki minimumunu yakalayabilen etkili araştırma teknikleridir [7]. GA'da topluluğu oluşturan bireyler (kromozomlar) doğadaki

gibi oluşturulur ve üretilir. Bu topluluktaki farklı üyeler uygunlukları ile orantılı olan farklı üreme hızlarına sahiptir. Uygunluk, gözönüne alınan problemdeki amaç fonksiyonuna karşılık düşmektedir. GA biyolojik genlere benzer bir yapıya sahiptir ve seçilme, yeniden üretim, çaprazlama ve değişim (mutasyon) işlemlerinin uygulanması ile optimum çözüme ulaşılır. En iyi birey optimizasyon işlemi boyunca varlığını sürdürür.

Bu çalışmada, sürekli parametrelili (reel-kodlu) GA kullanılmıştır. Bu algoritmanın basit GA'dan farkı parametrelerin sıfırlar ve birlerden oluşan bitlerle değil, uygun bölgede seçilen reel sayılarla gösterilmesidir. Dolayısıyla, reel-kodlu GA daha hızlı çalışır ve daha hassastır. Burada, maliyet fonksiyonu olarak yukarıda tanımlanmış olan davranış kriteri kullanılmıştır.

GA'yı başlatmak için, N<sub>ipop</sub> kromozom'dan oluşan bir başlangıç topluluğu tanımlanmalıdır. N<sub>ipop</sub> × N<sub>par</sub> keyfi değerlerin belirlenmesi ile, başlangıç topluluğu aşağıdaki gibi oluşturulmuş olur:

$$IPOP_{K_I} = (K_{I_{max}} - K_{I_{min}}) \times \text{random}\{N_{ipop}, N_{par}\} + K_{I_{min}} \quad (22)$$

$$IPOP_B = (B_{max} - B_{min}) \times \text{random}\{N_{ipop}, N_{par}\} + B_{min} \quad (23)$$

burada, random {N<sub>ipop</sub>, N<sub>par</sub>}, 0 ile 1 arasında düzgün dağılmış rastgele sayılar üretir ve K<sub>I<sub>max</sub></sub>, K<sub>I<sub>min</sub></sub>, B<sub>max</sub> ve B<sub>min</sub> sırasıyla optimize edilecek iki parametreye ilişkin en büyük ve en küçük değerlerdir.

Bu çalışmada, kromozom sayısı 48 olarak seçilmiş ve başlangıç topluluğu keyfi olarak üretilmiştir ve yeniden üretim işlemi olarak Rulet çarkı işlemi seçilmiştir. Mutasyon hızı 0.04 olarak alınmıştır. Ayrıca, eniyi kromozomun gelecek nesilde korunmasını sağlamak üzere elitizm mekanizması da kullanılmıştır. GA seçilen davranış kriterini minimize edecek şekilde AKH parametrelerinin optimal değerlerini eldesinde kullanılmıştır.

### 4. İNCELEMELER

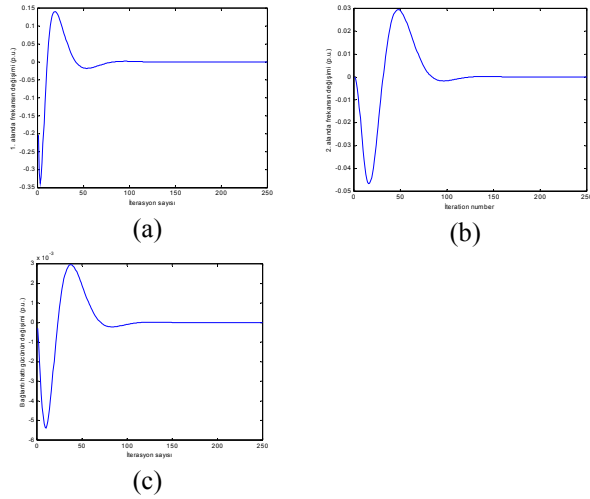
Bu çalışmada, iki alanlı güç sisteminde düzensizleştirilmiş çalışmada, her bir alandaki AKH parametreleri GA kullanılarak optimize edilmiştir. Benzetimde, diferansiyel eşitlikler Runge-Kutta 4 tekniği ile ve integrasyon adımı uzunluğu 0.01 s. seçilerek çözülmüştür. Örneklem zamanı 0.2 s. dir. İncelemeler de kaynak [3] deki iki alanlı sistem ve parametreler esas alınmıştır. GA' da değişkenlerin reel değerleri kullanılırken, OÜK yapısında aynı değişkenlerin fark değerleri kullanılmıştır. Benzetim MATLAB® m-file dosyaları yazılarak yapılmıştır.

Düzensizleştirme sonrasındaki OÜK uygulamasında, üç farklı çalışma durumu için, bağlantı hattı parametresi (integral gain) K<sub>I</sub> ve frekans parametresi B reel kodlu genetik algoritma kullanılarak optimize edilmiştir. Birinci durum temel durum olup, sadece 1. alanda yük değişimi olduğu bu durumda yük aynı alandaki

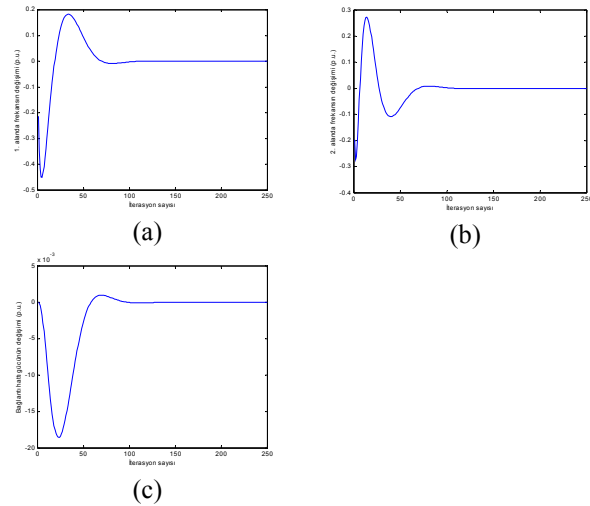
ÜRETİŞİR'leri tarafından beslenir. İkinci durumda, her bir alandaki DAĞŞİR'lerinin aynı alandaki ve/veya diğer alandaki ÜRETİŞİR'leri ile ikili sözleşmeleri vardır. Son durum ise sözleşmenin bozulduğu durum olup, I. alanda aşırı bir yük telebi vardır. Benzetim sonuçları için, bu çalışma durumlarındaki  $K_I$  and B parametrelerinin optimum değerleri seçillen davranış kriteri yardımı ile bulunmuş ve Çizelge 1 de verilmiştir. Her bir alanın frekansındaki ve bağlantı hattı gücündeki değişimler Şekil 2-4 arasında verilmiştir.

Çizelge 1 Optimum Parametre değerleri

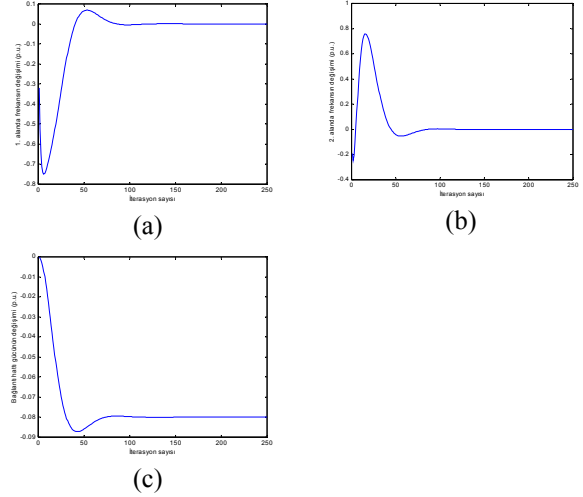
| Parametreler | 1. durum | 2. durum | 3. durum |
|--------------|----------|----------|----------|
| $K_I$        | 0.4861   | 0.4927   | 0.4677   |
| B            | 0.4990   | 0.4450   | 0.4616   |



Şekil 2. 1. Çalışma durumu için 1. alanda ve 2. alanda frekansın değişimi (a ve b) ile bağlantı hattı gücünün değişimi (c)



Şekil 3. 2. Çalışma durumu için 1. alanda ve 2. alanda frekansın değişimi (a ve b) ile bağlantı hattı gücünün değişimi (c)



Şekil 4. 3. Çalışma durumu için 1. alanda ve 2. alanda frekansın değişimi (a ve b) ile bağlantı hattı gücünün değişimi (c)

## 5. SONUÇLAR

Düzensizleştirmeden sonra, yeniden yapılandırılmış OÜK güç sistemlerinde önemini korumaktadır. Bu çalışmada, bu yeni durumda ikili sözleşmeler içeren OÜK çeşitli çalışma durumları için incelenmiştir ve uygun bir davranış kriteri seçilerek AKH parametreleri reel değerlere dayandırılan sürekli parametrelili GA yardımı ile optimize edilmiştir. GA'nın bu tipi hesaplama zamanından tasarruf sağladığı ve basit GA'ya oranla daha duyarlı olduğu için tercih edilmiştir. İncelenen iki alanlı güç sisteminde alanlar özdeşdir. Ayrıca, optimizasyondan elde edilen AKH'nın parametre değerlerinin tatmin edici sonuçlar verdiği benzetim sonuçlarından da görülmektedir

## KAYNAKLAR

- [1] M. Shahidepour, M. Alomoush, "Restructured Electrical Power Systems Operation, Trading and Volatility", Marcel Dekker Inc., 2001
- [2] S. Hunt, "Making Competition Work in Electricity", John Wiley & Sons, Inc., 2002
- [3] V. Donde, M. A. Pai, Ian A. Hiskens, "Simulation and Optimization in an AGC System after Deregulation" IEEE Trans on PWRs, Vol. 16, No: 3 August 2001, say. 481-489
- [4] J. Kumar, Koh-Hoe Ng, G. Sheblé, "AGC Simulator for Price-Based Operation Part I: A Model", IEEE Trans on PWRs, Vol. 12, No: 2, May 1997, say.527-532
- [5] J. Kumar, Koh-Hoe Ng, G. Sheblé, "AGC Simulator for Price-Based Operation Part II: Case Study Results", IEEE Trans on PWRs, Vol. 12, No: 2, May 1997, say.533-538
- [6] J. Kumar, Koh-Hoe Ng, G. Sheblé, "AGC Simulator for Price-Based Operation Part II: Case Study Results", IEEE Trans on PWRs, Vol. 12, No: 2, May 1997, say.533-538
- [7] F. Herrera, J.L.Verdegay, "Genetic Algorithms and Soft Computing", Physica-Verlag Heidelberg, 1996